इलेक्ट्रीशियन

(ELECTRICIAN)

NSQF स्तर - 5

द्वितीय वर्ष - भाग - I (कुल दो भाग)

2nd Year - (Volume - I out of II)

व्यवसाय सिद्धान्त

(TRADE THEORY) - HINDI

(व्यावसायिक क्षेत्र : इलेक्ट्रीकल)

(**Sector** : Electrical)

Directorate General of Training

प्रशिक्षण महानिदेशालय

कौशल विकास एवं उद्यमशीलता मंत्रालय

भारत सरकार

राष्ट्रीय अनुदेशात्मक माध्यम संस्थान, चेन्नई

पो.बा. सं. 3142, CTI कैम्पस, गिण्डी, चेन्नई - 600 032

व्यावसायिक क्षेत्र : इलेक्ट्रीकल
अवधि : 2 - वर्ष
व्यवसाय : इलेक्ट्रीशियन - व्यवसाय सिद्धान्त - द्वितीय वर्ष - भाग - I (कुल दो भाग)

प्रकाशक एवं मुद्रण :

राष्ट्रीय अनुदेशात्मक माध्यम संस्थान
पो.बा. सं. 3142,
गिण्डी, चेन्नई - 600 032.
ई-मेल: chennai-nimi@nic.in,
वेब-साइट: www.nimi.gov.in

ऑफसेट मुद्रित :
राष्ट्रीय अनुदेशात्मक माध्यम संस्थान
चेन्नई - 600 032.

प्रकाशनाधिकार © 2019 राष्ट्रीय अनुदेशात्मक माध्यम संस्थान, चेन्नई

प्रथम संस्करण : फरवरी 2019, प्रतियाँ : 1,000
प्रथम पुन : अप्रैल 2019, प्रतियाँ : 1,000
द्वितीय पुनमुद्रण : सितम्बर 2021, प्रतियाँ : 500

Rs.270/-

प्राक्कथन

भारत सरकार ने एक बहुत ही महत्वकांक्षी ध्येय निर्धारित किया है कि सन् 2020 तक 30 करोड़ लोगों को अर्थात् हर चार में से एक भारतीय को कौशल प्रदान करना है और राष्ट्रीय कौशल विकास योजना के अन्तर्गत उनको रोजगार दिलाना है । इस लक्ष्य की प्राप्ती हेतु प्रशिक्षण मातृभाषा में उपलब्ध कराना परम आवश्यक है । NIMI अपनी सभी अनुदेशात्मक सामग्री अंग्रेजी, राजभाषा हिन्दी तथा अन्य क्षेत्रीय भाषाओं में उपलब्ध करके इस लक्ष्य प्राप्ति में अपनी महत्वपूर्ण सहयोग दे रहा है । इस प्रक्रिया में औद्योगिक प्रशिक्षण संस्थान (ITIs) एक महत्वपूर्ण भूमिका अदा करेंगे, विशेषकर कौशल से परिपूर्ण कार्मिक जन-शक्ति को तैयार करने में और इस बात को ध्यान में रखते हुए प्रशिक्षुओं को तत्कालीन आवश्यक औद्योगिक प्रशिक्षण प्रदान करने हेतु ITI का पाठ्य-क्रम हाल में सुधारा गया है और इस कार्य में एक परामर्शदात्री परिषद की सहायता ली गई है । परामर्शदात्री परिषद के गठन में तत्सम्बन्धित सदस्यों का समावेश होता है, जैसे कि उद्योग, उद्यमी, शिक्षाविद और ITIs के प्रतिनिधि ।

मुझे हर्ष है कि अपने लक्ष्य 'कुशल भारत' की प्राप्ति हेतु मंत्रालय प्रशिक्षण महानिदेशलय (DGT), कौशल विकास एवं उद्यमशीलता मंत्रालय के अधीन आने वाली श्वायत्तशासी निकाय, राष्ट्रीय अनुदेशात्मक माध्यम संस्थान (NIMI), चेन्नई जिसको अनुदेशात्मक माध्यम पैकेजो (IMPs) के निर्माण, विकास तथा वितरण का कार्यभार सौंपा गया है वह ITI तथा कौशल प्रदान करने वाले तत्संबंधित संस्थानों की आवश्यकता हेतु सेमेस्टर पेटर्न के अधीन, इलेक्ट्रिक व्यवसाय की प्रस्तुत अनुदेशात्मक पुस्तक, **इलेक्ट्रीशियन- व्यवसाय सिद्धान्त - द्वितीय वर्ष - भाग - I (कुल दो भाग) स्तर 5** प्रकाशित कर रहा है। मुझे हर्ष है कि इस अनुदेशात्मक सामग्री के अंग्रेजी एवं हिन्दी संस्करण एक साथ प्रकाशित कर NIMI ने भी 'कुशल भारत' के लक्ष्य में अपनी भागदारी दर्ज करायी है।

इस काम के लिए NIMI के निर्देशक, कर्मचारी तथा माध्यम विकास परिषद (MDC) के सदस्यों का मैं हार्दिक अभिनंदन करता हूँ । NSQF स्तर 5 व्यवसाय अभ्यास प्रशिक्षुओं को अंतर्राष्ट्रीय समकक्ष स्तर प्रदान करेगा जिसके कारण उनकी कौशल प्रवीणता तथा दक्षता को विश्वभर में विधिवत् मान्यता मिलेगी; फलस्वरूप उनके पूर्व प्राप्त ज्ञान को भी मान्यता मिलने की संभावना में वृद्धि होगी। मुझे पूर्ण विश्वास है कि NSQF स्तर 5 के इन IMPs से ITIs प्रशिक्षु, प्रशिक्षक तथा अन्य सम्बन्धित लोग भरपूर लाभ उठायेंगे तथा देश में व्यावसायिक प्रशिक्षण की गुणवत्ता में अभिवृद्धि हेतु NIMI द्वारा किया गया यह प्रयत्न दूरगामि परिणाम लाएगा।

NIMI के निर्देशक, कर्मचारी तथा माध्यम विकास कमिटी (MDC) के सदस्य इस प्रकाशन में प्रदत्त अपने योगदान हेतु अभिनंदन के पात्र हैं ।

जय हिन्द !

राजेश अग्रवाल
महानिर्देशक / अतिरिक्त सचिव
कौशल विकास एवं उद्यमशीलता मंत्रालय,
भारत सरकार

नई दिल्ली - 100 001

भूमिका

राष्ट्रीय अनुदेशात्मक माध्यम संस्थान (NIMI) महानिदेशालय, रोजगार एवं प्रशिक्षण (DGE&T) श्रम एवं रोजगार मंत्रालय, भारत सरकार द्वारा फेडरल रिपब्लिक ऑफ जर्मनी सरकार की तकनीकी सहायता से चेन्नई में स्थापित किया गया था। इस संस्थान का प्रमुख उद्देश्य शिल्पकार और प्रशिक्षु प्रशिकक्षण योजना के अधीन निर्धारित पाठ्यक्रम के अनुसार विभिन्न व्यवसायों के लिए अनुदेशात्मक सामग्री का विकास एवं प्रसार करना है ।

अनुदेशात्मक सामग्री प्रमुख रूप से NCVT/NAC के अधीन शिल्पकार प्रशिक्षण को ध्यान में रखकर तैयार की जाती है । जिससे व्यक्ति एक रोजगार हेतु कौशल प्राप्त कर सके । अनुदेशात्मक सामग्री को अनुदेशात्मक माध्यम पैकेज़स (IMPs) के रूप में विकसित एवं निर्मित किया जाता है। इस अनुदेशात्मक माध्यम पैकेज के रूप में व्यवसाय सिद्धान्त थ्योरी पुस्तक, व्यवसाय अभ्यास पुस्तक, परीक्षा और गृहकार्य पुस्तक, कार्यशाला संगणना एवं विज्ञान, अभियांत्रिकी चित्रण, अनुदेशक गाइड, वॉल चार्ट, एवं पारदर्शितायें निर्मित की जाती हैं ।

प्रस्तुत व्यावसायिक अभ्यास पुस्तक प्रशिक्षु को सम्बन्धित सैद्धान्तिक ज्ञान देगी जिससे वह अपना कार्य कर सकेंगे । इसलिए पाठक हर शीर्षक को विभिन्न इकाइयों में बँटा हुआ पायेगा। परीक्षण एवं नियत कार्य के माध्यम से अनुदेशक प्रशिक्षुओं को नियत कार्य दे सकेंगे। यदि प्रशिक्षु इसी पद्धति से कार्य करता है तो यह प्रशिक्षु को स्वंय नियत कार्य देने में सहायक होगा एवं वह स्वयं अपना मूल्याकंन भी कर सकेगा है। वाल चार्ट (दीवार चित्र) और पारदर्शितायें अद्वितीय होती हैं। ये केवल अनुदेशक को प्रभावशाली तरीके से पाठ प्रस्तुत करने में सहायता ही नहीं करती बल्कि प्रशिक्षुओं को तकनीकी शीर्षक जल्दी ग्रहण कर ने में भी मदद करती है। अनुदेशक निर्देशिका (इन्सट्रक्टर गाइड) अनुदेशक को अपनी अनुदेश योजना, कच्चे माल की आवश्यकता की योजना बनाने में सहायता करती है।

इस व्यवसाय प्रयोगात्मक पुस्तक में प्रशिक्षार्थियों द्वारा कार्यशाला में किये जाने वाले अभ्यासों की श्रृँखला हैं । इन अभ्यासों की रचना इस तरह से हैं कि कौशल के निर्घारित पाठ्यक्रम को आच्छादित करें । व्यवसाय सैद्धान्तिक पुस्तक प्रशिक्षार्थियों को रोजगार हेतु सैद्धान्तिक ज्ञान प्रदान करती हैं । टेस्ट और ऐसाइन्मेन्ट्स अनुदेशकों को प्रशिक्षार्थी द्वारा किये गये एसाइन्मेन्ट के प्रदर्शन का मूल्याँकन करने में सक्षम होंगे । वाल चार्ट और ट्रान्सपेरेन्सीज अनूठी है, ये अनुदेशक को किसी विषय की प्रभावी प्रस्तुति ही नहीं बल्कि उनको प्रशिक्षार्थियों की समझ का आँकलन करने में सहायक है । अनुदेशक निर्देशिका, अनुदेशकों को कच्चे माल की आवश्यकतायें, प्रतिदिन पाठों और प्रदर्शनों की योजना बनाने में सहायक होगी ।

कौशल के प्रदर्शन क्रम को उत्पादक रूप में देखने हेतु अनुदेशात्मक वीडियो को QR code द्वारा एकीकृत कर क्रियात्मक प्रयोगात्मक पदों को अभ्यास में दिया गया हैं । अनुदेशक वीडियो, प्रयोगात्मक प्रशिक्षण की गुणवत्ता स्तर को सुधारकर और प्रशिक्षार्थियों को केन्द्रित होकर मूल कौशल के प्रदर्शन को उत्साहित करेगा ।

IMPs प्रभावी सामूहिक कार्य निष्पादन के लिए आवश्यक संयुक्त कौशल देने का सफल प्रयत्न भी करते हैं । इस बात पर भी ध्यान दिया गया है कि पाठ्यक्रम के महत्वपूर्ण कौशल क्षेत्रों से सम्बन्धित सामग्री भी इसमे संलग्न हो।

इस प्रकार एक संस्थान में पूर्ण अनुदेशात्मक माध्यम पैकेज़स (IMPs) की उपलब्धता प्रशिक्षक और प्रबन्धन को प्रभावशाली प्रशिक्षण उपलब्ध कराने में सहायता प्रदान करती है ।

प्रस्तुत IMPs NIMI के कर्मचारियों एवं मिडिया विकास कमेटी के सदस्यों के सामूहिक प्रयत्न का फल है । कमेटी के सदस्य के रूप में सरकारी एवं निजी व्यावसायिक उद्योगों, प्रशिक्षण महानिदेशालय (DGT) के अर्न्तगत आनेवाले विभिन्न प्रशिक्षण संस्थानों और सरकारी तथा निजी ITIs के कर्मचारियों को सम्मिलित किया है ।

NIMI विभिन्न राज्य सरकार के रोजगार एवं प्रशिक्षण महानिदेशकों, सरकारी एवं निजि औद्योगिक क्षेत्र के प्रशिक्षण विभागों DGT तथा DGT क्षेत्र संस्थानों के अधिकारियों, प्रूफ रीडरों, व्यक्तिगत माध्यम विकासकर्तायों एवं संयोजकों को प्रस्तुत सामग्री के प्रकाशन में उनके अमूल्य योगदान हेतु हार्दिक धन्यवाद देता है ।

आर.पी. ढिंगरा

चेन्नई - 600 032

निदेशक

आभार

इलेक्ट्रिकल व्यवसाय के अधिन ITIs के लिए **इलेक्ट्रीशियन NSQF स्तर- 5** की प्रस्तुत अनुदेशात्मक सामग्री **(व्यवसाय सिद्धान्त)** के प्रकाशन में अपना सहयोग देने हेतु राष्ट्रीय अनुदेशात्मक माध्यम संस्थान (NIMI) निम्नलिखित माध्यम विकासकर्ताओं तथा प्रायोजकों को हार्दिक धन्यवाद देता है ।

मीडिया विकास समिति के सदस्य

श्री डी. एस. वरदराजुलू	-	DD/प्रिन्सपल (से. नि.) Govt. ITI (W), अम्बत्तूर, चेन्नई - 98
श्री जी. इतिराजुलू	-	प्रिन्सपल (से.नि.), Govt. ITI, गिण्डी, चेन्नई - 32
श्री एम. एच. नागेश	-	सहायक प्रशिक्षण अधिकारी Govt. ITI, मैसूर - 570 007
श्रीमती एस. चन्द्रकला	-	सहायक प्रशिक्षण अधिकारी Govt. ITI, मैसूर - 570 007
श्रीमती डी. विनुता	-	सहायक प्रशिक्षण अधिकारी Govt. ITI, बैंगलोर - 560 029

NIMI समन्वयक

श्री के. श्रीनिवास राव	-	संयुक्त निदेशक NIMI, चेन्नई -32
श्री शुभांकर भौमिक	-	सहायक प्रबन्धक, NIMI, चेन्नई -32

NIMI ने अनुदेशात्मक सामग्री के विकास की प्रकिया में सराहनीय एवं समर्पित सेवा देने के लिए DATA ENTRY, CAD, DTP आपरेटरों की भूरी-भूरी प्रशंसा करता है ।

NIMI उन सभी कर्मचारियों के प्रति धन्यवाद व्यक्त करता है जिन्होंने अनुदेशात्मक सामग्री के विकास के लिए सहायोग दिया है ।

NIMI उन सभी का आभारी है जिन्होंने परोक्ष या अपरोक्ष रूप से अनुदेशात्मक सामग्री के विकास में सहायता की है।

आंशिक अनुवाद

- **श्री सी. एम. गुप्ता, प्रशिक्षण अधिकारी, Govt. M.I.T.I., कोनी, बिलासपुर, छत्तीसगढ़**
- **श्री कृष्ण चन्द्र प्रधान, प्रशिक्षण अधिकारी, Govt. I.T.I., सरिया, छत्तीसगढ़**
- **श्री किरित कुमार धिरही, प्रशिक्षण अधिकारी, Govt. I.T.I., अकलतरा, छत्तीसगढ़**
- **श्री दिनेश कुमार गुप्ता, प्रशिक्षण अधिकारी, Govt. I.T.I., मुंगेली, छत्तीसगढ़**
- **श्री भूषण लाल नायक, प्रशिक्षण अधिकारी, Govt. I.T.I., महासमुंद, छत्तीसगढ़**

परिचय

यह मैनुअल ITI कार्यशाला में व्यवसाय प्रयोगात्मक हेतु हैं । इलैक्ट्रिकल सेक्टर में इलैक्ट्रिशियन व्यवसाय के प्रथम सेमेस्टर प्रयोगात्मक पाठ्यक्रम में अभ्यासों की श्रृंखला को प्रशिक्षार्थियों द्वारा पूर्ण किया जाता है । प्रशिक्षार्थियों के अभ्यास के प्रदर्शन में निर्देशों/सूचनाओं के लिये **राष्ट्रीय कौशल योग्यता फ्रेमवर्क (NSQF) - स्तर 5,** पूरक व सहायक है । पाठ्यक्रम में अभ्यासों की रचना समस्त निर्देशित कौशल के साथ सम्बधित व्यवसायों के अभ्यासों का आवंटन निश्चित करें । **इलैक्ट्रिकल सेक्टर इलैक्ट्रीशियन** व्यवसाय सिद्धान्त 3rd सेमेस्टर के पाठ्यक्रम को 6 माड्यूल्स में बाँटा गया हैं। विभिन्न माड्यूल्स के लिये समय आबंटन निम्न प्रकार से है :

माड्यूल 1 - DC जनरेटर	**7 अभ्यास**	**78 घण्टे**
माड्यूल 2 - DC मोटर	**9 अभ्यास**	**122 घण्टे**
माड्यूल 3 - AC 3 फैस मोटर	**11 अभ्यास**	**125 घण्टे**
माड्यूल 4 - AC एकल फैस मोटर	**9 अभ्यास**	**100 घण्टे**
माड्यूल 5 - आल्टरनेटर	**5 अभ्यास**	**50 घण्टे**
माड्यूल 6 - सिन्क्रोनस मोटर और MG सेट	**4 अभ्यास**	**50 घण्टे**
कुल	**45 अभ्यास**	**525 घण्टे**

पाठ्यक्रम तथा माड्यूलों में दिए विषय वस्तु का सावधानी पूर्वक अध्ययन करने से पता चलता है कि ये माड्यूल एक दूसरे से जूड़े है । आगे, इलेक्ट्रीकल विभाग में उपलब्ध कार्यस्थलों की संख्या, मशीनरी तथा उपकरण सीमित होते है । इन वाधाओं के कारण, यह आवश्यक है कि अभ्यासों को विभिन्न माड्यूलों में अन्तर्वेशित किया जाए, जिससे कि एक उपयुक्त पढने तथा पढ़ाने का अनुक्रम बन जाए । विभिन्न माड्यूलों के लिए दिए गए अनुदेश सुझाव के अनुक्रम, अनुदेश के नियोजन में दिए गए है, जो अनुदेशक गाइड में समावेशित है । 5 कार्यकारी दिवसों के सप्ताह में 25 प्रायोगिक घण्टे है तथा इसलिए एक माह में प्रायोगिक के 100 घण्टे है ।

3rd सेमेस्टर के इन कुल 45 अभ्यासों के विशिष्ट उद्देश्य प्रत्येक अभ्यास हेतु पुस्तक के अन्त में दिए गए हैं ।

आरेखन में दिए गए चिह्न 'ब्यूरो ऑफ इण्डियन स्टान्डर्ड' (BIS) के अनुरूप है ।

व्यवसाय अभ्यास पर यह पुस्तिका, लिखित र्निदेशन सामग्री (WIM) का एक भाग है, जिसमें व्यवसाय प्रायोगिक तथा समानुदेश/परीक्षण की पुस्तिकायें भी सम्मिलित है । समानुदेश/परीक्षण के उत्तरों को अनुक्रिया शीट पर ही लिखना चाहिए ।

विषय-क्रम

अभ्यास सं.	अभ्यास के शीर्षक	पृष्ठ सं.
	माड्यूल 1 : DC जनरेटर (DC Generator)	
3.1.115 & & 3.1.116	DC जनरेटर - सिद्धान्त - भाग - कार्य-प्रकार - EMF समीकरण (DC generator - principle - parts - types - function - e.m.f. equation)	1
3.1.117	DC शंट जनरेटर का वोल्टेज बनाना (Building up of a DC shunt generator)	16
3.1.118	निरंतरता और इंसुलेशन प्रतिरोध के लिये एक DC मशीन का परीक्षण (Test a DC machine for continuity and insulation resistance)	19
3.1.120 to 3.1.123	DC जनरेटर की अभिलाक्षणिक विशेषताएँ (Characteristics of DC generator)	21
	माड्यूल 2 : DC मोटर (DC Motor)	
3.2.119 & 3.2.124 से 3.2.127	DC मोटर- सिद्धान्त और प्रकार (DC Motor - principle and types)	36
	DC आरोपित वोल्टता बैक emf आर्मेचर वोल्टता ड्राप, चाल और DC मोटर के फ्लक्स के बीच सम्बन्ध घूर्णन की दिशा परिवर्तन की विधि (The relation between applied voltage, back emf, armature voltage drop, speed and flux of DC motor - method of changing direction of rotation)	37
	DC मोटर स्टार्टर्स (DC motor starters)	39
	एक DC मोटर में आघूर्ण फ्लक्स और आर्मेचर करंट का सम्बन्ध (Relation between torque, flux and armature current in a DC motor)	40
	DC मोटर स्टार्टरों की सेवा और रखरखाव (Service and maintenance of DC motor starters)	42
	एक DC सिरिज मोटर के अभिलक्षणिक और अनुप्रयोग (Characteristics and applications of a DC series motor)	44
	DC शन्ट मोटर के अभिलक्षणिक और अनुप्रयोग (Characteristic and applications of a DC shunt motor)	47
	DC यौगिक मोटर (DC compound motor - load characteristics)	48
3.2.128	DC मोटर की चाल नियन्त्रक विधियां और उनके अनुप्रयोग (Speed control methods of a DC motor and their applications)	51
	नियन्त्रण प्रतिरोध के गणना की विधि और नवीन चाल (Method of calculation of control resistance and new speed)	54
3.2.129	DC मशीनों में दोष निवारण (Troublshooting in DC machines)	56
	DC मशीन के लिये अनुरक्षण प्रक्रिया (Maintenance procedure for DC Machines)	59
	डीसी मोटर कन्ट्रोल सिस्टम (ड्राइव) एसी-डीसी तथा डीसी-एसी कन्ट्रोल (D.C. motor control system (drives) AC-DC and DC-AC control) 63	
3.2.130	वाइन्डिंग में प्रयुक्त सामग्री - क्षेत्र कुण्डली वाइन्डिंग (Materials used for winding - Field coil winding)	64
	वाइन्डिंग तारें (Winding wires)	66
	आर्मेचर वाइडिंग- शब्दावली - प्रकार-मिक्सर/लिक्विडायजर का पुनः वाइडिंग (Armature winding - Terms - Types - Rewinding of mixer/liquidizer)	70
	सिम्प्लैक्स लैप और वेव वाइडिंग - विकसित आरेख (Simplex lap and wave winding - developed diagram)	75

अभ्यास सं.	अभ्यास के शीर्षक	पृष्ठ सं.
	आर्मेचर को रि-वाइडिंग के लिए तैयार करना (Preparation of armature for rewinding)	78
	मिक्सर /लिक्वीडाइजर का पुनः वाइडिंग (Rewinding of mixer/liquidizer)	81
	आर्मेचर की पुनः वाइडिंग व सन्तुलन करने की विधि (Method of rewinding and balancing the armature)	84
	आर्मेचर वाइडिंग का परीक्षण (Testing of armature winding)	88
	माड्यूल 3 : AC तीन फेज मोटर (AC Three Phase Motor)	
3.3.131 & 3.3.139	प्रेरण मोटर के सिद्धांत (Principle of induction motor)	93
	3-फेज गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर की संरचना - स्लिप, चाल, रोटर आवृत्ति, ताप हानि व बलघूर्ण में सम्बंध (Construction of a 3-phase squirrel cage induction motor - Relation between slip, speed, rotor frequency, copper loss and torque)	95
	गिलहरी पिंजरा मोटरों का वर्गीकरण (Classification of squirrel cage motors)	99
	3 फेस प्रेरण मोटर का इन्सुलेशन परीक्षण (Insulation test on 3 phase induction motors)	101
	3-फेज प्रेरण मोटर के स्टार्टर - पावर कन्ट्रोल सर्किट - D.O.L स्टार्टर (Starter for 3-phase induction motor - Power control circuits - D.O.L starter)	103
	कान्टैक्टर व मशीन से सम्बन्धित B.I.S. चिह्न (B.I.S. symbols pertaining to contactor and machines)	108
	D.O.L.स्टार्टर (D.O.L. starter)	124
	AC 3-फेज प्रेरण मोटर में अंकीय प्रश्न (Numerical problems in AC 3-phase induction motors)	125
	मोटर के लिए जॉगिंग (इंचिंग) नियंत्रण परिपथ (Jogging (inching) control circuits for motors)	126
	रोटरी प्रकार के स्विच (Rotary type switches)	128
	हस्त-प्रचालित स्टार-डेल्टा स्टार्टर (Manual star-delta starter)	131
	सेमी-ऑटोमैटिक स्टार-डेल्टा स्टार्टर (Semi-automatic star-delta starter)	134
	स्वचालित स्टार-डेल्टा स्टार्टर (Automatic star-delta starter)	135
	तीन-फेज, स्लिप-रिंग प्रेरण मोटर (Three-phase, slip-ring induction motor)	137
	3-फेज स्लिप रिंग प्रेरण मोटर के लिए प्रतिरोध स्टार्टर (Resistance starter for 3-phase, slip-ring induction motor)	139
	प्रेरण मोटर की सरकन मापने की विधि (Method of measurement of slip in induction motor)	140
	प्रेरण मोटर का दक्षता- वैशिष्ठ्य - शून्य लोड परीक्षण - ब्लोक्ड रोटर परीक्षण (Efficiency - Characteristics of induction motor- No load test - Blocked rotor test)	141
	गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर के अभिलक्षण (Characteristics of squirrel cage induction motor)	143
	प्रेरण मोटर का शून्य लोड परीक्षण (No-load test of induction motor)	145
	ब्लॉक्ड रोटर टेस्ट (Blocked rotor test)	145
	शून्य लोड व ब्लाक्ड रोटर परीक्षण से दक्षता (Efficiency from no-load and blocked rotor test)	147
	स्लिप रिंग मोटर के रोटर परिपथ में बाह्य प्रतिरोध का प्रभाव (Effect of external resistance in slip ring motor rotor circuit)	147
	ऑटो-ट्रांसफार्मर स्टार्टर (Auto-transformer starter)	148

अभ्यास सं.	अभ्यास के शीर्षक	पृष्ठ सं.
	सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर/फेज फैलियर रिले (Single phasing preventer / phase failure relay)	149
	मोटरों की अवरूद्ध प्रणाली (Braking system of motors)	152
	3 फेज प्रेरण मोटर की चाल नियन्त्रण विधि (Method of speed control of 3 pahse induction motor)	153
3.3.140	AC वाइन्डिंग में प्रयुक्त होने वाली मूलभूत शब्दावली (Fundamental terms used in AC winding)	155
	हैण्ड वाइंडिंग प्रक्रिया (Hand winding process)	159
	3 फेज स्क्विरल केज इंण्डकेश्न मोटर वाइंडिंग (सिंगल लेयर डिस्ट्रीबुटेड वाइंडिंग) 3 phase squirrel cage induction motor winding (single layer distributed winding)	160
	बास्केट या डिस्ट्रीब्युटेड वाइंडिंग में क्वायल को स्थापित करने की विधि (Method of placing coils in a basket or distributed winding)	162
	तीन-फेज इन्डक्शन मोटर वाइंडिंग (सिंगल लेयर - कान्सैन्ट्रिक टाइप - हॉफ क्वायल कनेक्शन) Three-phase induction motor winding (single layer - concentric type - half coil connection)	167
	3 फेज स्क्विरल केज इन्डक्शन मोटर - डबल लेयर डिस्ट्रीब्युटेड प्रकार की वाइंडिंग (3 phase squirrel cage induction motor - double layer distributed type winding)	170
	वाइंडिंग का परीक्षण (Testing of windings)	173
	विद्युत मोटरों में इन्सुलेटिंग वार्निश और वार्निश करने की प्रक्रिया (Insulating varnish and varnishing process in electric machines)	176
	सिरों के संयोजन, समूह संयोजन, टर्मिनल लीड्स संयोजन, बन्धन को जोड़ना और ओवर हैन्गस को बनाने की विधियाँ (Method of connecting end connection, group connection, terminal leads, binding and forming the overhangs)	179
3.3.141	AC 3 फेज स्किवरल केज मोटर व स्टार्टर का अनुरक्षण, कार्य और दोष (Maintenance, service and troubleshooting in AC 3 phase squirrel cage induction motor and starters)	182
	मोटर स्टार्टर के दोष निवारण (Troubleshooting of motor starters)	192
	माड्यूल 4 : AC एकल फेज मोटर (AC Single Phase Motor)	
3.4.142 - 3.4.150	एकल फेज मोटरें प्रकार- कला विघटित प्रेरण मोटर - प्रेरण प्रारम्भ, प्ररेण- चल मोटर (Single phase motors - Types - Split phase induction motor - Induction-start, induction-run motor)	195
	अपकेन्द्रिय स्विच (Centrifugal switch)	197
	एकल फेज, फेज विघटित प्रकार की मोटर वाइन्डिंग (सकेन्द्रित क्वाइल वाइन्डिंग) (Single phase, split phase type motor winding (concentric coil winding))	200
	संधारित्र-प्रारम्भ, प्रेरण-चल मोटर (Capacitor-start, induction-run motor)	204
	एक फेज संधारित्र मोटरों में अनुप्रयुक्त संधारित्र (Capacitors used in single phase capacitor motors)	205
	स्थायी संधारित्र मोटर, संधारित्र-प्रारम्भ, संधारित्र-चल मोटर और शेडेड पोल मोटर (Permanent capacitor motor - capacitor-start, capacitor-run motor and shaded pole motor)	207
	शेडेड पोल मोटर (The shaded pole motor)	209
	यूनिवर्सल मोटर (Universal motor)	210
	यूनिवर्सल मोटरों की समस्याओं को दूर करना (Troubleshooting of universal motor)	212
	प्रतिकर्षण मोटर (Repulsion motor)	214
	स्टैप्पर मोटर (Stepper motor)	217

अभ्यास सं.	अभ्यास के शीर्षक	पृष्ठ सं.
	हिस्टेरिसिस मोटर (Hysteresis motor)	218
	रिलक्टैंस मोटर (Reluctance motor)	220
	माड्यूल 5 : आल्टरनेटर (Alternator)	
3.5.151 - 3.5.153	प्रत्यावर्तक - सिद्धांत - पोल, चाल व आवृत्ति में सम्बन्ध (Alternator - Principle - Relation between poles, speed and frequency)	222
	प्रत्यावर्तकों के प्रकार व सरंचना (Types and construction of alternators)	224
	प्रत्यावर्तक का सामान्य परीक्षण व 3-फेज वोल्टेज का उत्पादन (Generation of 3-phase voltage and general test on alternator)	226
	प्रत्यावर्तक का Emf समीकरण (Emf equation of the alternator)	229
3.5.154	प्रत्यावर्तक के अभिलक्षण व वोल्टेज विनियमन (Characteristic and voltage regulation of the alternator)	232
3.5.155	प्रत्यावर्तकों के समानांतर परिचालन की विधियाँ - ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक (Parallel operation methods of alternators - Brushless alternator)	235
	माड्यूल 6 : सिन्क्रोनस मोटर और MG सेट (Synchronous Motor and MG Set)	
3.6.156 & 3.6.157	सिन्क्रोनस मोटर (Synchronous motor)	241
3.6.158 & 3.6.159	MG सैट, रोटरी कन्वर्टर एवं इन्वर्टर (MG set, Rotary converter and Inverter)	245
	Maintenance of MG Set	
	Project work	

मूल्यांकन / अभ्यास परिणाम

इस पुस्तक के अन्त में आप यह जान सकेंगे :

- **DC मशीनों की योजना बनाना, चालू करना और निष्पादन का मूल्यांकन करना**
- **DC मशीनों और मोटर स्टार्टरों के परीक्षण और रखरखाव का कार्य करना**
- **AC मोटरों के निष्पादन की योजना बनाना और मूल्याकंन करना**
- **AC मोटरों और स्टार्टर का परीक्षण और रखरखाव का कार्य करना**
- **आल्टरनेटर/MG सेट की योजना बनाना, परीक्षण करना, प्रदर्शन का मूल्यांकन करना और रखरखाव कार्य करना**
- **आल्टरनेटरों में समान्तर प्रचालनों का कार्य करना**
- **मोटर वाइन्डिंग को पहचानना, क्रम बद्ध करना और उसका प्रदर्शन जाँचना ।**

ELECTRICIAN 3RD SEMESTER SYLLABUS

Third Semester Duration: Six Month

Week No.	Learning outcome Reference	Professional Skills (Trade Practical) With Indicative Hours	Professional Knowledge (Trade Theory)
53-54	• Plan, Execute commissioning and evaluate performance of DC machines.	115. Identify terminals, parts and connections of different types of DC machines. (10 Hrs) 116. Measure field and armature resistance of DC machines. (10 Hrs) 117. Determine build up voltage of DC shunt generator with varying field excitation and performance analysis on load. (15 Hrs) 118. Test for continuity and insulation resistance of DC machine. (5 Hrs) 119. Start, run and reverse direction of rotation of DC series, shunt and compound motors. (10 Hrs)	General concept of rotating electrical machines. Principle of DC generator. Use of Armature, Field Coil, Polarity, Yoke, Cooling Fan, Commutator, slip ring and Brushes, Laminated core etc. E.M.F. equation Separately excited and self excited generators. Series, shunt and compound generators.
55-56	• Plan, Execute commissioning and evaluate performance of DC machines. • Execute testing, and maintenance of DC machines and motor starters.	120. Perform no load and load test and determine characteristics of series and shunt generators. (12 Hrs) 121. Perform no load and load test and determine characteristics of compound generators (cumulative and differential). (13 Hrs) 122. Practice dismantling and assembling in DC shunt motor. (12 Hrs) 123. Practice dismantling and assembling in DC compound generator. (13 Hrs)	Armature reaction, Commutation, inter poles and connection of inter poles. Parallel Operation of DC Generators. Load characteristics of DC generators. Application, losses & efficiency of DC Generators. Routine & maintenance.
57-58	• Plan, Execute commissioning and evaluate performance of DC machines. • Execute testing, and maintenance of DC machines and motor starters.	124. Conduct performance analysis of DC series, shunt and compound motors. (15 Hrs) 125. Dismantle and identify parts of three point and four point DC motor starters. (10 Hrs) 126. Assemble, Service and repair three point and four point DC motor starters. (15 Hrs) 127. Practice maintenance of carbon brushes, brush holders, Commutator and slip-rings. (10 Hrs)	Principle and types of DC motor. Relation between applied voltage back e.m.f., armature voltage drop, speed and flux of DC motor. DC motor Starters, relation between torque, flux and armature current. Changing the direction of rotation. Characteristics, Losses & Efficiency of DC motors. Routine and maintenance.
59-60	• Execute testing, and maintenance of DC machines and motor starters. • Distinguish, organise and perform motor winding.	128. Perform speed control of DC motors - field and armature control method. (10 Hrs) 129. Carry out overhauling of DC machines. (15 Hrs) 130. Perform DC machine winding by developing connection diagram, test on growler and assemble. (25 Hrs)	Methods of speed control of DC motors. Lap and wave winding and related terms.

ELECTRICIAN 3RD SEMESTER SYLLABUS

Third Semester Duration: Six Month

Week No.	Learning outcome Reference	Professional Skills (Trade Practical) With Indicative Hours	Professional Knowledge (Trade Theory)
61-62	• Plan, Execute commissioning and evaluate performance of AC motors. • Execute testing, and maintenance of AC motors and starters.	131. Identify parts and terminals of three phase AC motors. (5 Hrs) 132. Make an internal connection of automatic star-delta starter with three contactors. (10 Hrs) 133. Connect, start and run three phase induction motors by using DOL, stardelta and auto-transformer starters. (20 Hrs) 134. Connect, start, run and reverse direction of rotation of slip-ring motor through rotor resistance starter and determine performance characteristic. (15 Hrs)	Working principle of three phase induction motor. Squirrel Cage Induction motor, Slip-ring induction motor; construction, characteristics, Slip and Torque. Different types of starters for three phase induction motors, its necessity, basic contactor circuit, parts and their functions.
63-64	• Plan, Execute commissioning and evaluate performance of AC motors. • Execute testing, and maintenance of AC motors and starters.	135. Determine the efficiency of squirrel cage induction motor by brake test. (8 Hrs) 136. Determine the efficiency of three phase squirrel cage induction motor by no load test and blocked rotor test. (8 Hrs) 137. Measure slip and power factor to draw speedtorque (slip/torque) characteristics. (14 Hrs) 138. Test for continuity and insulation resistance of three phase induction motors. (5 Hrs) 139. Perform speed control of three phase induction motors by various methods like rheostatic control, autotransformer etc. (15 Hrs)	Single phasing prevention. No load test and blocked rotor test of induction motor. Losses & efficiency. Various methods of speed control. Braking system of motor. Maintenance and repair.
65	• Distinguish, organise and perform motor winding.	140. Perform winding of three phase AC motor by developing connection diagram, test and assemble. (20 Hrs) 141. Maintain, service and troubleshoot the AC motor starter. (05 Hrs)	Concentric/ distributed, single/ double layer winding and related terms.
66-67	• Plan, Execute commissioning and evaluate performance of AC motors. • Execute testing, and maintenance of AC motors and starters.	142. Identify parts and terminals of different types of single phase AC motors. (5 Hrs) 143. Install, connect and determine performance of single phase AC motors. (15 Hrs) 144. Start, run and reverse the direction of rotation of single phase AC motors. (10 Hrs) 145. Practice on speed control of single phase AC motors. (10 Hrs)	Working principle, different method of starting and running of various single phase AC motors. Domestic and industrial applications of different single phase AC motors. Characteristics, losses and efficiency.

ELECTRICIAN 3RD SEMESTER SYLLABUS

Third Semester Duration: Six Month

Week No.	Learning outcome Reference	Professional Skills (Trade Practical) With Indicative Hours	Professional Knowledge (Trade Theory)
		146. Compare starting and running winding currents of a capacitor run motor at various loads and measure the speed. (10 Hrs)	
68-69	• Distinguish, organise and perform motor winding.	147. Carry out maintenance, service and repair of single phase AC motors. (10 Hrs) 148. Practice on single/double layer and concentric winding for AC motors, testing and assembling. (25 Hrs) 149. Connect, start, run and reverse the direction of rotation of universal motor. (10 Hrs) 150. Carry out maintenance and servicing of universal motor. (05 Hrs)	Concentric/ distributed, single/ double layer winding and related terms. Troubleshooting of single phase AC induction motors and universal motor.
70-71	• Plan, execute testing, evaluate performance and carry out maintenance of Alternator / MG set. • Execute parallel operation of alternators.	151. Install an alternator, identify parts and terminals of alternator. (10 Hrs) 152. Test for continuity and insulation resistance of alternator. (5 Hrs) 153. Connect, start and run an alternator and build up the voltage. (10 Hrs) 154. Determine the load performance and voltage regulation of three phase alternator. (10 Hrs) 155. Parallel operation and synchronization of three phase alternators. (15 Hrs)	Principle of alternator, e.m.f. equation, relation between poles, speed and frequency. Types and construction. Efficiency, characteristics, regulation, phase sequence and parallel operation. Effect of changing the field excitation and power factor correction.
72	• Plan, execute testing, evaluate performance and carry out maintenance of Alternator / MG set.	156. Install a synchronous motor, identify its parts and terminals. (10 Hrs) 157. Connect, start and plot Vcurves for synchronous motor under different excitation and load conditions. (15 Hrs)	Working principle of synchronous motor. Effect of change of excitation and load. V and anti V curve. Power factor improvement.
73	• Plan, execute testing, evaluate performance and carry out maintenance of Alternator / MG set.	158. Identify parts and terminals of MG set. (5 Hrs) 159. Start and load MG set with 3 phase induction motor coupled to DC shunt generator. (20 Hrs)	Rotary Converter, MG Set description and Maintenance.
74-75	Project work/Industrial visit (optional) Broad Areas: a) Phase sequence checker for 3 phase supply b) Induction motor protection system c) Motor starters with protection d) Solar/wind power generation		
76-77	Revision		
78	Examination		

DC जनरेटर - सिद्धान्त - भाग - कार्य-प्रकार - EMF समीकरण (DC generator - principle - parts - types - function - e.m.f. equation)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **घूमने वाले विद्युत मशीन की साधारण अवधारणा का वर्णन करना**
- **DC जनरेटर के सिद्धांत का अध्ययन करना**
- **फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियमों का स्पष्टीकरण करने में**
- **गतिक प्रेरित EMF के उत्पादन की विधि उसके परिमाण और दिशा का स्पष्टीकरण करने में।**
- **एक DC जनरेटर के भागों का वर्णन करने में और उनके प्रकार्यो को बताने में**
- **विभिन्न प्रकार के जनरेटरों और उनके टर्मिनल चिन्हों का वर्गीकरण और अभिनिर्धारण करने में**
- **आर्मेचर परिपथ के रैजिस्टैंस और इसके संबंध की व्याख्या करना**
- **EMF समीकरण प्राप्त करना और DC जनरेटर में वोल्टेज की गणना करना**
- **विभिन्न प्रकार के वाइंडिंग के साथ पृथक रूप से उत्तेजित DC जनरेटर के बारे में व्याख्या करना।**

घूमने वाले विद्युत मशीन की सामान्य अवधारणा (General concept rotating electrical machine)

घूमने वाले मशीनों में दो भाग होते हैं - स्टेटर और रोटर। घूमने वाले विद्युत मशीन भी दो प्रकार के होते हैं - DC और AC मशीन। विद्युत मशीन ज्यादातर प्रयोग होते हैं। DC मशीन में स्टेटर का प्रयोग फील्ड के रूप में और रोटर का प्रयोग आर्मेचर के रूप में होता है, जबकि AC मशीन में इसके विपरीत होता है। जो सिंक्रोनस जनरेटर या सिंक्रोनस मोटर कहलाता है। इंडक्शन मोटर अन्य प्रकार का AC मशीन है, जो स्वउत्तेजित होता है, जिसके स्टेटर में AC वोल्टेज दी जाती है और रोटर को सप्लाई नहीं दी जाती है। DC मशीन और सिंक्रोनस मशीनों में फील्ड हमेशा उत्तेजित होता है।

जनरेटर (Generation) : एक वैद्युत जनरेटर ऐसी मशीन है जो यांत्रिक ऊर्जा को वैद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करती है।

जनरेटर का सिद्धान्त (Principle of the Generator): इस ऊर्जा परिवर्तन को सुविधाजनक करने के लिये जनरेटर फैराडे के विद्युत चुम्बक प्रेरण नियमों के सिद्धान्त पर कार्य करते है।

फैराडे के वैद्युत चुम्बक प्रेरण के नियम (Faraday's Laws of Electromagnetic Induction): दो नियम है

पहले नियम के अनुसार (The first law states) :

पहले नियम (First Law) : जब किसी चालक अथवा परिपथ के फ्लक्स में परिवर्तन होता है तो emf उत्पन्न होती है।

दूसरे नियम (Second Law) : इस प्रकार प्रेरित emf का परिमाण फलक्स मात्रा की परिवर्तन दर पर निर्भर होता है।

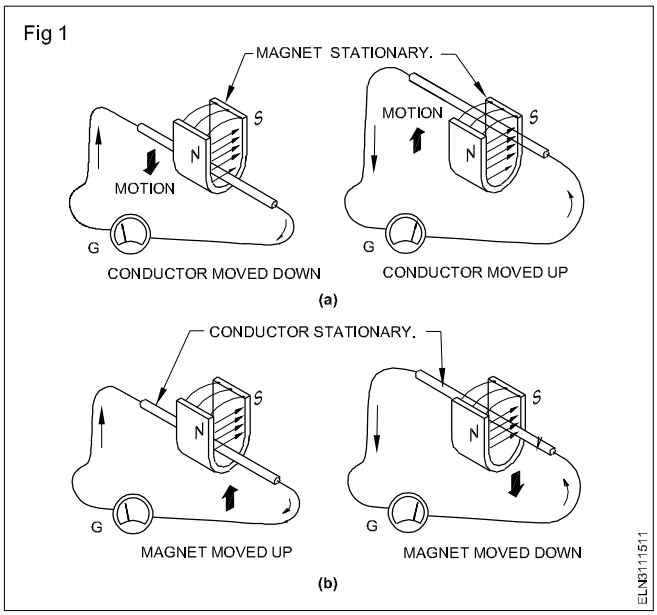
$$e \propto \frac{\text{फ्लक्स परिवर्तन}}{\text{परिवर्तन के लिये लिया गया समय}} \quad \text{या} \quad \frac{d\theta}{dt}$$

emf के प्रकार (Types of emf): फैराडे के नियमों के अनुसार emf का प्रेरण चालकऔर चुम्बकीय फील्ड की आपेक्षिक गति अथवा एक स्थिर चालक में फलक्स मात्रा के परिवर्तन द्वारा हो सकता है।

गतिज प्रेरित emf (Dynamically induced emf): यदि प्रेरित emf स्थिर चुम्बकीय फील्ड में Fig 1a के अनुसार चालक की गति के कारण है अथवा Fig 1b के अनुसार एक स्थिर चालक में चुम्बकीय फील्ड के गति की कारण है तो प्रेरित emf को गतिज प्रेरित emf कहते हैं।

Fig 1a & 1b के अनुसार दोनों प्रकरणों में बल रेखायें emf को प्रेरित करने के लिये चालक को काटती है और emf की उपस्थिति की सुई के विक्षेपण गल्वेनोमीटर `G' के द्वारा प्राप्त की जा सकती है। इस सिद्धान्त का प्रयोग DC अैर AC जनरेटर के उत्पादन में किया जाता है।

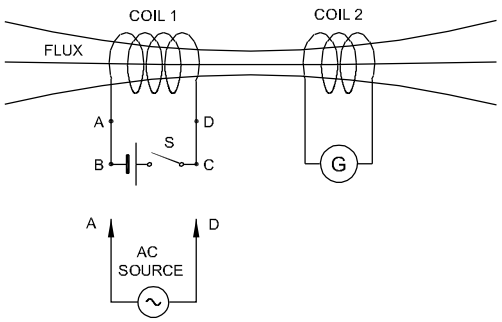
Fig 1



स्थिर प्रेरित emf (Statically induced emf): यदि एक चालक में फ्लक्स मात्रा में परिवर्तन के कारण Fig 2 के अनुसार emf प्रेरित होता है तो इस प्रेरित emf को स्थैतिक प्रेरित emf कहते है। Fig 2 में प्रदर्शित क्वायल 1 और 2 को स्पर्श नही करते है और उनके बीच कोई वैद्युत सम्बन्ध नही है।

Fig 2 के अनुसार जब एक बैटरी (DC) आपूर्ती का उपयोग क्वायल 1 में होता है तो स्विच S के बंद और खुलने के समय क्वायल दो में emf प्रेरित होता है। यदि स्विच को स्थायी रूप से बंद या खोल दिया जाय तो

Fig 2



AS AN ALTERNATIVE USE OF THE AC SOURCE
(AFTER REMOVING BATTERY AND SWITCH)

ELN3111512

क्वायल 1 में फलक्स स्थिर अथवा शून्य होगा और क्वायल दो में कोई emf प्रेरित नही होगा। emf केवल उस स्थिति में ही प्रेरित होगा जबकि बंद और खोलते समय क्वायल 1 में DC परिपथ में स्विच द्वारा फलक्स में परिवर्तन होता है।

अथवा बैटरी और स्विच को हटा कर क्वायल 1 को Fig 2 के अनुसार एक AC आपूर्ति से जोडा जा सकता है। इस स्थिति में क्वायल 2 में निरन्तर emf प्रेरित होगा, जबतक क्वायल 1 AC स्रोत से सम्बन्धित रहता है। जो क्वायल1 में प्रत्यावर्ती चुम्बकीय फलक्स उत्पन्न करते है और क्वायल 2 से जोडता है। इस सिद्धान्त का प्रयोग ट्रांसफार्मर में किया जाता है।

गतिज प्रेरित emf का उत्पादन (Production of dynamically induced emf): चालक जब भी चुम्बकीय फलक्स को काटता है उसमें एक गतिज प्रेरित emf उत्पन्न होता है यह emf चालक परिपथ के बन्द किये जाने पर करंट प्रवाहित करता है।

गतिज प्रेरित emf उत्पादन के लिये निम्न आवश्यकतायें होती है :

- चुम्बकीय फील्ड (magnetic field)
- चालक (conductor)
- चालक और चुम्बकीय फील्ड के बीच आपेक्षिक गति ।

यदि चालक फील्ड के साथ आपेक्षिक वेग 'V' से गति करता है तो प्रेरित emf `E' होगा-

E = BLV Sinθ वोल्टस

जहां

B = टेसला में मापा गया चुम्बकीय फलक्स घनत्व

L = मीटर्स में फील्ड में चालक की प्रभावकारी लम्बाई

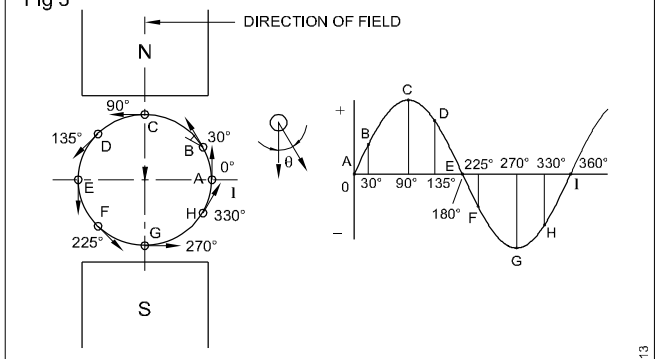
V = फील्ड और चालक के बीच m/sec में आपेक्षिक वेग

θ = वह कोण जिस पर चालक चुम्बकीय फील्ड को काटता है।

Fig 3a को देखें जिसमें A से I चालक चुम्बकीय पोलों के बीच आर्मेचर के परिरेखा में रखें है। इस विशेष जनरेटर के लिये Fig 3a में BLV का मान 100V है।

इसलिये चालक A एक emf प्रेरित करता है

Fig 3



PRODUCTION OF THE SINEWAVE

ELN3111513

= BLV sin θ जहां θ = 0 और sin 0 = 0

= 100 x 0 = zero.

emf induced in

चालक B में प्रेरित emf = BLV sin 30º

= 100 x 0.50

= 50 Volts

emf induced in

चालक C में प्रेरित emf = BLV sin 90º

= 100 x 1

= 100 Volts

emf induced in

चालक D में प्रेरित emf = BLV sin 135º

= BLV sin 45º

= 100 x 0.707

= 70.7Volts

emf induced in

चालक E में प्रेरित emf = BLV sin 180º

= sin 180º = 0

= 100 x 0

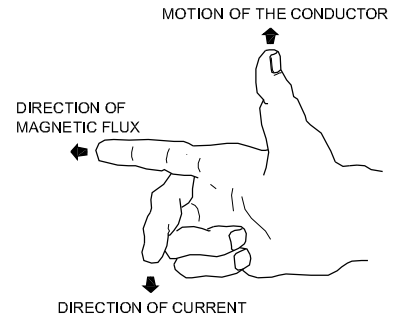
= 0

इसी प्रकार परिरेख में अन्य चालकों की प्रत्येक स्थिति के लये प्रेरित emf की गणना की जा सकती है। यदि इन मानों को एक ग्राफ पर अंकन किया जाय तो इस चालक में प्रेरित emf का sin तंरग का प्रतिरूप व्यक्त करेगा। जब इसे समरूप चुम्बकीय फील्ड के N और S ध्रुवों के बीच घूर्णित किया जाता है।

Fig 3b में इस विधि से प्रेरित emf मूल रूप से प्रत्यावर्ती प्रकृति की होती है और कम्प्यूटेटर द्वारा इस प्रत्यावर्ती करंट को दिष्ट करंट में एक DC जनरेटर द्वारा परिवर्तीत किया जाता है।

फ्लेमिंग के दाये हाथ का नियम (Fleming's right hand rule): इस नियम द्वारा गतिज प्रेरित emf की दिशा का अभिनिर्धारण किया जा सकता है। दाहिने हाथ के अगूठें, तर्जनी और मध्य अंगुली को परस्पर समकोण पर Fig 4 के अनुसार इस प्रकार रखें कि तर्जनी फलक्स की

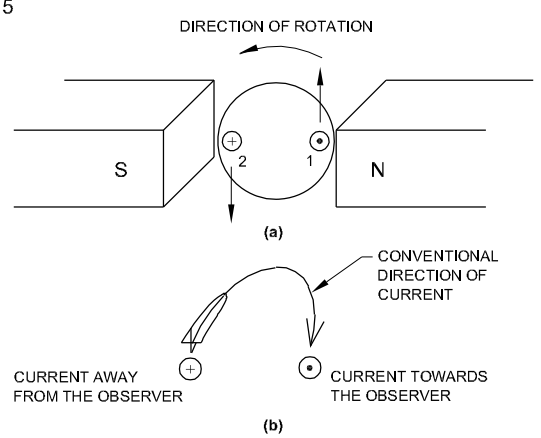
Fig 4



FLEMINGS RIGHT HAND RULE

ELN3111514

Fig 5



DIRECTION OF THE INDUCED CURRENT

ELN3111515

दिशा में अंगूठा चालक गति की दिशा में हो तो मध्य अंगुली प्रेरित emf की दिशा अर्थात प्रेक्षक की ओर अथवा प्रेक्षक से दूर का संकेत करेगी।

कल्पना करें कि Fig 5a के अनुसार उत्तरी और दक्षिणी पोलों के बीच एक चालक वामावर्ती दिशा में गति कर रहा है।

फलेमिंग के दाहिने हाथ के नियम के अनुसार हमें ज्ञात होता है कि चालक 1 उत्तरी पोल के अन्तर्गत ऊपर की ओर गति करता है तो प्रेक्षक की ओर एक emf प्रेरित होता है जिसे बिन्दु चिन्ह द्वारा संकेतिक किया जाता है, और चालक 2 जो दक्षिण पोल के अर्न्तगत नीचे की ओर गति करता है यह प्रेक्षक से दूर एक emf प्रेरित करता है जिसे धन चिन्ह से संकेतित किया जाता है।

Fig 5b में करंट दिशा को तीर चिन्ह द्वारा संकेतित किया गया है। बिन्दु चिन्ह तीर के नुकीले शीर्ष को करंट की दिशा प्रेक्षक की ओर प्रदर्शित करता है और धन चिन्ह तीर के दूसरे सिरे को प्रदर्शित करता है जो प्रेक्षक से दूर की दिशा में है।

DC जनरेटर के भाग (Parts of DC generator)

Fig 6 के अनुसार एक DC जनरेटर में निम्न आवश्यक भाग होते है

1 फ्रेम अथवा योक

2 फील्ड पोल और पोल सुज (Figs 8,9 & 10)

3 फील्ड क्वाइल या फील्ड वाइडिंग (Fig 11)

4 आर्मेचर कोर

5 आर्मेचर वाइंडिंग अथवा आर्मेचर चालक

6 कम्युटेटर

7 ब्रशेज

8 बियरिंग और अंत पटिटयां

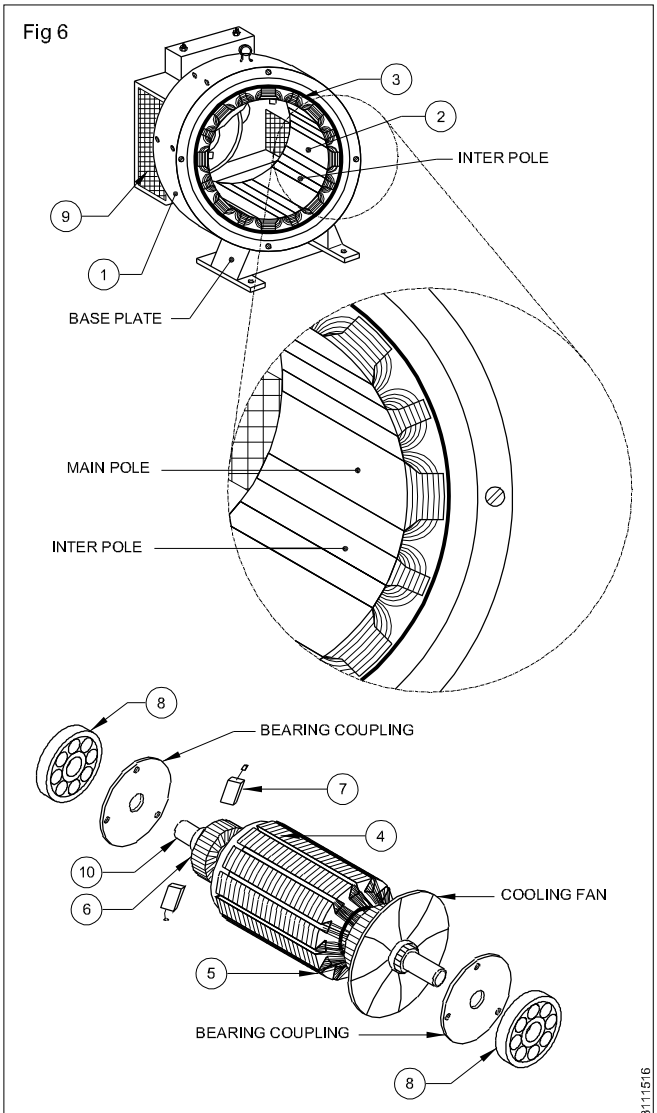
9 पंखें के लिये वायु फिल्टर

10 शाफ्ट

योक पोल शू आर्मेचर कोर और पोलों के बीच एयर गैप तथा आर्मेचर कोर चुम्बकीय परिपथ निर्मित करते है। जबकि आर्मेचर चालक फील्ड क्वायल कम्यूटेटर और ब्रशेज वैद्युत परिपथ निर्मित करते है।

योक (Yoke): वाह्य फ्रेम अथवा योक दो प्रयोजन सिद्ध करता है प्रथम यह पोलों के लिये यांत्रिक आधार प्रदान करता है और कुल मशीन के लिये रक्षक आवरण उपलब्ध कराता है जैसा कि Fig 6 में प्रदर्शित किया गया है, दूसरे यह अपने से चुम्बकीय परिपथ को पूर्ण होने देता है।

Fig 6



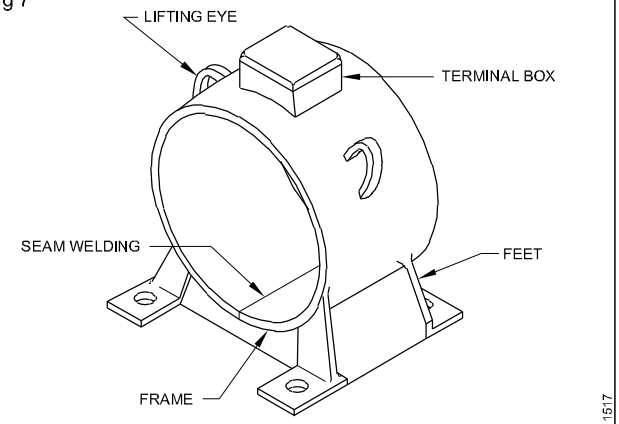
PARTS OF A DC MACHINE

ELN3111516

छोटे जनरेटरों में जहां भार की तुलना में कम मूल्य मुख्य निर्धारण होता है योक ढलवे लोहे से बनाये जाते है लेकिन बडी मशीनों में प्रायः ढलवे स्टील अथवा माइल्ड स्टील उपयोग में लायी जाती है। योक निर्माण की आधुनिक विधि में एक बेलनाकार खराद पर स्टील शफ्ट को चारों ओर

वेल्लित या रोल्ड कर के किनारों पर उसको बेल्ड कर देते है पर टर्मिनल बाक्स इत्यादि फ्रेम से वेल्ड कर दिये जाते है जैसा कि Fig 7 में प्रदर्शित किया गया है इस प्रकार के योक में यथेष्ट यांत्रिक दृढता और उच्च पारगम्यता होती है।

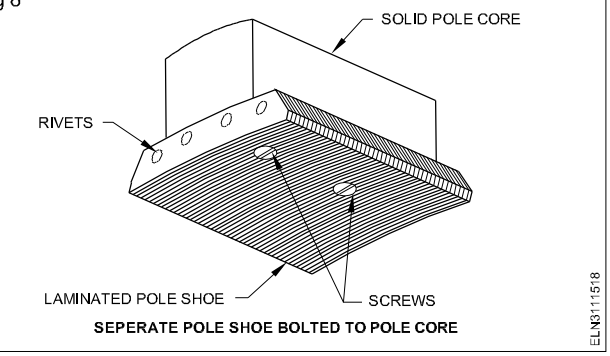
Fig 7



YOKE

पोल कोर और पोल शू (Poles cores and pole shoes) (Fig 8): फील्ड चुम्बक पोल कोर और पोल शूज से निर्मित होती है पोल शू दो कार्य करते है । (i). इनसे वायुअन्तराल से समान रूप से फ्लक्स विस्तारित होता है क्योंकि इनका बडा अनुपस्थ परिच्छेद चुम्बकीय पथ की रिलवेन्सेस को कम करता है और (ii). इनसे फील्ड क्वायलों का आधार भी प्राप्त होता है।

Fig 8



SEPERATE POLE SHOE BOLTED TO POLE CORE

पोल रचना दो मुख्य प्रकार से होती है।

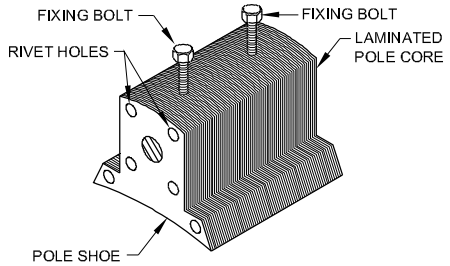
स्वयं ढलवे लोहे अथवा ढलवे स्टील के ठोस टुकडों से बने हो सकते है लेकिन पोल शु पटलित होता है ओर पोल सम्मुख से अभिसंक पेचों (countersunk) द्वारा Fig 8 के अनुसार बंधा रहता है।

वर्तमान अभिकल्पना में पूर्ण पोल कोर अैर पोल शूज पतले पटलित एनील्ड स्टील से बनाये जते है जो वायु दाब से परस्पर रिबेट कर दिये जाते है। पटलन की मोटाई 1mm से 0.2mm तक परिवर्तित होती है। पटलित पोल निम्न दो विधियों मे किसी एक विधि द्वारा योक से जुडे होते है।

पोल योक से पेंचों द्वारा जुडे होते है जो योक से पोल की काय में निकाले जाते है जैसा कि Fig 9 में प्रदर्शित किया गया है अथवा बद्धक पेचों को स्टील छड् में बोल्ट किया जाता है जो पोल से होकर Fig 10 के अनुसार पटलन के तल से निकलता है।

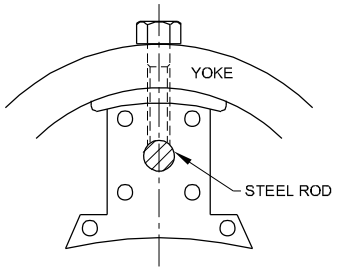
पोल क्वायल (फील्ड क्वायल) **(Pole coils** (Field coils)**):** पोल क्वायल अथवा पोल क्वायल जो तांबें के तार अथवा पटिटयों से निर्मित

Fig 9



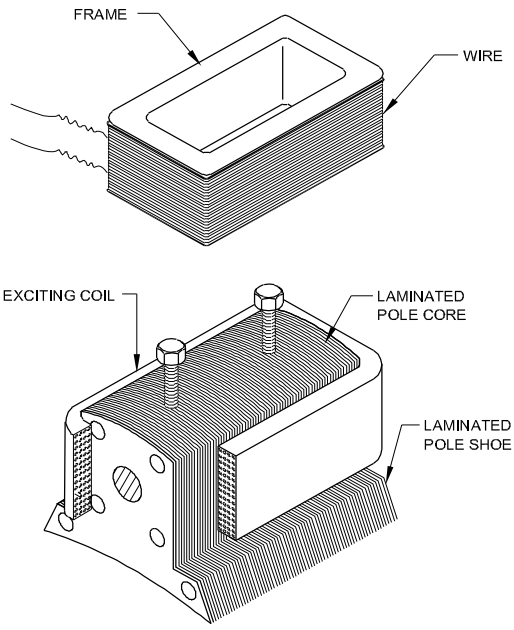
LAMINATED POLE CORE

Fig 10



HOLDING SCREW BOLTED IN TO STEEL BAR POLE CORE ASSEMBLY

Fig 11



POLE ASSEMBLY

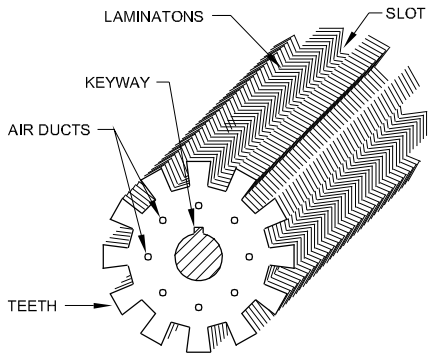
होते है और यथार्थ परिमाप के लिये फार्मर वाउंड होते है। इसके पश्चात फर्मर हटा देते है और वाउंड क्वाइल कोर के ऊपर Fig 11 के अनुसार यथा स्थिति में रख दिये जाते है।

जब क्वायलों में करंट प्रवाहित की जाती है यह ध्रवों को चुम्बकित कर देते है जो आवश्यक फ्लक्स को उत्पन्न करता है। और आर्मेचर चालकों के घूर्णन से कट होता है।

मोटी गेज तार वाइंडिंग (सिरिज) और पतली गेज वाइंडिंग (शन्ट) दोनों एक दूसरे के ऊपर वाउंड होते है जिनका इंसुलेशन पृथक होता है और टर्मिनल को पृथक रूप से बाहर निकालते है।

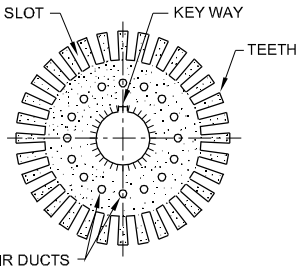
आर्मेचर कोर (Armature core): आर्मेचर कोर आर्मेचर चालकों को आवासित करता है और चुम्बकीय फील्ड को घूर्णित करता है जिससे

Fig 12



ARMATURE CORE MADE OF LAMINATION

Fig 13



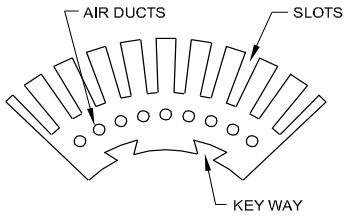
ARMATURE CORE LAMINATIONS

चालक चुम्बकीय फलक्स को कट करें। इसके अतिरिक्त इसका सर्वाधिक महत्वपूर्ण प्रकार्य अति लघु रिलेवसेस पर फील्ड फ्लक्स को एक पथ प्रदान करना होता है। जिससे चुम्बकीय परिपथ योक और पोलों से पूर्ण होता है।

आर्मेचर कोण Fig 12 के अनुसार बेलनाकार अथवा ड्रम आकार का होता है। और वृत्ताकार स्टील चकतियों अथवा पटलित अथवा 0.5mm मोटी परतों से बना होता है जैसा कि Fig 13 में दिखाया गया है।

खांचें डाइ कट अथवा पंच किये होते है जो चकती की वाह्य परिरेखा पर होते है और स्विच छिद्र दर्शाये अनुसार आन्तरिक व्यास पर स्थित होता है। छोटी मशीनों में आर्मेचर स्टैम्पिंग शाफ्ट से सीधा स्विचयत होती है। प्रायः यह परते वायु नली के छिद्र के लिये हाते है आर्मेचर से वायु का रेखीय प्रवाह आर्मेचर को शीतल रखने के लिये होता है। Fig 12, Fig 13 Fig 14 में यह वेंटिलेटिंग छिद्र स्पष्टतयः दृश्य है।

Fig 14



SEGMENTAL LAMINATION

लगभग एक मीटर व्यासों तक के आर्मेचर में वृत्ताकार स्टैम्पिंग एक टुकडे में काटी जाती है जैसा कि Fig 13 में दिखाया गया है लेकिन इस परिमाण से ऊपर यह वृत्त अति पतले विशेष भागों से बने होते है जिनका प्रहस्तन कठिन होता है क्योंकि उनका विरूपण सभंव होता है और समुच्चयन करने पर वह समरूप नही रह ड्रापे इसलिये वृत्ताकार पटलन एक पीस में से काटने की अपेक्षा उपयुक्त भागो के अनेक संख्या से बनाये जाते है जो पूर्ण वलय का निमार्ण करते है।

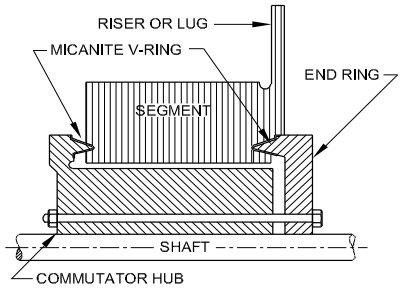
चार अथवा छः अथवा आठ तक खण्डीय परत एक पूर्ण वृत्ताकार परत में होते है । साधारण तयः दो स्विच पथ प्रयेक खण्ड मे लगे रहते है और पटलन को स्वपोषित स्थिति में Fig 14 के अनुसार रखने के लिये वेज अथवा डब चलित होते है । परतों को प्रयोग करने का प्रयोजन भवंर धाराओं का कम करना होता है। परत जितना अधिक पतला होगा एडी करंट ह्रास के विरोध में उत्पन्न विरोध उतना ही अधिक होगा।

आर्मेचर वाइंडिंग (Armature windings): आर्मेचर वाइंडिंग प्रायः फर्मी वाउंड होता है यह चपटे आयताकार कुडलों के रूप में प्रथम लपेट होते है और एक क्वायल पुलर (coil puller) द्वारा इनकों उचित आकृति में लाया जाता है। विभिन्न चालकों के लपेट परस्पर रोधित होते है। चालको को आर्मेचर खाचों में रखा जाता है, जो दृढ इन्सुलेटेड पदार्थो से रेखाकित होते है। चालकों को खाचों में रखने के पूर्व इन खाचों इंसुलेशन को इंसुलेट कर आर्मेचर चालकों को रख दिया जाता है और विशेष दृढ लकडी अथवा फाइबर वेज से अपनी स्थिति में सुरक्षित कर दिये जाते है।

कम्यूटेटर (Commutator): एक कम्यूटेटर का प्रकार्य आर्मेचर चालकों से करंट संग्रह को सुविधा जनक करना होता हैा इससे दिष्टीकरण अर्थात आर्मेचर चालकों में प्रत्यावर्ती प्रेरित करंट को वाह्य लोड (भार) परिपथ के लिये दिष्ट करंट में परिवर्तित करना होता है। यह बेलनाकार रचना का होता है और उच्च चालकता दृढ खिचे हुये अथवा ड्रॉफ फोर्ज (Droop forged) किये हुये तावें के वेज के आकार के खण्डों से बना होता है। यह अभ्रक की पतली रोधित खण्डों से बने होते हैं खण्डों की संख्या आर्मेचर क्वायलों की संख्या के समान होती है।

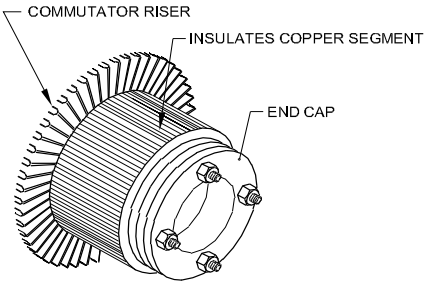
प्रत्येक कम्यूटेटर खण्ड तावें के लग अथवा उत्तोलक (Hoist) द्वारा आर्मेचर चालक से जुडें होते है अभिकेन्द्र बलों के कारण इनके भाग जाने को बचाने के लिये खण्डों में V खाचें होते है जो कोण आकार के माइका नाइट रिंग द्वारा रोधित होते है। एक कम्यूटेटर का खण्डीय दृश्य (section view) Fig 15 में प्रदर्शित किया गया है जिसका समुच्चयन (assemble) हो जाने के पश्चात सामान्य रूप Fig 16 में दिखाया गया है ।

Fig 15



SECTIONAL VIEW OF COMMUTATOR

Fig 16

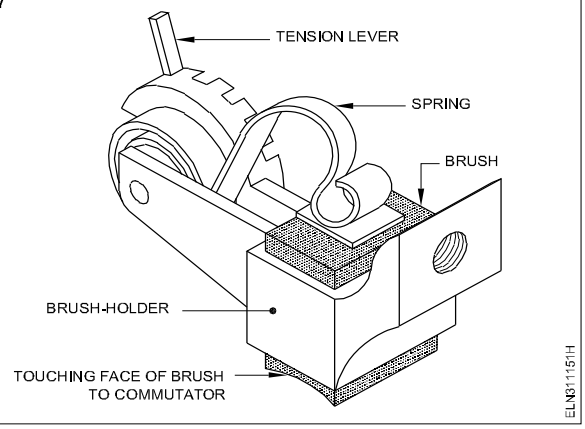


COMPLETE ASSEMBLY OF COMMUTATOR

ब्रुश (Brushes): ब्रुश जिसका प्रकार्य कम्प्यूटेटर से करंट को संग्रह करना होता है प्रायः काबर्न और ग्रेफाइट से बने होते है और एक आयताकार खण्ड की आकृति के होते है।

ब्रुश धारकों में Fig 17 के अनुसार ब्रुश स्थित होते है जिनमें ब्रुश के लिये एक बाक्स धारक (Holder) ब्रुश तनाव को बनाये रखने के लिये एक स्पिंग और धारक (Holder) को रॉकर भुजा में आबद्ध (Fix) करने के लिये और एक छेद होता है। ब्रश दोनों सिरों पर खुले आयताकार बाक्स में स्थापित हो सकता है। ब्रुशों का कार्य कम्प्यूटेटर पर स्प्रिंग को दबाये रखना होता है जिसके खिचाव को खांचों में खिचाव लीवर की स्थित को परिवर्तन करने के लिये होता है। एक नम्य (Flexibke) तांबां पिगटेल ब्रश के शीर्ष पर लगा होता है जो करंट को ब्रश से धारक (Holder) में ले जाता है। कम्प्यूटेटर से संग्रहित होने वाली धार के परिमाण पर प्रति स्पिन्डल ब्रुश की संख्या निर्भर होती है।

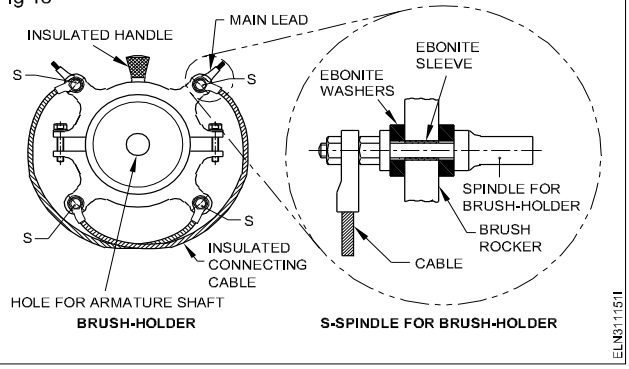
Fig 17



ब्रुश रॉकर (Brush - rocker): बडी मशीन में अनेक ब्रुश वाली स्पिन्डल को प्रयोग में लाया जाता है। एक छोटी मशीन के लिये केवल दो बुश भी हो सकते है सभी स्पिन्डल इंसुलेटेड होते है और ब्रुश होल्डर से जुडे होते है।

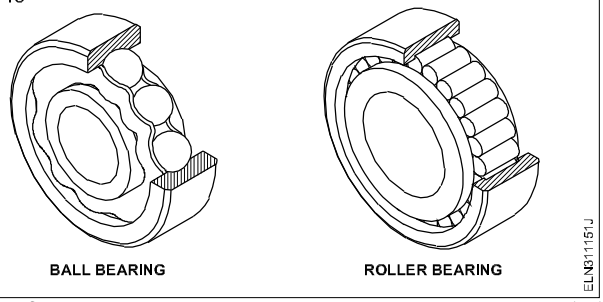
ब्रुश होल्डर छोटी मशीन में एक धारक (Holder) आवरण अथवा Fig 18 के अनुसार योक से जुडे ब्रेकेट पर आधारित होता है। ब्रुश होल्डर की स्थिति को परिवर्तित करके इसे उदासीन अक्ष पर लाया जा सकता है।

Fig 18



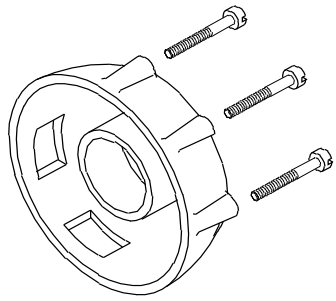
बियरिंग (Bearings (Fig 19)**)**: उनकी विश्वसनीयता के कारण हाफ-बियरिंग अधिक लगाये जाते है। हालांकि अधिक भारी कार्यों के लिए रोलर बियरिंग्स को प्राथमिकता दी जाती है। शांत प्रचालन और बियरिंग चढ़ाने में आसानी के लिए बाल रोलर सामान्यतः कठोर तेल से भरे होते हैं। जब स्लीव (sleeve) बियरिंग का प्रयोग किया जाता है जो रिंग आयलर द्वारा बियरिंग ब्रेकेट में भरे तेल द्वारा लुब्रीकेटेड होते हैं।

Fig 19



बाहरी प्लेट (End plates (Fig 20)**)**: बियरिंग्स इन बाहरी प्लेटों में रखकर इन्हें योक (बाडी) में लगा दिया जाता है। ये आर्मेचर के घषर्ण रहित घूर्णन और फील्ड पोलों के एयर गेप की स्थिति को बनाने में सहायता करते है।

Fig 20

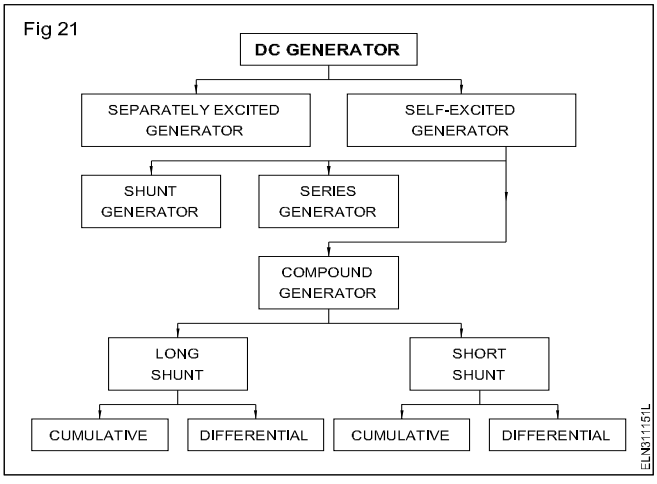


कूलिंग फैन (Cooling fan)

DC मशीन का चयन प्रायः एक विशेष कार्य या लोड की आवश्यकता के लिए होता है। ज्यादातर मामलों में DC मशीन के शाफ्ट पर लगे कूलिंग फैन से गर्मी को हटाते हैं। DC मशीन गर्मी को हटाने की अन्य विधि तेज हवा प्रवाह कर कूलिंग करना होता है। यह आमतौर पर बाहरी रूप से विद्युत पंखे द्वारा DC मशीन में हवा भर देना होता है। तेज हवा से कूलिंग करने पर गर्मी मशीन की संरचना में स्थानांतरित कर कम की जा सकती है और मशीन के उच्च लोड पर प्रचालित करने की अनुमति देता है।

DC जनरेटरों के प्रकार (Types of DC generators): फील्ड उत्तेजन किस प्रकार से किया जाता है इस पर दिष्ट जनरेटर का प्रकार निर्धारित होता है। सामान्य रूप से फील्ड और आर्मेचर वाइंडिंग को सम्बन्धित करने के लिये प्रयोग में लायी गयी विधियां नीचे दिये गये समूहों (Fig 21) में आती है।

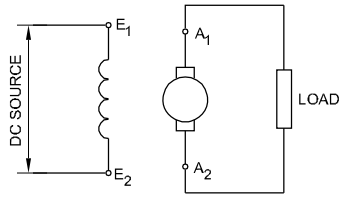
Fig 21



पृथक रूप से उत्तेजित जनरेटर (Separately excited generator) (Fig 22) पृथक रूप से उत्तेजित जनरेटर का फील्ड उत्तेजन में प्रदर्शित किया गया है जिसे एक स्वतन्त्र स्रोत जैसे संग्राहक बैटरी, पृथक DC जनरेटर अथवा एक AC स्रोत से दिष्टित DC आपूर्ती से आपूर्तित कियाजाता है ।

फील्ड उत्तेजन वोल्टता (Field excited generator) जनरेटर वोल्टता (आर्मेचर) के समान अथवा भिन्न भी हो सकती है। प्रायः उत्तेजन वोल्टता कम वोल्टता की होगी जैसे DC 24, 36 अथवा 48V ।

Fig 22



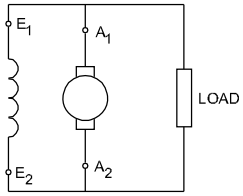
CONNECTION DIAGRAM OF SEPARATELY EXCITED DC GENERATOR

ELN311151M

स्वउत्तेजित जनरेटर (Self-excited generator): इस प्रकार के जनरेटरों में फील्ड उत्तेजन अपने आर्मेचर द्वारा प्राप्त होता है। प्रारम्भ में फील्ड पोलों द्वारा बचे हुये चुम्बकत्व से वोल्टता निर्मित होती है। स्व उत्तेजित जनरेटरों को और भी वर्गों में जैसे शन्ट, सिरिज और मिश्रित जनरेटरों में वर्गीकृत किया जा सकता है।

शन्ट जनरेटर (Shunt generator): Fig 23 के अनुसार फील्ड वाइंडिंग आर्मेचर टर्मिनल से सम्बन्धित किया जाता है (अर्थात शन्ट फील्ड वाइंडिंग, आर्मेचर वाइंडिंग के साथ समान्तर में सम्बन्धित होता है।) शन्ट फील्ड में प्रायः अपेक्षाकृत पतले तार के अनेक लपेटे होती है और अपेक्षाकृत केवल कम करंट ले जाते है जो जनरेटर की निर्धारित करंट का एक लघु प्रतिशत

Fig 23

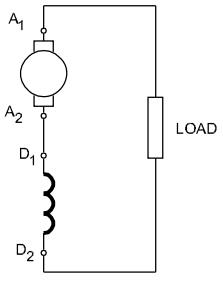


SHUNT GENERATOR

ELN311151N

होती है। **सिरिज जनरेटर (Series generator):** फील्ड वाइंडिंग को आर्मेचर वाइंडिंग के साथ Fig 24 में दर्शायेनुसार सिरिज में जोडा जाता है । सिरिज फील्ड वाइंडिंग में कुछ लपेट भारी तारों की होती है । चूँकि यह आर्मेचर के साथ सिरिज में होती है यह भार करंट उठाती है ।

Fig 24



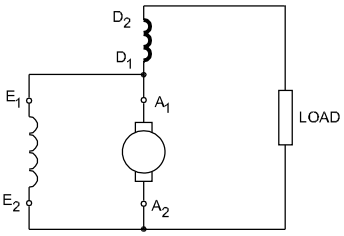
SERIES GENERATOR

ELN311151O

मिश्रित जनरेटर (Compound generator): शन्ट और सिरिज फील्ड वाइंडिंग के मिश्रण से फील्ड उत्तेजन उपलब्ध होता है।

शार्ट शण्ट कम्पाउण्ड जनरेटर (Short - shunt compound generator) यह एक ऐसा जनरेटर है जिसमें आर्मेचर के आर पार शन्ट फील्ड होता है जैसा कि Fig 25 में प्रदर्शित किया गया है।

Fig 25

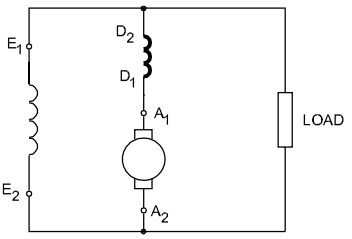


SHORT SHUNT COMPOUND GENERATOR

ELN311151P

लांग शण्ट कम्पाउण्ड जनरेटर (Long - shunt compound generator): इस प्रकार के जनरेटर में शन्ट Fig 26 के अनुसार सिरिज के बाद सम्बन्धित किया जाता है।

Fig 26

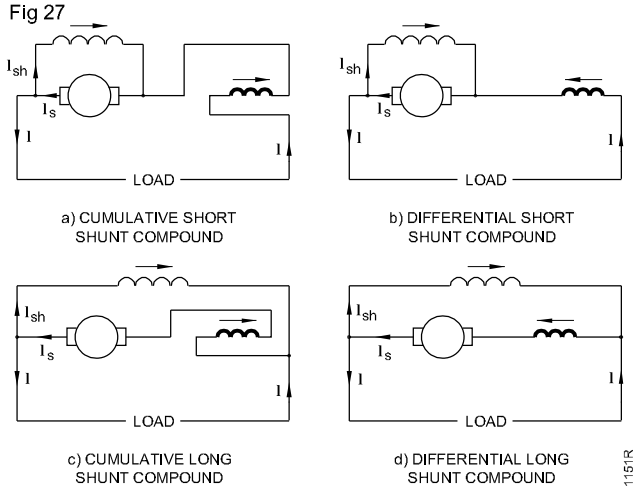


LONG SHUNT COMPOUND GENERATOR

ELN311151Q

कम्यूटेटीव और डिफरेंशियल कम्पाउण्ड जनरेटर (Diffrential and cumulative compound generator): कम्पाउण्ड जनरेटर को संचयी और डिफरेंशियल प्रकार में भी वर्गीकृत किया जा सकता है कम्यूलेटीव डिफरेंशियल जनरेटरों में शन्ट के चुम्बकन बल और सिरिज में फील्ड एम्पियर टर्न संचयी होते है, अर्थात यह दोनों एयरगैप में समान दिशा में फलक्स नियोजित करते हैं लेकिन एम्पियर टर्न के लिये शन्ट वाइंडिंग सिरिज वाइंडिंग के विरोध में होता है और मशीन को विभिन्न डिफरेंशियल जनरेटर कहते है। दोनों के प्रकार Fig 27 में प्रदर्शित किये गये है।

Fig 27



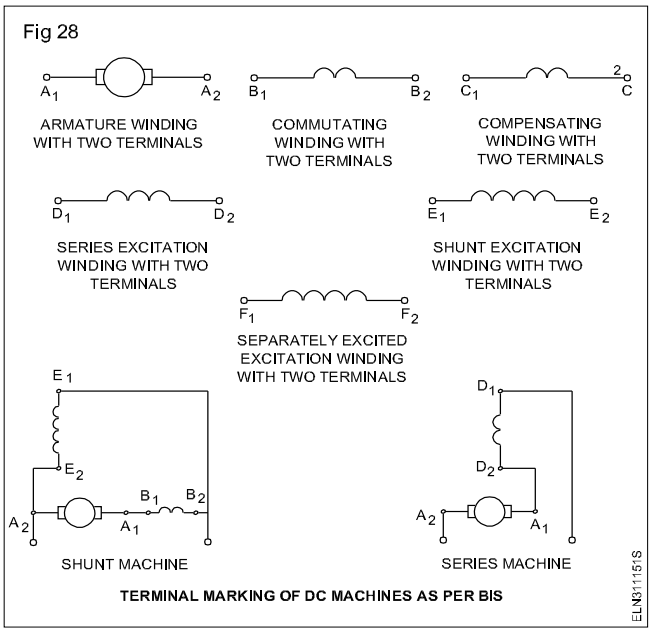
TYPES OF DC COMPOUND GENERATORS

ELN311151R

टर्मिनल चिन्हांकन (Terminal markings): BIS4718-1975 के अनुसार दिष्ट कम्प्यूटेटर मशीनों के लिये चिन्हांकन नीचे दिये गये चिन्हांकन के अनुसार होगी।

- वाइंडिंगों को बडे अक्षरों से प्रदर्शित करना।
- वाइंडिंगों के अन्त अैर माध्यमिक बिन्दु अंकों से व्यक्त किये जाते हैं।
- दिष्ट वाइंडिंग के लिये वाइंडिंग अक्षर वर्ण के प्रथम भाग से चयनित होते है (Fig 28)

Fig 28



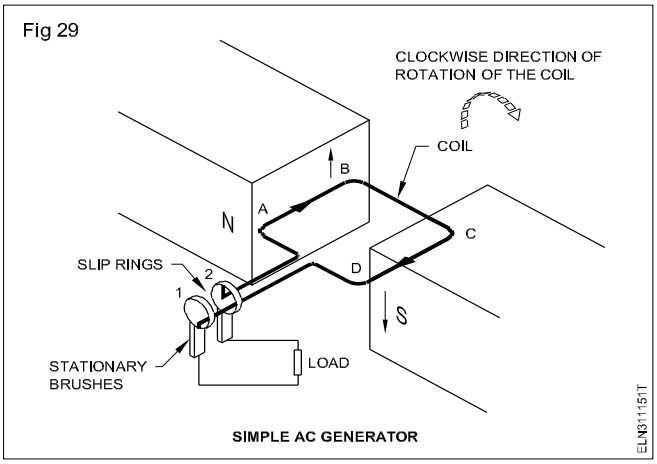
TERMINAL MARKING OF DC MACHINES AS PER BIS

चालक (स्प्लिट रिंग्स) (Commutator (Split rings))

एक जनरेटर, चालकों के समूह की चुम्बकीय फील्ड में घूर्णन की सहायता से वैद्युत शक्ति उत्पन्न करता है। यह वैद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धान्त का उपयोग यांत्रिक शक्ति के निवेश को वैद्युत शक्ति में परिवर्तित करने के लिये उपयोग में लाया जाता है।

स्लिप रिंग (Slip rings) एक सरल AC जनरेटर को लें जिसमें तार का सिंगल लूप (single loop) स्थिर चुम्बकीय फील्ड में Fig 29 के अनुसार घूर्णित किया जाता है।

Fig 29



SIMPLE AC GENERATOR

सिंगल लूप (single loop) क्वायल के प्रत्येक सिरें को ताबें अथवा पीतल की रिंग जिन्हें स्लिप रिंग कहते है सम्बन्धित किया जाता है। ये स्लिपरिंग एक दूसरे से इन्सुलेटेट होती है और साफ्ट पर इन्सुलेटेट लगी होती है। यह घूर्णन समुच्चयन (rotating assemble) (क्वायल शैफ्ट और सर्पिल वलय) व्यापक रूप से अर्मेचर कहलाता है। तार लूप (आर्मेचर क्वायल) दो ब्रशेज द्वारा जो सर्पिल वलय से सटे हुये स्थिर होते है द्वारा, एक वाह्य परिपथ से जोड दिये जाते है। चूंकि आर्मेचर को एक समरूप कोणीय वेग से घूर्णित किया जाता है, इसलिये क्वाइल चालकों में जनित वोल्टता वास्तव में प्रत्यावर्ती वोल्टता होगी।

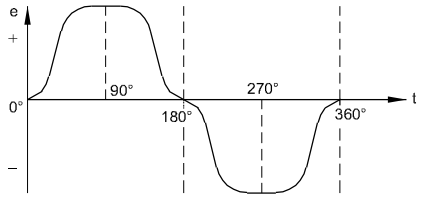
दर्शाये गये वामावर्त घूर्णन के लिये जनरेटर वोल्टता की दिशा और क्वायल में परिणामित करंट की दिशा उत्तरी पोल के अन्तर्गत A से B की ओर होगी जिससे स्लिपरिंग 2 घनात्मक होगी इसकी पुष्टि फलेमिंग के दाहिने हाथ के नियम से सरलता से होती है। इसी प्रकार प्रेरित वोल्टता की दिशा और परिमित करंट की दक्षिणी पोल के अर्न्तगत दिशा C से D की ओर होगी जिससे स्लिप रिंग 1 घनात्मक होगी जब चालक AB उत्तरी पोल से दक्षिणी पोल की ओर गति करता है, प्रेरित emf की दिशा उत्क्रमित होती है और अब करंट प्रवाह की दिशा B से A की ओर होती है जिससे सर्पिल वलय दो धनात्मक हो जाती है। इसी समय क्वायल की भुजा CD उत्तरी पोल दिशा में गति करती है और इसका प्रेरित emf विपरीत होता है और करंट प्रवाह D से C की ओर होता है और स्लिपरिंग 1 ऋणात्मक हो जाती है।

इसलिये घूर्णन के आधे चक्र (एक द्विपोल जनरेटर के लिये) के लिये emf की दिशा क्वायलों A से B और C से D की ओर होती है। दूसरे अर्ध चक्र के लिये emf की दिशा क्वायल में D से C और B से A की ओर होती है। वाह्य सम्बन्धित भार प्रतिरोधक में करंट की दिशा स्थायी ब्रुशेज के सम्पर्क से सर्पिल वलय 1 और 2 के युग्म से प्रकृति में प्रत्यावर्ती (AC) होती है।

प्रेरित वोल्टता का तरंग रूप (Wave - shape of the induced voltage) जब निर्गम वोल्टता को वैद्युत अशों के विपरीत अंकित किया जाता है तो हमें निर्गम तरंग रूप प्राप्त होता है।

भार के सिरों पर प्राप्त निर्गम तरंग रूप Fig 29 में प्रदर्शित पोल रूप के अनुसार प्राप्त होता है। जो ज्या आकृति का नही होगा क्योंकि चुम्बकीय फील्ड समरूप न होकर आयताकार रूप का होगा जैस Fig 30 में दर्शाया गया है।

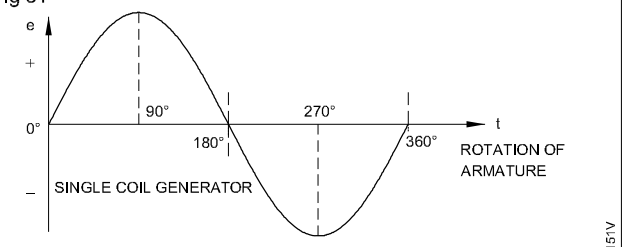
Fig 30



WAVE-FORM SHOWS COIL ROTATES UNDER UN-UNIFORM MAGNETIC FIELD

लेकिन यदि चुम्बकीय फील्ड समरूप है तो Fig 31 के अनुसार निर्गम तरंग रूप ज्यावैक्रीय होगा।

Fig 31



WAVE-FORM SHOWS COIL ROTATES UNDER UNIFORM MAGNETIC FIELD (SINE WAVE)

ELN311151V

स्लिट रिंग युक्त सरल जनरेटर (Simple generator with split-rings) एक DC जनरेटर वास्तव में एक AC जनरेटर होता है जिसमें स्लिप रिंग के स्थान पर स्लिट रिंग होती है।

एक रिंग होती है जो दृढ ताबें के टुकडे से बनी होती है जो दो भागों में विभक्त होता है। जो परस्पर रोधित और उस शैफ्ट से रोधित जिस पर इन्हें आरोहित किया जाता है। एक व्यवसायिक जनरेटर में अनेक विभक्त वलय (Splitring) होती है जिन्हें कम्यूटेटर कहते है। विभक्त वलय (Splitring) एक ऐसी युक्ति होती है, जिससे आर्मेचर क्वायल टर्मिनल क्वायल के साथ ब्रश सम्पर्क प्रेरित करंट के क्वायल में उल्टा होने के साथ प्रत्येक बार उल्टा होता है जिससे ब्रशेज द्वारा ली गयी निर्गम करंट सदैव एक ही दिशा में रहती है।

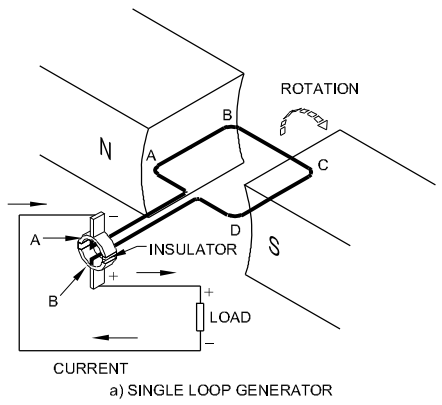
Fig 32a के अनुसार यदि आर्मेचर वामावर्त दिशा में घूर्णित होता है, विभक्त वलय इसके साथ घूर्णित होती है और ब्रशेज और पोल अपनी स्थिति मे स्थिर रहते है। Fig 32a के अनुसार जब गतिज क्वायल क्षैतिज दिशा में होता है प्रेरित करंट क्वायल से ABCD में घटक B धनात्मक ब्रश से प्रवाहित होती है और भार ऋणात्मक ब्रश और भाग A से जाती है। Fig 32a और C में वाह्य परिपथ में करंट प्रवाह की दिशा प्रदिर्शत की गयी है। जब आर्मेचर घूर्णित होकर इस स्थिति में आता है कि क्वायल उर्ध्वाधर हो जाता है तो ब्रशेज दोनों भागों को लघु पथित करते है। प्रेरित emf शून्य होती है और कुछ क्षणों के लिये लोड परिपथ में करंट प्रवाह नही होता है।

जब आर्मेचर घूर्णित होता है और घूम कर Fig 32C के अनुसार स्थिति प्राप्त कर लेता है तो क्वायल की भुजा AB दक्षिणी पोल प्रदेश में प्रवेश करती है ओर प्रेरित emf उस दिशा की तुलना में जब यह उत्तरी पोल के प्रदेश में गतिमय था उल्टा हो जाती है जैसा कि Fig 4a में दर्शाया गया है।

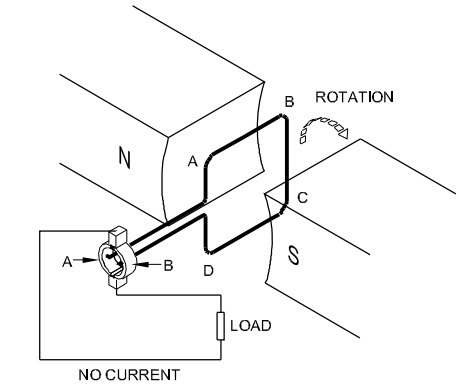
लेकिन इस स्थिति में विभक्त वलय भाग A और B भी अपनी स्थितियों को परिर्तित करते है क्योंकि वे क्वायल के साथ घूर्णित होते है। जब क्वायल भुजाएं AB और CD में emf अपनी पोलता को उल्टा करते है तो विभक्त वलय के भागों से जुडे सम्बन्ध एक साथ स्थिर ब्रशेज के अर्न्तगत अपनी स्थितियों को परिवर्तित करते है। फलस्वरूप ब्रश की पोलता स्थिर रहती है और Fig 32c के अनुसार लोड ने करंट की दिशा समान रहती है जिसे Fig 32a में दर्शाया गया है।

एक सरल DC जनरेटर द्वारा जनित वोल्टता Fig 33 में व्यक्त की गयी है। स्लिट रिंग क्रिया के कारण वोल्टता एक दर्शाए है।

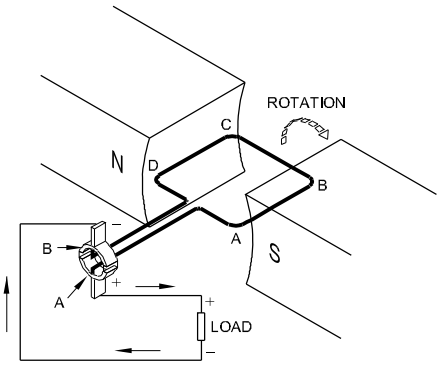
Fig 32



a) SINGLE LOOP GENERATOR



b) SINGLE LOOP GENERATOR

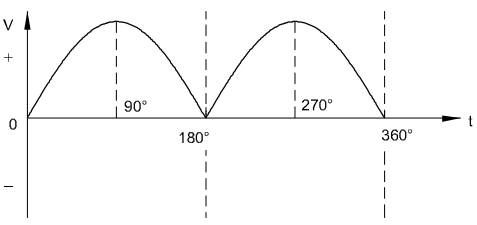


c) SINGLE LOOP GENERATOR

ELN311151W

कम ज्यादा होनेवाली सिंगल लूप (एक चक्र) क्वायल से प्रेरित emf परिमाण में अति लघु और प्रकृति को स्पन्दित होती है जैसा कि Fig 33 में दर्शाया गया है। अनेक क्वायलों को सिरिज में ले कर जनित emf को उतने गुना ही किया जा सकता है लेकिन एक स्थिर (dc) करंट को प्राप्त करने के लिये अर्मेचर में उत्पन्न स्पन्दों में वृद्धि करना आवश्यक होता है जिससे उनका औसत मान स्थिर (pulsating) रहे।

Fig 33



VOLTAGE PRODUCED IN A LOOP UNDER UNIFORM MAGNETIC FIELD

ELN311151X

Fig33 एक साधारण DC जनरेटर द्वारा उत्पादित वोल्टेज को प्रदर्शित करता है। स्पिलिट रिंग के कारण वोल्टेज एक दिशीय होती है।

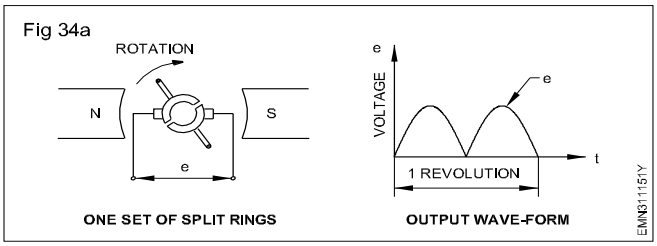
सिंगल लूप (एक टर्न/घुमाव) क्वायल द्वारा प्रेरित EMF परिणाम में निम्न एवं पल्सेटिंग प्रकार का होता है, जैसे Fig33 में दिखाया गया है। जिसमें कई टर्नो की संख्या को सिरिज में रखा गया है तथा एक टर्न में उत्पन्न EMF को टर्नों की संख्या से गुणा करते हैं। आर्मेचर में स्थित (DC) करंट प्राप्त करने के लिए पल्सों/स्पंदों में वृद्धि करते हैं, तो उनके औसत मान के लिए लैप या वेव यह निर्धारित करता है कि- आर्मेचर में कितने समांतर पथ हैं।

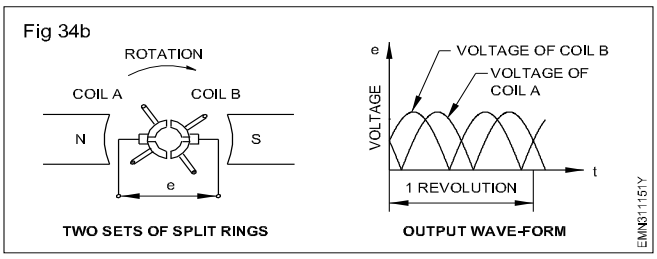
आर्मेचर के प्रत्येक चक्र में स्पन्दों की संख्या में वृद्धि करने की दो विधियां है ।

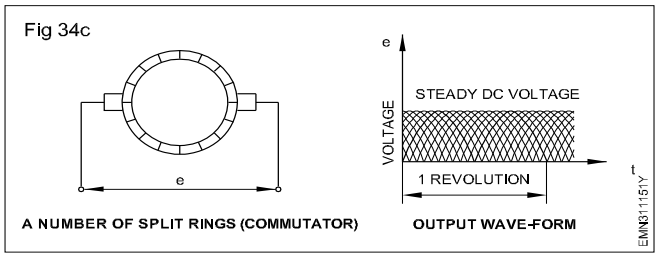
- फील्ड पोलों (Field pole) की संख्या में वृद्धि ।
- आर्मेचर में विभिन्न क्वायलों (बहु कूण्डल) की संख्या में वृद्धि ।

बहु क्वायल के लिये बहु भागीय स्लिपरिंग जिन्हें कम्यूटेटर कहते है, का होना आवश्यक हो जाता है।

Fig 34 में जनित वोल्टता और उनके तरंग रूप को व्यक्त कया गया है जब आर्मेचर में विभक्त वलयों की संख्या प्रवर्तक भागों की संख्या भिन्न







है। व्यवहारिक जनरेटर में कम्यूटेटर भागों की संख्या अधिक होती है जैसा कि Fig 34c में दर्शाया गया है और प्रेरित emf संगत ग्राफ के अनुसार होती है।

विभिन्न प्रकार के जनरेटरों में प्रेरित वोल्टेज और उससे संबंधित गणना की समस्या से निपटने के लिए विभिन्न प्रकार के वाइंडिंग के बारे में प्रारंभिक जानकारी आवश्यक है। सिम्प्लेक्स लैप वाइंडिंग में एक क्वायल के अंतिम सिरे, पास वाले कम्यूटेटर सैग्मेंट से जुड़े है जैसा Fig35 में दिखाया गया है।

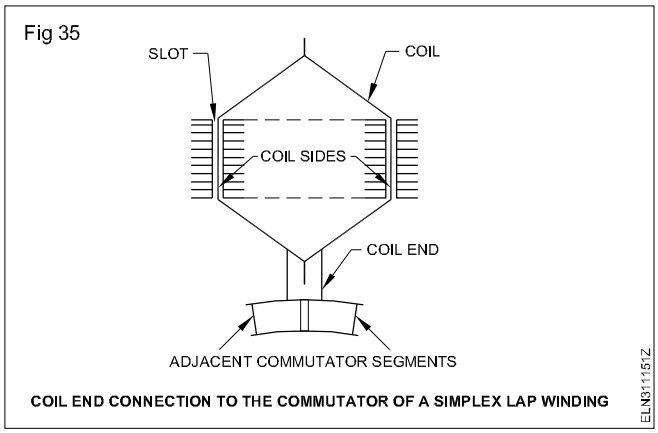
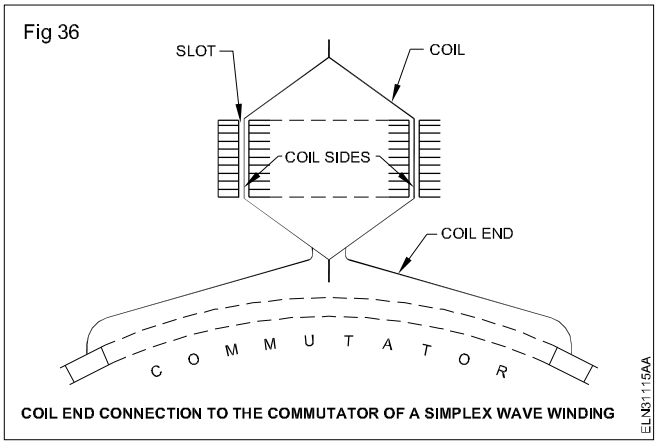


Fig 36 सिम्प्लैक्स वेव वाइंडिंग दिखाया गया है, जिसमें क्वायल के सिरे एक ही पोलता के घ्रुवों के बीच की दूरी के बराबर कम्यूटेटर सेग्मेंट से जुड़ा होता है।



टेबल 1 लैप और वेव वाइन्डिंग के बीच के प्रमुख अन्तरों को दर्शाता है।

टेबल 1

लेप वाइंडिंग	वेव वाइंडिंग
प्रत्येक आर्मेचर क्वाइल के दो सिरें सिम्पलेंक्स वाइंडिंग में एकांतर कम्युटेटर सैंगमेंट से जुड़े होते हैं, डुपलेक्स में दो सैंगमेंट के अंतर में और ट्रीप्लेक्स में तीन सैगमेंट के अंतर में होते है।	प्रत्येक क्वाइल के दो सिरे समान घ्रुवता वाले एकांतर पोल के कम्युटेटर सैगमेंट पर जोडे जाते है।
लैप वाइडिंग में करंट के लिए कई समांतर पथ होते है, जितने उसमें कील्ड पोल होते हैं।	सिम्पलेक्स वेव वाइडिंग के लिए इसमें दो समांतर पथ होते है, जो पोलो की संख्या पर निर्भर नहीं करते हैं।
समांतर पथों की संख्या = पोलो की संख्या x वाइडिंग प्लेक्स की संख्या	वेव वाइडिंग में समांतर पथों की संख्या = 2 x वाइंडिंग के प्लेक्स की संख्या जहाँ प्लेक्स के लिए सिम्पलेक्स 1, डिप्लेक्स 2 ट्रीप्लेक्स 3 है।

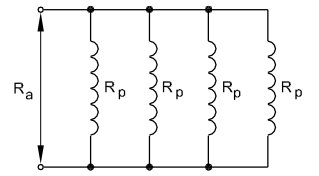
लेप वाइंडिंग	वेव वाइंडिंग
ब्रश स्थितियों की संख्या पोलो की संख्या के बराबर होती है।	फील्ड पोल के संख्या के आधार के बिना केवल दो ब्रश स्थितियाँ होती हैं।
निम्न वोल्टेज उच्च करंट क्षमता मशीन के लिए उपयोग किया जाता हैं।	निम्न करंट और उच्च वोल्टेज क्षमता वाले मशीनों में उपयोग किया जाता है

दिष्ट आर्मेचर परिपथ वोल्टता ड्राप और इसका महत्व (DC armature circuit - voltage drop and its importance) : लीडित जनरेटर के टर्मिनल्स पर वोल्टता ड्राप होने का एक मुख्य कारण आर्मेचर वोल्टता ड्राप होता है। यह आर्मेचर परिपथ प्रतिरोध और आर्मेचर करंट पर निर्भर होता है। आर्मेचर प्रतिरोध का विशेष ज्ञान विद्युत कर्मचारियों को दिष्ट मशीन की दक्षता की गणना के अतिरिक्त आर्मेचर के पुनः लपेट की यथार्थता की जाँच उसके चक्करों की संख्या और लपेट तार के आमाप की भौतिक जांच के बिना उसकी यथार्थता की जांच की जा सकती है। यह सभी स्थापित फैक्ट्रियों में जहां प्रत्येक दिष्ट मशीन के आर्मेचर के सिरों पर वोल्टता ड्राप को संकेत करने का एक विनिर्धारित आर्मेचर करंट पर का लेखा अनुरक्षित किया जाता है। इस विनिर्धारित मान से कोई परिवर्तन पुनः वाउंड आर्मेचर से यह स्पष्ट कर देता है कि वाइंडिंग तार का आमाप अथवा चक्करों की संख्या में परिवर्तन हुआ है और मशीन का प्रदर्शन पूर्व की भांति नही होगा। सामान्यतः आर्मेचर परिपथ प्रतिरोध एक ओम या उससे कम मान का होगा।

वोल्टता ड्राप (Voltage drop) : इसकी गणना प्रति समान्तर पथ में सिरिज में आर्मेचर चालकों के कुल प्रतिरोध को ज्ञात कर और उसे समान्तर पथों की संख्या से भाग देकर ज्ञात की जा सकती है। लेकिन वास्तव में इसे वोल्टता ड्राप विधि से ज्ञात किया जाता है।

Fig 37 में प्रदर्शित परिपथ को देखें।

Fig 37



4-POLE SIMPLEX LAP-WOUND MACHINE WITH 4 PARALLEL PATHS

माना आर्मेचर चालकों का विशिष्ठ प्रतिरोध p है और आर्मेचर चालको का sq cm में a अनुप्रस्थ परिच्छेद का फील्डफल है।
L cm में चालक की लम्बाई है।

R_a ओहम में आर्मेचर प्रतिरोध है।

ओहम में प्रति समानतर पथ प्रतिरोध Rp है।

आर्मेचर प्रतिरोध की गणना विधि (Method of calculating the armature reistance) : माना कि आर्मेचर में समान्तर पथों की संख्या P है।

आर्मेचर में कुल चालक Z है।

इसलिये प्रतिसमान्तर पथित चालको की संख्या Z/P है।

प्रति समान्तर पथ प्रतिरोध $= R_p = \frac{Z}{P} x \frac{\rho L}{a}$

ओहम में आर्मेचर प्रतिरोध = R_a

R_a = Rp/ समान्तर पथों की संख्या

उदाहरण (Example) : एक चार पोल दिष्ट लैप वाउंड मशीन में एक चालक का प्रतिरोध 0.1 ohm है और 48 चालक हैं। तो आर्मेचर प्रतिरोध की गणना करें।

चूंकि यह लैप वाउंड है,

समान्तर पथों की संख्या = पोलों की संख्या (माना सिम्पलैक्स वाइंडिंग है)
इसलिये समान्तर पथों की संख्या = 4
Conductors per

$$\text{parallel path} = \frac{\text{Total No. of conductors}}{\text{No. of parallel paths}} = \frac{48}{4} = 12.$$

प्रति समान्तर पथ प्रतिरोध 12 x 0.1 = 1.2 ohm

इसलिये चार समान्तर पथों के लिये कुल आर्मेचर प्रतिरोध
= 1.2/ 4 = 0.3 ohm

इसके अतिरिक्त आर्मेचर परिपथ का कुल प्रतिरोध में ब्रुश प्रतिरोध और ब्रुश सम्पर्क प्रतिरोध भी सम्मिलित होता है इसलिये मापा गया मान ऊपर के उदाहरण में 0.3 ohm से अधिक होगा।

ब्रुशेज (Brushes) : ब्रुशेज का मुख्य प्रकार्य आर्मेचर पर उपस्थित ऊर्जा को वाह्य परिपथ में स्थानंतरित करना है। ब्रशेज प्रायः कार्बन और ग्रेफाइट के एक यौगिक से बनाये जाते है। ग्रेफाइट स्वस्नेहन कार्य के लिये होता है जब ब्रशेज कम्युटेटर से रगडते हैं।

ब्रुशेज का सर्वाधिक महत्वपूर्ण अभिलक्षण उनका विशिष्ठ प्रतिरोध घर्षण गुणांक करंट वाहक क्षमता अधिकतम प्रचालन स्पीड और अपघर्षण होता है विशिष्ट प्रतिरोध ब्रुश पदार्थ की प्रतिरोधकता होती है।

घर्षण गुणांक तल पर रखे बल का और उनके चलाने के लिये वांछित बल का अनुड्राप होता है और ब्रुश के ताप, दाब, धारा, वायुमण्डलीय स्थिति यांत्रिकी स्थिति, कम्युटेटर पदार्थ सतह पर्त और स्पीड से प्रभावित होता है। परिणमित ब्रुश धर्षण प्रायः ब्रुश को तोड देते है चूंकि घर्षण कोई उपयोगी प्रयोजन नही है, लघु ब्रुश घर्षण को वरीयता दी जाती है। लघु ब्रुश घर्षण का घर्षण गुणांक लगभग 0.22 अथवा इससे कम स्तर का होता है जबकि एक उच्च ब्रुश घर्षण का घर्षण गुणांक 0.4 से अधिक होता है।

करंट वाहक क्षमता (Current carrying capacity) : यह ब्रुश के पदार्थ आपरेटिंग स्थिति, वेंटिलेशन प्रकार और प्रचालन ताप पर निर्भर करता है यदि उच्च करंट घनत्व से ताप उच्च है तो ब्रुश का कार्यकाल कम हो जायेगा।

स्पीड (Speed) : दिए गए स्पीड ब्रुश पदार्थ के स्प्रिंग दाब करंट घनत्व ब्रुश धारकों के प्रकार ब्रुश सामायी और कम्युटेटर के फील्डफल की अभिलक्षणिक पर निर्भर करती है।

अपघर्षण (Abrasiveness) : अत्याधिक परत बनने को रोकने की योग्यता प्रायः सक्षरण अथवा तेलीय वायुमण्डल के कारण होती है, और उसे अपघर्षण अथवा पालिशिंग प्रक्रिया कहते है।

ब्रुशेज के प्रकार और वर्ग (Grade and types of brushes) : निर्माण प्रक्रिया के अनुसार ब्रुशेज के चार मुख्य वर्गों में वर्गीकृत किया गया है।

- ग्रेफाइट
- कार्बन और कार्बन ग्रेफाइट
- इलेक्ट्रोग्रेफाइट
- धातुई ग्रेफाइट

ग्रेफाइट (Graphite): ग्रेफाइट ब्रुशेज प्रायः प्रकृति अथवा कृत्रिम ग्रेफाइट से बनते है प्राकृतिक ग्रेफाइट में अशुद्धता होती है कृत्रिम ग्रेफाइट प्रायः शुद्ध होता है। इनका उपयोग विभिन्न HP मशीन्स में होता है।

कार्बन और कार्बन ग्रेफाइट (Carbon and carbon graphite) : इसमें उच्च कठोरता, उच्च यांत्रिक शक्ति, स्वच्छता प्रक्रिया और लम्बा जीवन काल होता है।

वैद्युत ग्रेफाइट (Electro-graphite) : यह विभिन्न प्रकार के रवाहनि (Amorphous) कार्बन से बना होता है। इन ब्रुशेज का प्रायः उच्च करंट घनत्व, लघु दृढता, लघु कठोरता और विशिष्ठ प्रतिरोध होता है। इनका संचरण अभिलक्षणिक उत्तम होता है लेकिन सदैव प्रयोग में नही लाये जाते क्योंकि उच्च करंट की कम आवश्यकता होती है और कठिन यांत्रिक स्थितियों की आवश्यक होती है।

मेटल ग्रेफाइट (Metal graphite) : यह प्रायः प्राकृतिक ग्रेफाइट से निर्मित होते है और बहुत महीन धातुई पाउडर के रूप में होती है इनका सर्वाधिक उभय धातीय भाग तांबा होता है लेकिन चांदी, टिन, सीसा और अन्य मेटल्स भी कभी कभी उपयोग में लाये जाते है। धातीय भाग भार में लगभग 10-95% तक होता है एक उच्च धातीय भाग से अधिक करंट क्षमता उच्च यांत्रिक दृढता और सम्पर्क ड्राप तथा घर्षण का एक निश्चित मिश्रित अभिलक्षणिक होता है। इसका प्रयोग उन परिस्थितियों में होता है जहां उच्च करंट और लघु वोल्टता होती है। इनके विशेष अनुप्रयोग जनरेटर इलेक्ट्रोप्लेटिंग बैटरी आवेशक जनरेटर वेल्डिंग और उच्च करंट उपकरणों में होता है।

जब ब्रश को परिवर्तन करना होता है, तो उसी ग्रेड के ब्रश को प्रयोग करना चाहिए, ताकि मशीन से समान प्रदर्शन एवं विशेषता को प्राप्त किया जा सकता है।

प्रत्येक इलेक्ट्रिशियन को निरीक्षण कर मशीन के ब्रश ग्रेड की पहचान करनी चाहिए। या तो सर्विस, मेनुव्ल को देखकर और मशीन के मेन्टनेन्स कार्ड में इसके बाद की तारीख में उचित चयन के लिए रिकार्ड करनी चाहिए। ब्रश और कम्यूटेटर के बीच करंट प्रवाह में ब्रश कान्टेक्ट रेजिटैंस उत्पन्न करते है। इस रैजिस्टैंस का मान ब्रश के ग्रेड, कम्यूटेटर के लिए प्रयुक्त पदार्थ, ब्रश और कम्यूटेटर के बीच स्पर्श फील्डफल तथा ब्रश के दबाव पर निर्भर करता है।

सामान्यतः ब्रश संपर्क प्रतिरोध करंट रेटिंग के आधार पर वोल्टेज ड्राप में मापा जाता है।

टेबल - 2 ब्रशों के विभिन्न ग्रेड़ों और उनके अभिलक्षणों को दिखाती है।

Table 2

ब्रशों के अभिलाक्षणिक (characteristics of brushes)

कार्बन का ग्रेड carbon	अधिकतम करंट घनत्व A/cm^2	अधिकतम संपर्क प्रतिरोध $ohms/cm^2$	कम्यूटेटर पर दाब kg/cm^2	वोल्टेज ड्राप में
Soft graphite	9 to 9.5 A/cm^2	–	0.12	1.6
Copper carbon	15 to 16 A/cm^2	0.00000465	0.15-0.18	0.25-0.35
Carbon	5.5 to 6.5A/cm^2	0.000062	0.22-0.27	2
Electro-graphite	8.5 to 9 A/cm^2	0.000031	0.22	1.7-1.8

दिष्ट जनरेटर के EMF का समीकरण (EMF equation of DC generator)

जब एक DC जनरेटर का आर्मेचर जिसमें वाइंडिंग के रूप में अनेक चालक होते है एक विशेष स्पीड से चुम्बकीय फील्ड में घूर्णित किया जाता है तो आर्मेचर वाइंडिंग में प्रेरित EMF है ब्रुश के सिरों पर उपलब्ध होता है। समीकरण और उदाहरण के रूप में दिये गये प्रश्न एक विद्युत कर्मचारी को एक दिष्ट मशीन के सरंचना में उत्तम ज्ञान प्रदान करेंगें।

एक दिष्ट जनरेटर में प्रेरित EMF की गणना निम्न की भांति की जा सकती है।

आपके सन्दर्भ केलिये Fig.38 दी गई है।

माना ϕ = वेबर में प्रतिपोल फ्लक्स

Z = आर्मेचर चालकों की कुल संख्या = खांचों की संख्या x प्रतिखांचा चालकें की संख्या

P = जनरेटर में पोल की संख्या

A = आर्मेचर में समान्तर पथों की संख्या

N = प्रतिमिनट आर्मेचर चक्र (emf)

E = जनरेटर में प्रेरित EMF

प्रतिचक्र में प्रति चालक द्वारा जनित औसत EMF = (विद्युत चुम्बकीय प्रेरण का फैराडे का निमय) फलक्स परिवर्तन की दर

$$\frac{d\varnothing}{dt} \text{ volt (since N = 1)}$$

अब एक चक्र में काटा गया फ्लक्स / चालक $(d\phi) = p\phi$ wb

चक्र / सेकेन्ड की संख्या = N/60

एक चक्र का समय (dt) = 60/N sec

विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के फैराडे के नियम के अनुसार प्राप्त emf जनित / चालक /सेकेन्ड

$$= \frac{d\phi}{dt} = \frac{P\phi N}{60} \text{Volt}$$

आर्मेचर में Z चालकों में जनित emf

जबकि वे सब सिरिज में है। = $\frac{P\phi ZN}{60}$ Volts

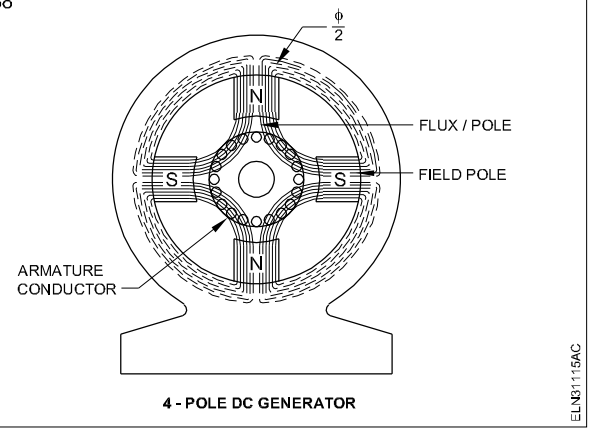
जब आर्मेचर में सामान्तर पथ A है तो
दिष्ट जनरेटर के आर्मेचर में जनित emf

जिसे $\frac{\phi ZN}{60A} \times \frac{P}{A}$ Volt की भांति भी लिख सकते है।

A = 2 - सिम्पलेक्स तरंग वाइंडिंग के लिये

P - सिम्पलैक्स वाइंडिंग के लिये

Fig 38



4 - POLE DC GENERATOR

उदाहरण (Example) : एक चार पोल जनरेटर में जिसमें तरंग वाइंडिंग आर्मेचर में 51 खांचें है प्रत्येक खांचें में 20 चालक है। मशीन में जनित वोल्टता क्या होगी जब इसे 1500 r.p.m से घूर्णित किया जाता है और माना कि प्रति पोल फ्लक्स 7.0m wb है ?

हल $E = \frac{\phi ZN}{60} \times \frac{P}{A}$ Volts

यहा $\phi = 7 \times 10^{-3}$ Wb, z = 51 x 20 = 1020, P = 4, N= 1500 r.p.m.

A= 2 क्योंकि वाइंडिंग सिम्पलेक्स वेव है।

$$E = \frac{7 \times 10^{-3} \times 1020 \times 1500}{60} \times \frac{4}{2} = 357 \text{ V}$$

8 पोल दिष्ट जनित में 960 अर्मेचर चालक है और 500 rpm पर 20mWb का प्रतिध्रुव फलक्स है। जब आर्मेचर को (1) एक सिम्पलेक्स वाइंडिंग (2) एक सिम्पलेक्स तरंग वाइंडिंग के रूप में सम्बन्धित किया जाता है तो जनित e.m.f की गणना करें।

हल (Solution) :

(i) सिम्पलैक्स वाइंडिंग

$$E = \frac{\varnothing ZN}{60} \times \frac{P}{A}$$

$$E = \frac{20 \times 10^{-3} \times 960 \times 500}{60} \times \frac{8}{8} = 160\text{V}$$

(ii) सिम्पलैक्स तरंग वाइंडिंग

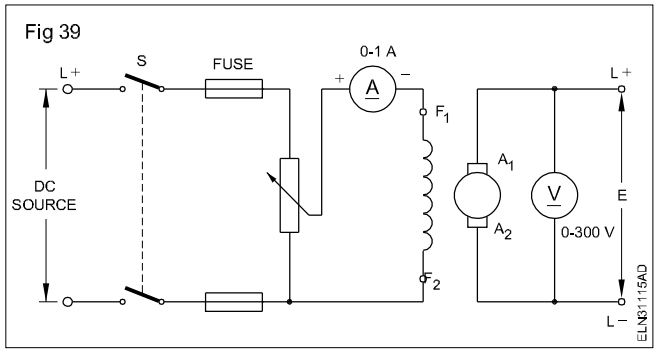
$$E = \frac{20 \times 10^{-3} \times 960 \times 500}{60} \times \frac{8}{2} = 640\text{V}.$$

पृथक उत्तेजित दिष्ट जनरेटर (Separately excited DC generator)

भूमिका (Introduction)

एक दिष्ट जनरेटर अत्यधिक सामान्य उत्तेजित जनरेटर है जिसे इलेक्ट्रोप्लेटिंग और बैटरी आवेशन के लिये प्रयुक्त किया जाता है। एक पृथक उत्तेजित जनरेटर वह है जिसमें चुम्बकीय फील्ड एक वाह्य DC स्रोत से उत्तेजित किया जाता है। दिष्ट स्रोत एक दिष्ट जनरेटर अथवा एक बैटरी अथवा AC आपूर्ती से सम्बन्धित दिष्टकारक हो सकता है। सामान्यतः दिष्ट स्रोत के सिरों पर एक विभव विभाजक जोडा जाता है और वांछित dc वोल्टता Fig 39 की भांति फील्ड को आपूर्तित की जाती है।

Fig 39



फील्ड करंट के मापन के लिये फील्ड परिपथ में एक एम्पियर मापी सम्बन्धित किया जाता है जनरेटर का साफ्ट एक मुख्य चालक से युग्मित किया जाता है (Fig 39 में प्रदर्शित नही)

चुम्बकन अभिलक्षणिक (Magnetisation characteristic) : यह अभिलक्षणिक जनरेटर में प्रेरित वोल्टता फील्ड फ्लकस के बीच सम्बन्ध प्रदान करता है। लेकिन फील्ड फ्लक्स को मापना कठिन है इसलिये फील्ड फ्लक्स के स्थान पर फील्डकरंट ली जाती है। फील्ड करंट को x अक्ष पर प्रेरित emf के y अक्ष पर लेकर अभिलक्षणिक वक्र पर खींचा जाता है। अभिलक्षणिक वक्र को आरेखित करने के लिये सम्बन्ध Fig.39 के अनुसार लिये जाते है।

इसके पश्चात इसे प्राइमूवर से चालू किया जाता है और उसे निर्धारित स्पीड पर चलाया जाता है तथा फील्ड स्विच s को खुला रखा जाता है। आर्मेचर टर्मिनल पर जो टर्मिनल वोल्टता प्रकट होती है उसे माप कर लिख लिया जाता है। यह लघु वोल्टता E_r अवशेष वोल्टता कहलाती है जो फील्ड कोर में अवशेष चुम्बकत्व के कारण प्राप्त होती है। पूरे प्रयोग में जनरेटर स्पीड स्थिर रखी जाती है। इसके पश्चात फील्ड स्विच s को विभव विभाजक को अपनी अल्पतम स्थिति में रखते हुये बन्द कर दिया जाता है। और फील्ड को पद दर पद बढाया जाता है। प्रत्येक पद और फील्ड करंट और आर्मेचर टर्मिनल्स पर संगत वोल्टता लिख ली जाती है। सारणी 3 में प्रेक्षणों का लिखा गया है।

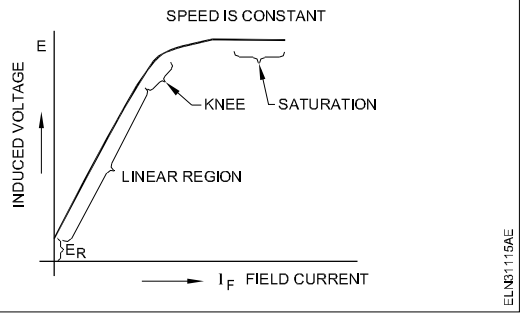
सारणी 3

क्रम संख्या	एम्पियर में लोड करंट I_L	वोल्ट में टर्मिनल वोल्टता

यदि फील्डकरंट और टर्मिनल वोल्टता के बीच एक ग्राफ को आरेखित किया जाय तो Fig 40 के अनुसार वक्र प्राप्त होगा। फील्ड को x अक्ष पर emf E को Y अक्ष पर लिया जाता है। आरेखित वक्र को एक पृथक उत्तेजित जनरेटर की चुम्बकन अभिलक्षणिक कहते है।

वक्र के अध्ययन से ज्ञात होता है कि यह उत्पत्ति के ठीक उपर से प्रारम्भ होता है और रैखिक प्रदेश में सीधा चलता है जो यह संकेत करता है कि प्रेरित emf फील्ड करंट I_F की समानुपाती होती है।

Fig 40



चूंकि पोल संतृप्ति की प्रक्रिया में होते है टर्मिनल वोल्टता और फील्ड करंट के बीच समानुड्राप नही रहता है जैसा कि वक्र के मुडे भाग से ज्ञात होता है।

अन्ततः जब धुव पूर्ण रूप से संतृप्त हो जाते है तो वृद्धित फील्डधार होने पर भी प्रेरित emf में वृद्धि रूक जाती है जो वक्र केअन्तिम भाग से ज्ञात होता है, जिसको संतृप्त फील्ड कहते हैं।

एक पृथक उत्तेजित जनरेटर में वोल्टता के निर्मित न होने के कारण और उनके निदान

कभी कभी एक पृथक उत्तेजित जनरेटर वोल्टता निर्मिन नही कर सकता है सारणी 4 में इसके कारण और निदान दिये गये है।

एक पृथक उत्तेजित जनरेटर का भार अभिलक्षणिक (Load characteristic of a separately excited genrator) : भार करंट और टर्मिनल वोटता के बीच सम्बन्ध को भार अभिलक्षणिक प्रदर्शित करता है इस अभिलक्षणिक वक्र द्वारा भारित होने पर जनरेटर के व्यवहार को ज्ञात किया जा सकता है।

Fig 41 में पृथक उत्तेजित DC जनरेटर के सम्बन्ध की विधि को भार अभिक्षणिक प्राप्त करने के लिये प्रदर्शित किया गया है। जनरेटर की स्पीड को निर्धारित मान तक और प्राइम मूवर तथा इसके द्वारा निर्मित सामान्य निर्धारित वोल्टता की सहायता से निर्धारित मान तक चलाना चाहिये तत्पश्चात भार स्विच को बन्द करें और भार को धीरे धीरे पदों में बढायें प्रत्येक बार एम्पियर में भार करंट I_L और वोल्ट V में संगत टर्मिनल वोल्टता को ज्ञात करें। प्रेक्षणों को सारणी 5 में लिखें।

टेबल 4

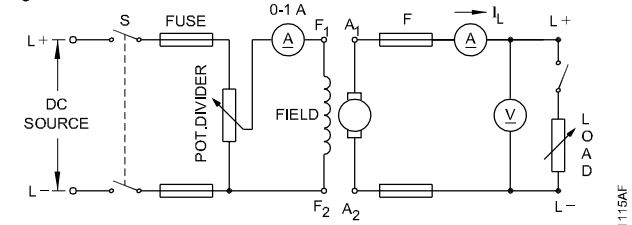
कारण (Reasons)	निदान (Remedies)
आर्मेचर या फील्ड सर्किट का खुला होना या टूटा हुआ होना।	फील्ड और आर्मेचर सर्किट के ओपन सर्किट की जाँच करेंफ दोष के स्थिति को पता करें और ठीक करें।
आर्मेचर या फील्ड का शॉर्ट सर्किट होना।	फील्ड और आर्मेचर के शॉर्ट सर्किट की जाँच करें। दोष के स्थिति की को पता करें और ठीक करें।
ब्रश कनेक्शन या ब्रश कांटेक्ट का ढीला होना।	ब्रश कनेक्शन को कसें, ब्रश तनाव की जॉच करें। यदि आवश्यक हो, तो समायोजित करें। यदि ब्रश जल गये हैं, तो उन्हें बदल दें।
गंदा या गंभीर रूप से खराब/घसे कम्यूटेटर।	कम्यूटेटर से गंदी, धूल और स्नेहक पदार्थ को साफ करें। का प्रयोग करें। यदि सेग्मेंट घिस गये हैं, तो उन्हें ट्राइक्लोरोइथिलीन से साफ करें।
गति बहुत कम है।	जनरेटर के गति को इसके निर्धारित गति तक बढ़ायें।

कारण (Reasons)	निदान (Remedies)
एक्साइटेशन (उत्तेजन) के लिए DC सप्लाई अनुपस्थित है।	फील्ड वाइंडिंग टर्मीनल में DC सप्लाई की जाँच करें। यदि सप्लाई नहीं है, तो सप्लाई स्रोत की जॉच करें और उस खराबी को दूरे करें, जहाँ AC मुख्य सप्लाई को रेक्टीफायर्स के माध्यम DC आपूर्ति के रूप में परिवर्तित किया जाता है, तो दोष रेक्टीफायर सर्किट में स्थित हो सकता है।

टेबल 5

क्र. सं.	I_L लोड करंट amps में	टर्मीनल वोल्टेज बोल्ट

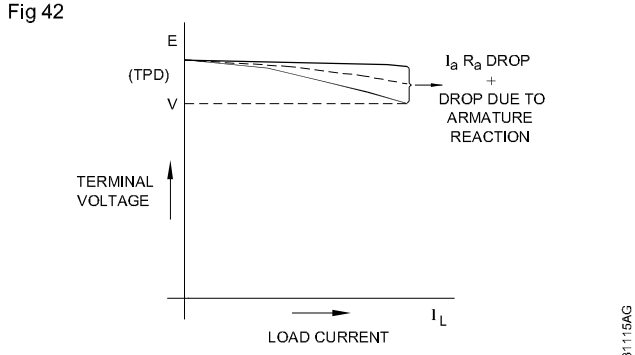
Fig 41



SEPARATELY EXCITED DC GENERATOR

Fig 42 में X अक्ष पर भार करंट और Y अक्ष पर टर्मिनल वोल्टता को लेकर एक पृथक उत्तेजित जनरेटर का भार अभिलक्षणिक अथवा वाह्य अभिलक्षणिक प्रदर्शित किया गया है।

Fig 42



EXTERNAL CHARACTERISTIC OF A SEPARATELY EXCITED DC GENERATOR

यह ज्ञात होता है कि जनरेटर को भारित करने पर कुछ वोल्टता ड्राप होता है। यह आर्मेचर वोल्टता ड्राप ($I_a R_a$) और आर्मेचर प्रतिक्रिया के कारण होता है।

यदि भार रहित स्थिति से पूर्ण भार होने पर वोल्टता ड्राप बहुत कम है तो पृथक उत्तेजित जनरेटर को एक समरूप वोल्टता जनरेटर रूप माना जा सकता है।

पृथक उत्तेजित जनरेटर के लाभ (Advantages of a separately excited generator)

स्व उत्तेजित जनरेटर की तुलना में टर्मिनल वोल्टता प्रायः स्थायी रहती है क्योंकि फील्ड परिपथ प्रेरित वोल्टता से स्वतन्त्र रहता है।

चूंकि फील्ड स्वतन्त्र है इसलिये आर्मेचर में ड्राप $I_a R_a$ फील्ड फ्लक्स को प्रभावित नही करेगा।

जनरेटर का उपयेाग एक व्यापक टर्मिनल वोल्टता रेंज के लिये किया जा सकता है।

अवगुण (Disadvantage)

1 एक पृथक उत्तेजित जनरेटर का अवगुण यह होता है कि यह उत्तेजन के लिये पृथक दिष्ट स्रोत प्रदत्त करने की सुविधा नही देता ।

2 इसके अतिरिक्त यह मंहगा है।

DC शंट जनरेटर का वोल्टेज बनाना (Building up of a DC shunt generator)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **एक DC शन्ट जनरेटर में वोल्टता निर्माण की प्रतिबन्धों और विधि को स्पष्ट करने में**
- **एक DC जनरेटर के ध्रुवों में अवशेष चुम्बकत्व को उत्पन्न करने की विधि को स्पष्ट करने म**
- **एक DC शन्ट जनरेटर के चुम्बकन अभिलक्षणिक का विवेचन करने में**
- **एक DC शन्ट जनरेटर में फील्ड क्रान्तिक प्रतिरोध के मान का आकलन करने में ।**

एक स्वउत्तेजित दिष्ट जनरेटर में वोटता निर्माण के लिये प्रतिबन्ध (Condition for a self-excited DC genrator to build up voltage) : एक स्वउत्तेजित दिष्ट जनरेटर में वोल्टता निर्माण के लिये निम्न प्रतिबन्धों का अनुसरण करना चाहिये यह मानकर कि जनरेटर पूर्ण रूप से ठीक है।

- फील्ड कोर में अवशेष चुम्बकत्व होना चाहिये
- फील्ड प्रतिरोध फील्ड क्रान्तिक प्रतिरोध मान से कम होना चाहिये।
- जनरेटर को निर्धारित स्पीड पर कार्य करना चाहिये।
- घूर्णन की दिशा और फील्ड करंट की दिशा के बीच उचित सम्बन्ध होना चाहिये इसको निम्न की भांति स्पष्ट किया जा सकता है।

प्रेरित वोल्टता की ध्रुवता की दिशा ऐसी होनी चाहिये कि वह अवशेष चुम्बकत्व के लिये सहायक हो। प्रेरित emf की ध्रुवता की दिशा घूर्णन की दिशा और फील्ड ध्रुवों की दिशा पर और फील्ड करंट की दिशा पर निर्भर करती है।

ऊपर के प्रतिबन्धों के पूर्ण हो जाने के पश्चात भी यदि स्वप्रेरित दिष्ट शन्ट जनरेटर वोल्टता निर्मित करने में असफल रहता है तो सारणी1 के अनुसार अन्य कारण हो सकते है।

सारणी 1

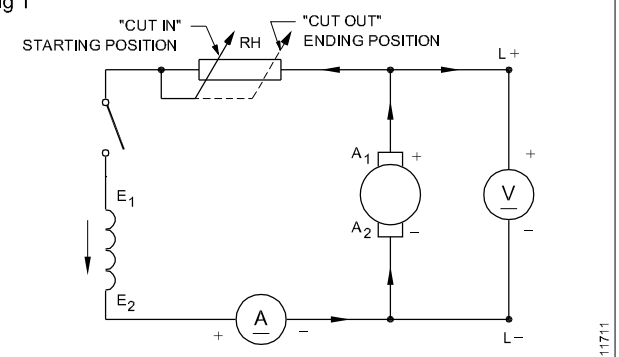
क्र.सं.	प्रयोजन	कारण	निदान
1	फील्ड अथवा आर्मेचर परिपथ में भंजन अथवा खुला हुआ	फील्ड में अथवा आर्मेचर परिपथ में भजिंत अथवा ढीले सम्बन्ध फील्ड परिपथ में फील्ड क्रान्तिक प्रतिरोध मान से पूरे फील्ड परिपथ में प्रतिरोध	खुले परिपथ को ज्ञात करके उसका निदान करें फील्ड नियामक के प्रतिरोध को कम करें
2	ढीले ब्रुश सम्बन्ध अथवा सम्पर्क	अनुचित ब्रश सम्पर्क/ढीले ब्रश सम्बन्ध	अत्याधिक घिसे ब्रश की जांच करें यदि आवश्यक है तो उनको प्रतिस्थापित करें कम्यूटेटर की जांच pitting के लिय आवश्यक हो तो कम्यूटेटर को नीचे कर दें। जब अधम ब्रश सम्पर्क हो उसको सदैव स्वच्छ करें। ब्रश तनाव की जांच करें और उसे समजिंत करें यदि आवश्यक है तो सभी ढीले सम्बन्ध कस दें
3	एक अस्वच्छ अथवा अधिक pitted कम्यूटेटर	अतिभारण के कारण अधिक चिन्गारी	इस प्रकरण में भी ऊपर की प्रक्रिया का अनुपालन करें
4	आर्मेचर अथवा फील्ड में लघु परिपथ	अतिभारण अथवा अति ऊष्मन	प्रतिरोध की जांच करें दोष को निश्चित करके उसे ज्ञात करें हटा दें।

एक DC शन्ट जनरेटर में वोल्टता निर्माण की विधि (Method of building up voltage in a DC shunt genrator) : Fig 1 में एक DC शन्ट जनरेटर वोल्टता को निर्मित करने के लिये परिपथ आरेख दिखाया गया है। जब जनरेटर को अपनी प्रारम्भिक निर्धारित स्पीड पर प्रचालित किया जाता है तो वोल्ट मीटर एक लघु वोल्टता 4-10 वोल्ट तक प्रदर्शित करता है। यह अवशेष चुम्बकत्व के कारण होता है चूकि फील्ड क्वायल आर्मेचर टर्मिनल से जुडे होते है इस वोल्टता से फील्ड क्वायल में एक लघु करंट प्रवाहित होती है। यदि फील्ड क्वायलों में करंट प्रवाह करंट दिशा में है यह अवशिष्ट चुम्बकत्व को बढ़ाकर अधिक वोटता प्रेरित करेगा ।

इस कारण जनरेटर वोल्टता में कुछ वृद्धि होगी। वोल्टता में इस वृद्धि से फील्ड करंट और अधिक शक्तिशाली होगी और अधिक वोल्टता प्रेरित करेगी। वोल्टता में यह वृद्धि बढती हुयी फील्ड करंट को और भी अधिक करेगा।

इस प्रकार लगातार वोल्टता की वृद्धि उस समय तक होगी जब तक संतृप्त स्थिति नही पहुंच जाती । संतृप्त स्थिति पहुंच जाने के पश्चात फील्ड करंट में कोई वृद्धि प्रेरित वोटता में वृद्धि नही करेगा। लेकिन वोल्टता के निर्माण की पूरी प्रक्रिया कुछ सेकेण्ड में हो जाती है।

Fig 1



DC SHUNT GENERATOR

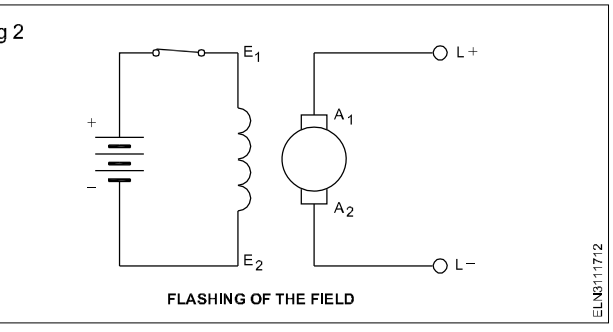
अवशिष्ठ चुम्बकत्व उत्पन्न करने की विधि (Method of creating residual magnetism) : अवशिष्ट चुम्बकत्व के बिना एक स्व उत्तेजित जनरेटर वोल्टता निर्मित नही करेगा। जनरेटर अपने अवशिष्ट चुम्बकत्व को निम्न में से किसी एक कारण से खो सकता है।

- यदि जनरेटर को अधिक समय तक प्रयोग में न लाया जाय
- भारी लघु पथ पथन (अधिक शॉर्ट सर्किट)
- अधिक अति भारण (Overloading)
- जनरेटर को अत्यधिक ऊष्मित करना।

जब जनरेटर अपने अवशिष्ट चुम्बकत्व को खो देता है इसको निम्न की भांति पुनः उत्पन्न किया जा सकता है।

फील्ड का फ्लैशिंग (Flashing of field) : अवशिष्ट चुम्बक्तव को उत्पन्न करने की एक विधि फील्ड का फ्लैशिंग करना है इसको शन्ट फील्ड को किसी बैटरी अथवा किसी दिष्ट स्रोत से Fig 2 के अनुसार कुछ मिनटों तक जोड देने से किया जा सकता है।

Fig 2



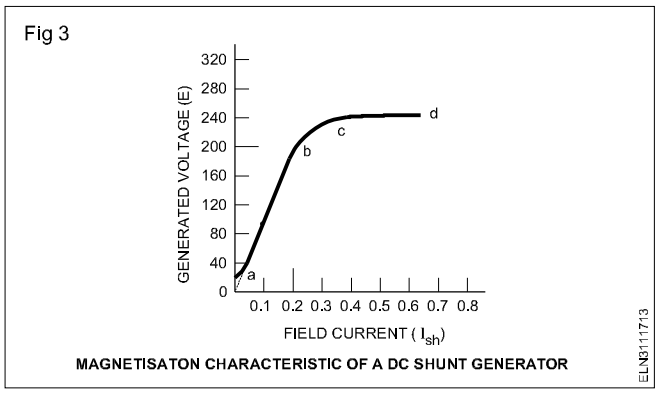
FLASHING OF THE FIELD

फील्ड को फ्लैश करते समय अब निर्मित चुम्बकीय फील्ड की ध्रुवता अवशिष्ट चुम्बकीय फील्ड की भांति होती है जो कि उसने पहले खो दिया था।

व्यवहार में इसकी जांच सम्भव नही हो सकती है विकल्प में फील्ड फ्लैशिंग और संगत फील्ड टर्मिनल के लिये प्रयुक्त दिष्ट आपूर्ति की ध्रुवता को ज्ञात कर लें। जनरेटर को निर्धारित स्पीड पर विनिर्देशित दिशा में प्रचालित करें। अवशिष्ट प्रेरित वोल्टता और उसकी ध्रुवता माप लें। यह भी जांच ले कि अवशिष्ट वोल्टता की ध्रुवता वही है जैसा कि दिष्ट जनरेटर की है। यदि उत्क्रिमित है तो आपूर्ति वोल्टता की ध्रुवता उत्क्रमित करके पुनः फील्ड का फ्लैशिंग करें।

एक DC शन्ट जनरेटर का चुम्बकन अभिलक्षणिक (Magnetisation characteristic of a DC shunt generator) : Fig.3 में प्रदर्शित चुम्बकन अभिलक्षणिक वक्र फील्ड करंट और प्रेरित वोल्टता के बीच सम्बन्ध प्रदर्शित करता है, emf समीकरण के पश्चात जनरेटर में प्रेरित emf प्रतिपोल फ्लक्स और जनरेटर के प्रति मिनट चक्करों की समानुपाती होती है एक स्थिर स्पीड पर जनित emf फील्ड फ्लक्स के समानुपाती हो जाता है। इसी मशीन में फ्लक्स फील्ड करंट पर निर्भर करता है। इसको ग्राफ (Fig 3) द्वारा प्रदर्शित किया गया है। अवशिष्ट चुम्बकत्व के कारण बिन्दु a के नीचे वक्र भाग शून्य से प्रारम्भ नही होता। बिन्दु a b के बीच वक्र एक सीधी रेखा है जो यह इंगित करती है कि उस फील्ड में वोल्टता फील्ड करंट की समानुपाती है। बिन्दु b c के बीच फील्ड करंट में वृद्धि से वोल्टता में केवल कुछ वृद्धि होती है। इससे यह संकेत मिलता है कि कोर संतृप्त होने जा रहे है या होने वाले है और वक्र के इस भाग को वक्र का 'नी' कहते है। बि न्दु c d के बीच वक्र चपटी है जो इस बात का संकेत करती है कि वृद्धित फील्ड करंट प्रेरित वोल्टता को बढाने में अयोग्य है। यह फील्ड कोर के संतृप्त हो जाने के कारण होता है संतृप्त हो जाने के कारण फील्ड फ्लक्स स्थिर हो जाता है और प्रेरित वोल्टता में और अधिक वृद्धि नही होती। वक्र को भार रहित अथवा खुला परिपथ अभिलक्षणिक वक्र भी कहते है।

Fig 3

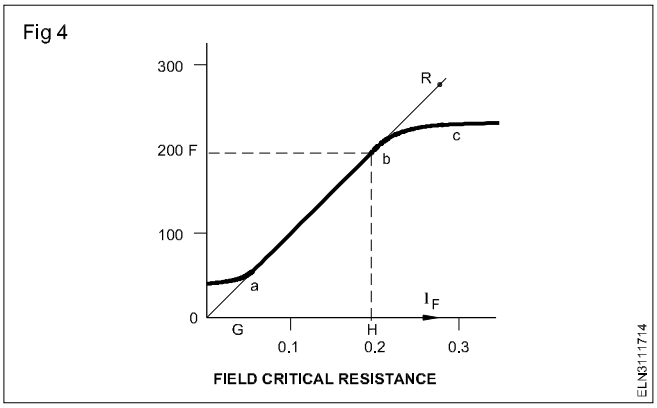


MAGNETISATON CHARACTERISTIC OF A DC SHUNT GENERATOR

क्रान्तिक प्रतिरोध (Critical resistance) : यदि शन्ट फील्ड परिपथ करंट अत्यधिक है तो यह यथेष्ट करंट प्रवाह फील्ड में नही होने देती। जिससे वोल्टता निर्मित हो सके। अन्य शब्दों में यह एक खुले फील्ड की भांति कार्य करता है। इसलिये फील्ड परिपथ प्रतिरोध एक मान जिसे क्रान्तिक फील्ड प्रतिरोध कहते है से कम होना चाहिये। क्रान्तिक फील्ड प्रतिरोध शन्ट फील्ड परिपथ का अधिकतम प्रतिरोध मान होता है जिससे एक दिष्ट शन्ट जनरेटर वोल्टता निर्मित कर सकता है। प्रतिरोध के इस मान के बिना जनरेटर वोल्टता निर्माण करने में असफल रहता है। क्रान्तिक प्रतिरोध का मान खुले परिपथ अभिलाक्षणिक वक्र पर Fig 4 के अनुसार एक स्पर्श रेखा खींच कर ज्ञात किया जा सकता है।

उदाहरण के लिये खुले परिपथ अभिलक्षणिक वक्र पर Fig 4 के अनुसार यदि स्पर्श रेखा खींची जाय तो स्पर्श रेखा वक्र से बिन्दु B पर अलग होती है। बिन्दु B से X और Y अक्ष पर संबंध खींचने से क्रान्तिक प्रतिरोध (Rc) का मान निम्न की भांति ज्ञात कर सकते है।

Fig 4



Rc = फील्ड क्रान्तिक प्रतिरोध

$$\frac{\text{स्पर्श रेखा द्वारा व्यक्त वोल्टता}}{\text{सपर्श रेखा द्वारा व्यक्त धारा}}$$

$$= \frac{OF}{OH} = \frac{200}{0.2A} = 1000 \text{ ohms}$$

फील्ड परिपथ प्रतिरोध और करंट परिवर्तक प्रतिरोध के योग के बराबर होता है। इसका मान 1000 ओम से कम होना चाहिये (फील्ड परिपथ) जिससे जनरेटर वोल्टता निर्मित कर सके यदि जनरेटर स्वउत्तेजित की भांति कार्य करता है। सामान्यत यह उस स्थिति में होता है जब फील्ड नियामक प्रतिरोध उच्च मान पर नियोजित किया जाता है।

निरंतरता और इंसुलेशन प्रतिरोध के लिये एक DC मशीन का परीक्षण (Test a DC machine for continuity and insulation resistance)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **एक वैद्युत मशीन के इंसुलेशन प्रतिरोध को मापने की आवश्यकता बताने में**
- **परीक्षणों की आवृत्ति बताने में**
- **परीक्षणों के लिये वांछित प्रतिबन्धों को बताने में**
- **मशीन में इंसुलेशन प्रतिरोध के लघु मान के कारण बताने में**
- **दिष्ट मशीनों के इंसुलेशन प्रतिरोध को सुधार करने की विधि बताने में।**

इंसुलेशन प्रतिरोध मापन की आवश्यकता (Necessity of measuring insulation resistance): DC मशीनों के अनुरक्षण में सर्वाधिक महत्वपूर्ण भाग इंसुलेशन का ध्यान रखना है। DC मशीन के वैद्युत इंसुलेशन को निर्धारित वोल्टता और ताप पर संतोष जनक कार्य करना तथा अनेक वर्षो तक वैद्युत और यांत्रिक दृढता और विमीय स्थिरता को बनाये रखना होता है। सेवाकाल में DC मशीनों के इंसुलेशन प्रतिरोध की जांच समय-समय प्राथमिकता के साथ प्रतिमाह होनी चाहिये। इंसुलेशन प्रतिरोध के मान में कमी की सम्भावना पूर्ण भार स्थिति में निरन्तर कार्यान्वन के कारण वाइंडिंगों में उत्पन्न ऊष्मा स्थानीय वायुमण्डलीय आर्द्रता, धूल और मिटटी के कारण होती है । यदि समय पर जांच न की जाय तो इंसुलेशन निर्बल हो जाता है और वाइंडिंग अपने परावैद्युत (dielectric) गुण को खो कर अन्ततः मशीन को नष्ट कर देता है। आवर्ती जांच, इंसुलेशन प्रतिरोध मापन से सुधार, इंसुलेशन को नष्ट होने से रोकता है जिससे मशीन का भंजन (Breakdown) नही हो पाता है। इंसुलेशन प्रतिरोध की आवर्ती जांच और मापन तथा आवश्यक स्तर तक इसका सुधार इंसुलेशन के खराब होने से रोकता है और मशीन को बंद हो सकता है ।

इंसुलेशन प्रतिरोध मापन की एक उभय युक्ति प्रत्यक्ष सूचक इंसुलेशन परीक्षक अथवा मेगर है । मशीन की वोल्टता निर्धारण के अनुसार मापन DC 500/ 1000V की वोल्टता पर किये जाते है

इंसुलेशन प्रतिरोध का मापन (Measurement of insulation resistance): इंसुलेशन प्रतिरोध की मापन वाइंडिंग और फ्रेम (पृथ्वी) तथा वाइंडिंगों के बीच की जाती हैा

लघु और मध्यम वोल्टता निर्धारण मशीन के लिये उच्च वोल्टता परीक्षण करने पर इंसुलेशन प्रतिरोध BIS 9320-1979 के अनुसार एक मेगाओम से कम नही होगा। लगभग 500V दिष्ट वोल्टता द्वारा जिसे संकेतक पढने के लिये जब तक वह लगभग स्थिर न हो जाय लम्बे समय तक आरोपित करके इंसुलेशन प्रतिरोध की माप होती है । इस प्रकार की वोल्टता स्वतन्त्र स्रोत अथवा मापी यन्त्र में जनित वोल्टता से लिया जाता है।

जब, इंसुलेशन प्रतिरोध के अल्पतम मान को प्राप्त करने के लिये जब स्थल पर वाइंडिंगों को शुष्क करना आवश्यक होता है तो IS900-1965 शुष्क करने की प्रक्रिया अनुपालित करने की अनुशंसा की जाती है।

परीक्षण की आवृत्ति (Frequency of test): प्रतिबन्धक उपचार एवं अनुरक्षन कार्यक्रम के अनुसार आवृर्ति जांच परीक्षणों को सोच विचार करके पहले ही निर्धार्रित कर लिया जाता है। अनुरक्षक व्यक्तियों के भूतपूर्व अनुभव तथा मशीन निर्माताओं द्वारा की गई अनुशंसा के आधार पर उपचारक अनुरक्षण कार्य क्रम की योजना अधारित होना चाहिये। प्रायः मरम्मत (overhaul) के समय में इंसुलेशन प्रतिरोध का मापन होना ही चाहिये। मरम्मत (overhaul) 6 महीनों में एक बार होगा जो निरन्तर कार्यरत रहने वाली दिष्ट मशीनों के लिये आदर्श है। जो मशीने निरन्तर कार्यरत नही रहती है उनका मरम्मत (overhaul) प्रत्येक वर्ष होता है। संयत्र के बंद होने की अवधि में मरम्मत (overhaul) किया जाता है।

लेकिन जिन DC मशीनों में मरम्मत अवधि अधिक अथवा विलम्बित होती है निरन्तर सावधानी तथा नियमित रूप से प्रतिमाह इंसुलेशन प्रतिरोध की जांच और टेबल 1 के अनुसार इंसुलेशन प्रतिरोध परीक्षण के अभिलेख अनुरक्षण का परामर्श दिया जाता है।

टेबल 1

Insulation resistance test

Date	Time	Weather condition	Duty cycle	Test between terminals	Insulation resistance	Remarks

ारीक्षण के लियें आवश्यक शर्त/प्रतिबंध (Required conditions for test): मशीन की स्थिति और इंसुलेशन योग्यता के आकलन के लिये उच्च विभव परावैद्युत परीक्षण और इंसुलेशन परीक्षण मुख्य विधियां है। वाइंडिंग स्थिति मान के लिये इंसुलेशन प्रतिरोध परीक्षण अत्यधिक प्रयोग में लाया जाता है। वोल्टता आरोपण के पश्चात कुछ विनिर्देशित समय पर इंसुलेशन प्रतिरोध आरोपित वोल्टता और परिपथ में क्षरण करंट (लोकेज करंट) का अनुड्राप होता है। इंसुलेशन प्रतिरोध मापन के लिये प्रत्यावर्ती के स्थान पर DC वोल्टता का उपयोग होता है।

प्रभावित समय तक परीक्षण विभव आरोपित करने पर इंसुलेशन प्रतिरोध को प्रभवित करने वाली मुख्य धारायें 1. वाइंडिंग तल पर क्षरण करंट 2. इंसुलेशन पदार्थ से स्पीडन करंट 3. इंसुलेशन में अवशोपक धारा। प्रथम दो धारायें समय के साथ स्थिर रहती है लेकिन अन्तिम करंट एक प्रारम्भिक उच्च मान से लगभग तेजी से विलम्बित होती है। इस प्रकार के प्रतिरोध मापन सतह, स्थिति (धूल अथवा वाइंडिंग पर आर्द्रता) इंसुलेशन दीवार के अन्दर आर्द्रता इंसुलेशन ताप से प्रभावित होती है। परीक्षण विभव का परिमाण भी इंसुलेशन मान को प्रभावित कर सकता है। विशेषकर यदि इंसुलेशन उत्तम स्थिति में नही है। इसलिये इंसुलेशन प्रतिरोध को अनेक वर्षो तक मशीन की स्थिति ज्ञात करने के माप के रूप में लेना श्रेयस्कर होगा और अनुरूप परिस्थितियों में प्रेक्षण लेकर सारणी 1 की भांति मशीन के परीक्षण पत्र में प्रत्येक मान को अभिलेखित कर लेना चाहिये लेकिन इंसुलेशन, प्रतिरोध के लिये वाइंडिंग के इंसुलेशन प्रतिरोध परीक्षण के पूर्व क्रमागतः परिपथों की उत्तमता को सुनिश्चित करने के लिये आर्मेचर फील्ड वेष्ठन की अविच्छिन्नता परीक्षण करने की अनुसंशा की जाती है। क्योंकि कभी कभी अविच्छिन्नता परीक्षण आन्तरिक लघु पथन को प्रकट नही करेगी। प्रतिरोध परीक्षण के लिये अनुसंशा की जाती है और समय अन्तराल पर तुलना के लिये उनके अभिलेख को अभिरक्षित रखना चाहिये।

लघु मान इंसुलेशन परीक्षण के कारण (Reasons for low value insulation resistance): दिष्ट मशीन में इंसुलेशन प्रतिरोध का कम मान पूर्णभार स्थिति में उनके नियमित कार्यान्वन से वाइंडिंग में उत्पन्न अति ऊष्मन अथवा समय समय पर अति भारण अथवा भारों सहित अत्यधिक प्रवर्धन के कारण होती है। इसके अतिरिक्त उच्च परिवेशीय ताप भी लघु इंसुलेशन प्रतिरोध का कारण होता है। स्थानीय धूल और मिटटी का अनावश्यक सग्रह बुश के कारण कार्बनीकरण मशीन इत्यादि के पडोस में उपस्थिति स्थानीय वायुमण्डल आर्द्रता तेजाब और क्षार अन्य सम्भावनायें हो सकती है। इन सब का संचयी अथवा व्यक्तिगत प्रभाव वाइंडिंग के इंसुलेशन प्रतिरोध को निर्बल कर देने के लिए उत्तरदायी होते है। इन स्थितियों के कारण इंसुलेशन पदार्थ का परावैद्युत गुण न्यूनतम होता है और लघु अथवा कमजोर इंसुलेशन प्रतिरोध में परिणाम प्राप्त फलित होता है। जो इंसुलेशन भंग करके वाइंडिंग भंजन के लिये उत्तरदायी होता है।

इंसुलेशन प्रतिरोध को विकसित करने की विधि (Method of improving insulation resistance): एक DC मशीन में उपचारक अनुरक्षण प्रेक्षणों के समय, कमजोर इंसुलेशन प्रतिरोध अभिनिर्धारण होने पर उसके इंसुलेशन को पुनः प्राप्त करके एक सुरक्षित मान तक बढ़ाना आवश्यक है।

इंसुलेशन प्रतिरोध को सुधारने के लिये मशीन से धूल और मिटटी स्वच्छ कर देने के पश्चात निम्न विधियों में से कोई एक विधि अपनायी जा सकती है।

- मशीन में से गर्म वायु प्रवाहित कर
- मशीन को कार्बन तन्तु अथवा तप्त लैम्प से ऊष्मित करके
- मशीन के वाइंडिंग को खोल कर वार्निश करके

खोलने और वार्निश करने के लिये निम्न स्टेप अपनाना चाहिये-

- वाइंडिंग और मशीन के बीच इंसुलेशन प्रतिरोध को माप कर उसके मान को अभिलेखित कर लें।
- मशीन को चिन्हित करके अलग-अलग करण करें।
- एक वैद्युत ब्लोअर द्वारा शुष्क वायु को भेजकर फील्ड वाइंडिंग से धूल और मिट्टी को हटा दें।
- कम्प्यूटेटर का विशेष ध्यान रखते हुए आर्मेचर पर धूल मिटटी और कार्बन को हटा कर स्वछ कर दें।
- ब्रुशेज, ब्रुश धारक (Holdes) और राकर आर्म (Rocker arm) भुजा को स्वच्छ करें। एक इंसुलेशन परीक्षक द्वारा वाइंडिंग के इंसुलेशन प्रतिरोध की माप करें और मापों को अभिलेखित कर लें।
- वाह्य विधियों द्वारा फील्ड क्वाइल और आर्मेचर को तप्त करके शुष्क कर दें।
- फील्ड क्वाइलों और आमेचर चालकों को शुष्क वायु प्रकार के इंसुलेशन वानिर्श आलोपित करें। वाह्य विधियों द्वारा फील्ड क्वायलों और आर्मेचरों कोटिंग को सुखायें। इंसुलेशन प्रतिरोध की माप करें और इंसुलेशन प्रतिरोध के सुधारे गये मान को आभिलेखित करें।
- मशीन के भागों को जोड़ें (Assemble) ।
- मशीन के वाइंडिंग और फ्रेम के बीच इंसुलेशन को माप कर मानों को लिख लें इन परिणामों की तुलना प्रथम पद से करें और सुनिश्चित करें कि वर्तमान मान में सुधार हुआ है।
- मशीन को प्रणाली से सम्बन्धित करें और इसके सामान्य कार्य स्थिति की जांच करें।

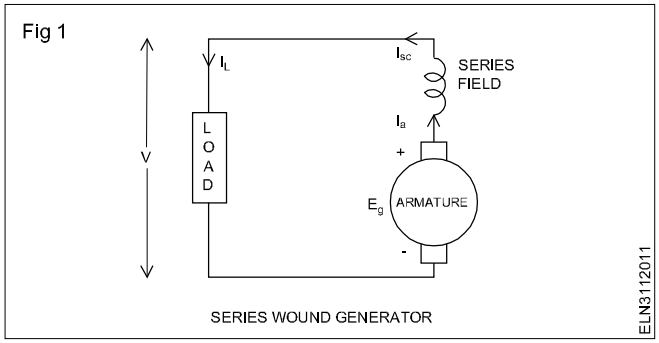
DC जनरेटर की अभिलाक्षणिक विशेषताएँ (Characteristics of DC generator)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **DC सीरीज जनरेटर के अभिलाक्षणिक विशेषताओं का वर्णन करने में**
- **DC शंट जनरेटर के विशेषताओं का वर्णन करनें में**
- **DC कम्पाउंड जनरेटर के अभिलाक्षणिक वशेषताओं को वर्णन करने में**
- **DC शंट जरनरेटरों अभिलाक्षणिक के समांतर प्रचालन का वर्णन करने में**
- **DC आर्मेचर रिएक्शन के प्रभाव तथा उनके निवारण का वर्णन करने में**
- **DC जनरेटरों के दक्षता तथा हानियों का वर्णन करने में**
- **DC जनरेटर के क्रमिक अनुरक्षण करने में।**

सीरीज जनरेटर की अभिलाक्षणिक विशेषताएँ (Characeteristics of series generator)

इस प्रकार के जनरेटर में फील्ड वाइंडिंग, आर्मेचर वाइंडिंग तथा बाहर की ओर लोड Fig 1 में दर्शाए अनुसार सिरिजक्रम में जुडे होते है।



यहाँ आर्मेचर वाइंडिंग, फील्ड वाइंडिंग तथा लोड की ओर समान करंट प्रवाहित होती है। जहाँ I_a = आर्मेचर करंट , I_{sc} = सीरीज फील्ड करंट तथा I_L लोड करंट डी सी सीरीज जनरेटर में सामान्यतः तीन महत्त्वपूर्ण विशेषताएँ होती है। सीरीज फील्ड करंट या एक्साईटेशन करंट के विभिन्न मानों का संबंध उत्पन्न वोल्टेज, टर्मिनल वोल्टेज तथा लोड करंट के मध्य दिखाया गया है।

DC सीरीज जनरेटर का चुम्बकीय या खुला परिपध विशेषताएँ (Magentic or open circuit characteristic of series wound DC generator)

वह वक्र जो नो लोड वोल्टेज और फील्ड एक्साइटेशन करंट के मध्य संबंध बताता है। चुम्बकीय या खुला परिपथ विशेषता कर्व कहलाता है।

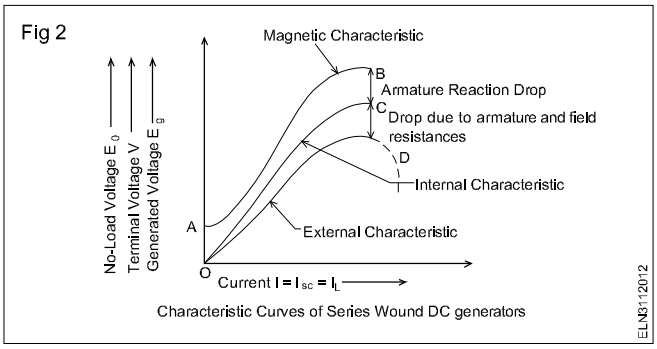
नो लोड की स्थिति में जब लोड के टर्मिनल खुले होते हैं तो फील्ड में करंट का प्रवाह नहीं होता है यदि आर्मेच फील्ड और लोड सीरीज में संयोजित है तब बंद परिपध का निर्माण होता है। इस वक्र को प्रयोगिक रूप से प्राप्त करने के लिए फील्ड वाइडिंग को अलग से एक बाहरी स्त्रोत के द्वारा उत्तेजित किया जाता हैं।

नीचे दिये गए डायग्राम DC सीरीज जनरेटर का चुम्बकीय विशेषता कर्व को दिखाता हैं। पोलो के संतृप्त होते तक वक्र निरंतर सीधा बढ़ता है।

इसके पश्चात् फील्ड करंट को बढ़ाने पर टर्मीनल वोल्टेज के मान में कोई परिवर्तन नहीं होता, अवशेषी चुम्बकत्व के कारण आर्मेचर में कम मात्रा में वोल्टेज उत्पन्न होता हैं। जिसके कारण वक्र O से शुरू न होकर कुछ ऊपर बिंदु A से प्रारंभ होता है।

DC सीरीज जनरेटर की आंतरिक विशेषताएँ (Internal characteristic of series wound DC generator)

DC सीरीज जनरेटर की आंतरिक विशेषतए कर्व आर्मेचर में उत्पन्न वोल्टेज और लोड करंट के मध्य संबंध दर्शाता है। यह वक्र नो लोड वोल्टेज में आर्मेचर रिएक्शन के डीमग्रनेटाइजिंग प्रभाव के कारण हुए वोल्टेज ड्राप को घटाकर प्राप्त किया जाता है। उत्पन्न वास्तविक वोल्टेज (E_g) नो लोड वोल्टेज (E_0) से कम होगा। यही कारण है कि यह वक्र खुले सर्किट विशेषता वक्र से थोड़ा झुका होता हैं। यहां OC वक्र D.C. जनरेटर की आंतरिक विशेषता या कुल विशेषता को दिखा रही हैं। (Fig 2)



DC सीरीज जनरेटर की बाह्य विशेषताएँ (External characteristic of series wound DC generator)

बाह्य विशेषता वक्र विभिन्न टर्मीनल वोल्टेज (V_T)और लोड करंट (I_L) के मध्य परिवर्तन को दिखाता है, इस प्रकार के जनरेटर का टर्मीनल वोल्टेज वास्तविक उत्पन्न वोल्टेज (E_g) में सीरीज फील्ड और आर्मेचर फील्ड द्वारा हुए ओमिक ड्राप (R_{sc}) को घटाकर प्राप्त किया जाता है। टर्मीनल वोल्टेज $V = E_g - I(R_a + R_{sc})$ बाहरी विशेषता वक्र आंतरिक विशेषता वक्र के नीचे स्थित हैं क्योंकि टर्मीनल वोल्टेज का मान उत्पन्न वोल्टेज से कम होता हैं। यहाँ Fig 2 में OD वक्र D.C. सीरीज जनरेटर की बाह्य विशेषता को दर्शाती हैं।

DC सीरीज जनरेटर की विशेषता वक्र (Characteristic curves of series wound DC generators)

इस प्रकार के जनरेटर की विशेषता यह है कि लोड बढ़ने के साथ मशीन की टर्मिनल वोल्टेज बढ़ जाती हैं परंतु वोल्टेज अधीकतम मान तक पहुँचने

के बाद आर्मेचर रिएक्शन के V चुम्बंकन प्रभाव के कारण वोल्टेज का मान घटने लगता हैं। इस घटना को Fig में डाटेड लाइन से दिखाया गया हैं। विशेषता की डाटेड रेखाएं बाहरी प्रतिरोध से आपभावित विभाग स्थिर घास देता है। ऐसा इसलिए है क्योंकि यदि लोड बढ़ता है, तो फील्ड करंट भी बढ़ जाता है क्योंकि फील्ड वाइडिंग लोड के सीरीज में लगा रहता है। इसी तरह यदि लोड बढ़ता है, तो आर्मेचर करंट भी बढ़ता है, क्योंकि आर्मेचर भी लोड की सीरीज में जुड़ा होता हैं। परंतु कुछ स्थितियों में प्रत्यावर्ती वोल्टेज में चुम्बकीय फील्ड से प्राप्त शाक्ति का प्रभाव नहीं बढ़ेगा, लेकिन बढ़ते आर्मेचर करंट के कारण आर्मेचर प्रतिक्रिया के प्रभाव में काफी वृद्धि होती है। जिसके कारण लोड वोल्टेज में प्रभावी गिरावट आती है। तब लोड वोल्टेज गिरता है, तो लोड करंट में भी आनुपातिक गिरावट आती हैं क्योंकि ओह्म् के नियमानुसार करंट , वोल्टेज के समानुपाती होता हैं। अतः लोड वोल्टेज बढ़ेगा तो लोड करंट भी बढ़ेगा एवं लोड वोल्टेज गिरेगा तो लोड करंट भी कम होगा। ये दोनों प्रभाव के कारण सीरीज वाउंड DC जनरेटर की विशेषता के बाहरी डाटेड लाइन (लोड करंट की लाइन) में कोई महत्त्वपूर्ण बदलाव नहीं होगा। इसी सीरीज जनरेटर को स्थिर करंट जनरेटर कहा जाता है।

एक शन्ट जनरेटर के वाह्य/लोडअभिलक्षणिक (The external characteristics of a shunt generator): वाह्य/लोडअभिलाक्षणिक किसी जनरेटर की एक विशेष प्रयोजन के लिये उपयुक्तता ज्ञात करने के लिये महत्वपूर्ण है जब DC शन्ट जनरेटर को लोड से जोड़ा जाता है तो ज्ञात होता है कि लोड करंट में वृद्धि के साथ टर्मिनल वोल्टता कभी (गिरावट) में वृद्धि होती है। एक शन्ट जनरेटर में फील्ड करंट स्थिर प्रतीत होती है और इसलिये V को स्थिर और लोड से स्वतन्त्र रहना चाहिये। लेकिन यह व्यवहार में नही होता टर्मिनल वोल्टता में कमी के लिये दो मुख्य कारण होते है।

- आर्मेचर प्रतिरोध कमी (प्रत्यक्ष)
- आर्मेचर प्रतिक्रिया कमी (परोक्ष)

ऊपर दिये गये दो कारणों से टर्मिनल वोल्टता कम हो जाती है इससे फील्ड करंट भी प्रभावित हाती है। घटा हुआ फील्ड करंट फील्ड फ्लक्स को कम करता है जो उत्पन्न emf को कम कर देता है।

ओर्मचर प्रतिरोध कमी (Armature resistance drop): सूत्र टर्मिनल वोल्टता = प्रेरित emf - आर्मेचर वोल्टता सूत्र के अनुसार

$V = E - I_a R_a$

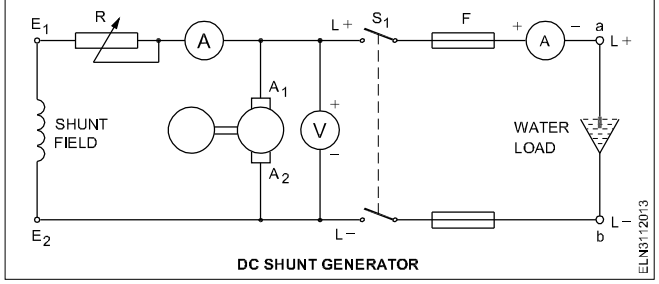
जहां I_a आर्मेचर करंट और R_a आर्मेचर परिपथ प्रतिरोध है।

इस प्रकार जब लोड करंट में वृद्धि की जाती है आर्मेचर परिपथ में अधिक वोल्टता ड्राप होता है । इसलिये लोड परिस्थिति में टर्मिनल वोल्टता V न्यूनतम होती है।

आर्मेचर प्रतिक्रिया कमी (Armature reaction drop): आर्मेचर प्रतिक्रिया के अचुम्बकन प्रभाव के कारण मुख्य ध्रुव फ्लक्स कमजोर होता है और प्रेरित emf (E) परिमाण में कम हो जाती है।

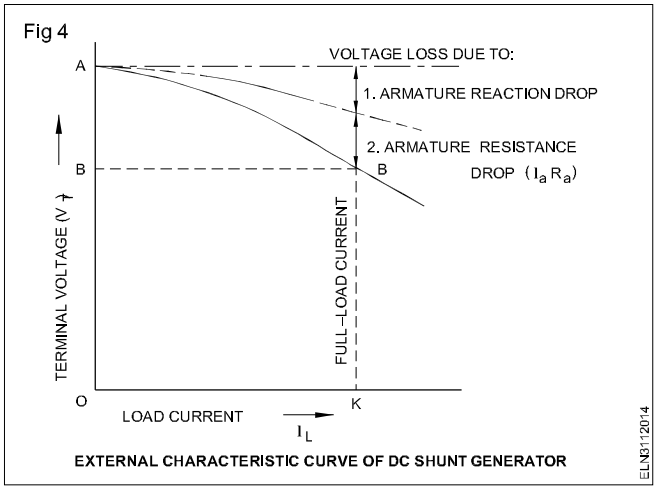
वाह्य अभिलक्षणिक से टर्मिनल वोल्टता और लोडकरंट के बीच सम्बन्ध प्राप्त होता है। Fig 3 के अनुसार इस अभिलक्षणिक को ज्ञात करते है। जनरेटर पहले अपनी निर्धारित वोल्टता निर्मित करता है इसके पश्चात उपयुक्त पदों में पूर्ण लोड तक लोडेड किया जाता है। प्रत्येक पद के लिये टर्मिनल वोल्टता और संगत लोड धारायें ज्ञात की जाती है।

Fig 3



इस प्रयोग में फील्ड करंट को स्थिर रखना होता है। इसका कारण है कि जब टर्मिनल वोल्टेज कमजोर होता है तो आर्मेचर के सिरों से जुडे फील्ड में एक कमजोर करंट होती है। इस प्रभाव को यदि रहने दिया जाय तो फील्ड फलक्स कमजोर होता है जिससे प्रेरित वोल्टता कम होती है। यह प्रभाव संचयी रूप में और अधिक टर्मिनल वोल्टता और कम करता है। टर्मिनल वोल्टता V_T और लोड करंट I_L के प्राप्त मानों से V_T को Y वक्र पर और I_L का X अक्ष पर रखकर Fig 4 के अनुसार वाह्य अभिलक्षणिक अक्ष को आरेखित किया जाता है। इस वक्र से यह ज्ञात होता है कि लोड रहित वोल्टता O_A अधिकतम होती है । और लोडेड होने पर यह कम होकर O_B हो जाती है जिससे इंगित होता है कि पूर्ण लोड करंट मान OK है जैसा कि जनरेटर की नाम पटिटका में दिया गया है।

Fig 4

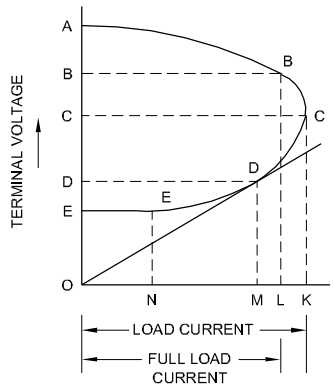


लोड रहित से पूर्ण लोड तक वोल्टता का पतन जो आर्मेचर प्रतिक्रिया के कारण होता है और आर्मेचर वोल्टता ड्राप पर्याप्त नही पाये जाते है। सामान्यतः जनरेटरों का प्रारूप पूर्ण लोडकरंट I_L प्रदान करने के लिये होता है और वोल्टता गिरावट लोडरहित वोल्टता का लगभग 5 से 8 प्रतिशत होगा जिसको नगण्य माना जा सकता है। यदि लोड प्रतिरोध को कम करके लोड करंट में और वृद्धि की जाय तो Fig 5 के अनुसार वक्र एक बिन्दु C पर पहुंच जाता है। इस बिन्दु पर टर्मिनल वोल्टता OC हो जाती है जो लोड रहित टर्मिनल वोल्टता की तुलना में यथेष्ट होती है। इस बिन्दु C पर यद्यपि लोड करंट अधिकतम (OK) होती है लेकिन लोड रहित वोल्टता की तुलना में यह बहुत कम होती है।

लेकिन जब लोड प्रतिरोध में और कमी की जाती है तो लोड करंट कम हो कर OM हो जाती है और V_T कम होकर OD हो जाता है। इसका अर्थ यह होता है कि लोड करंट में OK अधिक से वृद्धि नही हो सकती है और बिन्दु C भंजक बिन्दु कहलाता है। यह अधिकतम सम्भव करंट होती है जो एक जनरेटर आपूर्ति कर सकता है। बिन्दु C से परे लोड करंट में कमी के

साथ वक्र तीव्रता से गिरता है, जो यह दर्शाता है कि करंट में वृद्धि होने के स्थान पर कमी हो रही है। बिन्दु E पर जनरेटर लगभग लघु पथित हो जाता है और कुल प्रेरित वोल्टता I_a, R_a ड्राप और आर्मेचर प्रतिक्रया के कारण लगभग शून्य हो जाती है। हम यह कह सकते है OE जनरेटर की अवशिष्ट वोल्टता है। व्यवहार में सभी जनरेटर वक्र के केवल AB भाग पर प्रचालित होते है जब जनरेटर की दक्षता अधिकतम होती है।

Fig 5



EXTERNAL CHARACTERISTIC CURVE (FULL CURVE)

ELN3112015

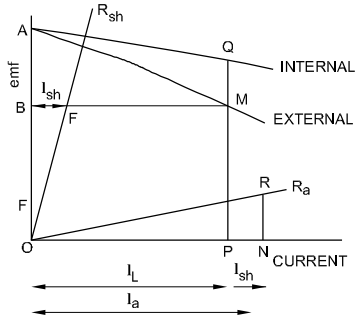
आन्तरिक अभिलक्षणिक (Internal Characteristic): आन्तरिक अभिलक्षणिक प्रेरित वोल्टता और आर्मेचर करंट के बीच सम्बन्ध प्रदर्शित करता है एक शन्ट जनरेटर में,

$I_A = I_L + I_{SH}$ $\quad E = V_T + I_a R_a$

$I_{SH} = V_T / R_{SH}$

इसलिये वाहय अभिलक्षणिक से Fig 4 के अनुसार E/I वक्र को प्राप्त किया जा सकता है। I_{SH} को क्षैतिज दिशा में V के विरोध में आरेखित करके हमें R_{SH} रेखा प्राप्त होती है जो मूल से निकलती है लेकिन शन्ट फील्ड के उच्च प्रतिरोध के कारण Fig 6 के अनुसार इसका अति ढलान होता है। आर्मेचर प्रतिरोध R_a को भी एक रेखा से दर्शायें और आर्मेचर करंट को वोल्टता में ड्राप के विरोध में आरेखित करें जैसा कि Fig 4 में प्रदर्शित किया गया है। वाह्य अभिलक्षणिक (Fig 4) पर किसी बिन्दु M को लें और M पर अभिलम्ब खींचें, तो दिये गये टर्मिनल वोल्टता के लिये लोडकरंट $\tilde{O}I_L$ = OP होती है। MB को क्षैतिज दिशा में आरेखित करें तो BF = I_{SH} और X अक्ष में PN = BF चिन्ह कीजिए ।

Fig 6



ELN3112016

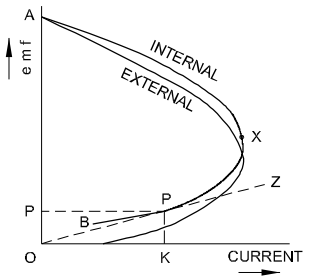
इस स्थिति में ON = OP + PN = $(I_L + I_{sh}) = I_a$.

N से उर्ध्वाधर रेखा खींचे जो आर्मेचर प्रतिरोध रेखा R_a को R पर मिले इस स्थिति में उर्ध्वाधर रेखा RN आर्मेचर में ड्राप के बराबर है इसलिये यदि PM रेखा को बिन्दु Q तक बढाया जाय और MQ = RN कर दिया जाय तो कुल लम्बाई PQ टर्मिनल वोल्टता और कुल आर्मेचर ड्राप के योग के बराबर है जो जनित EMF के बराबर है। इस प्रकार आन्तरिक अभिलक्षणिक पर एक बिन्दु Q प्राप्त होता है और कुल (आन्तरिक) अभिलक्षणिक को बिन्दु A और Q को मिलाकर खींचा जा सकता है।

यदि लोड प्रतिरोध को कम किया जाय तो वक्र Fig 7 के अनुसार ण्द्धः द्म मुड जाता है यदि लोडप्रतिरोध बहुत कम है तब जनरेटर लघु पथ परिपथ है और मुख्य ध्रुवों के भारी अचुम्बकन के कारण प्रेरित emf जनित नही होती है।

लोडक्रान्तिक प्रतिरोध (Load critical resistance): इसकी परिभाषा लोड प्रतिरोध के उस अल्पतम मान से की जाती है जिससे जनरेटर, वोल्टता निर्मित करता है और इस मान के ठीक नीचे लोड प्रतिरोध दिष्ट शन्ट जनरेटर में वोल्टता निर्मित करने में असफल रहता है, लोड के साथ शुरू किया जाता है। जब DC शन्ट जनरेटर को लोडसे शुरू करते है तो टर्मिनल वोल्टता 10V से अधिक नही बढायी जा सकती क्योंकि लोड प्रतिरोध इतना कम होता है जैसे कि जनरेटर लघु पथ पथित है। Fig 7 में आन्तरिक अभिलक्षणिक की स्पर्श रेखा OZ में APB खींची जाती है। इसका ढाल लोड क्रान्तिक प्रतिरोध का मान प्रदान करेंगा, चूंकि DC शन्ट जनरेटर emf निर्मित नही करेगा जब इसे इस मान के प्रतिरोध से कम लोड पर रखा जायेगा। इसको लोड क्रान्तिक प्रतिरोध कहते है।

Fig 7



INTERNAL & EXTERNAL CHARACTERISTIC CURVE

ELN3112017

लोडक्रान्तिक प्रतिरोध ओम में =

$$\frac{\text{`P' बिन्दु पर वोल्टता}}{\text{`P' बिन्दु पर लोडकरंट (amp)}} = \frac{OP}{OK}$$

इस प्रकार एक शन्ट जनरेटर के लिये दो क्रान्तिक प्रतिरोध होते है एक फील्ड करंट के लिये और दूसरा लोडवाह्य परिपथ के लिये।

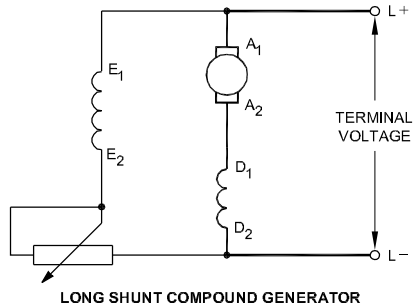
दिष्ट शन्ट जनरेटर के अनुप्रयोग (Applications of DC shunt generator) : दिष्ट शन्ट जनरेटर लोडअभिलक्षणिक के अनुसार नो लोड रहित से पूर्ण लोडहोने पर वोल्टता ड्राप लोडकरंट के निर्धारण मान तक यथेष्ट नही होता। इसलिये इसे स्थिर वोल्टता जनरेटर कह सकते है और इसे स्थायी लोड जैसे :

- अपकेन्द्रीय पम्प
- प्रदीप्ति भार
- पंखों बैटरी आवेशन और विद्युत लेपन में किया जा सकता है।
- बैटरी चार्जिंग और इलेक्ट्रोप्लेटिंग।

कंपाउण्ड जनरेटर (Compound generator): शन्ट और सिरिज फील्ड के एक जनरेटर में ऐसा संयोजन जिससे दो उत्तेजन स्रोत प्राप्त होते है को कंपाउन्ड जनरेटर कहते है।

लम्बे शन्ट कंपाउन्ड जनरेटर (Long shunt compound generator): जब आर्मेचर और सिरिज फील्ड के सयोजन के साथ शन्ट फील्ड समान्तर में होता है तो जनरेटर को एक लम्बे शन्ट कंपाउन्ड जनरेटर की भांति सम्बन्धित कहते है जिसे Fig 8 में प्रदर्शित किया गया है।

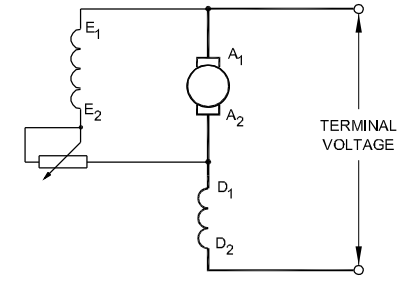
Fig 8



LONG SHUNT COMPOUND GENERATOR

लघु शन्ट कंपाउन्ड जनरेटर (Short shunt compound generator): जब शन्ट फील्ड समान्तर में केवल आर्मेचर से जोडा जाता है तो जनरेटर एक लघु शन्ट कंपाउन्ड जनरेटर की भांति सम्बन्धित कहा जाता है जैसा कि Fig 9 में प्रदर्शित किया गया है।

Fig 9



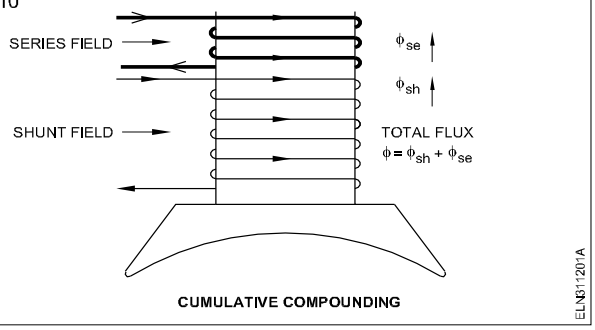
SHORT SHUNT COMPOUND GENERATOR

कम्प्यूलेटिव कंपाउन्ड जनरेटर (Cumulative compount generator): शन्ट फील्ड उत्तेजन फ्लक्स लगभग स्थिर रहता है और टर्मिनल वोल्टता में परिवर्तित होने पर कुछ प्रभावित होता है। सिरिज फील्ड का फ्लक्स अधिक परिवर्ती होता है क्योंकि इसका एम्पियर टर्न लोड करंट पर निर्भर करता है। जब लोड करंट शून्य होती है, यह कम फ्लक्स (लम्बा शन्ट) अथवा शून्य फ्लक्स (लघु शन्ट) उत्पन्न करता है और जब लोड करंट उच्च होती है यह अधिक फ्लक्स उत्पन्न करता है। कितना फ्लक्स इसे उत्पन्न करना चाहिये, यह इस बात पर निर्भर होता है कि किसी वोल्टता ड्राप के लिये किस सीमा तक क्षति पूर्ती करना चाहिये । एक कंपाउन्ड मशीन में शन्ट फील्ड के ठीक ऊपर सिरिज फील्ड उचित सपरेटर और इंसुलेशन के साथ वाइंडिंग किया होता है।

सिरिज फील्ड क्वाइल शन्ट फील्ड को सहायता देने के लिये Fig 10 के अनुसार सम्बन्धित हो सकते है। तब इस मशीन को कम्प्यूलेटिव (क्रमागत योगन द्वारा वृद्धित) कंपाउन्ड जनरेटर कहते है। सिरिज फील्ड का एम्पियर टर्न कम्पाउण्ड के परिमाण को निश्चित करता है।

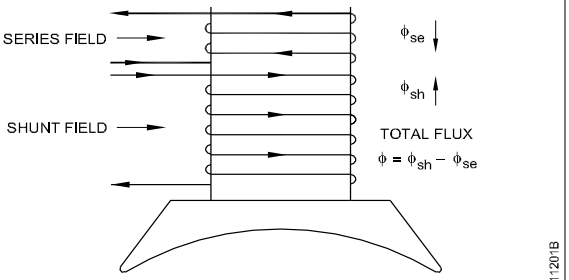
डिफरेंशियल कम्पाउंड जनरेटर (Differentially compounded generator): यदि सिरिज फील्ड द्वारा उत्पन्न फ्लक्स Fig 11 के अनुसार शन्ट फील्ड का विरोध करता है तो इस क्रिया को 'बकिंग' (bucking) कहते है और मशीन को विभेदीय (क्रमागत घटाकर कम करना) डिफरेंशियल काम्पाउंड जनरेटर कहा जाता है।

Fig 10



CUMULATIVE COMPOUNDING

Fig 11

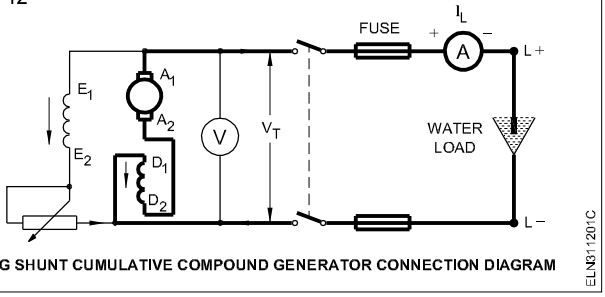


DIFFERENTIAL COMPOUNDING

दिष्ट कंपाउन्ड जनरेटर का वाह्य अभिलक्षणिक (External characteristics of DC compound generator):

संचयी कंपाउन्ड जनरेटर (Cumulative compound generator): Fig 12 में एक लम्बे शन्ट कम्प्यूलेटिव कम्पाउंड जनरेटर के लिये संयोजन आरेख दिखाया गया है। इस सम्बन्ध में सिरिज फील्ड शन्ट फील्ड में जुड़ता होता है और कुल फ्लक्स दोनों फ्लक्स के योग के बराबर होता

Fig 12

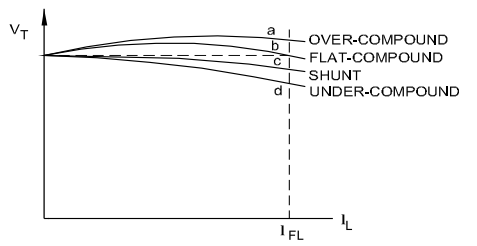


LONG SHUNT CUMULATIVE COMPOUND GENERATOR CONNECTION DIAGRAM

है। विभिन्न लोडधाराओं I_L के लिये प्रेक्षणों का एक समूह लेकर उनके संगत टर्मिनल वोल्टता V_T को लेकर हम V_T और I_L के बीच सम्बन्ध प्राप्त करने के लिये एक ग्राफ खींच सक्ते है। वक्र को वाह्य अभिलक्षणिक कहते है।

यदि Fig 13 के वक्र C में प्रदर्शित वक्र की आकृति है तो यह वही होगी जैसा कि शन्ट जनरेटर में होता है। और इस जनरेटर का उपयोग स्थायी वोल्टता लोड के लिये किया जा सकता है। यदि वक्र की आकृति Fig 13 की आकृति A की भांति है तो इससे ज्ञात होता है कि लोड करंट में वृद्धि से वोल्टता में वृद्धि होती जाती है। यह इस कारण होता है कि सिरिज एम्पियर टर्न आर्मेचर प्रतिक्रिया और $I_a R_a$ ड्राप को नियंत्रित करने के लिये आवश्यक

Fig 13



EXTERNAL CHARACTERISTICS OF COMULATIVE COMPOUND DC GENERATORS

फ्लक्स से अधिक फ्लक्स उत्पन्न करता है। इस प्रकार की मशीन को एक अति योगित जनरेटर कहते है और इस जनरेटर का उपयोग अधिक दूरी वितरण लाइन्स के लिये आपूर्ती लोड को देने के लिये प्रयोग में लाया जा सकता है इसलिये लाइन में वोल्टता ड्राप का क्षति वोल्टता में वृद्धि करके की जा सकती है।

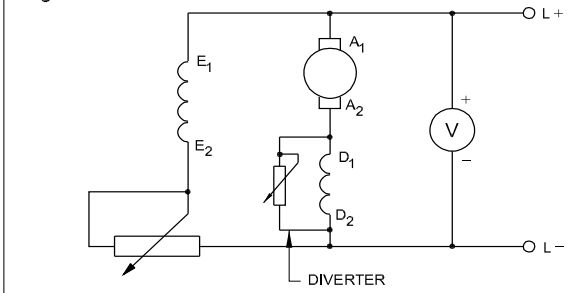
यदि Fig 13 की वक्र b में प्रदर्शित वक्र आकृति की भांति है इससे ज्ञात होता है कि कम लोड पर सिरिज एम्पियर टर्न अधिक फ्लक्स उत्पन्न करते है जो कि I R ड्राप को नियत्रिंत करने के लिये आवश्यक होता है। लेकिन पूर्ण लोड पर सिरिज फील्ड फ्लक्स I R ड्राप और आर्मेचर प्रतिक्रिया को नियंत्रित करने के लिये उपयुक्त होता है। इस प्रकार की मशीन को फ्लैट (Level) कम्पाउण्ड जनरेटर कहते है और इस जनरेटर का उपयोग विशिष्ट टर्मिनल वोल्टता के लिये आवश्यक स्थिर भारों को शक्ति अपूर्ती के लिये किया जाता है। यदि वक्र की आकति वक्र D की भांति है तो इससे ज्ञात होता है कि सिरिज एम्पियर टर्न I R ड्राप के कारण टर्मिनल वोल्टता में और आर्मेचर प्रतिक्रिया को नियंत्रित करने के लिये उपयुक्त नही हैं लेकिन फिर भी वे शन्ट फील्ड को सहायता देते है इस प्रकार की मशीन को एक अंडर कंपाउण्ड जनरेटर कहते है। और यह जनरेटर विद्युत लेपन अथवा प्रदीप्ति के लिये प्रयोग में लाया जा सकता है।

कमप्यूलेटीन कम्पाउण्ड जनरेटर में योगन का स्तर (Degree of compound-ings in a cumulative compound generation) : एक जनरेटर में काम्पउण्ड स्तर को सिरिज फील्ड करंट के परिमाण से परिवर्तित किया जा सकता है इसलिये सिरिज फील्ड करंट के समायोजन के लिये Fig 14 के अनुसार एक प्रवर्तक (Diverter) जोडा जा सकता है।

डिफरेशिंयल कम्पाउण्ड जनरेटर (Differential compound generation): यदि Fig 15 के अनुसार सिरिज फील्ड की टर्मिनल परस्पर परिवर्तित किये जाते है तो प्राप्त वक्र Fig 16 के अनुसार हो सकता है इस प्रकार के सम्बन्ध में सिरिज फील्ड शन्ट फील्ड का विरोध करता और जनरेटर एक डिफरेशियल काम्पाउण्ड जनरेटर हो जाता है उत्पन्न कुल फ्लक्स शन्ट फील्ड फ्लक्स में सिरिज फील्ड फ्लक्स को घटाने से प्राप्त होता है वक्र से स्पष्ट है कि लोड करंट में वृद्धि के साथ टर्मिनल वोल्टता में अत्यधिक कमी आती है। यह इस कारण होता है कि सिरिज एम्पियर टर्न फ्लक्स उत्पन्न करते है जो शन्ट फील्ड फ्लक्स का विरोध अथवा बकिंग करते हैं। इस अभिलक्षणिक का प्रयोग वेल्डिंग कार्य में किया जा सकता है जहां आर्क बनने के पहले इलेक्ट्रोड और जॉब में विभवान्तर लगभग 100V के स्तर का होता है और जब आर्क बनता है तो इसका मान 40-50V तक गिर जाता है जिससे करंट प्रवाह बना रह सके।

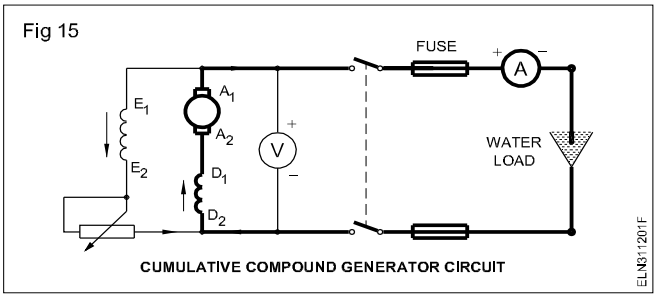
एक कंपाउन्ड जनरेटर के अनुप्रयोग (Application of a compound generator): सारणी 1 में विभिन्न प्रकार के कंपाउन्ड जनरेटर और उद्योगों में उनके अनुप्रयोग दिखाये गये हैं।

Fig 14



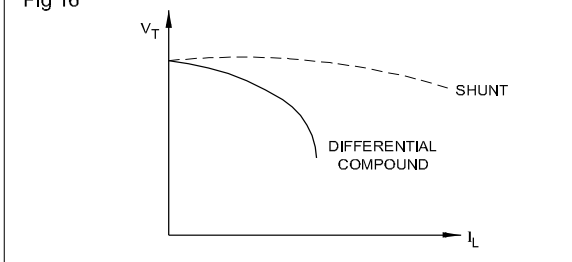
SERIES FIELD DIVERTER IN COMPOUND GENERATOR

Fig 15



CUMULATIVE COMPOUND GENERATOR CIRCUIT

Fig 16



EXTERNAL CHARACTERISTIC OF DIFFERENTIAL COMPOUND DC GENERATOR

सारणी 1

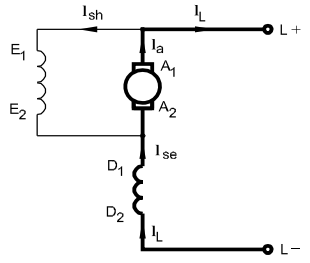
क्र. स.	कंपाउन्ड जनरेटर के प्रकार	उपयोग
1	कम्पाउण्ड जनरेटर a ओवर कम्पाउंड	जहां जनरेटर और लोडके बीच दूरी अधिक है जैसे रेलवे मार्ग, सडक की प्रकार व्यवस्था इत्यादि में प्रयुक्त होता है।
	b अण्डर या लेवल कम्पाउंड	इसका प्रयोग ऐसे स्थानों में होता है जहां लोड समीप है। जैसे प्रदीप्ति भार छोटे भवनों के शक्ति लोड अथवा लेथ जिसमें एक स्थिर वोल्टता आवश्यक होती है।
	c अंडर-कम्पाउंड	विद्युत लेपन प्रदीप्ति इत्यादि में प्रयोग में लाया जाता है।
2	डिफरेंशियल कम्पाउण्ड जनरेटर	इसका उपयोग आर्क वेल्डिंग जनरेटरों के लिये किया जाता है।

DC जनरेटर से सम्बन्धित गणितीय प्रश्न (Numerical problems pertaining to DC generator): जब जनरेटर को लोड किया जाता है तो आर्मेचर प्रतिरोध और सिरिज फील्ड प्रतिरोध में वोल्टता ड्राप होगा। प्राप्त आंकड़ो से प्रेरित emf की गणना करने के लिये निम्न पदों को अपनाना चाहिये।

$Eg = V + I_a R_a + I_{se} R_{se}$

एक लघु शन्ट कंपाउन्ड जनरेटर के लिये $I_{SE} R_{SE} = I_L$ और $I_a = I_L + I_{SH}$ जैसा कि Fig 17 में प्रदर्शित किया गया है।

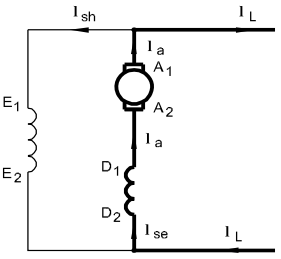
Fig 17



SHORT SHUNT COMPOUND GENERATOR

Fig 18 के अनुसार एक लम्बे शन्ट कंपाउन्ड जनरेटर के लिये $I_{SE} = I_a$ और $I_a = I_L + I_{sh} = I_{se}$

Fig 18



LONG SHUNT COMPOUND GENERATOR

जहां I_a = एम्पियर में आर्मेचर करंट

I_{sh} = एम्पियर में शन्ट फील्ड धारा

I_{se} = एम्पियर में सिरिज फील्ड धारा

I_L = एम्पियर में लोडधारा

उदाहरण (Example): एक लांग शन्ट काम्पउंड जनरेटर 400V पर 100A की लोडकरंट प्रदान करता है और इसका आर्मेचर सिरिज फील्ड और शन्ट फील्डों के प्रतिरोध क्रमशः 0.1 ohm, 0.03ohm और 200 ohm है। आर्मेचर करंट और जनित वोल्टता की गणना करे। सम्पर्क ड्राप के लिये 1V प्रतिब्रश मान लें।

हल (Solution):

Fig 19 में जनरेटर परिपथ प्रदर्शित किया गया है।

$I_{sh} = 400/200 = 2A$

आर्मेचर और सिरिज वाइंडिंग में करंट समान है।

इसलिये $I_A = I_{SE} = 100+2 = 102A$

सिरिज फील्ड वाइंडिंग में वोल्टता ड्राप = $I_{SE} R_{SE} = 102 \times 0.03 = 3.06V$

आर्मेचर वोल्टता ड्राप $I_a R_a = 102 \times 0.1 = 10.2V$

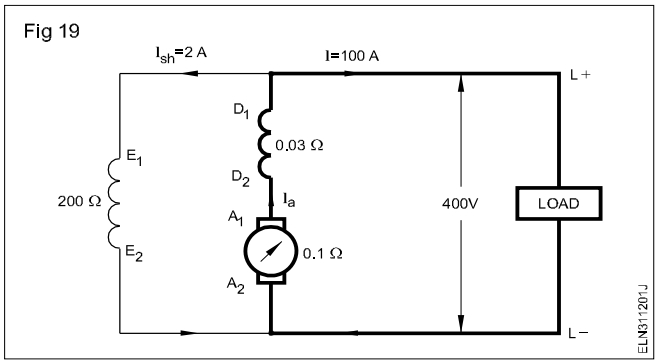
माना 2 ब्रशेज है।

ब्रशेज पर ड्राप = 2 x 1 = 2V

अब Eg = V+$I_a R_a$ + सिरिज ड्राप + ब्रश ड्राप

= 400 + 10.2 + 3.06 + 2 = 415.26 V

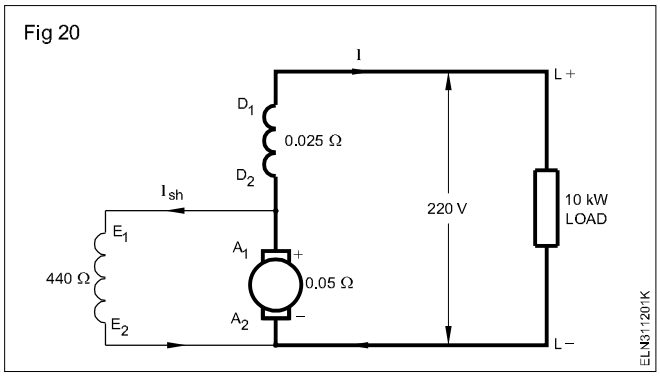
Fig 19



उदाहरण (Example): 220V की टर्मिनल वोल्टता से एक 10kW योगिक जनरेटर पूर्ण लोड पर कार्य करता है आर्मेचर सिरिज और शन्ट वाइंडिंगों का प्रतिरोध क्रमशः 0.05 ohm, 0.025ohm, 440 ohm है। जनरेटर का कुल emf आर्मेचर में ज्ञात करें जब मशीन एक शार्ट शन्ट से सम्बन्धित है।

हल Fig 20 में जनरेटर परिपथ प्रदर्शित किया गया है।

Fig 20



$$\text{लोड करंट} = \frac{\text{वाट में भार}}{\text{टर्मिनल वोल्टता}} = \frac{10000}{220} = 45.45A$$

सिरिज वाइंडिंग में वोल्टता ड्राप = 45.45 x 0.025 = 1.14V

शन्ट वाइंडिंग के सिरों पर वोल्टता = 220+ 1.14 = 221.14V

I_{sh} = 221.14/440 = 0.503A

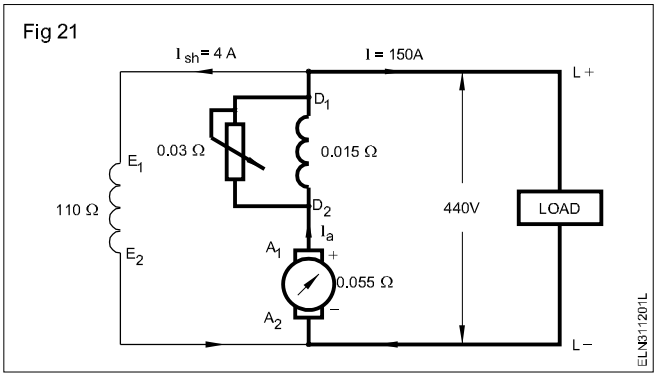
I_a = 45.45 + 0.503 = 45.953A

$I_a R_a$ = 45.953 x 0.05 = 2.297V

जनरेटर emf = टर्मिनल वोल्टता + आर्मेचर में वोल्टता ड्राप + सिरिज फील्ड में वोल्टता ड्राप = 220+2.297+1.14 = 223.44V

उदाहरण (Example): एक लागू शंट काम्पउण्ड जनरेटर में Fig 21 के अनुसार जब जनरेटर 150A प्रदत्त करता है टर्मिनल वोल्टता 440V है। ज्ञात करें (i) प्रेरित emf (ii) कुल जनित शक्ति और (iii) इस शक्ति का वितरण जब शन्ट फील्ड सिरिज फील्ड और आर्मेचर प्रतिरोध क्रमशः 110 ohm, 0.015ohm, 0.03ohm, 0.055ohm है।

Fig 21



हल:

I_{sh} = 440/110 = 4A

I_a = 150+4=154A

चूंकि सिरिज फील्ड प्रतिरोध और डाइवर्टर प्रतिरोध (Fig 14) समान्तर में है

उनका संयुक्त प्रतिरोध = 0.03 x 0.015/0.045 = 0.01ohm

कुल आर्मेचर परिपथ प्रतिरोध = 0.055 + 0.01 = 0.065 ohm

सिरिज फील्ड और आर्मेचर के सिरों पर वोल्टता ड्राप

= 154 x 0.065 = 10.01V

i आर्मेचर द्वारा जनित वोल्टता E_G = 440 + 10.01 = 450.01V माना 450V

ii आर्मेचर द्वारा कुल जनित शक्ति $E_g I_A$ = 450 x 154 = 69300W

iii आर्मेचर में शक्ति ह्रास = $I_a^2 R_a$ = 154^2 x 0.055 = 1304.4W

सिरिज फील्ड और अपर्वतक में शक्ति ह्रास = 154^2 x 0.01 = 237.2W

शन्ट वाइंडिंग में शक्ति ह्रास = VI_{sh} = 440 x 4 = 1760W

लोड को दी गई शक्ति = 440 x 150 = 66000W

D.C. जनरेटर का पैरेलल आपरेशन (Parallel operation of DC generators)

DC पावर प्लान्ट में आमतौर पर पावर कई छोटे-छोटे जनरेटरों को पैरेलल में जोड़ कर लिया जाता है न कि एक बड़े जनरेटर से, निम्नलिखित कारणों से ऐसा किया जाता है ।

पैरेलल आपरेशन की आवश्यकता (The necessity of parallel operation)

1 **सर्विस की निरन्तरता (Continuity of service) :** यदि एक बड़ा जनरेटर पावर देता है तब ब्रेक डाउन की स्थिति में पूरा प्लाटं बंद हो जाएगा। पैरेलल यूनिट में सप्लाई के समय अगर एक यूनिट (इकाई) खराब हो जाती है तब ठीक (working) वाली यूनिट (इकाई) से सप्लाई मिल जाएगी ।

दक्षता (Efficiency) : जनरेटर अगर उनकी इलेक्ट्रिकल पावर क्षमता से काम करेंगे तब उनकी आयु लंबी होगी और प्रति यूनिट kwh पर लागत भी कम होगी इसके बाद अगर लोडकी माँग कम हो जाती तब एक या दो इकाईयों को बंद किया जा सकता है ।

3 **देखभाल और मरम्मत (Maintenance and repair) :** जनरेटर को लगातार देखभाल की जरुरत होती है यह तभी संभव है जब एक से अधिक जनरेटर लगाये जाये इसलिए सामान्य चैकिंग करते समय सप्लाई पैरेलल इकाई (यूनिट) से प्राप्त की जा सकती है ।

4 **प्लांट की क्षमता को बढ़ाना (Increasing plant capacity) :** जब जरूरत अनुसार क्षमता को बढ़ाते हैं तो नई इकाई (यूनिट) साधारणतया पुरानी इकाई (यूनिट) के साथ पैरेलल में प्लाटं क्षमता को बढ़ाता है ।

D.C. जनरेटर को समान्तर करने की शर्तें (Conditions for paralleling of D.C. Generators)

1 आउटपुट वोल्टेज समान होना चाहिए

2 ध्रुवता समान होनी चाहिए

शंट जनरेटर को पैरेलल (समानान्तर) जोड़ना (Connecting Shunt Generators in Parallel) : जनरेटर को बस-बार के समान्तर (पैरेलल) में लगाये जाने का मुख्य उद्देश्य अधिक लोड (भार) को सहन करना होता है अर्थात् जब एक जनरेटर पर लोड (भार) सीमा से अधिक हो जाये तब उस जनरेटर के पैरेलल (समानान्तर) में एक और जनरेटर लगाया जाता है । बस-बार भारी तथा मोटे ताँबे (ताम्र) बार के होते हैं। वे धनात्मक और ऋणात्मक सिरों की तरह काम करते हैं । जनरेटर का धनात्मक सिरा बस बार के धनात्मक सिरा (पोजेटिव टर्मिनल) से जुड़ने चाहिए और ऋणात्मक (निगेटिव) बस बार के ऋणात्मक के साथ लगाना होता है । Fig. 22 शंट जनरेटर (1) जुड़ा हुआ है बस बार से और सप्लाई लोड़ से जुड़ा है । जब पावर प्लांट पर लोड (भार) बढ़ाया जाता है तो जनरेटर की क्षमता के अनुसार ही होता है, दूसरा शंट जनरेटर (2) लोड (भार) डिमांड बढ़ने के साथ पैरेलल में प्रथम के साथ जुड़ा होता है ।

DC जनरेटर का समानान्तर आपरेशन (Operation of paralleling of D.C. Generator)

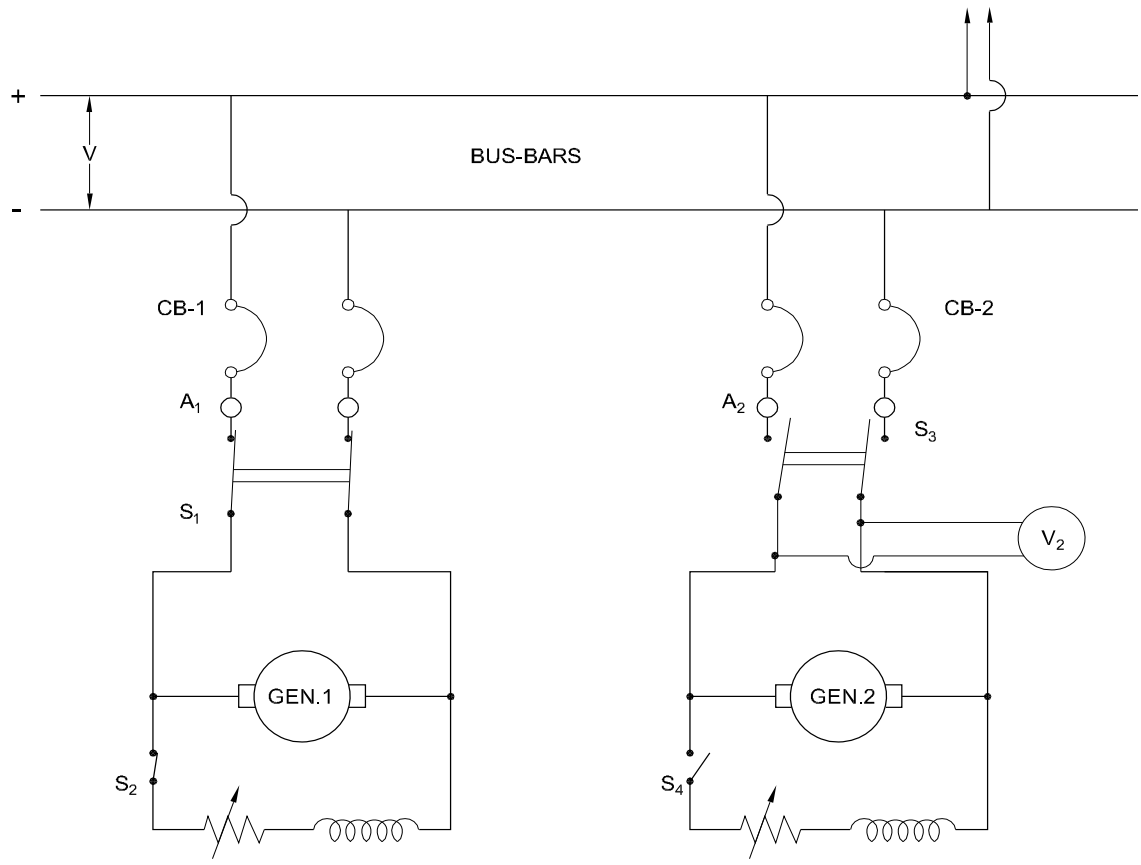
1 जनरेटर 2 को बाहरी स्त्रोत द्वारा उसकी रेटेड स्पीड तक घुमाया जाता है अब फील्ड सर्किट जनरेटर का S_4 स्विच द्वारा बंद कर दिया जाता है ।

2 दूसरा सर्किट ब्रेकर CB_2 बंद करके जनरेटर 2 को उत्तेजित करके जितना जनरेट वोल्टेज होता है उसके बराबर बस-बार वोल्टेज को कर दिया जाता है । This is indicated by voltmeter V_2.

3 अब जनरेटर 2 जनरेटर 1 के साथ समान्तर तैयार हो जाता है । मुख्य स्विच S_3 बंद करके, जनरेटर 2 को जनरेटर 1 के समान्तर कर दिया, जनरेटर 2 पर कोई लोडसप्लाई नहीं हो रहा क्योंकि यह बस-बार वोल्टेज के बराबर emf पैदा कर रहा है । जनरेटर बस बार पर कोई लोडनहीं सप्लाई कर रहा है । (Fig 22).

4 यदि जनरेटर 2 कोई करंट डिलीवर कर रहा है तब जनरेट हुआ वोल्टेज बस-बार के वोल्टेज से ज्यादा होना चाहिए । उस स्थिति में करंट सप्लाई I = (E-V)/Ra आर्मेचर सर्किट का रजिस्टेन्स है । फील्ड करंट के बढ़ जाने से (पैदा होने वाला emf E), जनरेटर 2 भार के हिसाब से निरंतर सप्लाई दे सकता है ।

Fig 22



5 लोडको यदि शंट जनरेटर से फील्ड एक्साइटेसन (उत्तेजित) के हिसाब से adjust किया जा सकता है, यदि जनरेटर 1 को बंद कर दें, तब पूरा लोडजनरेटर 2 पर चल जायेगा, बशर्ते इसमें जनरेटर 1 से zero हो सर्किट ब्रेकर CB_1 खोलें, तब मुख्य स्विच S_1 भी खुल जायेगा।

लोड का विभाजन (Load Sharing) : शायद फील्ड एक्साइटेशन को एडजस्ट करके लोडको एक जनरेटर से दूसरे जनरेटर में पहुँचा सकते हैं। दो जनरेटर का लोडविभाजन में असमान लोड वोल्टेज होता है । माना E_1, E_2 = दो जनरेटर का नो लोड वोल्टेज और रजिस्टेन्स R_1, R_2 = आर्मेचर प्रतिरोध है ।

जनरेटर के इस आउपुट करंट का मान E_1 व E_2 के मानों पर निर्भर करता है। इन मानों को फील्ड रिहोस्टेट द्वारा परिवर्तित किया जा सकता है। आमतौर पर टर्मिनल वोल्टेज (बस - बार वोल्टेज)- (i) जनरेटर के विभिन्न EMF मान (ii) कुल लोड करंट आपूर्ति पर निर्भर करता है। आमतौर पर यह बस बार वोल्टेज को स्थिर रखने के लिए वांछित है। यह समानान्तर में काम कर रहे जनरेटर के फील्ड एक्साइटेशन को समायोजित करके प्राप्त किया जा सकता है।

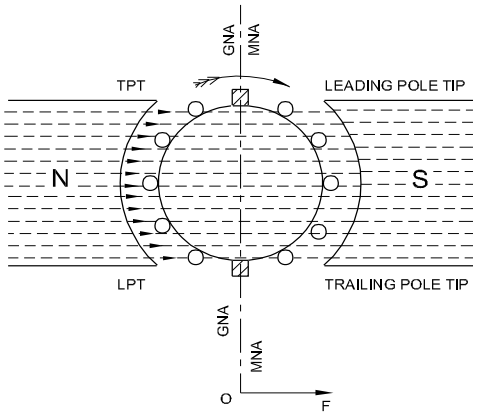
आर्मेचर प्रतिक्रिया (Armature reaction)

जब आर्मेचर चालकों में कम लोड करंट प्रवाहित होती है आर्मेचर चालकों द्वारा उत्पन्न mmf मुख्य फील्ड फ्लक्स के साथ इस प्रकार प्रतिक्रिया करता है कि मुख्य फील्ड फ्लक्स का फील्ड विरूपित (Distored) हो जाता है और इसे प्रतिचुम्बकन प्रभाव कहते है। लेकिन इस प्रभाव को जनरेटर की ब्रुश स्थिति को घूर्णन की दिशा में छोटे कोण से विस्थापित करके निरस्त किया जा सकता है।

जब जनरेटर को और अधिक लोडेड करते है तो ध्रुव सिरें संतृप्त हो जाते है और मुख्य फील्ड फ्लक्स को अचुम्बकित करते है जिससे प्रेरित emf कम होता है। इस प्रभाव को अचुम्बकन प्रभाव कहते है और इस भी आगे स्पष्ट किया गया है।

Fig 23 मे मुख्य फील्ड फ्लक्स से फ्लक्स वितरण प्रदर्शित किया गया है। चूंकि आर्मेचर चालकों में करंट नही है फ्लक्स समरूप है। GNA (ज्यामिती उदासीन अक्ष) और MNA (चुम्बकीय उदासीन अक्ष) एक दूसरे के साथ है।

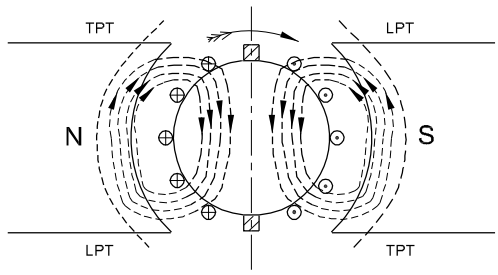
Fig 23



MAIN MAGNETIC FIELD OF A TWO - POLE DC MACHINE

Fig 24 में केवल आर्मेचर चालकों द्वारा नियोजित फ्लक्स प्रदर्शित किया गया है। N ध्रुव के अन्तर्गत करंट दिशा को + चिन्ह से और दक्षिणी ध्रुव के अन्तर्गत बिन्दु चिन्ह (.) के अनुसार प्रदर्शित किया गया है। इस आर्मेचर फील्ड की तीव्रता (mmf) आर्मेचर करंट पर निर्भर करती है, जो लोड करंट पर निर्भर होती है।

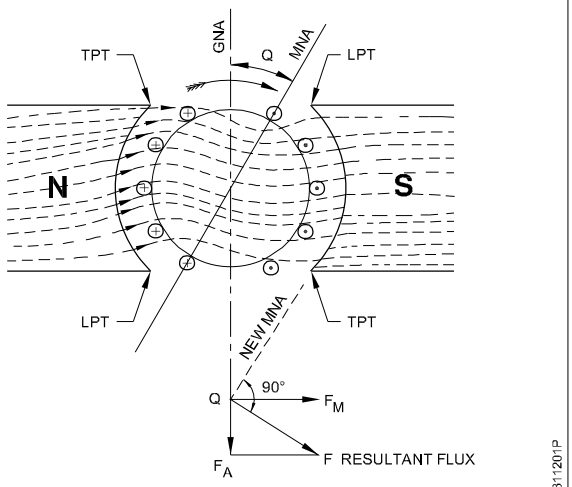
Fig 24



FLUX CREATED BY THE ARMATURE CURRENT

प्रतिचुम्बकन प्रभाव (Cross - magnetising effect): मुख्य फील्ड और आर्मेचर mmf के संयुक्त प्रभाव से प्राप्त फ्लक्स वितरण Fig 25 में प्रदर्शित किया गया है। पिछला ध्रुव (trailing pile) पर परिणाम फील्ड बढ़ा हुआ प्राप्त होता है। और ध्रुव सिरों पर निर्बल हो जाता है इस प्रतिचुम्बकन प्रभाव के कारण चुम्बकीय उदासीन अक्ष MNA ज्यामिति उदासीन अक्ष GNA से घूर्णन की दिशा में कोण Q द्वारा विस्थापित हो जाती है। Fig 25 में सदिशों द्वारा मुख्य फील्ड फ्लक्स (FF) और आर्मेचर फ्लक्स (F_A) का प्रभाव प्रदर्शित किया गया है। चुम्बकीय उदासीन अक्ष (MNA) परिणामी फ्लक्स (F) के लम्बवत् होना चाहिये।

Fig 25



CROSS - MAGNETISING EFFECT

निदान (Remedy): संदोलक (Rocker arm) भुजा की सहायता से ब्रशों को GNA से MNA तक विस्थापित करके प्रतिचुम्बकन प्रभाव को निरस्त किया जा सकता है। वास्तव में विस्थापन का माप आर्मेचर करंट के परिमाण पर निर्भर करता है ब्रुश की सही स्थिति पर प्रेरित emf अधिकतम होगा और ब्रशों के किनारों पर न्यूनतम चिंगारी होगी।

अचुम्बकन प्रभाव (Demagnetising effect): अधिक आर्मेचर करंट पर चुम्बकीय फ्लक्स का असमान वितरण अचुम्बकन प्रभाव में परिणामित होता है क्योंकि पिछला (Tip) ध्रुव सिरा पर तीव्रता सिरे के सतृप्त होने तक होती है। फ्लक्स के संतृप्त हो जाने के पश्चात पिछला सिरे में वृद्धि नही की जा सकती। इसी प्रकार फ्लक्स में अग्रगामी ध्रुव सिरों पर जिससे अचुम्बकन प्रभाव होता है और इसलिये अधिक लोड स्थिति में प्रेरित emf कम हो जाता है।

निदान (Remedy): न्यूनित प्रभाव के कारण प्रेरित emf में कमी के प्रभाव को दूर करने के लिए छोटी मशीन से मुख्य वाइंडिंग में फील्ड वाइंडिंग में एम्पियर टर्न बढ़ा दिया जाता है । लेकिन बड़ी मशीनों में अचुम्बकन प्रभाव को निरस्त करने के लिए Fig 26 के अनुसार अनुसार मुख्य ध्रुण के सामने के भाग पर कंपनसेटिंग वाइंडिंग लगाई जाती है अचुम्बकन प्रभाव का कम्पेनसेटिंग वाइंडिंग में परिवर्तन करके किया जाता है और इस कम्पेनसेटिंग वाइंडिंग को आर्मेचर से Fig 27 के अनुसार सिरिज क्रम में जोड दिया जाता है जो एक मिश्रित मशीन के लिये होता है।

Fig 26

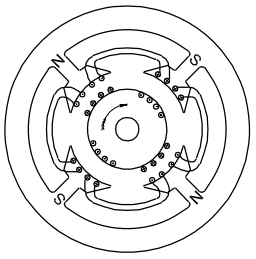
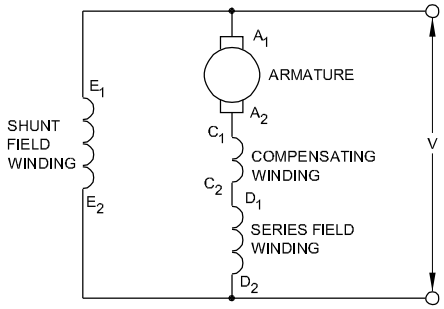


Fig 27



कम्पेनसेटिंग लपेट (Compensating winding): बडी मशीनों में जिनमें लोड का परिवर्तन होता है आर्मेचर प्रतिक्रिया के कारण अचुम्बकन प्रभाव को इस वाइंडिंग से कम किया जा सकता है।

इस वाइंडिंग में प्रवाहित होनेवाली करंट आर्मेचर चालकों में प्रवाहित करंट के बराबर व विपरीत दिशा में प्रवाहित होती है । जिससे उनके द्वारा नियोजित फ्लक्स आर्मेचर फ्लक्स के समान परिमाण और विपरीत दिशा में होता है इसलिये वे परस्पर कम हो जाते है और किसी भी लोड यहां तक परिवर्तित लोडों पर भी अचुम्बकन प्रभाव निरस्त हो जाता है।

दिक परिवर्तन (Commutation)

जब एक DC जनित को लोडेड किया जाता है आर्मेचर वाइंडिंग, कम्यूटेटर परिवर्तक और ब्रशेज से वाहय परिपथ को करंट प्रवाह होता है। इस प्रक्रिया में जब भी एक ब्रुश दो कम्यूटेटरखण्डों को स्पर्श करता है वाइंडिंग घटक उन कम्यूटेटर खण्डों से सम्बन्धित होकर लघु पथित होता है। करंट दिशा के परिवर्तन जो लघु पथित होने के पश्चात और पहले लपेट घटक में होते है उन्हें कम्यूटेशन कहा जाता है।

यदि करंट दिशा में परिवर्तन धीरे धीरे होता है तो कम्यूटेशन सरलता से होता है अन्यथा लपेट घटक में करंट एकाएक परिवर्तन होने पर रफ कम्यूटेशन कहलाता है जो ब्रशों के सिरों पर भारी चिनगारी उत्पन्न करता है यदि रफ कम्यूटेशन होने दिया जाय तो ब्रश और कम्यूटेशन चिन्गारी द्वारा उत्पन्न अति ऊष्मन के कारण अन्ततः नष्ट हो जाते है।

करंट में परिवर्तनो को नीचे के चित्रों द्वारा स्पष्ट किया गया है क्वायल B में प्रवाहित करंट की दिशा वामावर्त दिखायी गई और ब्रश I_1 करंट वाइंडिंग के बायें भाग से संग्रहित करते है और दाहिने भाग के वाइडिंग से I_2 करंट संग्रहित होती है। (Fig 28)

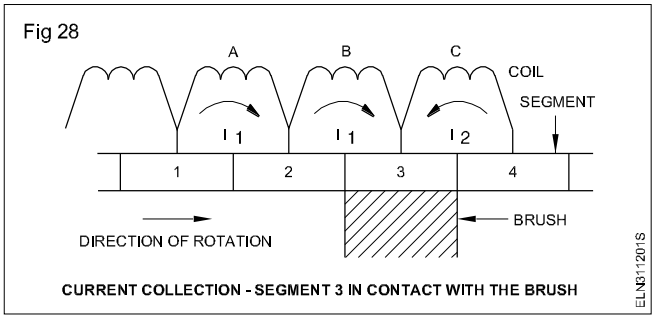


Fig 28

CURRENT COLLECTION - SEGMENT 3 IN CONTACT WITH THE BRUSH

Fig 29 में प्रदर्शित किया गया है कि ब्रश खण्डों दो और तीन को लघु पथित करता जिससे क्वायल B लघु पथित होता है। वाइंडिंग के बायी ओर करंट I_1 क्वायल A से होकर ब्रश को जाती है और दाहिने ओर की वाइंडिंग करंट क्वायल C से होकर जाती है। क्वायल B में कोई करंट नही होती है और यह लघु परिपथ हो जाता है।

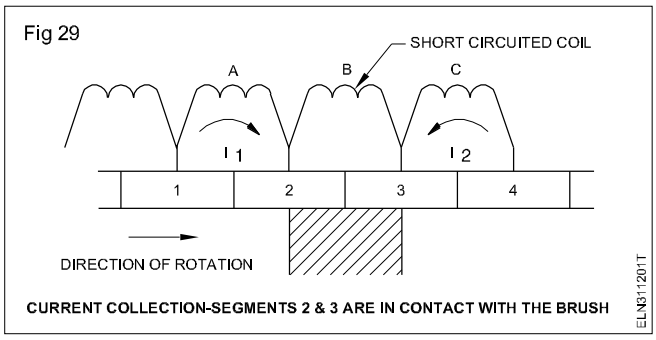


Fig 29

CURRENT COLLECTION-SEGMENTS 2 & 3 ARE IN CONTACT WITH THE BRUSH

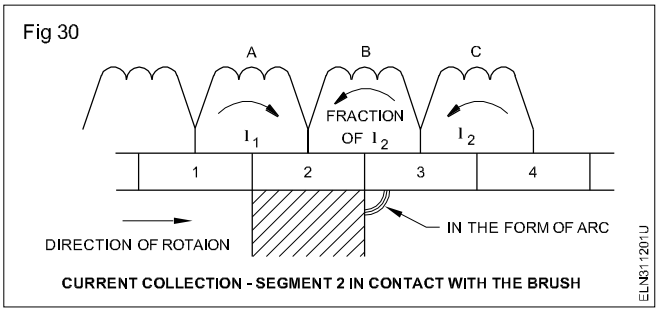


Fig 30 में केवल खण्ड दो के ब्रश सम्पर्क दिखाये गये है। और बायी ओर वाइंडिंग में करंट 4 क्वायल A से होकर ब्रश में जाती है। दूसरी ओर दाहिने ओर की करंट I_2 अब क्वायल B में खण्ड दो से होकर ब्रश में जाना चाहिये।

Fig 30

CURRENT COLLECTION - SEGMENT 2 IN CONTACT WITH THE BRUSH

इस क्षण क्वायल B में करंट की दिशा वामावर्ती से दक्षिणा वर्ती हो जाना चाहिये। लेकिन यदि यह परिवर्तित भी होती है तो इसका मान लघु परिपथ हो जाने के पश्चात भी अपने पूर्ण मान को प्राप्त नही करेगा। इसलिये करंट I_2 का एक बडा भाग दाहिनी ओर से खण्ड तीन में एक चाप द्वारा ब्रश को पहुंचेगा। इसका कारण यह होता है कि क्वायल B में करंट दिशा के एकाएक परिवर्तन होने से एक स्थैतिक प्रेरित emf (प्रतिघात) उत्पन्न होती है जो ϕ/t अथवा i/t होगी। जहां एम्पियर में करंट I के कारण उत्पन्न फ्लक्स ϕ है और लघु परिपथ का सेकेण्ड में समय t से व्यक्त होता है साथ ही प्रेरित emf की गणना कम्यूटेशन के अन्तर्गत रीएक्टेन्स के द्वारा भी की जा सकती है जो क्वायल के स्वप्रेरण और समीप क्वायलों के पारस्परिक प्रेरण पर निर्भर करती है। उदाहरण के लिये A2 ध्रुव, दो ब्रश दिष्ट जनरेटर एक लोडको जब वह 1440 rpm पर प्रचालित हो रहा है 100 एम्पियर करंट देता है और इसके दिशा परिवर्तक में 24 खण्ड है। तो लघु पथन होने के तुरन्त बाद वाइंडिंग घटक में स्थैतिक प्रेरित emf को ज्ञात करने के लिये हमारे पास बायें से जाने वाली करंट 50 amp और दायी ओर से ब्रश को जाने वाली करंट 50 amps है। इसलिये करंट में परिवर्तन वामावर्ती में 50 amps से शून्य और इसके पश्चात दक्षिणावर्ती में 50 amps तक होती है जो 100 amps हो जाती है। एक चक्र द्वारा लिया गया समय

$$= \frac{60}{1440} = 0.04166 \text{ sec}$$

लघु परिपथ के लिये लिया गया समय

$$= \frac{0.04166 \text{ seconds}}{24 \text{ segments}} = 0.001736 \text{ sec}$$

जो एक खण्डके निकल जाने के लिये आवश्यक समय है।

इसलिये स्थैतिक प्रेरित emf $\frac{I}{t} = \frac{100}{0.001730} = 57{,}603\text{V}$

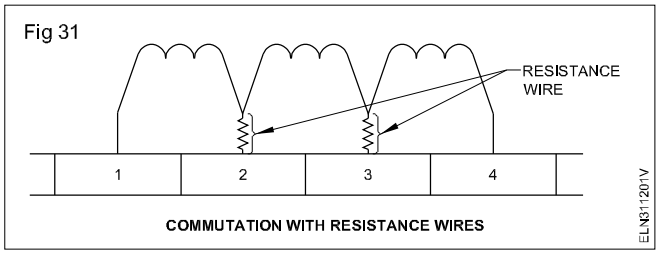
यह प्रेरित emf लेन्ज के नियम का पालन करेगा और करंट परिवर्तन का विरोध करेगा इसलिये Fig 30 के अनुसार दाहिने हाथ की ओर से करंट क्वायल B से जाने में असफल होगी। और यह एक चिंगली के रूप में ब्रश पर कूदेगी इसे रफ कम्यूटेशन कहते है।

रफ कम्यूटेशन के लिये निदान (Remedies for rough commutation by providing interpoles)

ब्रश स्थिति में चिन्गारियों को दूर के लिये निम्न विधियां प्रयोग में लायी जाती है जो रफ कम्यूटेशन को सरल कम्यूटेशन में प्रभावकारी ढंग से परिवर्तित करती है।

- Fig 31 के अनुसार दिशा परिवर्तक के क्वायलों के सिरों के बीच प्रतिरोध तार लगा दिये जाते है। यह बढी हुई प्रतिरोध करंट दिशा को परिवर्तित करने में सहायक होता है और समय में वृद्धि करता है जिससे स्थौतिक प्रेरित emf कम होता है।

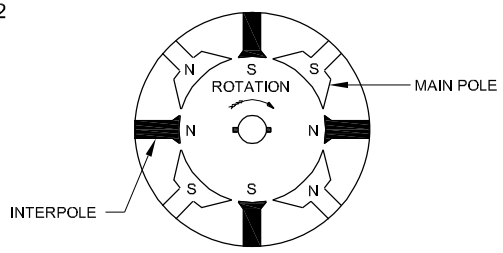
Fig 31



COMMUTATION WITH RESISTANCE WIRES

- उच्च प्रतिरोध ब्रश प्रयोग में लाये जाते है इसलिये सम्पर्क प्रतिरोध परिवर्तन करंट की दिशा को सुगमता से परिवर्तित होने देते है और स्थौतिक प्रेरित emf कम हो जाती है।
- Fig 32 के अनुसार मुख्य ध्रुवों के बीच लघु फील्ड ध्रुव जिन्हें इंटरपोल (interpole) कहते है प्रदत्त किये जाते है इन इंटरपोलों की ध्रुवता की दिशा जनरेटरों के घूर्णन दिशा के आगे दूसरे ध्रुव की ध्रुवता की भांति होती है। साथ ही इनके वाइंडिंग आर्मेचर से सिरिज में जोडे जाते है और यह आर्मेचर में प्रवाहित करंट के समान ही करंट लेते है।

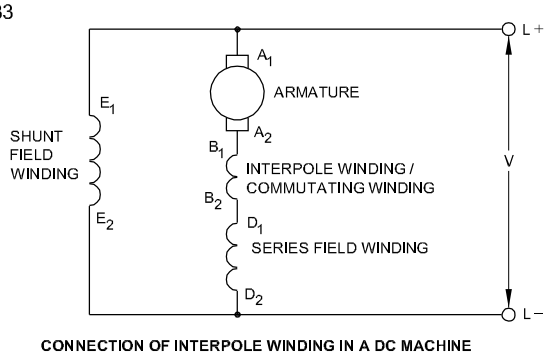
Fig 32



COMMUTATION WITH INTERPOLES

यह इंटरपोल स्थैतिक प्रेरित emf दिशा के विपरीत एक emf उत्पन्न करते है और इनका परिमाण करंट पर निर्भर होता है। इस प्रकार स्थैतिक प्रेरित emf का प्रभाव निरस्त हो जाता है इन इंटरपोल्स को चक्करों की कम संख्या से वाउंड किया जाता है जिनका गेज तार मोटा होता है। Fig 33 में एक दिप्ट मिश्रित मशीन में इंटरपोल वाइंडिंग का सम्बन्ध प्रदर्शित किया गया है।

Fig 33



CONNECTION OF INTERPOLE WINDING IN A DC MACHINE

DC मशीन की दक्षता और हानियाँ Losses and efficiency of DC machines

DC मशीनों में होने वाली हानियों को प्राप्त कर उनकी दक्षता को ज्ञात किया जा सकता है। इसके अलावा मध्यम और बड़े आकार क मशीनों के लिए वास्तविक लोडकी वयवस्था करना संभव नहीं है। अतः हानियों को पता लगाकर दी कई मशीनों की दक्षता ज्ञात कर सकते हैं।

$$\eta = \frac{\text{output}}{\text{output} + \text{losses}} (\text{For generators})$$

$$\eta = \frac{\text{input - losses}}{\text{input}} (\text{For motors})$$

घूमने वाले मशीनों में ऊर्जा रूपांतरण के समय करंट , फलक्स और घुर्णन के कारण, चालक, चुम्बकीय पदार्थ और यांत्रिक हानि के रूप में होता है। DC मशीन में होने वाली हानियों को Fig 34 में दिखाया गया है।

कुल हानियों को मुख्य दो प्रकार में बाँटा गया हैं, **(Total losses can be broadly divided into two types)**

1 स्थिर हानियाँ

2 परिवर्ती हानियाँ

इन हानियों को आगे बौर बाटा गया हैं। **(These losses can be further divided as)**

1 स्थिर हानियाँ - i) कोर हानि या आयरन हानि

a हिस्टेरिसिस हानि

b एडी करंट लास

ii यांत्रिक क्षतियाँ (Mechanical loss)

a वायु घर्षण हानियाँ

b घर्षण हानि :- ब्रश घर्षण हानि और बियरिंग घर्षण हानि

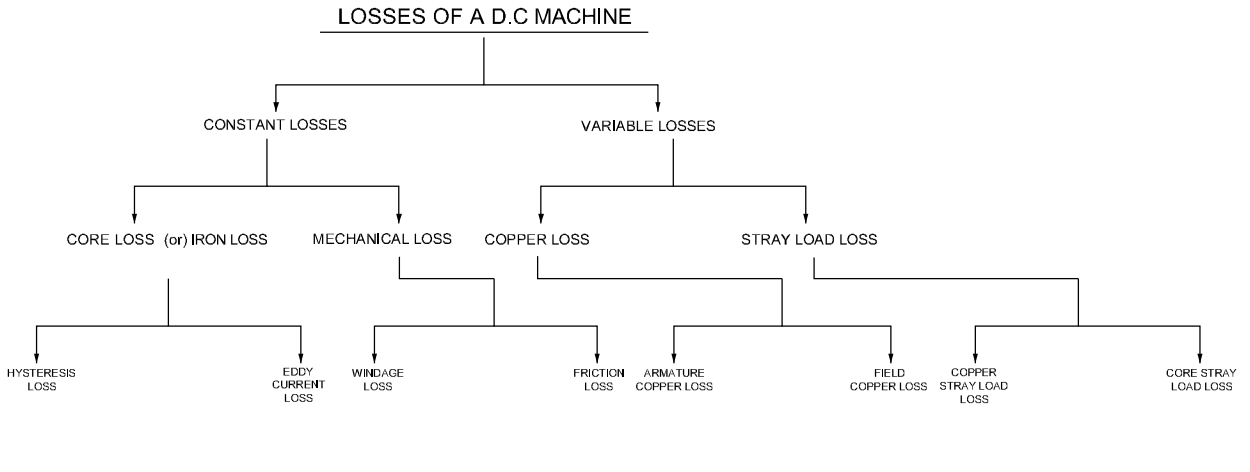
2 परिवर्ती हानियाँ (Variable losses) - i) कापर हानि (copper loss (I^2R))

a आर्मेचर तांम्र हानि

b फील्ड तांम्र हानि

c ब्रश संपर्क हानि

Fig 34



ii स्ट्रे लोड हानि (Stray load loss)

a कापर स्ट्रे लोड हानि

b कोर स्ट्रे लोड हानि

आमेंचर कोर में कोर हानि या लौह हानि जब आर्मेचर फील्ड द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय फलक्स में घूमता हे, तब दो प्रकार के लौह हानियाँ होती हैं। (a) हिस्टेरिसिस हानि (b) एडी करंट हानि

a) **हिस्टेरिसिस हानि (Hysteresis loss):** जब आर्मेचर का कोर एक पोल से दूसरे पोल पर गुजरता है, तब विचुम्बकन बल के कारण हिस्टेरिसि हानि होती है। यह हानि लोहे के ग्रेड और आयरन पर निर्भर करता हैं और फलक्स घनत्व (BM) के अधिकतम मान तथा आवृत्ति (f) पर भी निर्भर करता है। हिस्टेरिसिस लॉस W_h के लिए निम्न सूत्र है-

$W_h = K_h B_m 1.6\ f\ v$ joule/sec. or watt

जहाँ K_h = स्विराँक, जो कि कोर के धातु पर निर्भर करता हैं।

B_m = अधिकतम फलक्स घनत्व wb/m^2

F = आवृत्ति Hz में

V = आर्मेचर कोर का आयतन m^3 में

b) एडी करंट हानि (Eddy Current loss): जब आर्मेचर कोर चुम्बकीय फलक्स को काटता है, तब कोर में उत्पन्न हुए emf के कारण करंट चलने लगती हैं। जिसे एडी करंट कहा जाता है। एडी करंट चलने से ही एडी करंट हानि होती है। इस हानि को कम करने के लिए कोर को लेमिनेटेड पॉलिस की कोटिंग की जाती हैं। लेमिनेटेड कोर के कटाक्ष फील्डफल में कमी होने के कारण करंट के लिए कम रास्ता मिल ड्रापा हैं। जिससे एडी करंट का मान कम होने से एडी करंट हानि भी कम होती हैं।

एडी करंट हानि W_e को निम्न सूत्र से दर्शाया जाता है-

$W_e = K_e B^2_m f^2 t^2 v$ Watt

जहाँ K_e = अनुड्राप स्थिरांक

B_m = अधिकतम फलक्स घनत्व Wb/m^2 में

f = आवृत्ति हट्र्ज Hz में

t = लेमीनेशन की मोटाई m में

v = आर्मेचर कोर का आयतन घन मी (m^3) में

ii) यांत्रिक हानि/क्षति **(Mechanical loss):** इस क्षति में वायु घर्षण हानि ब्रशों से घर्षण, बियरिंग में होने वाली घर्षण हानि आदि शामिल हैं।

2) परिवत्ती हानि/क्षति **(Variable losses):** (i) ताम्र हानि परिवर्तनशील होता है।

आर्मेचर ताम्र क्षति **(Armature copper loss ($I_a^2 r_a$) loss):** यह हानि आर्मेचर वाइंड़िग के प्रतिरोध के कारण होता है। जब वाइडिंग में करंट प्रवाहित होती है तब ताम्र क्षति होता है। $I_a^2 r_a$ यह क्षति लोड के परिवर्तन पर निर्भर करता है।

b) फील्ड क्षति (Field contact drop): ब्रश और कम्यूटेटर के संपर्क होने से प्रतिरोध बढ़ने से यह क्षति बढ़ती है। यह हानि लोडके साथ स्थिर होता है।

c) ब्रश संपर्क क्षति (Brush contact drop): ब्रश और कम्यूटेटर के संपर्क से यह क्षति होती है। यह हानि भी लोड़ के साथ स्थिर होता है।

ii) स्ट्रे लोड हानि (Stray load loss): यह एक अतिरिक्त हानि हैं जो लोड पर निर्भर करता हैं। स्ट्रे हानि के प्रकार निम्न हैं।

i) तांम्र स्ट्र लोड हानि (Copper stray load loss) : एडी करंट और कंडक्टर के ऊपरी सतह पर चलने वाली करंट के करण तांम्र स्ट्रे लोड हानि होती हैं।

ii) कोर स्ट्रे लोड हानि **(Core stray load loss):** जब आर्मेचर कोर में लोड करंट प्रवाहित होती है तब फलक्स घनत्व कोर और दांतों में विकृत हो जाती हैं। फलक्स घनत्व एक सिरे पर बढ़ता है और दूसरे सिरे पर कम होता हैं। जब कि कोर हानि फलक्स घनत्व के वर्ग के अनुड्राप में होता हैं। फलक्स घनत्व में वृद्धि की वजह से करंट के प्रवाह में कमी हो जाती हैं। दांतों और कोर में अत्यधिक संतृप्त स्वितियों के तहत यह लास कोर स्ट्रे लोड हानि होता है। यह हानि सटिक रूप गणना करना मुश्किल हैंफ यह DC मशीन के कुल आउटपुट का 1% लिया जाता है।

DC जनरेटर की दक्षता **(Efficiency of a DC generator)**

Fig 35 में DC जनरेटर की दक्षता दिखाया गया है-

$$= \frac{\text{output}}{\text{output} + \text{losses}} = \frac{VI}{VI + I_a^2 r_a + W_e}$$

जहाँ w_e स्थिर हानि है।

उच्चतम दक्षता की स्थिति **(Condition for maximum efficiency)**

जनरेटर आऊटपुट = VI

जनरेटर इनपुट = आऊट पुट +हानियाँ

$= VI + I^2 a R_a + W_e$

$= VI + (I + I_{sh})^2 R_a + W_e \quad \therefore I_a = (I + I_{sh})$

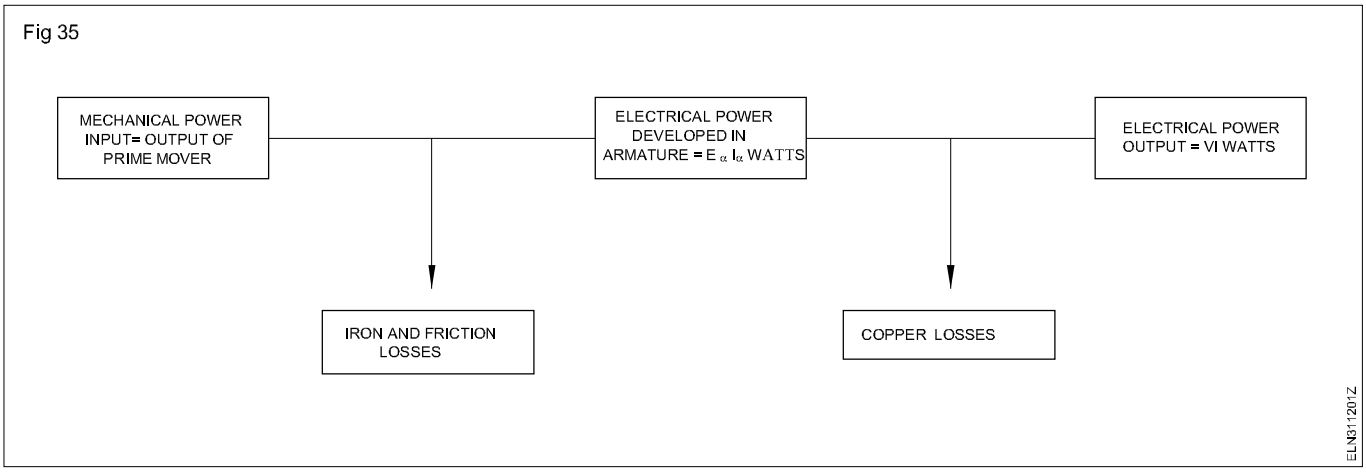
हालांकि यदि I_{sh} लोड करंट को तुलना में नगण्य है तो $I_a = I$ (लगभग)

$$\because \eta = \frac{\text{output}}{\text{input}} = \frac{VI}{VI + I^2 a R_a + W_e} = \frac{VI}{VI + I^2 R_a + W_e}$$

अतः अक्षता तभी अधिकतम होगती जब परिवर्ती हानियाँ = स्थिर हानियाँ होगी।

अधिकतम दक्षता लोड करंट के अनुसार होता है या लोड करंट के समरूप होता है।

Fig 35



$I^2R_a = We$

$I = \sqrt{\frac{W_e}{R_a}}$

DC मोटर की दक्षता (Efficiency of DC motor)

Fig 36 में DC मोटर के power flow चार्ट दिया गया है-

DC मोटर की दक्षता = $\frac{\text{इनपुट - हानि}}{\text{इनपुट}}$

$= \frac{VI - I_a^2 r_a - w_c}{VI}$

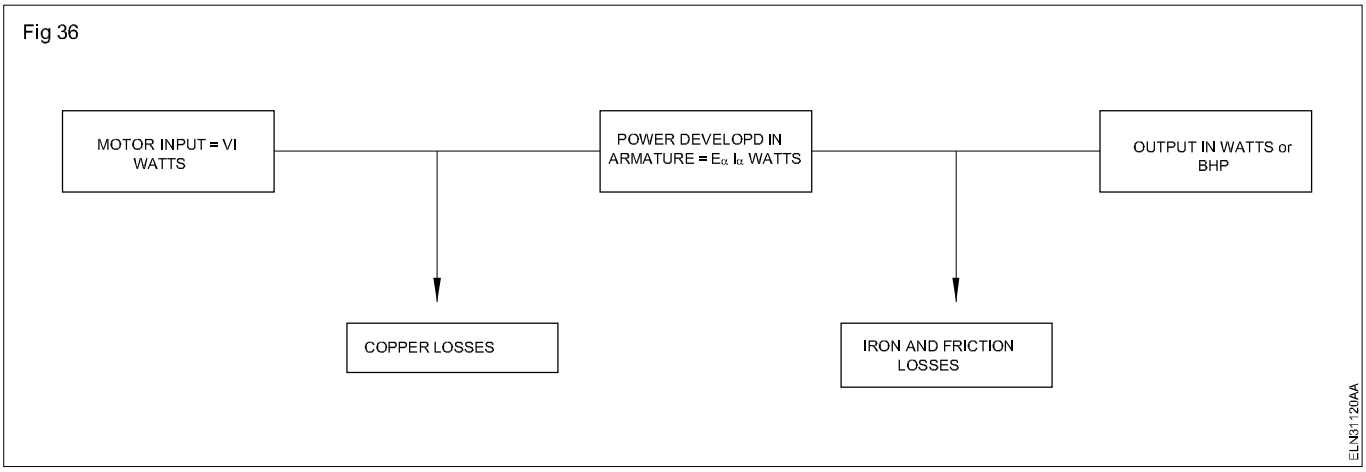
अधिकतम शक्ति उत्पन्न करने हेतु शर्तेंग $E_b = \frac{V}{2} = I_a r_a$

यह समीकरण में दर्शाया गया है।

अधिकतम दक्षता हेतु स्थिति :- परिवर्ती हानियाँ = स्थिर हानियाँ

$I^2 r_a = w_e$

Fig 36



DC जनरेटर और मोटर में हानियाँ (Losses in a DC generator and DC motor)

DC जनरेटर यांत्रिक शाक्ति को विद्युत शाक्ति में रूपांतरित करता है और DC मोटर विद्युत शाक्ति को यांत्रिक शाक्ति में रूपांतरित करता हैं। इस प्रकार DC जनरेटर के लिए इनपुट यांत्रिक शाक्ति होती और आउटपुट विद्युत शाक्ति होती है। मोटर के लिए यह घटना बिलकुल विपरीत होती है।

प्रयोगिक मशीन दिए गए कुल इनपुट शक्ति के पूरे भाग को आउटपुट में रूपांतरित नहीं कर सकता इसलिए मशीन की दक्षता कम हो जाती हे। मशीन की दक्षता उनके आउटपुट और इनपुट का अनुड्राप होता हैं। इस प्रकार कोई भी घूमने वाली मशीनों की डिजाइन इस प्रकार की जाती है कि उनकी दक्षता अधिकतम हो। दक्षता निकालने हेतु विभिन्न हानियों को भी अध्ययन करना आवश्यक हैं।

घूर्णन करने वाले मशीनों एवं जनरेटरों में होने वाली हानियों को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया गया है-

घूमनें वाली DC मशीन में हानियाँ (Losses in a rotating DC machine)

- ताम्र हानियाँ **(Copper losses)**
  - आर्मेचर ताम्र हानि
  - फील्ड ताम्र हानि
  - ब्रश सम्पर्क प्रतिरोध से हानि

- **लौह क्षतियाँ (Iron losses)**
  - हिस्टेरीसिस हानि
  - एडी करंट हानि
- **यांत्रिक क्षतियाँ (Mechanical losses)**
  - घर्षण हानि
  - वायु घर्षण हानि

DC जनरेटर या मोटर में उपर्युक्त तीन प्रकार के हानियाँ होती है। प्रत्येक का विवरण नीचे दिया गया है-

कापर क्षतियाँ (Copper Losses)

आर्मेचर एवं फील्ड वाइडिंग में कापर हानि उत्पन्न होती है। कापर हानि, आर्मेचर कापर हानि, फील्ड कापर हानि तथा ब्रश संपर्क कापर हानि प्रकार के होते है।

आर्मेचर कापर हानि (Armature copper loss) = $I_a^2R_a$ (where, $I_a^2R_a$ (जहाँ I_a = आर्मेचर कापर हानि, R_a = आर्मेचर प्रतिरोध)

यह हानि पूर्ण लोड हानि का 30% से 40% होती है। आर्मेचर कापर हानि परिवर्तनीय होती है, जो कि मशीन पर आरोपित लोड पर निर्भर करती है।

फील्ड कापर क्षतियाँ = $I_f^2R_f$ (Field copper loss = $I_f^2R_f$) (जहाँ I_f = फील्ड करंट , R_f = फील्ड प्रतिरोध है) शण्ट फील्ड की स्थिति में कापर हानि प्रायोगिक रूप से स्थिर होता है। यह कुल हानि का 20% से 30% होता है।

ब्रश संपर्क प्रतिरोध की कापर हानि का कारण है, जिसे आर्मेचर कापर हानि के साथ शामिल कर लिया जाता है।

आयरन क्षतियाँ (कोर हानि) (Iron losses (Core losses))

यदि आर्मेचर आयरन से बना है और यह चुम्बकीय फील्ड के घूमता है, तो इसके कोर में कम मात्रा में करंट अपने आप उत्पन्न हो जाता है। इस करंट के कारण आर्मेचर आयरन कोर में एडी करंट हानि तथा हिस्टरिसिस हानि उत्पन्न होता है। आयरन हानि को कोर हानि या मैग्नेटिक हानि भी का जाता है।

आर्मेचर कोर में चुम्बकत्व का पीछे रह जाना। हिस्टेसिसिस हानि कहताला है। जब कोर दो चुम्बकीय ध्रवों के बीच घुमता है। तब चुम्बकीय उत्क्रमपोयता के एक पूर्ण चक्र से गुजरता है। विचुम्बकीय उत्क्रमकीयता का आवृत्ति दिया गया है f = P.N/120 (जहाँ P = पोलों की संख्या, N = स्पीड)

यह हानि आयरन के आयतन और ग्रेड पर निर्भर करता है, फ्लक्स घनत्व की मात्रा तथा विचुम्बकन वल के आवृत्ति पर भी निर्भर करना है।हिस्टेरिसिस हानि $W_h=\eta B_{max}^{1.6} fV$ (watts), जहाँ η = हिस्टेरिसिस नियतांक, η = कोर का आयतन घन m^3 में

एडी करंट क्षतियाँ (Eddy Current Losses): जब चुम्बकीय फील्ड में आर्मेचर कोर घुमता है, तो कोर में emf प्रेरित होती है। (फैराडे के विकृत चुम्बकीय प्रेरण के अनुसार) इस प्रेरित emf से कोर का प्रतिरोध निम्न होने के कारण बॉडी में अधिक करंट प्रवाहित होता है, जिसे Eddy current कहते हैं। इस करंट के कारण होने वाली हानि को एडी करंट हानि कहा जाता है।

यांत्रिक क्षतियाँ (Mechanical Losses)

बियरिंग और कम्यूटेटर में घर्षण के कारण यांत्रिक हानि उत्पन्न होती है। आर्मेचर के घूमने से वायु घर्षण के कारण भी यह हानि होती है। यह हानि पूर्ण लोड हानि का 10% से 20% होता है।

स्ट्रे क्षतियाँ (Stray Losses)

उपर्युक्त के अलावा और हानि होती है, यह बहुत कम मात्रा में होती है, जो स्ट्रे हानि कहलाता है। इस हानि की गणना कठिन है। यह साधारणतः मशीन के सही बनावट नहीं के कारण उत्पन्न होती है। प्रायः यह पूर्ण लोड हानि का 1% होता है।

पॉवर फ्लो डायग्राम (Power flow diagram)

पावर फ्लो डायग्राम DC जनरेटर या मोटर के हानियों को समझने का सबसे अच्छा तरीका है। Fig 37 & 38 में DC जनरेटर और DC मोटर का विशिष्ट फ्लो डायग्राम नीचे दिया गया है, जिसके द्वारा विभिन्न हानियों के प्रकारों को दिखाया गया है और उस पावर को दिखाया गया है, जो इनपुट से आउटपुट में परिवर्तित हुआ है।

Fig 37

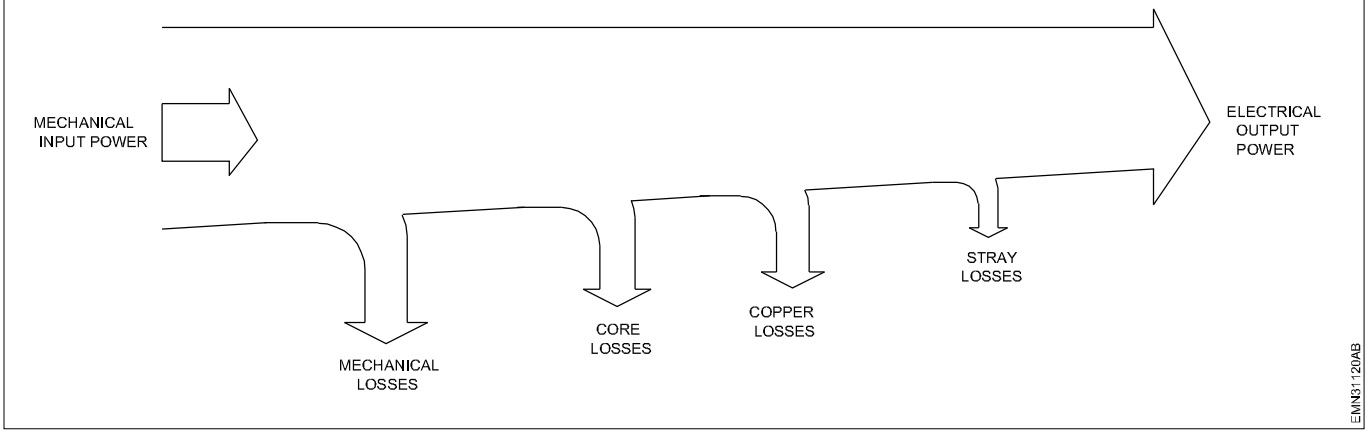
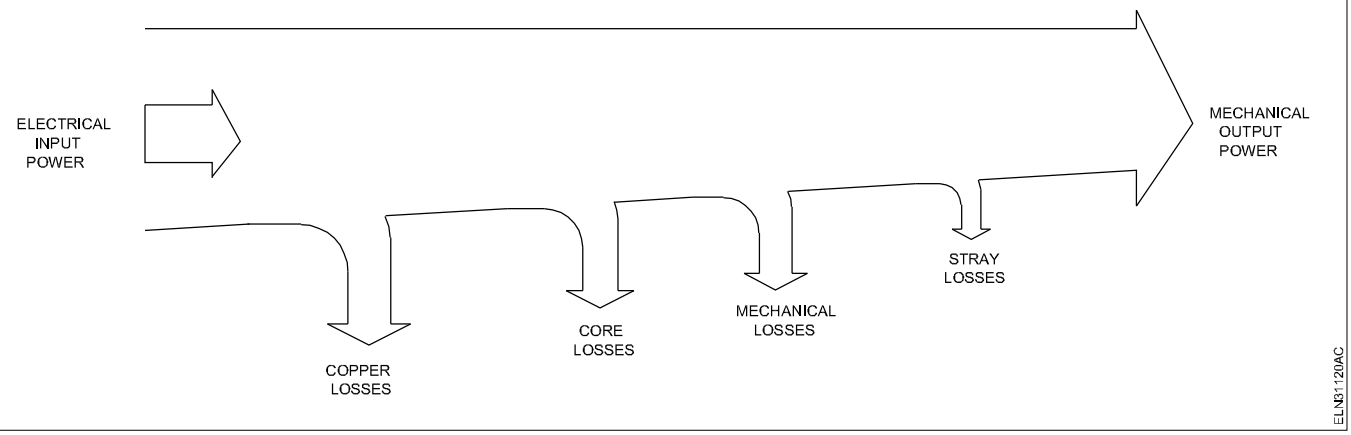


Fig 38



DC जनरेटर की दक्षता Efficiency of DC generator

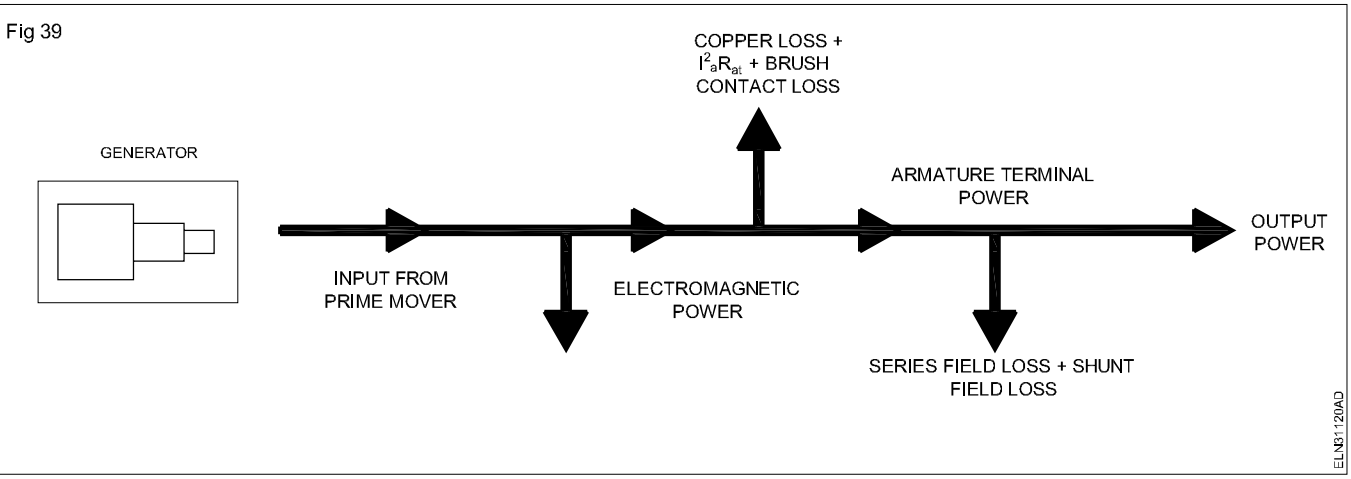
DC जनरेटर में आउटपुट पावर और इनपुट पावर के अनुड्राप को DC जनरेटर की दक्षता कहते हैं। जहाँ R = आर्मेचर परिपथ का कुल प्रतिरोध (ब्रश कांटेक्ट प्रतिरोध सिरिज वाइडिंग प्रतिरोध इंटरपोल वाइडिंग प्रतिरोध और कम्पनसेटिंग वाइडिंग प्रतिरोध सहित) DC जनरेटर की दक्षता का वर्णन Fig 39 में दिया गया है।

I आउटपुट करंट

I_{sh} शंट फील्ड में बहने वाली करंट

I_a आर्मेचर करंट $= I + I_{sh}$

Fig 39



V टर्मीनल वोल्टेज

$I_a^2R_a$ = आर्मेचर सर्किट का पूर्ण तांबा हानि

शन्ट सर्किट में शक्ति हानि $=V_{Ish}$ (यहॉ पर शंट रैगुलेटिंग हानि भी जुड़ा हुआ है)=

यांत्रिक हानि = बिरिंग का घर्षण लास + कम्यूटेटर का घर्षण लास + विडेंस लास

स्ट्रे लास = यांत्रिक लास + कोर लास

शंट फील्ट कापर लास और स्ट्रे लास का योग एक ऐसा संयुक्त स्थिर लास है, जिसकी लोड करंट में गणना नहीं की जाती ।

इस प्रकार स्थिर हानियां (शंट और कम्पाउंड जनरेटर में) = स्ट्रे हानि + शंट फील्ड में तांम्र हानि

जनरेटर की दक्षता को निम्न ससमीकरण में दिखाया गया है।

$$\eta_G = \frac{\text{जनरेटर आउटपुट}}{\text{जनरेटर आउटपुट + हानि}}$$

$$\eta_G = \frac{VI}{VI + I_a^2 R_{at} + V_{BD}\ I_a + P_k}$$

$$I_a = I + I_{sh}$$

DC मोटर- सिद्धान्त और प्रकार (DC Motor - principle and types)

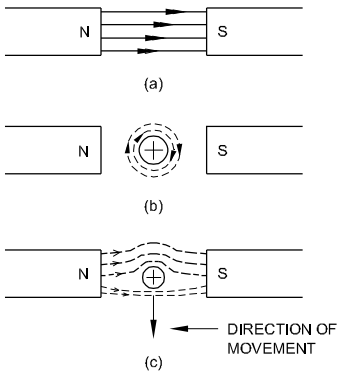
उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **एक DC मोटर के कार्यान्वन सिद्धान्त को स्पष्ट करने में**
- **विभिन्न प्रकार के DC मोटर को बताने में ।**

प्रस्तावना (Introduction): DC मोटर एक ऐसी मशीन है जो DC वैद्युत ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करती है इसलिये DC मशीन को एक जनरेटर अथवा एक मोटर की भांति प्रयुक्त किया ज सकता है। DC मोटर आज भी अपने अति उत्तम आघूर्ण, स्पीड और लोड अभिलक्षणिक के कारण प्रयुक्त यथार्थ मशीनों जैस तार निर्माण उद्योग और ट्रेक्शन में 90% प्रयुक्त होता है। DC मशीन को कुशल योग्य विद्युतकर्मियों द्वारा अधिक देखभाल और अनुरक्षण की आवश्यकता होती है।

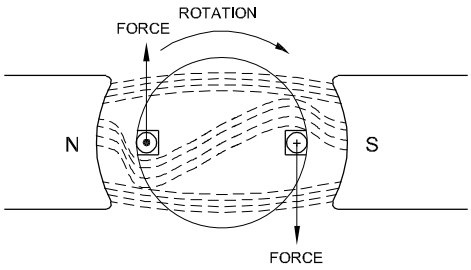
एक DC मोटर का सिद्धान्त (Principles of a DC motor): यह इस सिद्धान्त पर कार्य करती है कि जब भी एक धारावाही चालक को समरूप चुम्बकीय फील्ड में रखा जाता है तो चालक पर एक बल आरोपित होता है जो इसे चुम्बकीय फील्ड के लम्बवत चालित करता है इसको निम्न प्रकार से स्पष्ट किया जा सकता है। Fig 1 में एक चुम्बक द्वारा उत्पन्न समरूप चुम्बकीय फील्ड प्रर्दिशत किया गया है। जबकि Fig 1b में करंट वाही चालक के चारों आर उत्पन्न चुम्ब्कीय फील्ड दिखाया गया है। Fig 1a & 1b के प्रभावों को एक चित्र में संयोजन करके Fig 1c मैगनेट द्वारा उत्पन्न फ्लक्स और धारावाही चालक द्वारा उत्पन्न फलक्स का परिणाम दिखाया गया है। इन दोनों फील्डों की अर्न्तक्रिया के कारण चालक के ऊपर फ्लक्स में वृद्धि होगी और चालक के नीचे कमी होगी जैसा Fig 1c में दिखाया गया है। चालक के ऊपर वृद्धित फ्लक्स एक वक्र पथ बनाता है जो चालक पर नीचे की ओर चलने के लिये एक बल उत्पन्न करता है।

Fig 1



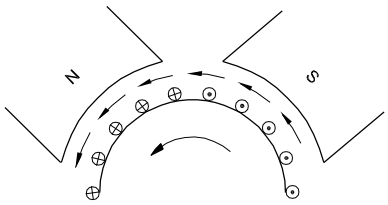
यदि Fig 1 में चालक को एक तार के पाश से Fig 2 के अनुसार प्रतिस्थापित कर दिया जाय तो परिणामित फील्ड चालक की एक भुजा को ऊपर और दूसरे को नीचे ले जाता है यह चालकों के ऊपर एक ऐठन आघूर्ण उत्पन्न करता है और वे घूमने को तैयार होते है यदि घूर्णन के लिये स्वतन्त्र है। लेकिन व्यवहारिक मोटर में इस प्रकार के अनेक चालक/क्वायल होते है Fig 3 में मोटर का एक भाग दिखाया गया है। जब आर्मेचर और फील्ड को एक करंट से आपूर्तित किया जाता है तो आर्मेचर Fig 3 के अनुसार एक बल अनुभव करता है जो इसे वामावर्ती दिशा में घूर्णन करने का प्रयत्न करता है

Fig 2



REACTION OVER A CURRENT CARRYING LOOP BY THE MAGNETIC FIELD

Fig 3



REACTION OVER THE ARMATURE CURRENT CARRYING CONDUCTORS BY THE MAGNETIC FIELD

घूर्णन अथवा गति की दिशा फ्लेमिंग के बायें हाथ के नियम द्वारा ज्ञात की जा सकती है। इस प्रकार आर्मेचर की घूर्णन की दिशा आर्मेचर में करंट की दिशा अथवा फील्ड में ध्रुवता की दिशा परिवर्तित करके परिवर्तित की जा सकती है।

फ्लेमिंग के बायें हाथ का नियम (Fleming's Left Hand rule): चुम्बकीय फील्ड में रखे एक करंट वाहक चालक पर उत्पन्न बल की दिशा इस नियम द्वारा ज्ञात की जा सकती है। जैसा कि Fig 4 दिखाया गया है अंगूठा तर्जनी और मध्य अंगुली को परस्पर इस प्रकार लम्बवत रखें की तर्जनी फ्लक्स की दिशा में मध्य अंगुली चालक में करंट प्रवाह की दिशा में है तो अँगूठे द्वारा चालक की गति की दिशा का संकेत मिलता है।

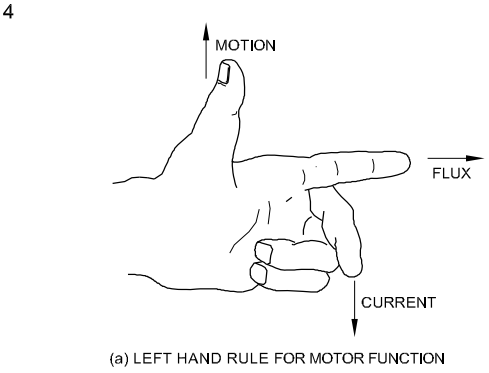
उदाहरण के लिये Fig 4b के अनुसार एक धारावाही क्वायल का लूप उत्तरी और दक्षिणी ध्रुवों के बीच रखा जाता है तो यह वामावर्ती दिशा में घूर्णित होता है।

DC मोटर के प्रकार (Types of DC motors): चूंकि DC मोटर्स रचना में DC जनरेटरों के समरूप होते है उनका भी वर्गीकरण सिरिज शन्ट और यौगिक मोटर की भांति किया जाता है, जो आर्मेचर और आपूर्ति के साथ फील्ड वाइंडिंग के सम्बन्ध पर निर्भर होता है।

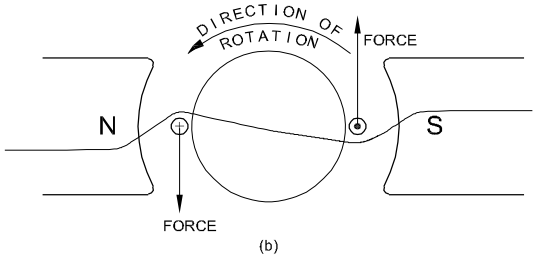
जब आर्मेचर और फील्ड Fig 5 के अनुसार सिरिज में सम्बन्धित होते है यह सिरिज मोटर कही जाती है।

जब आर्मेचर और फील्ड आपूर्ति के सिरों पर Fig 6 के अनुसार समान्तर में होते है इसे शन्ट मोटर कहते है।

Fig 4



(a) LEFT HAND RULE FOR MOTOR FUNCTION

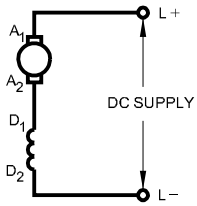


(b)

FLEMING'S LEFT HAND RULE

ELN3211914

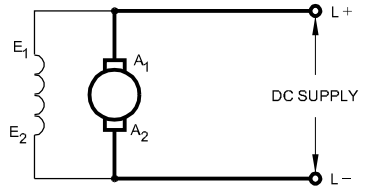
Fig 5



SERIES MOTOR

ELN3211915

Fig 6

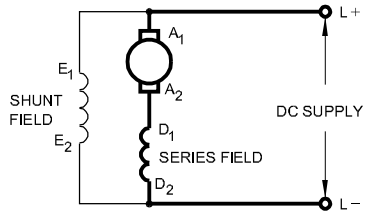


SHUNT MOTOR

ELN3211916

जब मोटर में फील्ड क्वायल होते है एक आर्मेचर के साथ सिरिज में और दूसरा समान्तर में जैसा कि Fig 7 में प्रदर्शित किया गया है इसे एक यौगिक मोटर कहते है।

Fig 7



COMPOUND MOTOR

ELN3211917

आरोपित वोल्टता बंकी emf आर्मेचर वोल्टता ड्राप स्पीड और DC मोटर के फ्लक्स के बीच सम्बन्ध और दिशा परिवर्तन की विधि।

DC आरोपित वोल्टता बैक emf आर्मेचर वोल्टता ड्राप, चाल और DC मोटर के फ्लक्स के बीच सम्बन्ध घूर्णन की दिशा परिवर्तन की विधि (The relation between applied voltage, back emf, armature voltage drop, speed and flux of DC motor - method of changing direction of rotation)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **आरोपित वोल्टता, बैक emf, आर्मेचर वोल्टता ड्राप-स्पीड-फ्लक्स के बीच सम्बन्ध को स्पष्ट करने में**
- **एक DC मोटर की घूर्णन की दिशा परिवर्तित करने की विधि का वर्णन करने में ।**

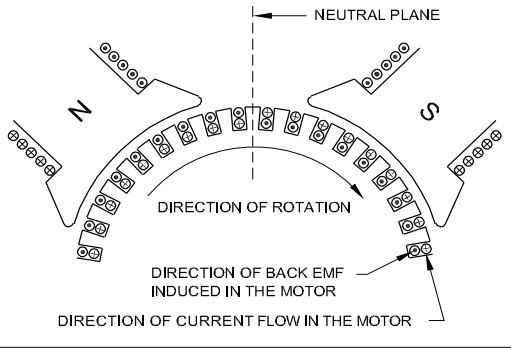
बंकी emf (Back emf): DC मोटर के आर्मेचर घूर्णन प्रारम्भ होने पर आर्मेचर चालक फील्ड धुवों द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय फ्लक्स को काटता है। इस क्रिया के कारण इन चालकों में emf उत्पन्न होगी। प्रेरित emf ऐसी दिशा में होगी जिससे Fig.1 में प्रदर्शित आर्मेचर चालक में करंट प्रवाह का विरोध हो। चूंकि यह आपूर्ति वोल्टता का विरोध करती है इसे बंकी emf कहते है। और E_B से व्यक्त की जाती है। इसका मान जनरेटर में प्राप्त मान के समान होगा। इसे निम्न की भांति लिख सकते है।

$$E_b = \frac{\varnothing ZNP}{60A} \text{ volts}$$

प्रेरित (बैक emf की दिशा) फ्लमिंग के दाहिने हाथ के नियम के अनुसार ज्ञात कर सकते है।

आरोपित वोल्टता (Applied voltage): मोटर टर्मिनल के सिरों पर आरोपित वोल्टता V से व्यक्त की जाती है।

Fig 1



ELN3211921

आर्मेचर वोल्टता ड्राप (Armature voltage drop): चूंकि आर्मेचर चालकों का कुछ प्रतिरोध होता है इसलिये तो जब भी वे करंट वहन करते है उनमें एक वोल्टता ड्राप होता है। इसे $I_a R_a$ ड्राप कहते है। क्योंकि यह आर्मेचर करंट I_a और आर्मेचर प्रतिरोध R_a के गुणनफल का समानुड्रापी होता है।

इसका आरोपित वोल्टता और बैक emf से एक निश्चित सम्बन्ध होता है, जैसा कि सूत्र $V = E_b + I_A R_A$

अथवा $I_a R_a = V - E_b$

साथ ही बैक अथवा प्रति emf E_b प्रतिध्रुव फ्लक्स ϕ और स्पीड N पर निर्भर करता है इसलिये अरोपित वोल्टता बैक emf आर्मेचर ड्राप फ्लक्स और स्पीड एक दूसरे से निम्न की भांति सम्बन्धित होते है।

$$E_b = V - I_a R_a$$

$$\frac{\phi ZNP}{60A} = V - I_a R_a$$

$$\therefore N = \frac{(V - I_a R_a) \times 60A}{\phi ZP} \text{ rpm}$$

एक दी गई मोटर के लिय ZPA और 60 स्थिरांक है और एकल अक्षर K से व्यक्त किये जा सकते है

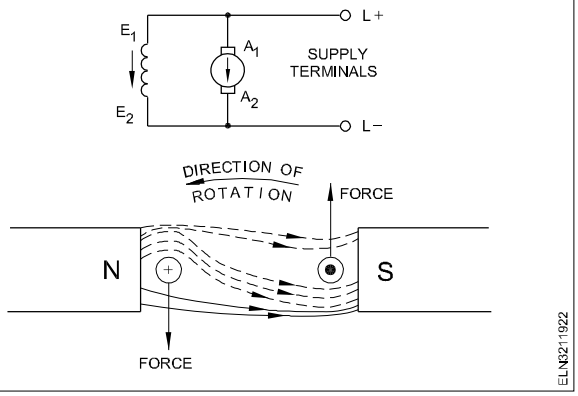
जहाँ $K = \frac{60A}{\phi ZP}$

इसलिय $N = KE_b/\phi$

इससे ज्ञात होता है कि एक DC मोटर की स्पीड E_b के समानुड्रापी और फ्लक्स ϕ का व्युतक्रमानुपाती होता है।

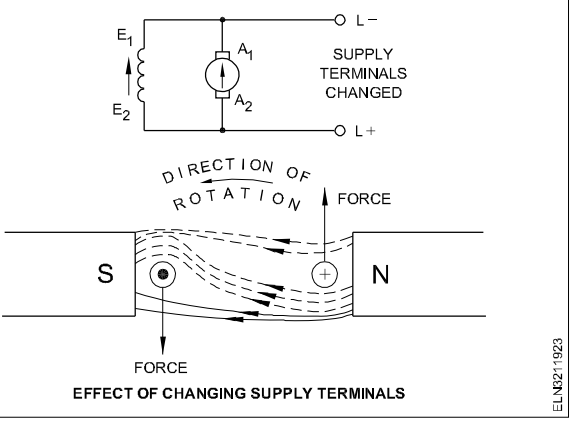
DC मोटर की घूर्णन दिशा का उत्क्रमण (Reversing the direction of rotation of DC motors): एक DC मोटर की घूर्णन दिशा में परिवर्तन आर्मेचर धारा दिशा परिवर्तन अथवा फील्ड करंट परिवर्तन द्वारा की जा सकती है। DC मोटर की घूर्णन दिशा को आपूर्ति सम्बन्धों को आपस में बदलने के (Interchanging) द्वारा नही की जा सकती है क्योंकि यह परिवर्तन, फील्ड और आर्मेचर करंट दोनों को परिवर्तित करता है। इसका प्रभाव Fig 2 & 3 की भांति होता है।

Fig 2



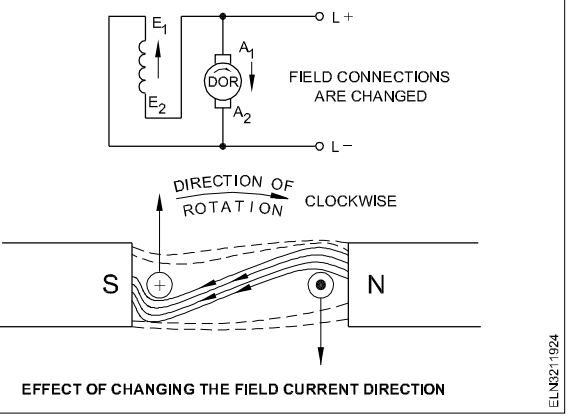
लेकिन जब केवल फील्ड करंट दिशा ही परिवर्तित की जाती है तो Fig 4 के अनुसार घूर्णन दिशा भी परिवर्तित होती है। जब केवल अर्मेचर करंट दिशा परिवर्तित की जाती है तो घूर्णन परिवर्तन की दिशा Fig 5 के अनुसार परिवर्तित होती है।

Fig 3



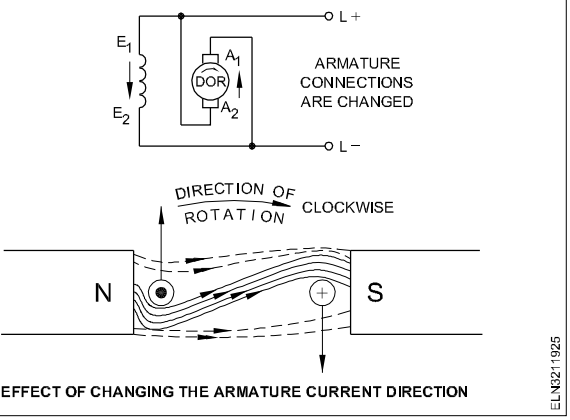
EFFECT OF CHANGING SUPPLY TERMINALS

Fig 4



EFFECT OF CHANGING THE FIELD CURRENT DIRECTION

Fig 5



EFFECT OF CHANGING THE ARMATURE CURRENT DIRECTION

एक कंपाउण्ड मोटर की घूर्णन दिशा को बिना इसके अभिलक्षाणिक को परिवर्तित किये उत्क्रमित (Reverse) करने के लिये आर्मेचर करंट दिशा को परिवर्तित करना सर्वोत्तम विधि है। यदि फील्ड टर्मिनल के परिवर्तित द्वारा घूर्णन दिशा परविर्तित करना आवश्यक होता है तो यह आवश्यक है कि शन्ट और सिरिज दोनों वाइंडिंगों में करंट दिशा परिवर्तित की जाय। अन्यथा मशीन जो कम्यूलेटिव कंपाउण्ड की भांति कार्य कर रही थी उसका अभिलक्षणिक परिवर्तित होकर डिफरेंशियल कंपाउण्ड अथवा इसके विपरीत की भांति होगा।

DC मोटर स्टार्टर्स (DC motor starters)

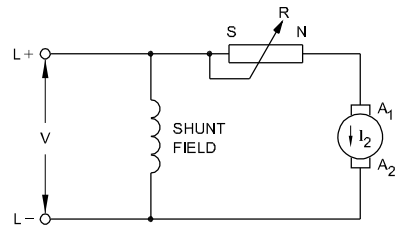
उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

• एक DC मोटर के लिये स्टार्टर की आवश्यकता बताने में

• विभिन्न प्रकार के स्टार्टर उनकी रचना और दो बिन्दु तीन बिन्दु और चार बिन्दु स्टार्टरोंके कार्यान्वन सिद्धान्त को बताने में।

स्टार्टरों की आवश्यकता (Necessity of starters): चूंकि स्टार्टिंग (Starting) के पूर्व आर्मेचर स्थिर रहता है बंकी emf शून्य होता है क्योंकि यह स्पीड का समानुद्रापी होता है। चूंकि आर्मेचर प्रतिरोध न्युनतम होता है, इसलिये निर्धारित वोल्टता को यदि आर्मेचर पर आरोपित किया जाय यह पूर्ण लोड करंट का कई गुना अधिक करंट लेगी। जिससे अधिक स्टार्टिंग करंट के कारण आर्मेचर के नष्ट हो जाने की हमेशा सम्भावना होती है। इसलिये स्टार्टिंग करंट एक सुरक्षित मान तक सीमित रखना चाहिये। इसलिये इसको 5-10 sec तक स्टार्टिंग के समय आर्मेचर के साथ सिरिज में एक प्रतिरोध सम्मिलित कर दिया जाता है। मोटर को स्पीड प्राप्त हो जाने के बाद बैक emf निर्मित हो जाता है और इसके बंकीात स्टार्टिंग प्रतिरोध को क्रमशः अलग किया जा सकता है। Fig 1 में इस प्रकार की व्यवस्था दिखाई गई है स्टार्टिंग के समय चल भुजा (Moving arm) को स्थिति S में रख कर प्रतिरोध R को पूर्णरूप से आर्मेचर परिपथ में सम्मिलित किया जाता है । इसके बंकीात जब मोटर ने स्पीड ग्रहण कर ली है इसको स्थिति N की तरफअलग कर देते है लेकिन इस प्रकार की व्यवस्था पूर्ण रूप से हस्त चालित होती है और इसका निरन्तर देखरेख आवश्यक होता है। उदाहरण के लिये यदि मोटर चल रही है प्रतिरोध R अलग हो जाता है और चल भुजा की स्थिति N होगी। यदि आपूर्ति रूक जाती है मोटर रूक जायेगी लेकिन चल भुजा अब भी स्थिति N में रहेगी। जब आपूर्ति पुनः प्रारम्भ होती है तो आर्मेचर परिपथ में R द्वारा कोई प्रतिरोध सम्मिलित नही होगा। आर्मेचर अधिक करंट ले सकता है और नष्ट हो सकता है इस घटना को रोकने के लिये मोटर परिपथों में एक युक्ति जिसे स्टार्टर कहते है का प्रयोग किया जाता है।

Fig 1



साथ ही स्टार्टिंग समय प्रतिरोध के अपने आप हो जाने से स्टार्टर मोटर को ओवरलोड से रक्षित कर सकते है और मोटर की कुंजी (Switch) को आपूर्ति रूकने पर बन्द कर देगें। यह स्टार्टर कनेक्टिंग टर्मिनल की संख्या के अनुसार कहे जाते है जो इसके बाद बताये जायेगें।

स्टार्टरों के प्रकार (Types of starters): DC मोटर को प्रवर्धित (Start) करने के लिये स्टार्टर (Starter) तीन प्रकार के होते है।

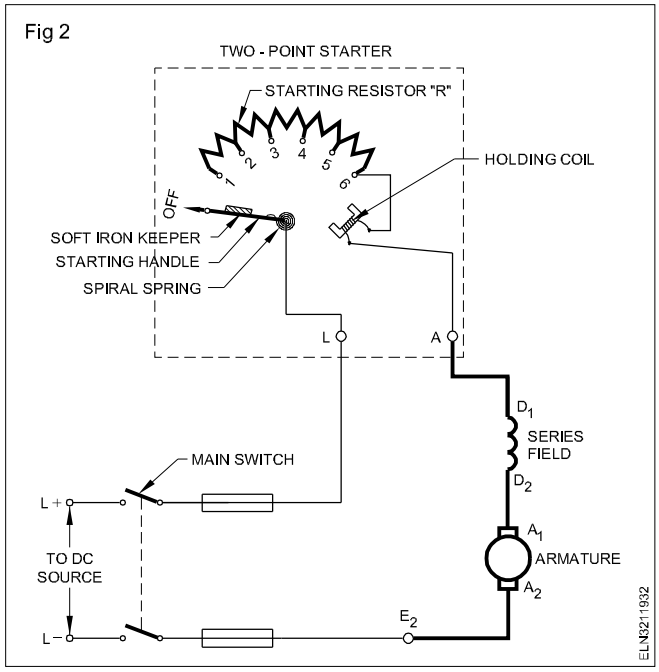
- दो बिदुं स्टार्टर
- तीन बिन्दु स्टार्टर
- चार बिन्दु स्टार्टर

दो बिन्दु स्टार्टर (Two - point starters): इसमें निम्न घटक होते है

- मोटर स्टार्टिंग के लिये आवश्यक सिरिज प्रतिरोध
- सम्पर्क (पीतल स्टड) और संपर्क भुजा जो आर्मेचर परिपथ में प्रतिरोध को सम्मिलित करने अथवा अलग करने के लिये आवश्यक होती है।
- हैण्डिल पर एक स्प्रिंग जो आपूर्ति न होने पर हैण्डिल को बन्द स्थिति में लाती है।
- एक वैद्युत चुम्बक जो हैण्डिल को रनिंग स्थिति में रखने के लिये होता है।

एक DC सिरिज मोटर के साथ हमेशा दो बिन्दु स्टार्टर प्रयोग में लाया जाता है। स्टार्टिंग प्रतिरोध वैद्युत चुम्बक आर्मेचर और सिरिज फील्ड सभी Fig 2 के अनुसार सिरिज में सम्बन्धित होते है। जैसा कि Fig 2 में दिखाया गया है।

Fig 2

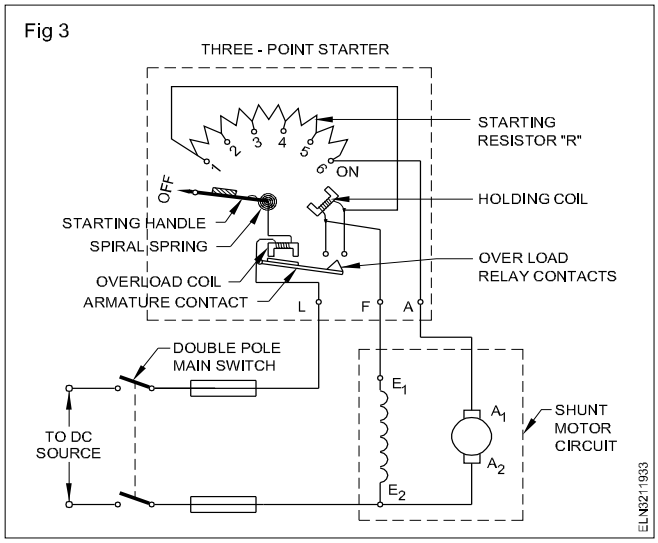


जब भुजा को प्रथम सम्पर्क बिन्दु में लाते है परिपथ पूरा होता है और आर्मेचर घूर्णित होना प्रारम्भ कर देता है। आर्मेचर स्पीड में वृद्धि होने पर भुजा के धीरे से वैद्युत चुम्बक के दाहिनी ओर ले जाते है जिससे स्टार्टर प्रतिरोध कम हो जाता है। जब भुजा वैद्युत चुम्बक के विपरीत होती है तो कुल स्टार्टर प्रतिरोध परिपथ से अलग हो जाता है।

मोटर की निर्धारित आर्मेचर करंट को ले जाने के लिये वैद्युत चुम्बक को मोटे गेज के तार से वाउंड करते है। इससे जब मोटर कार्य करता है, हैण्डिल स्पीडू स्थिति में रहता है । हैण्डिल पुनः बन्द स्थिति में स्प्रिंग क्रिया के कारण आ जाता है जब वैद्युत चुम्बक आपूर्ति रूकने पर अचुम्बकित हो जाती है यह स्टार्टर सामान्यतः ओवरलोड के लिये सुरक्षित नही होगा।

तीन बिन्दु स्टार्टिंग (Three - point starter): Fig 3 में एक तीन (टर्मिनल बिन्दु) स्टार्टर का आन्तरिक आरेख दिखाया गया है। जो एक दिष्ट शन्ट मोटर से सम्बन्धित है दिष्ट करंट अपूर्ति को स्टार्टर से जोडा जाता है और मोटर परिपथ को एक द्विध्रुव (Double pole) कुंजी और उपयुक्त

फ्यूज के साथ सम्बन्धित किया जाता है। स्टार्टर में एक इंसुलेटर हैण्डिल अथवा हैंडल प्रचालक के उपयोग के लिये होती है। स्टार्टर के हैंडल को आफ स्थिति से पहले पीतल के कांटेक्ट तक लाने पर आर्मेचर स्टार्टिंग रेजिस्टेंस से होकर लाइन से संयोजित होता है। ध्यान दें कि आर्मेचर कुल स्टार्टिंग प्रतिरोध के साथ सिरिज में है। रोक (Holding) क्वायल के साथ सिरिज में शन्ट फील्ड भी लाइन के सिरों पर जोडा जाता है इस प्रचालन स्थिति में प्रतिरोध द्वारा आर्मेचर में प्रारम्भिक करंट की अधिकता को सीमित कर दिया जाता है साथ ही फील्ड करंट अच्छे स्टार्टिंग आघूर्ण को देने के लिये



अधिकतम मान पर होती है।

जब हैण्डिल भुजा को दाहिनी ओर ले जाते है स्टार्टिंग प्रतिरोध कम होता है और मोटर क्रमशः गतिमान होती है अन्तिम सम्पर्क पहुंच जाने पर आर्मेचर सीधा आपूर्ति सिरों से सम्बन्धित हो जाता है और मोटर की स्पीड पूर्ण हो जाती है।

रोक क्वायल का सम्बन्ध सिरिज एक शन्ट फील्ड के साथ होता है जिससे फील्ड मोचन (Release) न हो। यदि फील्ड परिपथ दुघटर्ना वश खुल जाता है और यदि आर्मेचर लाइन के सिरों पर जुडा रह जाता है मोटर की स्पीड अत्यधिक हो जाती है। इस स्पीड में वृद्धि को रोकने के लिये रोक क्वायल को फील्ड के साथ सिरिज में सम्बन्धित कर देते है। फील्ड में एक खुले परिपथ के होने पर रोक क्वायल में कोई करंट नही होगी जिससे यह अचुम्बकित होगा और स्प्रिंग क्रिया भुजा को बन्द स्थिति में ले जायेगी।

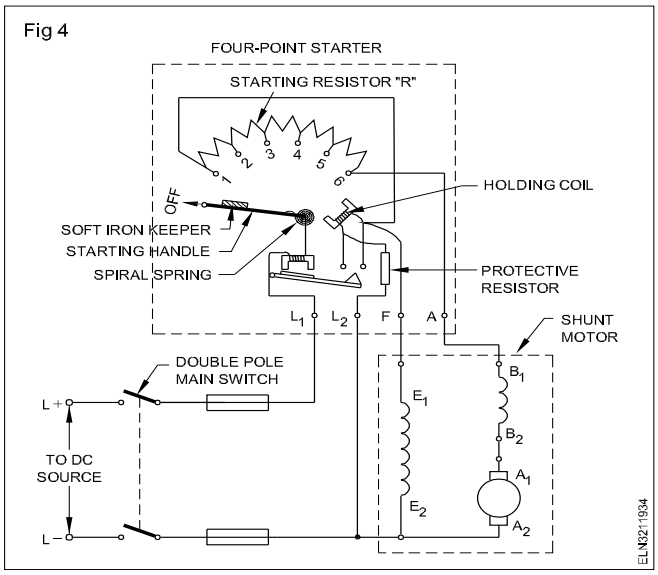
एक ओवरलोड क्वायल मोटर के ओवरलोडिंग से क्षति को रोकने के लिये होता है लोड की सामान्य स्थिति के अर्न्तगत O/L क्वायल द्वारा उत्पन्न फ्लक्स आर्मेचर सम्पर्क को आकर्षित करने की स्थिति में नही होगा। जब लोड करंट एक निश्चित निर्धारित मान से परे हो जाती है तो O/L क्वायल का फ्लक्स ओवरलोड रिले कांटेक्ट को आकर्षित करेगा। रिले कांटेक्ट के सम्पर्क बिन्दु रोक क्वायल को लघु पथित कर अचुम्बकित करेंगे। इससे हैण्डिल सर्पिल स्प्रिंग तनाव के कारण बन्द स्थिति में ले आने के योग्य होता है।

इस प्रकार के स्टार्टर का उपयोग शन्ट और यौगिक दोनों प्रकार की मोटर को स्टार्टर करने के लिये प्रयोग में लाया जा सकता है। लेकिन तीन बिन्दु स्टार्टर मोटर स्पीड को फील्ड नियामक द्वारा नियन्त्रित करने पर ड्रिप हो जायेगा। इसका कारण नीचे की भांति स्पष्ट किया जा सकता है।

जब शन्ट अथवा कंपाउण्ड मोटर की स्पीड को निर्धारित स्पीड से अधिक करना होता है तो फील्ड नियंत्रणी में प्रतिरोध, फील्ड करंट को कम करने के लिये बढाया जाता है। जिससे फील्ड फ्लक्स भी बढता है। ऐसा करने पर रोक क्वायल जो फील्ड के साथ सिरिज में है अति लघु करंट प्राप्त करता है, जिससे होल्डिंग क्वाइल हैण्डिल पर कम रोक बल उत्पन्न करता है।

यही बल सर्पिल स्प्रिंग के तनाव के साथ होता है जब करंट का मान एक विशेष मान से कम हो जाता है हैण्डिल खुल स्थिति में बाहर आकर बन्द स्थिति पर पहुंच जाता है। यह एक अवांछित प्रभाव होता है । इसको दूर करने के लिये तीन बिन्दु स्टार्टर परिपथ में संशोधन किया जाता है और रोक क्वायल परिपथ फील्ड परिपथ से स्वतन्त्र रखा जाता है। इस प्रकार के स्टार्टर को चार बिन्दु स्टार्टर कहते है।

चार बिन्दु स्टार्टर (Four - point starter): अनुप्रयोगों में जहां मोटर को निर्धारित स्पीड से अधिक कई स्पीडों तक बढ़ाना होता है एक चार टर्मिनल मुख पटटी स्टार्टर मोटर के साथ प्रयुक्त किया जाता है। चार (टर्मिनल) बिन्दु स्टार्टर Fig.4 के अनुसार तीन बिन्दु स्टार्टर से इसलिये भिन्न होता है कि रोक क्वायल शन्ट फील्ड के साथ सिरिज में सम्बन्धित नही किया जाता है इसे एक प्रतिरोध के साथ आपूर्ति के सिरों पर सिरिज में जोडा जाता है। यह प्रतिरोध रोक क्वायल में करंट को वांछित मान तक सीमित कर देता है। रोक क्वायल एक फील्ड रहित संरोकने के स्थान पर वोल्टता रहित संरोकने का काम करता है। यदि लाइन वोल्टता को एक वाछित मान से कम हो जाती है, तो रोक क्वायल का चुम्बकीय आकर्षण कम हो जाता है और तब स्प्रिंग स्टार्टर हैण्डिल को बन्द स्थिति में खींच लाती है।



एक DC मोटर में आघूर्ण फ्लक्स और आर्मेचर करंट का सम्बन्ध (Relation between torque, flux and armature current in a DC motor)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

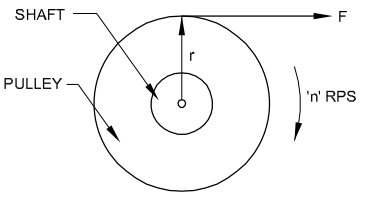
- **आघूर्ण फ्लक्स और आर्मेचर करंट के बीच सम्बन्ध को स्पष्ट करने में**
- **मिट्रिक एचपी, लोड धारा, निर्धारित वोल्टता, आघूर्ण और दिष्ट मोटर की स्पीड से सम्बन्धित प्रश्नों को हल करने में ।**

आर्मेचर करंट फ्लक्स और आघूर्ण के बीच सम्बन्ध (Relation between armature current , flux and torque):

आघुर्ण (torque): एक बल का घूर्णन अथवा ऐठन गति आघूर्ण कहलाता है। यह बल और पुली के अर्धव्यास के गुणनफल के बराबर होता है।

माना कि r मीटर अर्धव्यास की एक पुली है जो एक परिधीय बल f न्यूटन पर कार्य करती है। और Fig 1 के अनुसार 'n' rps की स्पीड पर घूर्णित होती है।

Fig 1



TORQUE PRODUCTION IN A MOTOR

इस स्थिति में आर्घूण T = F x r न्यूटन मीटर (nm)

इस बल द्वारा एक चक्र में

किया गया कार्य = बल x दूरी

F x 2πr जूल्स

एक सेकेण्ड में उत्पन्न शक्ति = F x 2πr x n जूल / सेकण्ड या

= (F x r)2πn वाटस

अथवा वाट रेडियन/ सेकण्ड में = (F x r)2πn वाटस चूंकि 2πN

कोणीय वेग W है और (F x r) = आघूर्ण T

उत्पनन शक्ति = T x ω watts

P = tw वाटस

माना कि न्यूटन मीटर में एक मोटर के आर्मेचर द्वारा उत्पन्न आघूर्ण Ta है और rps में आर्मेचर की स्पीड n है। तो आर्मेचर में उत्पन्न शक्ति = Ta 2πn Watts

जैसा कि हमें ज्ञात है कि वैद्युत शक्ति को यांत्रिक शक्ति में परिवर्तित किया जाता है।

आर्मेचर को आपूर्तित वैद्युत शक्ति = $E_b I_A$

यहां E_b बंकी emf है।

I_a आर्मेचर करंट है।

आर्मेचर को आपूर्तित वैद्युत शक्ति = आर्मेचर में उत्पन्न यांत्रिक शक्ति

हमें प्राप्त होता है $E_b I_a = T_a 2\pi n$

चूंकि है। $E_b = \frac{\varnothing ZnP}{A}$ volts r.p.s में)

$$T_a \times 2\pi n = \frac{\phi ZnP}{A} \times I_a$$

प्रतिगुणनफल से हमें प्राप्त होता है

$$T_a = \frac{\varnothing ZP \times I_a}{2\pi A} \text{ Newton - metre}$$

$$\text{or } T_a = \frac{0.159\ \varnothing ZP}{A} \times I_a \text{ Newton - metre}$$

एक दिये गये मोटर के लिये ZP और A स्थिरांक है क्योंकि वे बनावट (design) पर निर्भर करते है

$\frac{0.159ZP}{A}$ को एक स्थिरांक K लिया जा सकता है

तब $Ta = K\phi I_a$

जहां वेबर में ϕ फ्लक्स ध्रुव है

Ia आर्मेचर करंट है

$$K = \frac{0.159ZP}{A}$$

Ta नयूटन मीटर में आर्मेचर आघूर्ण है इसलिये हम कह सकते है कि DC मोटर का आघूर्ण फील्ड फ्लक्स और आर्मेचर करंट का समानुड्रापी होता है।

अन्य सूत्र जो आघूर्ण देता है

$$T_a = \frac{9.55 \times E_b I_a}{N} \text{ नयूटन मीटर}$$

जहां N rpm में स्पीड है।

शाफ्ट आघूर्ण (Shaft torque): ऊपर गणना की गई है कि पूर्ण आर्मेचर आघूर्ण उपयोगी कार्य करने के लिये उपलब्ध नही होता क्योंकि मोटर में ह्रास होता है।

आघूर्ण जो कार्य करने के लिये उपलब्ध होता है उसे शाफ्ट अथवा निर्गत आघूर्ण कहते है और T_{sh} से व्यक्त किया जाता है।

(Ta-Tsh) अन्तर मोटर के बन्धन ह्रास के कारण आघूर्ण ह्रास होता है

$$\text{एक HP मीट्रिक } = \frac{2\pi nT_{sh}}{735.5} = \frac{2\pi NT_{sh}}{60 \times 735.5} HP$$

जहां n rps में स्पीड है और N rpm में स्पीड है और Tsh न्यूनटन मीटर में शैफ्ट आघूर्ण है। यदि आघूर्ण Kg मीटर मे है तो निम्न के अनुसार इसे न्यूटन मीटर में परिवर्तित किया जा सकता है।

न्यूटन मीटर = Kg mter x 9.81

उदाहरण 1 (Example): एक 250V चार ध्रुव वेव वाइंडिंग DC सिरिज मोटर के आर्मेचर में 782 चालक है यह इसमें एक योगित आर्मेचर और सिरिज फील्ड प्रतिरोध 0.75 ohm है मोटर 40A धारालेती है। इसकी स्पीड आर्मेचर आघूर्ण और HP का आकलन करें यदि प्रतिध्रुव फ्लक्स 25 mw है।

$E_b = V - I_a R_a$

= 250 – (40 x 0.75)

= 250 – 30 = 220Volts

इसलिये $E_b = \frac{\phi ZnP}{A}$ Volts

$$N = \frac{E_b \times 60 \times A}{\phi ZP} = \frac{220 \times 60 \times 2}{25\,10^{-3} \times 782 \times 4}$$

$$= \frac{220 \times 60 \times 2 \times 10^{-3}}{25 \times 782 \times 4} = 338 \text{ rpm.}$$

$$T_a = \frac{9.55 \times E_b I_a}{N} = \text{Nm}$$

$$T_a = \frac{9.55 \times 220 \times 40}{338} = 248.64 \text{ Nm.}$$

माना कि आर्मेचर आघूर्ण T_a = शैफ्ट आघूर्ण T_{sh}

मीट्रिक HP

$$= \frac{2\pi NT_{sh}}{60 \times 735.5} = \frac{2 \times 22 \times 338 \times 248.64}{7 \times 60 \times 735.5}$$

= 11.97 HP metric.

उदाहरण 2 (Example): एक 220V DC शन्ट मोटर की स्पीड 500rpm है। जब कि आर्मेचर में करंट 50A है। आर्मेचर प्रतिरोध 0.2 ohm हो तो आघूर्ण को दोगुना कर देने पर स्पीड की गणना करें।

आघूर्ण $I_a \phi$ का समानुड्रापी है लेकिन ϕ स्थिरांक है इसलिये शन्ट मोटर के लिये $T_a \alpha I_a$

इसलिये $T_{a1} \alpha I_{a1}$ और $T_{a2} \alpha I_{a2}$

इसलिये $\frac{T_{a2}}{T_{a1}} = \frac{I_{a2}}{I_{a1}}$

T_{a2} को T_{a1} का दोगुना करने पर हमें $\frac{T_{a2}}{T_{a1}} = 2$ प्राप्त होता है।

$$2 = \frac{I_{a2}}{I_{a1}} = \frac{I_{a2}}{50}$$

इसलिये $I_{a2} = 50 \times 2 = 100$ amps

$E_{b1} = V - I_a R_a$

$= 220 - (50 \times .2)$

$= 220 - 10 = 210$Volts

$E_{b2} = V - I_a R_a$

$E_{b2} = 220 - (100 \times .2)$

$= 220 - 20 = 200$ volts.

अब $\frac{N_2}{N_1} = \frac{E_{b2}}{E_{b1}}$

$$= \frac{N_2}{500} = \frac{200}{210}$$

इसलिये

$$N_2 = \frac{200 \times 500}{210} = 476 \text{ rpm}$$

DC मोटर स्टार्टरों की सेवा और रखरखाव (Service and maintenance of DC motor starters)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

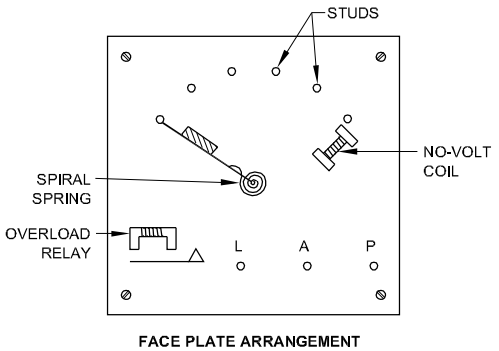
- **DC स्टार्टर का अनुरक्षण सेवायी और दोष निवारण करने में**
- **हैण्डिल को उसके स्प्रिंग तनाव और स्टड के सम्पर्क दाब की जाँच करने में**
- **वोल्ट रहित क्वायल समुच्चय की जाच करने में**
- **वांछित करंट निर्धारण के लिये अतिलोड रिले का समंजन करने में ।**

स्टार्टर की सेवायी (Servicing the starter): तीन बिन्दु और चार बिन्दु प्रवर्तक का प्रतिरोध कुण्डलित युरेका तार से होता है जो स्टड्स और स्टार्टर केबीच अवस्थिति रहता है। Fig 1 के अनुसार पीतल के स्टड स्टार्टर आमुख पटटी पर अर्ध वृत्ताकार आकृति में व्यवस्थित रहते है। स्टड इंसुलेटेड आमुख पटटी पर दृढता से आबद्ध होते है। अनुरक्षण के समय स्टड को शून्य नम्बर के रेगमाल से यदि खुररुरा भाग छोटी है रगडना चाहिये और गर्तन तथा बडे बर्र के लिये चिकनी रेती का प्रयोग करने के बंकीात एक सम्पर्क स्वच्छक से उचित रूप से स्वच्छ कर देना चाहिये। यदि स्टार्टर प्रतिरोध खुला पाया जाता है तो उसे एक नये प्रतिरोध क्वायल से जो निर्माताओं के मूल निर्धारण के अनुसार है लगा कर देना चाहिये।

Fig 2 & 3 क्रमशः 3 और 4 बिन्दु के योजना बद्ध आरेख प्रदर्शित करती है।

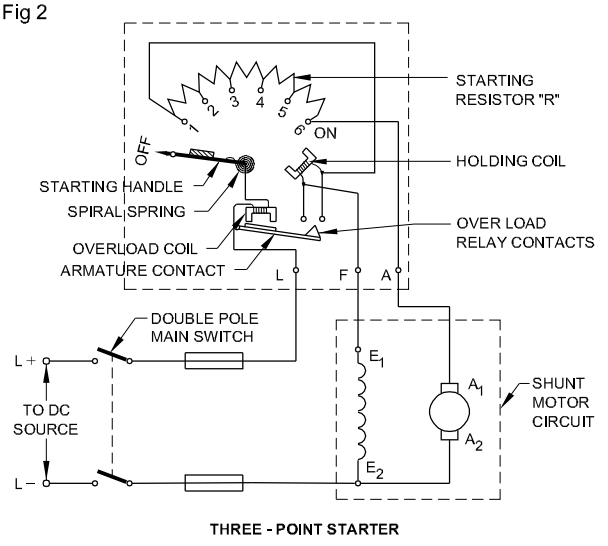
हैण्डिल (Handle): आमुख पटटी स्टार्टर का हैण्डिल सर्पिल स्प्रिंग से जुडे गति योग्य भुजा से बना होता है जो वोल्ट रहित क्वायल की चुम्बकीय क्रिया के विरोध में कार्य करता है। स्प्रिग के निर्बल हो जाने पर आपूर्ति के बन्द हो जाने पर भी भुजा अपनी बन्द स्थिति में नही आयेगी।

Fig 1



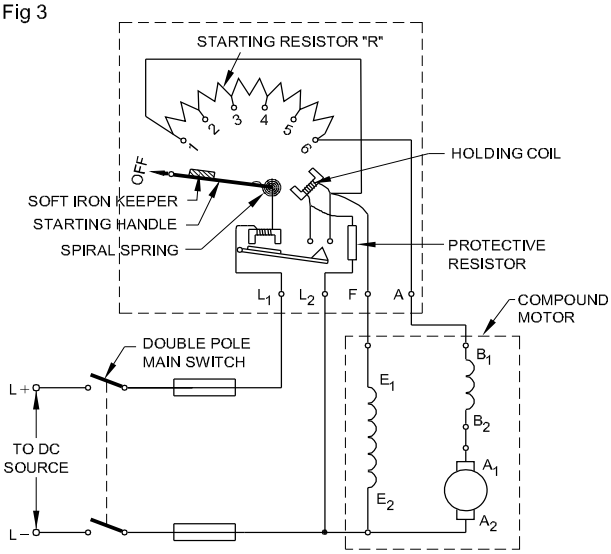
FACE PLATE ARRANGEMENT

Fig 2



THREE - POINT STARTER

Fig 3

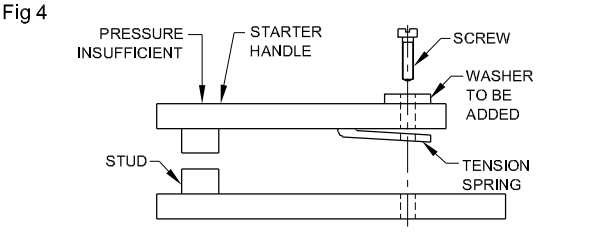


FOUR – POINT STARTER

अनुरक्षण के समय इन बिन्दुओं की जांच करना होता है। यदि स्टार्टर हैण्डिल शक्ति आपूर्ति बद्ध होने पर बन्द स्थिति में नही आता है तो निर्माता निर्धारण के अनुसार स्प्रिंग का बदलना आवश्यक होता है।

अनुरक्षण के समय यह भी सुनिश्चित कर लें कि भुजा का चल सम्पर्क आमुख पटटी के पीतल स्टड पर उचित रबाव, उपलब्ध है। यदि उचित दाब नही है तो स्टार्टर हैण्डिल के शीर्ष पर पेंचों की एक या दो चपटे वाशर्स की सहायता से अवस्थित कर देना चाहिये। (Fig 4)

Fig 4

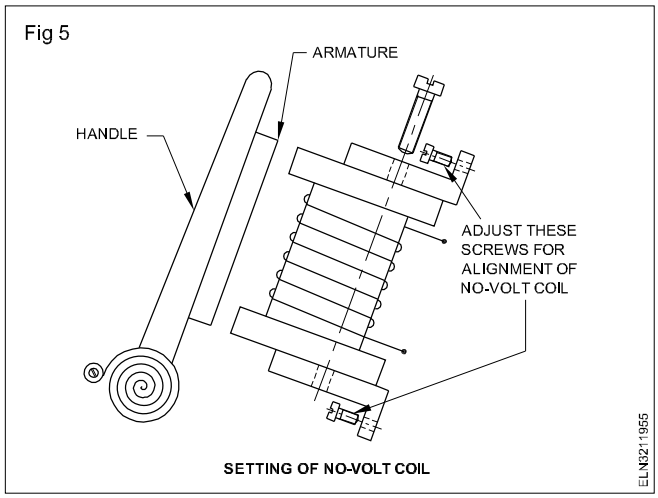


ADJUSTING THE STUD PRESSURE

शून्य वोल्टता क्वायल समुच्चयन का अनुरक्षण और सेवायी (Maintenance and servicing of no-volt coil assembly): तीन बिन्दु स्टार्टर के लिए में शून्य वोल्ट क्वायल फील्ड वाइंडिंग के साथ सिरिज में सम्बन्धित होता है और 4 बिन्दु स्टार्टर में एक सीमक प्रतिरोध से एक आपूर्ति से समान्तर में जोडा जाता है। शून्य वोल्टता क्वायल एक महीन रोधित तार से वाउंडिंग किया रहता है और इसमें कुछ चक्कर होते है।

जब हैण्डिल को प्रचालित स्थिति में ले जाया जाता है तो हैण्डिल के आर्मेचर को शून्य वोल्ट क्वायल कोर की बाडी से स्पर्श करना चाहिये। यदि कोर की बाडी उचित रूप से स्पर्श नही कर रहा है तो कोर/ कुण्डली की बाडी को लंगे पेचों को ढीला करें और कोर को समजित करके पेचों को कस दें। (Fig 5)

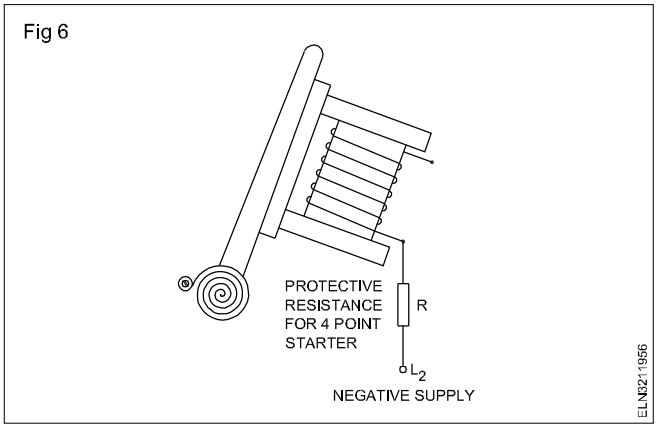
Fig 5



SETTING OF NO-VOLT COIL

यदि NVC ऊर्जित नही होता है तो NVC की स्थिति को देख कर जांच करें। क्वायल के प्रतिरोध और मान को मापित करें उसके इंसुलेशन मान को मापे और इन प्रेक्षणों को लिख लें। इन मानो की आवर्ती जांच करें और इनकी तुलना मूल निर्माता आंकडों से करें। किसी भी प्रकरण में किसी भी समय यदि कोई मान सामान्य मान का 80% से कम है तो उसे विनिर्देशन के नये शून्य वोल्ट कुण्डल से बदल दें कर दें। एक चार बिन्दु स्टार्टर के प्रकरण में ऊपर की भांति शून्य वोल्ट क्वायल की जांच करें। यदि सही पाया जाय तो प्रोटेक्टिव प्रतिरोध की जांच एक मल्टीमीटर से करें। दोषित पाये जाने पर उसी निर्धारा के प्रतिरोध द्वारा उसे बदल दें। (Fig 6)

Fig 6

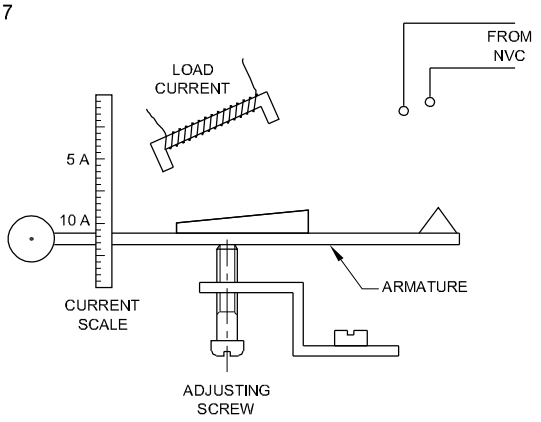


अतिलोड रिले क्वायल मोटे गेज के रोधित तार से वाउंड होता है जो लोड करंट को ले जाने के लिये उपयुक्त होता है चक्करों की संख्या बहुत कम होती है। जब लोड करंट निर्धारित करंट से अधिक होती है तो अति लोड क्वाइल की बाडी का चुम्बकीय बल रिले का चुम्बकीय दृढता कांटेक्ट को आकर्षित करने के लिये पर्याप्त होगी। रिले कांटेक्ट का ऊपर की ओर चलना शून्य वोल्ट क्वायल के टैपिंग सम्पर्क को लघु पथित कर देता है जिससे शून्य वोल्ट क्वायल में करंट उपपथित (bypass) हो जाती है और शून्य वोल्ट क्वायल का अचुम्बकन होता है जिससे हैण्डिल बन्द स्थिति में चला जाता है।

अतिलोड रिले का अनुरक्षण (Maintenance of overload relay) (Fig 7)**:** स्टार्टर पृष्ठ पटटी के बायी ओर हैण्डिल के पास एक चुम्बकीय अति लोड रिले होता है नीचे की ओर अति लोड रिले के साथ रिले कांटेक्ट होता है जो मोटर की लोड करंट के साथ समंजित किया जाता है।

अतिलोड रिले के परीक्षण के लिये मोटर को लोडेड करके अति लोड रिले के ट्रिपिंग को देखा जाता है यदि अति लोड रिले लघु करंट अथवा उच्च करंट मान पर ट्रिप कर जाता है जब उसकी तुलना सेट करंट मान से की जाती है तो करंट पैमाने को पुनः अंशांकित करना होता है।

Fig 7



शून्य वोल्ट क्वायल (No - voltcoil) के तल पर खडखडाने का शोर पाये जाने पर कोर व बाडी के तल और आर्मेचर को स्वच्छ करने की आवश्यकता होती है। दोष निवारण प्रक्रिया के लिये व्यापार प्रयोगिक अभ्यास में दिये गये चार्ट को देखें।

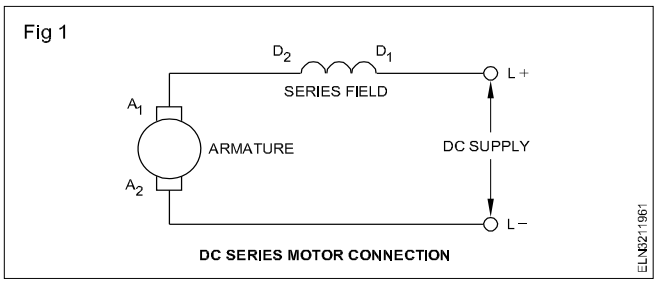
एक DC सिरिज मोटर के अभिलक्षणिक और अनुप्रयोग (Characteristics and applications of a DC series motor)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **एक सिरिज मोटर के अभिलक्षणों को स्पष्ट करें**
  - **आघूर्ण के सापेक्ष लोड**
  - **स्पीड के सापेक्ष लोड**
  - **स्पीड के सापेक्ष आघूर्ण**
- **एक DC सिरिज मोटर के उपयोगों को बताने में**
- **एक DC सिरिज मोटर की घूर्णन दिशा को परिवर्तित करने की विधि स्पष्ट करने में**
- **मोटर के लोडिंग विधि को बताने और रोक (brake) परीक्षणों का स्पष्टी करण करने में ।**

DC सिरिज मोटर (DC series motors) : DC सिरिज मोटर में DC सिरिज जनरेटरों की भांति फील्ड आर्मेचर के साथ सिरिज में Fig 1 के अनुसार सम्बन्धित होते हैं। सम्बन्धन की इस विधि के कारण आर्मेचर से प्रवाहित कुल करंट फील्ड से भी प्रवाहित होना चाहिये। इस लिये लोड में परिवर्तन के साथ फील्ड प्रबलता भी परिवर्तित होती है।

Fig 1



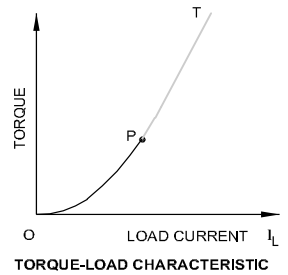
DC SERIES MOTOR CONNECTION

एक DC सिरिज मोटर का स्टार्टिंग आघूर्ण अति उच्च होता है कुछ मोटर्स में यह पूर्ण लोड आघूर्ण का पांच गुना तक हो सकता है। साथ ही DC सिरिज मोटर की स्पीड लोड के साथ परिवर्तित होती है।

DC सिरिज मोटरों के अभिलक्षणिक (Characteristics of DC series motors): एक DC सिरिज मोटर में आघूर्ण T फ्लक्स ϕ और आर्मेचर करंट I_A के समानुड्रापी होता है। स्पीड फ्लक्स की विलोमानुड्रापी होती है इन घटकों के बीच का सम्बन्ध अर्थात आघूर्ण बनाम लोड, स्पीड बनाम लोड, और आघूर्ण बनाम स्पीड को एक ग्राफ पर आरेखित किया जाता है और इन्हें मोटर्स का अभिलक्षणिक वक्र कहते है। इन अभिलक्षणों के अध्ययन से हमें मोटर्स के विभिन्न परिस्थितियों में व्यवहार का ज्ञान होता है।

DC सिरिज मोटर का आघूर्ण लोड अभिलक्षणिक (Torque load characteristics of the DC series motor): Fig.2 में एक DC सिरिज मोटर का आघूर्ण लोड अभिलक्षणिक दिखाया गया है। लघु अथवा हल्के लोड पर आघूर्ण निम्न आर्मेचर करंट और निम्न फील्ड फ्लक्स के कारण कम होता है। लेकिन लोड में वृद्धि होने पर आघूर्ण भी आर्मेचर करंट के

Fig 2



TORQUE-LOAD CHARACTERISTIC

वर्ग के समानुड्राप में वक्र के बिन्दु P तक बढता है। इसको सूत्र T = आर्मेचर करंट और फील्ड फ्लक्स का समानुड्रापी होता है से स्पष्ट किया जा सकता है। $T \alpha I_a \phi_{se}$ चूंकि ϕ_{se} I_{se} का समानुपती है साथ ही I_{se} आर्मेचर करंट का समानुपती है इसलिये हमें निम्न प्राप्त होता है

$T \alpha I_a \cdot I_{se}$

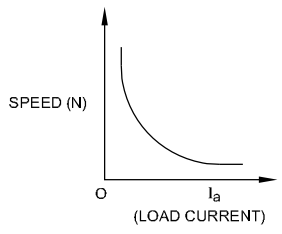
$T \alpha I_a \cdot I_a$

$T \alpha I_a^2$.

बिन्दु P से वक्र एक सीधी रेखा हो जाती है जो यह व्यक्त करती है कि आघूर्ण केवल आर्मेचर करंट का समानुड्रापी होता है क्योंकि फील्ड कोर संतृप्त हैं इस वक्र से ज्ञात होता है कि हल्के लोडों पर आघूर्ण कम होता है और अधिक लोडों पर इसमें वृद्धि होती है। साथ ही एक DC सिरिज मोटर की स्टार्टिंग (Starting) करंट लगभग पूर्ण लोड करंट का 1.5 गुना होती है और यदि ध्रुवों को पूर्ण संतृप्त मान कर न चलें तो आघूर्ण पूर्ण लोड आघूर्ण का 2.25 गुना (1.5^2) होता है।

स्पीड बनाम लोड अभिलक्षणिक (Speed Vs load characteristics): Fig.3 में एक DC सिरिज मोटर के स्पीड लोड अभिलक्षणिक वक्र को प्रदर्शित किया गया है। वक्र से यह स्पष्ट है कि लोड के कम होने पर स्पीड अधिक होती है और लोड के बढ्ने पर स्पीड कम होती है। चूंकि दिखाया गया वक्र लघु लोड धाराओं पर Y अक्ष के समान्तर है इससे यह अनुमान लगायाजा सकता है कि जल लोड कम है तो स्पीड एक संकट मय मान प्राप्त करती है। इसलिये DC सिरिज मोटर बिना लोड के बहुत कम प्रयोग में लायी जाती है। बेल्ट चालकों का प्रयोग करते समय जब लोड नही है तो बेल्ट के टूट जाने या बाहर सरक जाने का ध्यान रखना चाहिये, इसको रोकने के लिये लोड को प्रायः सीधा अथवा गियर्स से होकर एक DC सिरिज मोटर से सम्बन्धित करते है।

Fig 3

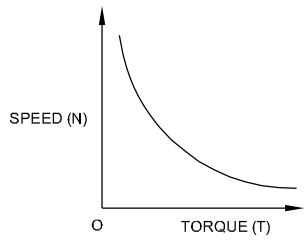


SPEED-LOAD CHARACTERISTIC

स्पीड आघूर्ण अभिलक्षणिक (Speed - torque characteristics) Fig 4 में एक DC सिरिज मोटर के स्पीड आघूर्ण अभिलक्षणिक को दिखाया गया है जिससे ज्ञात होता है कि आघूर्ण के कम होने पर स्पीड अधिक होती है। यह निम्न या कम फील्ड फ्लक्स ($N \alpha 1/\phi$) के कारण होता है। आघूर्त में वृद्धि होने से मोटर अधिक करंट लेती है जिससे स्पीड कम हो जाती है। यह वृद्धित फील्ड फ्लक्स के कारण होता है जो DC सिरिज फील्ड में बढ़े लोड करंट के कारण होता है।

DC सिरिज मोटर के उपयोग (Uses of a DC series motor): DC सिरिज मोटर का उपयोग उन अनुप्रयोगों में होता है जहां आघूर्ण और स्पीड आवश्यकतायें ज्यादा परिवर्तित होती है और ऐसे कार्यो में जहां लोड स्टार्टिंग आघूर्ण और चलन में उच्च त्वरण दर की आवश्यकता होती है जैसे लिफ्ट, क्रेन्स और हैवी निर्माण ट्रक्स।

Fig 4



SPEED-TORQUE CHARACTERISTIC

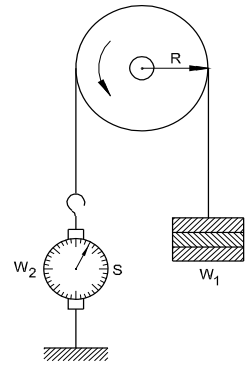
एक DC सिरिज मोटर के घूर्णन दिशा परिवर्तन की विधि (Method of changing the direction of rotation of a DC series motor): फ्लेमिंग के बाये हाथ के अनुसार DC सिरिज मोटर में आर्मेचर की घूर्णन दिशा ज्ञात की जा सकती है। फ्लेमिंग के बाये हाथ के नियम के अनुसार फील्ड की ध्रुवता में परिवर्तन करके अथवा आर्मेचर में करंट परिवर्तन करके घूर्णन की दिशा को परिवर्तित किया जा सकता है। लेकिन यदि आपूर्ति की ध्रुवता में परिवर्तन किया जाय तो फील्ड की ध्रुवता और आर्मेचर में करंट की दिशा दोनों में परिवर्तन होता है। जिससे घूर्णन की दिशा अपरिवर्तित रहेगी। इसलिये एक DC सिरिज मोटर में घूर्णन की दिशा फील्ड अथवा आर्मेचर संयोजन में परिवर्तन करके परिवर्तित की जा सकती है।

एक DC सिरिज मोटर लोड की विधि (Method of loading a DC series motor): एक DC सिरिज मोटर को बिना लोड कभी भी प्रचालित नही करना चाहिये। DC सिरिज मोटर की स्पीड को सुरक्षा सीमा में रखने के लिये हमें शाफ्ट पर एक निश्चित लोड रखना पडता है। इसे DC सिरिज मोटर को एक सीधे जुड़े लोड से जोड कर अथवा एक गियर से जुड़ें लोड के आरोहण द्वारा किया जा सकता है।

प्रयोगशाला में परीक्षण के लिये एक लघु क्षमता की एक DC सिरिज मोटर के लोड की विधि ब्रेक टेस्ट द्वारा की जा सकती है जिसे नीचे स्पष्ट किया जा रहा है।

रोक परीक्षण (विधि 1)(Brake test (method I)**):** यह एक सीधी विधि है जिसमें एक विशेष (ऊंट बाल) बेल्ट द्वारा रोक एक जल शीतलित ड्रम पर लगाई जाती है जो Fig.5 के अनुसार मोटर शैफ्ट पर आरोहित होता है। स्प्रिंग तुला S द्वारा बेल्ट का एक सिरा पृथ्वी से आबद्ध होता है और दूसरा निलम्बित लोड W_1 से सम्बन्धित होता है। मोटर चलायी जाती है और मोटर पर लोड को उस समय तक समंजित किया जाता है जब तक यह कुल लोड करंट वहन नही करती है।

Fig 5



BRAKE TEST

माना W_1 किग्रा में निलम्बित लोड

W_2 किग्रा० लोड में स्प्रिंग तुला का पाठ है।

बेल्ट पर घिर्री पर घर्षण के कारण कुल खिंचाव (W_1 -W_2 Kg लोड) अथवा 9.81 (W_1 -W_2)न्यूटन। यदि घिर्री पर अर्धव्यास R मीटर में है तो मोटर द्वारा उत्पन्न शाफ्ट आघूर्ण T_{sh} होगा।

$= (W_1 - W_2)$ R kg.m

$= 9.81 (W_1 - W_2)$ R N-m

यदि मोटर अथवा ड्रम की rps में स्पीड n है।

मोटर शक्ति आउटपुट = T_{sh} x 2πn watt.

$= 2\pi$ x 9.81 n $(W_1 - W_2)$ R watt

= 61.68 n $(W_1 - W_2)$ R watt

माना V = आपूर्ति वोल्टता

I = मोटर द्वारा ली गई लोड धारा

तो निवेष शक्ति = VI watt

इसलिये दक्षता = निर्गम / निवेश (Output/Input)

= 61.68 n (W1-W2) R watt / VI

साथ ही मोटर द्वारा उत्पन्न मीट्रिक अश्व शक्ति की गणना निम्न सूत्र से की जा सकती है।

HP मीट्रिक = 2πn Tsh / 735.6

जहां rps में स्पीड n है

न्यूटन मीटर्स में शाफ्ट आघूर्ण T_{sh} है।

मोटर की नाम पटटी में दी गई शक्ति निर्धारण शाफ्ट पर उत्पन्न मोटर की अश्व शक्ति व्यक्त करती है।

उपर्युक्त वर्णित सरल ब्रेक टेस्ट का उपयोग केवल छोटे मोटरों के लिये किया जा सकता है क्योंकि बडी मोटरों के लिये रोक द्वारा उत्पन्न ऊष्मा की बडी मात्रा का विसरण होना कठिन होता है।

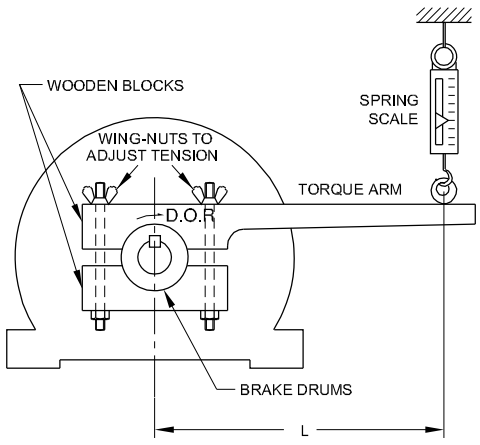
यह स्मरण रखना अधिकतम आवश्यक है कि सिरिज मोटर को लोड रहित (No load) कभी भी प्रचालित नही करना चाहिये।

शून्य लोड पर फील्ड अति निर्बल होता है। शून्य लोडपर मोटर प्रचालन को ऐसी उच्च स्पीड पर पहुंचा देगा कि अपकेंद्रीय बल वाइंडिंग को तोड कर बाहर कर देगा।

ब्रेक टेस्ट (विधि 2) : एक मोटर द्वारा उत्पन्न आघूर्ण की माप का एक विकल्प एक युक्ति है जिसे "प्रोनी रोक " कहते है जैसा कि Fig 6 में दिखाया गया है।

अनेक प्रोनी रोक डिजाइन उपलब्ध है Fig 6 में ब्रेक ड्रम विभाजित है लकडी खण्डों में स्थित है। विंग नट्स को कसने से लकडी खण्डों का दाब ब्रेक ड्रम पर परिवर्तित किया जा सकता है और इसके द्वारा लोड को वांछित मान तक समंजित किया जा सकता है। रोक ड्रम में एक विस्तरित आघूर्ण भुजा होती है जो एक स्प्रिंग तुला से बधी रहती है, जो ब्रेक ड्रम पर न्यूटन में उत्पन्न बल की नाप करता है। पैमाने पर उत्पन्न शुद्ध बल (न्यूटन में) और

Fig 6



PRONY BRAKE USED FOR MEASURING TORQUE DEVELOPED BY A MOTOR

मीटर में आघूर्ण भुजा की प्रभाव कारी लम्बाई (L) क गुणनफल होते है।

आघूर्ण = बल x दूरी

= किग्रा० लोड में स्प्रिंग तुला पाठ x (L) मीटर में

मीट्रिक अश्व शक्ति में मोटर की दक्षता और निर्गम की गणना ऊपर के परिच्छेद में स्पष्ट किये गये अनुसार ज्ञात की जा सकती है।

उदाहरण 1: एक प्रोनी रोक भुजा की लम्बाई 0.4m है रोक पर विंग्स नट को मोटर घिर्री पर कसने से 50kg लोड बल उत्पन्न होता है। मोटर द्वारा उत्पन्न आरेख क्या है।

1kg लोड = 9.8 न्यूटन

आघूर्ण = बल x लम्बाई (दूरी)

=50 x 9.81 x 0.4

= 196.2 न्यूटन मीटर

उदाहरण 2: ऊपर के प्रकरण में जब शाफ्ट स्पीड 1500 rpm है तो मोटर द्वारा उत्पन्न मीट्रिंक अश्व शक्ति की गणना करें।

$$\text{HP metric} = \frac{2\pi n\, T_{sh}}{735.6}$$

$$n = \text{rps} = \frac{N}{60} = \frac{1500}{60} = 25 \text{ rps}$$

$$T_{sh} = 196.2 \text{ Nm}$$

$$\text{HP metric} = \frac{2\pi \text{ x } 25 \text{ x } 196.2}{735.6} = 41.9 \text{ Hp meteric}$$

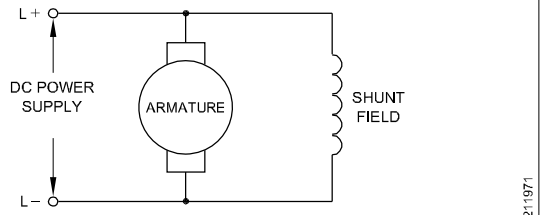
DC शन्ट मोटर के अभिलक्षणिक और अनुप्रयोग (Characteristic and applications of a DC shunt motor)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **एक DC शन्ट मोटर के अभिलक्षणों को वर्णित करें**
  - **– स्पीड बनाम लोड अभिलक्षणिक**
  - **– आघूर्ण बनाम लोड अभिलक्षणिक**
  - **– स्पीड बनाम आघूर्ण अभिलक्षणिक**
- **एक DC शन्ट मोटर के उपयोगों को बताने में ।**

शन्ट मोटर (Shunt motor): Fig 1 के अनुसार शन्ट मोटर में फील्ड को आर्मेचर आपूर्ति के सिरों पर आर-पार जोड़ा जाता है। तदनुसार फील्ड करंट और फील्ड फ्लक्स स्थिर रहते है। शून्य लोड पर प्रचालित करने पर आघूर्ण कम होता है। क्योंकि इसे केवल वाइंडिंग और घर्षण ह्रासों को नियंत्रणी करने की आवश्यकता होती है। स्थिर फील्ड फ्लक्स के कारण आर्मेचर एक बैंकी emf उत्पन्न करेगा जो करंट को उस मान तक सीमित कर देगा, जो केवल आघूर्ण को उत्पन्न करने के लिये आवश्यक होती है।

Fig 1



DC SHUNT MOTOR

DC शन्ट मोटर का स्पीड लोड अभिलाक्षणिक (Speed load characteristic of the DC shunt motor): शन्ट मोटर का वर्गीकरण स्थिर स्पीड मोटरों में किया जाता है अन्य शब्दों में शून्य लोड से पूर्ण लोड के बीच शन्ट मोटर की स्पीड में अतिलघु परिवर्तन होता है। विभिन्न लोडों पर समीकरण 1 का उपयोग DC मोटर की स्पीड को ज्ञात करने के लिये किया जा सकता है।

$$N = \frac{V - I_a R_a}{K_1 \phi} = \frac{E_b}{K_1 \phi} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

जहां

N - rpm में आर्मेचर की स्पीड

V - आरोपित वोल्टता

I_a - एक विशिष्ट लोड पर आर्मेचर करंट

R_a - आर्मेचर प्रतिरोध,

ϕ - प्रतिध्रुव फ्लक्स,

K_1 - एक विशिष्ट मोटर के लिये स्थिरांक मान,

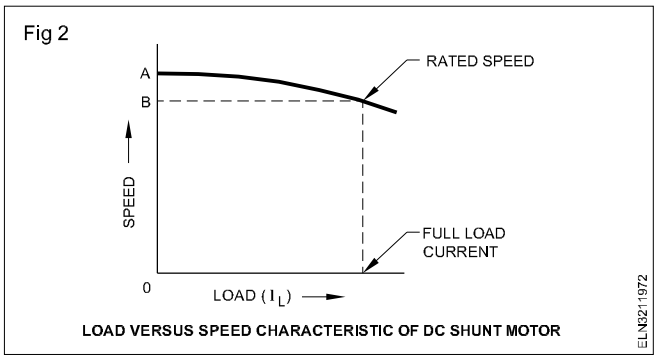
E_b - बैंकी emf

एक शन्ट मोटर में V R_a, K_1, और ϕ लगभग स्थिर मान की हैं और केवल आर्मेचर करंट परिवर्ती है। शून्य लोड पर I_a का मान कम होता है जो अधिकतम स्पीड उत्पन्न करता है। पूर्ण लोड पर $I_a R_a$ वोल्टेज का प्रायः लगभग 5% होता है। वास्तविक मान साइज और मोटर के डिजाइन पर निर्भर होता है, फलस्वरूप फुल लोड पर स्पीड नो लोड मान का लगभग 95% होती है।

हालांकि बैक emf कम होने से गति थोड़ी घट जाती है तब आर्मेचर नो लोड से फुल लोड तक बढ़ा हुआ टार्क बनाने के लिए अधिक करेंट लेती है।

Fig 2 के अनुसार एक DC शन्ट मोटर का स्पीड-लोड अभिलाक्षणिक प्रर्दशित करता है वक्र से ज्ञात होता है कि स्पीड, शून्य लोड स्पीड OA से OB तक जाने पर यदि मोटर पूर्ण लोड निर्गत करती है तो स्पीड कुछ कम हो जाती है यह $I_a R_a$ ड्राप में वृद्धि के कारण होता है। चूंकि ड्राप कम होता है इसलिये DC शन्ट मोटर लगभग स्थिर स्पीड मोटर कही जाती है। इसलिये DC शन्ट मोटर लगभग स्थिर स्पीड मोटर कही जाती है।

Fig 2



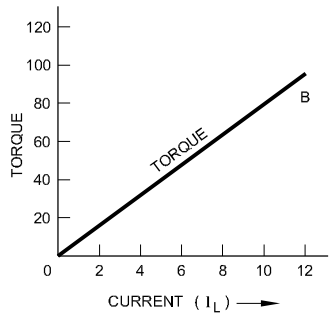
LOAD VERSUS SPEED CHARACTERISTIC OF DC SHUNT MOTOR

DC शन्ट मोटर का आघूर्ण बनाम लोड अभिलक्षणिक (Torque Vs load characteristics of the DC shunt motor): मोटर टार्क फील्ड फ्लक्स और आर्मेचर करंट के गुणनफल का समानुड्रापी होता है चूंकि फील्डफ्लक्स स्थिर है आरेख लोड करंट परिवर्तन के साथ परिवर्तित होता है। Fig 3 में DC शन्ट मोटर का आरेख टार्क बनाम लोड वक्र दिखाया गया है। इससे यह स्पष्ट है कि आरेख लोड अथवा आर्मेचर करंट Ia का समानुड्रापी होता है।

एक शन्ट मोटर का स्टार्टिंग टार्क फुल लोड टार्क का लगभग 1.5 गुना होता है जो यह संकेत करता है कि शन्ट मोटर का स्टार्टिंग आरेख उतना अधिक नही होता है जितना कि सिरिज मोटर का लेकिन इसका स्पीड नियामन कही अधिक उत्तम होता है।

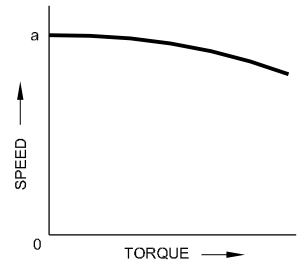
आघूर्ण बनाम स्पीड अभिलाक्षणिक (Torque Vs speed characteristics): Fig 4 में एक DC शन्ट मोटर का टार्क, स्पीड अभिलक्षणिक प्रदर्शित किया गया है वक्र से प्राप्त होता है कि आघूर्ण में वृद्धि स्पीड पर नगण्य प्रभाव डालती है। टार्क में वृद्धि होने पर स्पीड में कुछ कमी होती है।

Fig 3



TORQUE VERSUS LOAD CHARACTERISTIC CURVE

Fig 4



SPEED VERSUS TORQUE CHARACTERISTIC OF DC SHUNT MOTOR

DC शन्ट मोटर का अनुप्रयोग (Application of DC shunt motor): स्थिर स्पीड के लिये एक DC शन्ट मोटर सर्वोत्तम होती है। यह अनेक औद्योगिक अनुप्रयोगों की आवश्यकताओं को पूरा करती है कुछ विशिष्ठ अनुप्रयोग मशीन टूल्स, लकड़ी समतलक, वृत्ताकार आरा, ग्राइंडर्स, पालीशर्स, प्रिंटिंग प्रक्रिया, ब्लोअर्स और मोटर जनरेटर इत्यादि हैं।

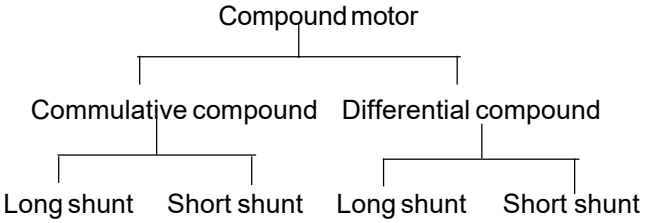
एक शन्ट मोटर पर कार्य करते समय कभी भी फील्ड परिपथ न खोले जब यह प्रचालन अवस्था में है। यदि ऐसा होता है तो फ्लक्स केवल अवशिष्ट फील्ड के कारण होता है और मोटर की स्पीड खतरनाक परिमाण तक बढ जाती है। लघु लोड पर यह स्पीड खतरनाक स्थिति तक अधिक हो सकती है और आर्मेचर निकल कर दूर जा सकता है।

DC कम्पाउंड मोटर - लोड विशेषताएँ (DC compound motor - load characteristics)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **DC मोटर्स के अनुप्रयोग और प्रकारों को बताने में**
- **एक DC यौगिक मोटर के अभिलक्षाणिक बताने में**
- **एक विभेदीय यौगिक मोटर के स्टार्टिंग समय देखी की गई सावधानियों को बताने में ।**

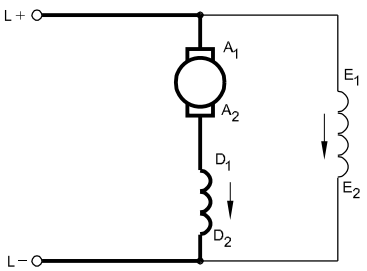
DC यौगिक मोटर (DC compound motor): एक DC यौगिक मोटर के ध्रुवों में वांछित मुख्य फ्लक्स उत्पन्न करने के लिये शन्ट और सिरिज दोनों फील्ड होते है। एक DC यौगिक मशीन को एक मोटर अथवा जनरेटर की भांति प्रयोग में लाया जा सकता है। इसका वर्गीकरण नीचे बताये गये कि भांति किया जा सकता है।



संचयी यौगिक मोटर (Cumulative compound motor): जब एक DC यौगिक मोटर का सिरिज फील्ड इस प्रकार संयोजित किया जाता है कि शन्ट फील्ड द्वारा उत्पन्न फ्लक्स में यह सहायक होता है जैसा कि Fig 1 में दिखाया गया है तो तब इसे संचयी यौगिक मोटर कहते है।

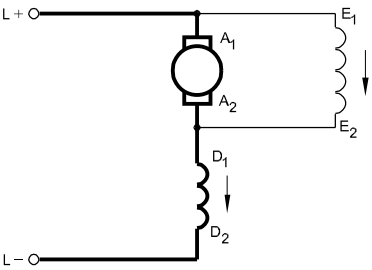
शन्ट फील्ड संयोजन के अनुसार इसको लांग शंट (long shunt) (Fig 1) और लघु शन्ट (short shunt) (Fig 2) संचयी यौगिक मोटर के रूप में उप विभाजित किया जा सकता है।

Fig 1



CUMULATIVE COMPOUND MOTOR (LONG SHUNT)

Fig 2

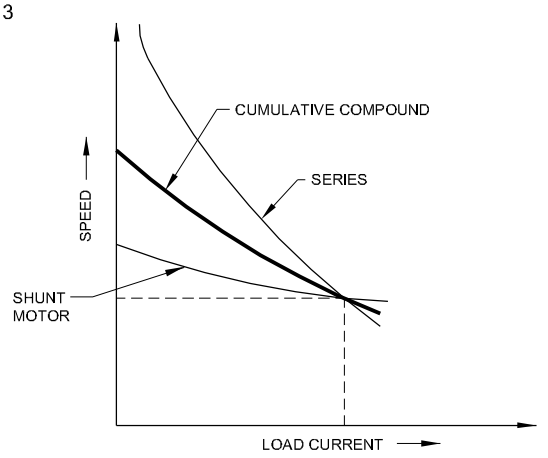


CUMULATIVE COMPOUND MOTOR (SHORT SHUNT)

चूंकि इस मोटर में शन्ट और सिरिज दोनों फील्ड होते है इसका संयुक्त व्यवहार शन्ट और सिरिज मोटर की भांति होता है, जो दोनों फील्डों द्वारा उत्पन्न फ्लक्स के परिमाण पर निर्भर करता है। यदि पूर्ण लोड पर सिरिज एम्पियर टर्न, शन्ट एम्पियर टर्न की तुलना में अधिक प्रभाव शाली है तो शन्ट मोटर की तुलना में इसका स्टार्टिंग टार्क अधिक होता है और इसकी स्पीड शन्ट मोटर की तुलना में अधिक कम होती है। यदि पूर्ण लोड पर शन्ट एम्पियर टर्न सिरिज एम्पियर टर्न की तुलना में अधिक प्रभाव शाली है तो मोटर लगभग शन्ट मोटर की भांति कार्य करती है। लेकिन इसकी स्पीड शन्ट मोटर की तुलना में कुछ अधिक होती है।

स्पीड लोड अभिलक्षाणिक (Speed -load characteristic): Fig 3 में एक संचयी यौगिक मोटर का स्पीड लोड अभिलक्षणिक दिखाया गया है और तुलना के लिये सिरिज और शन्ट मोटर भी दिखाया गया है। इस मोटर की स्पीड शन्ट मोटर की तुलना में अधिक कम होती है लेकिन सिरिज मोटर की तुलना में कम होती है। चूंकि स्पीड लोड वक्र DC सिरिज मोटर की भांति न होकर Y अक्ष से स्टार्ट होती है संचयी यौगिक मोटर नो लोड पर एक विशिष्ट स्पीड पर चल सकती है।

Fig 3

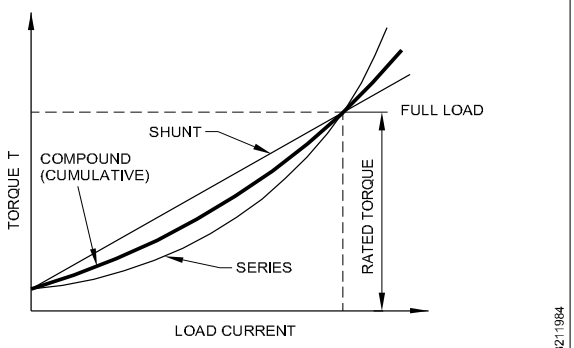


SPEED-LOAD CHARACTERISTIC OF CUMULATIVE COMPOUND MOTOR

आर्मेचर और सीरीज फील्ड प्रतिरोध के कारण हुए संयुक्त वोल्टेज ड्राप के कारण लोड पर स्पीड में अधिक गिरावट होता है।

आघूर्ण लोड अभिलक्षणिक (Torque - load characteristic): Fig 4 में एक संचयी यौगिक मोटर का और तुलना के लिये सिरिज और शन्ट मोटरों का आरेख लोड अभिलाक्षणिक प्रदर्शित किया गया है। फुल लोड तक संचयी यौगिक मोटर में उत्पन्न टार्क शन्ट मोटर की तुलना में कम होता है लेकिन सिरिज मोटर की तुलना में अधिक होता है।

Fig 4

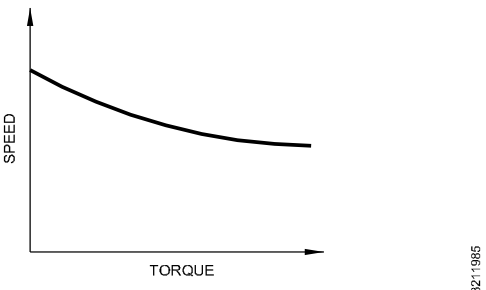


TORQUE-LOAD CHARACTERISTIC OF COMPOUND MOTOR (CUMULATIVE)

लेकिन स्टार्टिंग के समय स्टार्टिंग करंट फुल लोड करंट का लगभग 1.5 गुना होती है इसलिये संचयी यौगिक मोटर एक उच्च आघूर्ण उत्पन्न करती है जो स्टार्टिंग के समय शन्ट मोटर की तुलना में उत्तम होता है।

आघूर्ण स्पीड अभिलक्षाणिक (Torque - speed characteristic): Fig 5 में एक संचयी यौगिक मोटर का आरेख स्पीड अभिलक्षणिक दिखाया गया है। चूंकि मोटर का कुल फ्लक्स लोड के साथ बढ़ता है, स्पीड कम होती है लेकिन आघूर्ण में वृद्धि होती है। चूंकि आउटपुट शक्ति स्पीड और आघूर्ण के गुणनफल की समानुड्रापी होती है संचयी योगिक मोटर को लोड के अचानक ओवर लोड नहीं किया जा सकता जैसे रोलिंग्स मिल्स में होता है ।

Fig 5



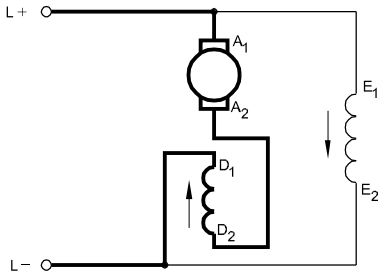
TORQUE SPEED CHARACTERISTIC OF A CUMULATIVE COMPOUND MOTOR

एक संचयी यौगिक मोटर के अनुप्रयोग (Application of cumulative coumpound motors): यौगिक मोटरों का उपयोग उन मशीनों को प्रचालित करने में होता है जिनमें परिवर्तीय लोड के अन्तर्गत अपेक्षाकृत स्थिर स्पीड की आवश्यकता होती है। इनका प्रयोग बहुधा उन मशीनों में होता है। जहां हेवी लोड जैस प्रेस, कतरनी, संपीणन, विलोमकटूल्स, स्टील रोलिंग मशीन और एलीवेटर का अचानकप्रयोग आवश्यक होता है। यौगिक मोटरों का उपयोग उस स्थिति में भी होता है जहां मोटर की रक्षा हेवी लोडों के अर्न्तगत स्पीड को कम करके की जाती है लेकिन मोटर के साथ फ्लाईव्हील के उपयोग से स्पीड को लगभग स्थिर रखने में सहायता होती है। क्योंकि फ्लाई व्हील में भण्डारित ऊर्जा का परिवर्तन लोडी लोडों के लिये हो जाता है । कम लोडों के अर्न्तगत फ्लाई व्हील में गतिज ऊर्जा भण्डारित रहती है।

एक यौगिक मोटर के शन्ट फील्ड को उस समय कभी भी न खोले जब यह उच्च लोड पर प्रचालित है।

विभेदक यौगिक मोटर (Differential compound motor): जब एक DC यौगिक मोटर के सिरिज फील्ड को इस प्रकार संयोजित किया जाता है कि इसका फ्लक्स शन्ट फील्ड द्वारा उत्पन्न फ्लक्स का विरोध करता है जैसा कि Fig 6 में दिखाया गया है, इसे विभेदक यौगिक मोटर कहते है।

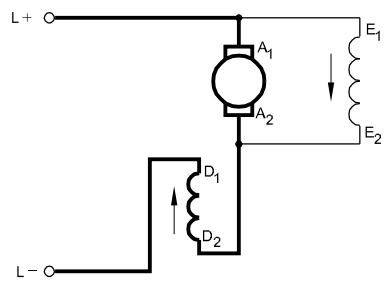
Fig 6



DIFFERENTIAL COMPOUND MOTOR (LONG SHUNT)

शन्ट फील्ड संयोजन के अनुसार यौगिक मोटर को लांग शंट (Fig 6) और शार्ट शंट विभेदक मोटर (Fig 7) के अनुसार उपविभाजित किया जा सकता है।

Fig 7



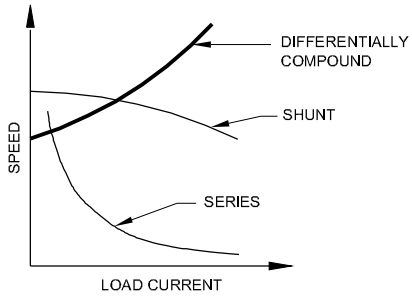
DIFFERENTIAL COMPOUND MOTOR (SHORT SHUNT)

ELN3211987

चूंकि सिरिज फील्ड फ्लक्स की दिशा शन्ट फील्ड फ्लक्स के विपरीत होती है स्टार्टिंग के समय कुछ समस्या होती है। स्टार्टिंग के समय शन्ट फील्ड को निर्मित होने में कुछ समय लगता है जबकि सिरिज फील्ड और आर्मेचर से करंट का हैवी प्रवाह होगा, इसलिये मोटर की प्रवृत्ति में स्टार्टिंग की होती है। जब शन्ट फील्ड पूर्ण रूप से स्थापित हो जाता है कुल फ्लक्स जो सिरिज और शन्ट फील्ड फ्लक्स का अन्तर होता है इतना कम हो सकता है, कि मोटर घूमने के लिये वांछित पर्याप्त आघूर्ण उत्पन्न न कर सके। इसलिये यह परामर्श दिया जाता है कि परिवर्तन के समय विभेदक यौगिक मोटर के सिरिज फील्ड को लघु पथित कर दें और जब मोटर प्रचालित हो गई है तो परिपथ में सिरिज फील्ड को सम्मिलित कर दें।

विभेदक यौगिक मोटर का अभिलाक्षणिक (Characteristics of a differential compound motor): Fig 8 के अनुसार विभेदक यौगिक मोटर का स्पीड लोड अभिलक्षणिक यह इंगित करता है कि लोड में वृद्धि होने पर मोटर की स्पीड में वृद्धि होती है क्योंकि लोड में वृद्धि होने पर कुल फ्लक्स में कमी होती है।

Fig 8

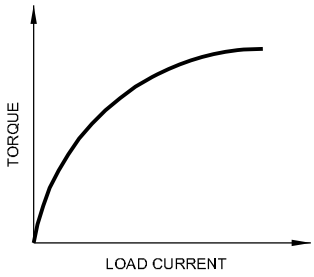


SPEED - LOAD CHARACTERISTIC CURVE OF A DIFFERENTIAL COMPOUND DC MOTOR

ELN3211988

Fig 9 में प्रदर्शित DC विभेदक यौगिक मोटर का आघूर्ण लोड अभिलक्षणिक इंगित करता है कि लोड में वृद्धि होने पर आघूर्ण में वृद्धि होती है।

Fig 9

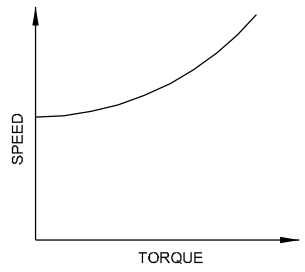


TORQUE - LOAD CHARACTERISTIC CURVE OF A DIFFERENTIAL COMPOUND DC MOTOR

ELN3211989

Fig 10 में आघूर्ण स्पीड अभिलक्षणिक प्रदर्शित किया गया है जो यह इंगित करता है कि मशीन में स्पीड और आघूर्ण दोनों में वृद्धि होती है परिणाम स्वरूप प्रारम्भ में मशीन में अधिक लोड होता है और एक अस्थाई स्थिति प्राप्त होती है।

Fig 10



TORQUE-SPEED CHARACTERISTIC CURVE OF A DIFFERENTIAL COMPOUND DC MOTOR

ELN3211988A

DC विभेदक यौगिक मोटर का अनुप्रयोग (Application of DC diffrentail compound motor): इस मोटर का उपयोग सामान्यतः अधिक लोड पर इसके अस्थाई व्यवहार के कारण प्रायः नही होता है। इस मोटर का उपयोग उस स्थिति में खतरनाक होता है जब तक पूर्ण लोड मान पर लोड के अधिक होने की सम्भावना नही होती है क्योंकि इसे पूर्ण लोड सीमाओं के अन्तर्गत कार्य करने के लिये डिजाइन किया गया है।

DC मोटर की चाल नियन्त्रक विधियां और उनके अनुप्रयोग (Speed control methods of a DC motor and their applications)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

• एक DC मोटर का सिद्धान्त और उसकी स्पीड नियन्त्रक विधियों को स्पष्ट करने में

DC मोटर में स्पीड नियन्त्रण का सिद्धान्त (Principle of speed control in DC motors) : कुछ औद्योगिक अनुप्रयोगों में स्पीड का परिवर्तन की आवश्यकता होती है। DC मोटर में स्पीड को किसी निर्दिष्ट मान तक सुगमता से परिवर्तित किया जा सकता है। यह मुख्य कारण है कि कुछ उद्योगों में चालन के लिये AC मोटर की तुलना में DC मोटर को वरीयता दी जाती है। DC मोटर की स्पीड परिवर्तन का नियम निम्न सरल सम्बन्ध पर आधारित है।

यह ज्ञात है कि आरोपित वोल्टता = पश्च emf + आर्मेचर प्रतिरोध वोल्टता ड्राप।

$V = E_b + I_a R_a$

इसलिये $E_b = V - I_a R_a$ साथ ही

पश्च emf $E_b = \frac{P\phi N}{60} \times \frac{Z}{A} = K\phi N$

जहां K एक स्थिरांक है

इसलिये $N = \frac{E_b}{K\phi} = \frac{V - I_a R_a}{K\phi}$ ..... (समीकरण 1)

ऊपर के व्यंजक से यह स्पष्ट है कि एक DC मोटर की स्पीड पश्च emf E_b की समानुड्रापी और फ्लक्स ϕ की विलोमानुड्रापी होती है। इस प्रकार DC मोटर की स्पीड को पश्च emf E_b अथवा फ्लक्स ϕ अथवा दोनों से परिवर्तित किया जा सकता है। वास्तव में पश्च emf आर्मेचर के सिरों पर कम होती है, स्पीड कम होती है, और यदि फ्लक्स में कमी होती है तो स्पीड में वृद्धि होती है। ऊपर के सिद्धान्त पर आधारित DC मोटर की स्पीड को नियन्त्रित करने की निम्न सर्वाधिक सामान्य विधियां है।

DC शन्ट मोटर और यौगिक मोटरों में स्पीड नियन्त्रण की विधियां (Method of speed control in DC shunt motors and compound motors)

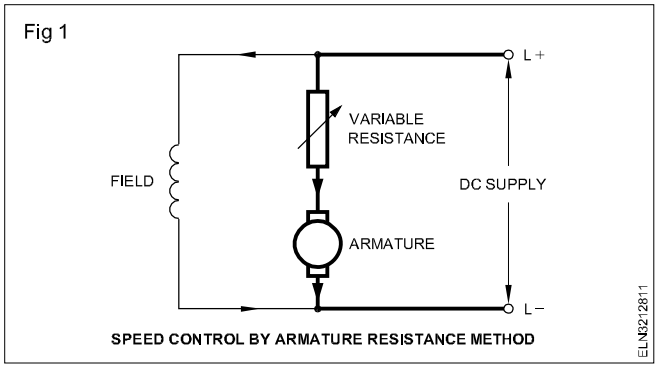
आर्मेचर नियन्त्रण विधि (Armature control method) : यह विधि इस सिद्धान्त पर कार्य करती है DC मोटर की स्पीड पश्च emf को परिवर्तित करके बदली जा सकती है। क्योंकि पश्च emf = V-$I_a R_a$, आर्मेचर प्रतिरोध को परिवतर्तित करके हम विभिन्न स्पीडें प्राप्त कर सकते है। एक परिवर्तित प्रतिरोध जिसे नियन्त्रक कहते है आर्मेचर के साथ Fig 1 के अनुसार सिरिज में सम्बन्धित किया जाता है। नियन्त्रक का चयन आर्मेचर करंट को लम्बी अवधि तक वहन करने के लिये चयनित करना चाहिये।

माना कि मोटर की प्रारम्भिक और अन्तिम स्पीडें N_1, N_2 है। तथा पश्च emf क्रमशः Eb_1, Eb_2 है। तो

$N_1 = Eb_1/K$ ..... समीकरण 2

$N_2 = Eb_2/K$ ..... समीकरण 3

Fig 1



SPEED CONTROL BY ARMATURE RESISTANCE METHOD

समीकरण 3 को समीकरण 2 से भाग देने पर हमें

$N_2 = \frac{Eb_2 N_1}{Eb_1}$ प्राप्त होता है।

आर्मेचर परिपथ में नियंत्रक प्रतिरोध मान को परिवर्तन करके पश्च emf को Eb_1 से Eb_2 तक परिवर्तित किया जा सकता है जिससे स्पीड N_1 से N_2 परिवर्तित की जा सकती है।

लाभ (Advantages)

यह विधि स्थिर लोड चालन के लिये उपयुक्त है जहां स्पीड परिवर्तन कम स्पीड से सामान्य स्पीड तक आवश्यक होते है।

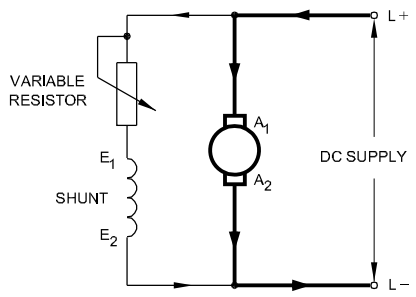
दोष (Disadvantages) :

- केवल सामान्य से कम स्पीडें प्राप्त की जा सकती है।
- वांछित स्पीड सेटिंग के पश्चात स्पीड में परिवर्तन न केवल नियंत्रण प्रतिरोध द्वारा होती है अपितु भार के करण भी परिवर्तन होती है। इसलिये भार परिवर्तन होने पर स्थायी स्पीड बनाकर नहीं रखा जा सकता ।
- नियंत्रक प्रतिरोध में उच्च करंट निर्धारण के कारण शक्ति ह्रास उच्च होता है जिससे मोटर की दक्षता कम होती है।
- नियन्त्रक प्रतिरोध का मूल्य उच्च होता है क्योंकि इसका डिजाइन आर्मेचर करंट को ले जाने के लिये किया जाता है।
- नियन्त्रक प्रतिरोध में उत्पन्न ऊष्मा का विसरण करने के लिये मूल्यवान व्यवस्था आवश्यक होती है।

आर्मेचर नियन्त्रक विधि का अनुप्रयोग (Application of the armature control method): प्रिंटिंग मशीन, क्रेन्स, होएस्ट में प्रयुक्त यौगिक मोटर और DC शन्ट के लिये उपयुक्त है जहां लघु (निम्न) स्पीड संचालन अवधि अल्पतम होती है।

शन्ट फील्ड नियन्त्रण विधि (The shunt field control method) : यह विधि इस सिद्धान्त पर कार्य करती है कि DC मोटर की स्पीड को फील्ड फ्लक्स को परिवर्तन कर नियंत्रित किया जा सकता है। इसके लिये परिवर्ती प्रतिरोध (रिहास्टेट) Fig 2 के अनुसार शन्ट वाइंडिंग के सिरिज में संयोजित कर दिया जाता है।

Fig 2



SHUNT FIELD CONTROL CIRCUIT

जब फील्ड परिपथ में प्रतिरोध बढाया जाता है, तब फील्ड करंट और फ्लक्स कम हो जाता है, फ्लक्स में कमी के कारण स्पीड में वृद्धि होती है।

लाभ (Advantages) :

- केवल उच्च स्पीडें अर्थात सामान्य स्पीड से ऊपर ही प्राप्त की जा सकती है। जो शून्य भार से पूर्ण भार पर स्थायी होगी।
- चूंकि फील्ड करंट का परिमाण कम है फील्ड रिहास्टेट में शक्ति ह्रास अल्पतम होता है।
- नियन्त्रण सुगम किफायली और दक्ष होता है।

दोष (Disadvantages):

- अति निर्बल फील्ड के कारण अधिकतम स्पीड पर न्यूनतम आघूर्ण प्राप्त होता है।
- निबर्ल फील्ड के साथ उच्च स्पीडों पर संचालन से कम्युटेशन में कठिनाइयां उत्पन्न होती है, यदि अन्तर ध्रुवों का उपयोग न किया जाय।

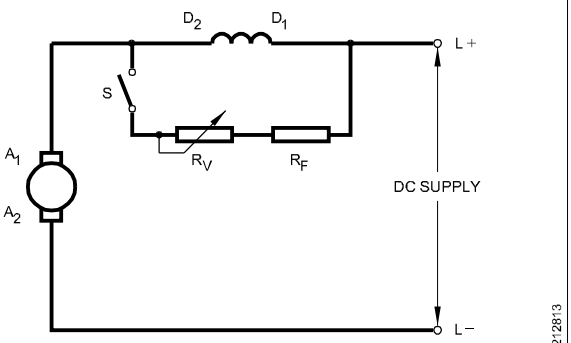
शन्ट फील्ड नियंत्रण का अनुप्रयोग (Application of shunt field control): यह विधि सर्वाधिक व्यापक रूप से प्रयुक्त स्पीड नियन्त्रक विधि है जहां स्पीड सामान्य से ऊपर आवश्यक होती है, साथ ही मोटर पर आरोपित लोड प्रायः परिवर्तित होता है।

DC सिरिज मोटर में स्पीड नियन्त्रण की विधि (Method of speed control in DC series motors):

फील्ड अपवर्तक विधि (Field diverter method): एक परिवर्ती प्रतिरोध जिसे डाइवर्टर कहते है फील्ड वाइंडिंग के साथ समान्तर में जोडा जाता है। जैसा कि Fig 3 में दिखाया गया है। डाइवर्टर के परिवर्ती भाग को R_V से व्यक्त किया गया है और R_F स्थिर भाग है। R_V का प्रकार्य सिरिज वाइंडिंग को डाइवर्टर के प्रचालित होने पर लघु पथित होने से रोकना है।

$R_V + R_F$ का मान जितना कम होगा सिरिज वाइंडिंग से उतनी अधिक करंट अपवर्तित (diverted) होगी। और मोटर की स्पीड उतनी ही अधिक होगी। एक दी गई इनपुट करंट के लिये न्यूनतम स्पीड स्विच S को खोल कर प्राप्त की जाती है जिससे डाइवर्टर द्वारा परिपथ बंद होता है।

Fig 3

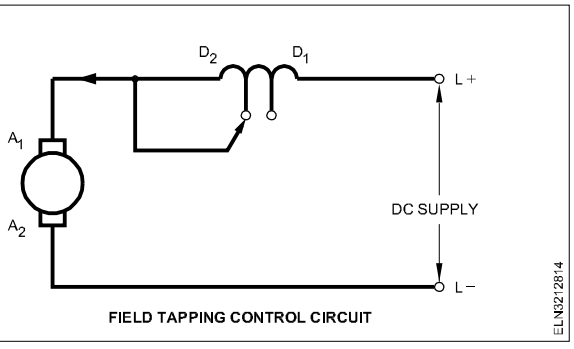


FIELD DIVERTER CONTROL CIRCUIT

सिरिज फील्ड अपवर्तक विधि का अनुप्रयोग (Application of the series field diverter method): इस विधि का उपयोग मुख्य रूप से विद्युत रेलगाडियों की स्पीड नियन्त्रण में किया जाता है। इस विधि द्वारा केवल सामान्य स्पीड से ऊच्च स्पीडे प्राप्त की जा सकती है और डाइवर्टर में शक्ति ह्रास काफी अधिक होता है।

फील्ड टेपिंग विधि (Field tapping method): Fig 4 के अनुसार वाइंडिंग पर एक टेपिंग व्यवस्था निर्मित की जाती है फील्ड वाइंडिंग के प्रभावकारी लपेटों की संख्या को परिवर्तित करके स्पीड को नियन्त्रित किया जा सकता है। मोटर परिपथ का परिवर्तन कुल वाइंडिंग सम्मिलित करके कराना चाहिये और तब स्पीड को उचित टेपिंग पर नियोजित करके परिवर्तित कर सकते है। इस प्रावधान का सामावेश स्विचगेयर में होना चाहिये अन्यथा यदि टेपिंग को निम्न स्थिति पर रखा गया और मोटर स्टार्ट की गई तो स्टार्ट के समय ही मोटर उच्च स्पीड से दौडती है जो अवांछनीय है।

Fig 4



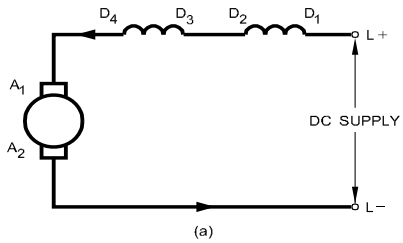
FIELD TAPPING CONTROL CIRCUIT

सिरिज फील्ड टैपिंग विधि का अनुप्रयोग (Application of series field tapping method): इस विधि का उपयोग फुड मिक्सर, पंखों इत्यादि जैसी छोटी मोटर्स में होता है।

सिरिज समान्तर विधि (Series parallel method): Fig 5a दर्शाता है कि एक सीरीज मोटर के दो अर्द्ध फील्ड वाइंडिंग सिरिज कम में संयोजित है । यदि Fig 5b के अनुसारफील्ड वाइंडिंग के दो अर्धो का समान्तर में जोड दिया जाय तो सप्लाई से ली गई करंट I के लिये प्रत्येक फील्ड वाइंडिंग में करंट आधी रह जाती है। इसलिये फ्लक्स आधा रह जाता है और स्पीड में वृद्धि होती है।

सिरिज समान्तर विधि का अनुप्रयोग (Apllication of series parallel method): यद्यपि केवल दो स्पीडें सम्भव है, यह सरलतम विधि है इस विधि का प्रयोग प्रायः पंखा मोटर की स्पीड को नियन्त्रित करने में किया जाता है।

Fig 5

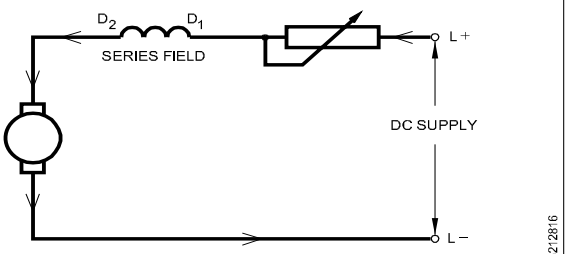


SERIES-PARALLEL METHOD OF CONTROL

ELN321215

आपूर्ति वोल्टता नियन्त्रण विधि (Supply voltage control method): Fig 6 के अनुसार मोटर के साथ सिरिज में एक नियन्त्रक (परिवर्ती प्रतिरोध) संयोजित किया जाता है। इस विधि का प्रयोग शून्य स्पीड से पूर्ण स्पीड तक नियन्त्रित करने में किया जाता है इस विधि का दोष यह है कि इसमें ऊष्मा के रूप में नियन्त्रक प्रतिरोध में ऊर्जा ह्रास होता है, लेकिन SCR आधारित नियन्त्रित परिपथ के लाने से अल्पतम शक्ति ह्रास के साथ मोटर को परिवर्ती आपूर्ति वोल्टता प्राप्त होती है। इस विधि का व्यापक उपयोग आधुनिक बडी मशीनों में किया जाता है जहां शक्ति ह्रास मुख्य तथ्य होता है।

Fig 6

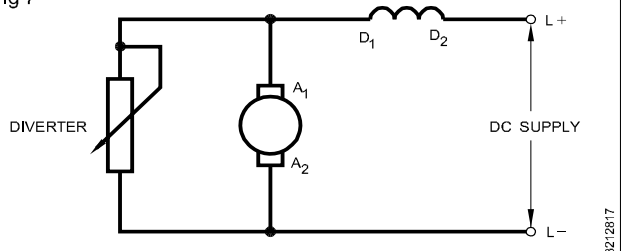


VOLTAGE CONTROL CIRCUIT

ELN321216

आर्मेचर अपवर्तक विधि (Armature diverter method): इस विधि में Fig 7 के अनुसार एक परिवर्ती प्रतिरोधक जिसे ड्राइवर्टर कहते है आर्मेचर के सिरों पर जोडा जाता है। इस विधि द्वारा आर्मेचर करंट को सिरिज मोटर के लिये निर्धारण मान से कम स्पीड पर बदलने करने के लिये नियंत्रित की जाती है।

Fig 7



ARMATURE DIVERTER CONTROL CIRCUIT

ELN321217

एक स्थिर आघूर्ण पर प्रचालित मोटर के लिये यदि आर्मेचर करंट आर्मेचर डाइवर्टर से कम की जाती है तो लाइन करंट आघूर्ण प्राप्त होने से बढती है। जिससे सिरिज फील्ड करंट में वृद्धि होती है यह बढ़ा हुआ फील्ड धारा, स्पीड को कम करती है।

यह विधि निरर्थक, महंगी और परिवर्तीय भारों के लिये अनपयुक्त होती है।

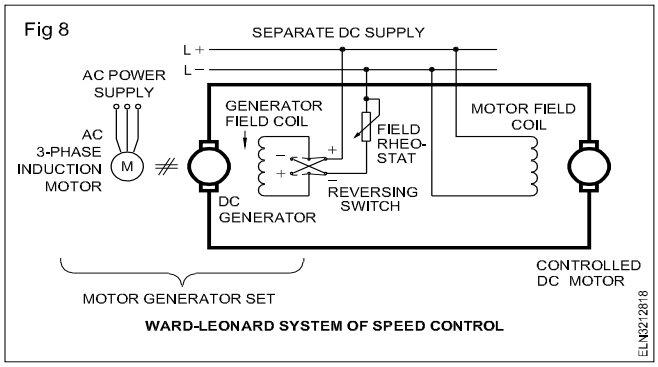
DC सिरिज मोटर के लिये दिखायी गई स्पीड नियन्त्रक विधियां यौगिक मोटर्स के लिये प्रयुक्त नही की जा सकती । क्योंकि इन समायोजनों से यौगिक मोटर छूटा है का प्रदर्शन अभिलाक्षणिक आवश्यक रूप से चेंज होगा।

स्पीड नियन्त्रण की वार्ड -लियोनार्ड पद्धति (Ward - Leonard system of speed control): अभी तक बतायी गई सभी विधियों से यह स्पष्ट है कि स्पीड का शून्य से सामान्य के ऊपर किसी भी विधि द्वारा परिवर्तित नही किया जा सकता और ऐसा कर सकने के लिये कम से कम दो विधियों की आवश्यकता को संयोजन होती है साथ ही ऊपर वर्णित नियत्रकों की दक्षता कम है, शक्ति ह्रास और लोड परिवर्तन की अस्थिरता के कारण होती है।

शून्य से सामान्य के ऊपर तक सुगमता से स्पीड परिवर्तन के लिये जिसमें सभी भारों के लिये स्पीड की स्थिरता निहित हो एक समंजन योग्य स्पीड नियन्त्रक के वोल्टता निकाय द्वारा की जाती है जिसे स्पीड नियन्त्रण का वार्ड लियोनार्ड पद्धति कहते है।

इस पद्धति में एक DC जनरेटर को एक स्थिर स्पीड DC मोटर अथवा एक AC 3 कला प्रेरण मोटर से यांत्रिक रूप में युग्मित किया जाता है जैसा कि Fig.8 में दिखाया गया है। DC जनरेटर से उत्पन्न सप्लाई को नियन्त्रित DC मोटर के सीधा आर्मेचर में दिया जाता है। DC जनरेटर और नियन्त्रित DC मोटर दोनों के फील्ड एक उपयुक्त DC आपूर्ति से पृथक रूप से उत्तेजित किये जाते है। DC जनरेटर का फील्ड एक फील्ड रिहास्टेट से और एक परिवर्तक स्विच से उत्पन्न वोल्टेज को और ध्रुवता को परिवर्तित करने के लिये नियन्त्रित किया जाता है। इसके कारण नियन्त्रित DC मोटर को आपूर्ति में व्यापक परास परिवर्तन हो सकता है और आपूर्ति वोल्टता ध्रुवता का उत्क्रमण भी सम्भव है। इसके कारण नियन्त्रित DC मोटर की स्पीड शून्य से सामान्य स्पीड तक और आवश्यकता पडने पर घूर्णन दिशा भी परिवर्तित की जा सकती है नियन्त्रित DC मोटर की स्पीड को जनरेटर की सप्लाई वोल्टता को एक उपयुक्त स्तर तक कम करके शून्य तक लाया जा सकता है।

Fig 8



WARD-LEONARD SYSTEM OF SPEED CONTROL

ELN321218

लाभ (Advantages)

- इस निकाय से कम जैसे शून्य और उच्च जैसे सामान्य स्पीड की दो गुना स्पीड प्राप्त की जा सकती है।
- नियन्त्रित DC मोटर की घूर्णन की दिशा को जनरेटर के फील्ड में नियन्त्रक को उल्टा करके परिवर्तित किया जा सकता है।
- चूंकि फील्ड रिहोस्टेट में अधिक शक्ति ह्रास नही होता है उच्च दक्षता पर स्पीड परिवर्तन प्राप्त किये जाते है।

- नियन्त्रित DC मोटर की स्पीड लोड से स्वतन्त्र होती है।

दोष (Disadvantage)

इस विधि में तीन मशीनों के प्रचालन के कारण प्रारम्भिक मूल्य उच्च और संपूर्ण दक्षता कम होती है।

वार्ड लियोनार्ड स्पीड नियन्त्रण विधि का अनुप्रयोग (Application of the Ward- Leonard speed control method) : इस प्रणाली का प्रयोग स्टील रोलिंग मिल्स, पेपर मिल संचालन, उचालक (Hoists), उत्थापित (Elevator) इत्यादि में किया जाता है। जहां बड़े पैसाने में यथार्थ स्पीड नियन्त्रण आवश्यक होता है। भारतवर्ष में आज भी DC मोटर्स का उपयोग आधुनिक स्टील रोलिंग मिल्स, भारी उद्योग जैसे BHEL, HMT इत्यादि में वैद्युत प्रचालकों की भांति किया जाता है। आधुनिकी करण के कारण यह DC मोटर्स ट्रांजिस्टर, डायोड्स, थाइरिस्टर्स और माइक्रोप्रोसेसर्स जैसी सोलेड स्टेट नियंत्रण युक्तियों से संयोजित होती है जिससे प्रचालन में मानव त्रुटियां निरस्त हो और दोष रहित, सेवा अनुरक्षण, स्पीड नियन्त्रण के मौलिक सिद्धान्तों द्वारा किया जा सके जैसा कि पहले बताया जा चुका है।

नियन्त्रण प्रतिरोध के गणना की विधि और नवीन चाल (Method of calculation of control resistance and new speed)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **नियन्त्रण प्रतिरोध के मान की गणना की विधि का विवरण देने में जब मोटर की पूर्ण लोड करंट आर्मेचर प्रतिरोध और आरोपित वोल्टता ज्ञात है।**

हमें पहले के विवरण से ज्ञात है कि एक DC मोटर की स्पीड

$$N = \frac{V - I_a R_a}{K\phi} = \frac{E_b}{K\phi}$$

जहां

V = मोटर की निर्धारित वोल्टता

Ia = आर्मेचर धारा

Ra = आर्मेचर प्रतिरोध

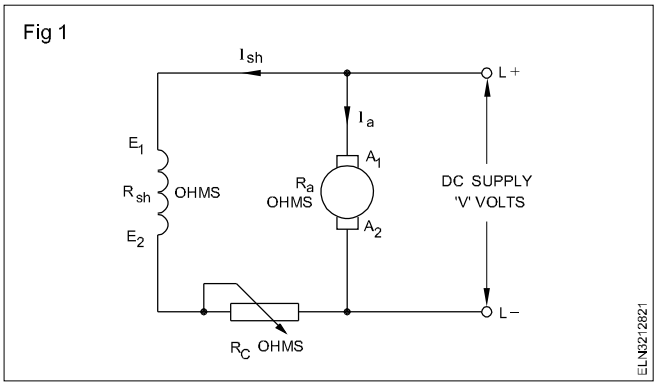
K = एक विशेष मोटर के लिये स्थिरांक है

ϕ = मोटर का वेबर्स प्रतिध्रुव में फ्लक्स है।

N = rpm में स्पीड है।

पूर्व अध्यायों में दी गयी विभिन्न स्पीड नियन्त्रण विधियां इस सूत्र पर आधारित है। इनसे हमें ज्ञात होता है कि मोटर की स्पीड का फ्लक्स ϕ में परिवर्तन करके अथवा पश्च emf Eb = V-IaRa में परिवर्तन करके नियन्त्रित किया जा सकता है। इनकों प्राप्त करने के लिये हमने ज्ञात किया कि नियन्त्रण प्रतिरोध को फील्ड अथवा आर्मेचर परिपथों से सम्बन्धित किया जाता है। जब नियन्त्रण प्रतिरोध योगित होता है स्पीड परिवर्तित होगी। एक विद्युत कर्मी नियन्त्रण प्रतिरोध जिसे परिपथ में एक अभिकल्पित स्पीड को प्राप्त करने के लिये नियन्त्रण प्रतिरोध के मान को ज्ञात कर लेने की स्थिति में होता है। नियन्त्रण प्रतिरोध का मान जिससे नई स्पीड प्राप्त करनी है, की गणना नीचे दी गई सूचना के आधार पर की जा सकती है। (Fig 1)

Fig 1



Method of calculating control resistance in series with the shunt field

शन्ट फील्ड के साथ सिरिज में नियन्त्रक पतिरोध की गणना की विधिः अब माना

E_{b1} = N_1 स्पीड पर पश्च emf

E_{b2} = N_2 स्पीड पर पश्च emf

N_1 = स्पीड जिस पर यह घुम रही है।

N_2 = नवीन स्पीड/ परिवर्तित स्पीड

I_{F1} = N_1 पर फील्ड करंट

I_{F2} = N_2 पर फील्ड करंट

R_t = कुल शन्ट फील्ड परिपथ प्रतिरोध

R_{SH} = शन्ट फील्ड प्रतिरोध

R_C = शन्ट फील्ड के साथ सिरिज में नियन्त्रण प्रतिरोध का मान

तब $\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{K\phi_1 N_1}{K\phi_2 N_2}$

चूंकि ϕ फील्ड करंट I_F की समानुड्रापी है।

इसलिये $\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{KI_{F1}N_1}{KI_{F2}N_2}$

इसलिये न्यू स्पीड $N_2 = \frac{E_{b2}I_{F1}N_1}{E_{b1}I_{F2}}$

और I_{F2} = आरोपित वोल्टता / शन्ट फील्ड परिपथ प्रतिरोध = $\frac{V}{R_{sh} + R_C}$

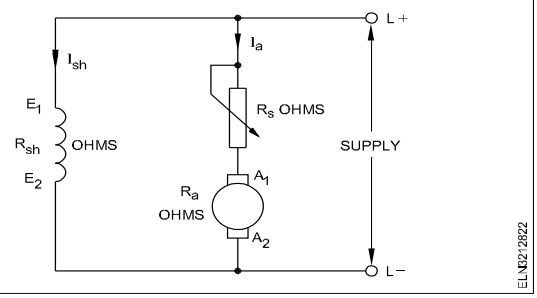
$$R_C = \frac{V}{I_{F2}} - R_{sh}$$

$R_t - R_{sh}$

सिरिज में नियन्त्रण प्रतिरोध की आर्मेचर के साथ गणना विधि (Method of calculating the control resistance in series with hte armature)

Fig.2 के सन्दर्भ में

Fig 2



I_{a1} = N_1 पर आर्मेचर करंट

I_{a2} = N_2 पर आर्मेचर करंट

यदि I_{a1} = I_{a2} तो भार स्थिर आघूर्ण का है।

N_1 = प्रारम्भिक स्पीड

N_2 = नवीन अथवा अन्तिम स्पीड

V = आपूर्ति वोल्टता

R_t = कुल आर्मेचर परिपथ प्रतिरोध

R_s = नियन्त्रण प्रतिरोध

R = आर्मेचर के साथ सिरिज में नियन्त्रण प्रतिरोध

$$N_1 = \frac{E_{b1}}{k\phi} \quad \text{and} \quad N_2 = \frac{E_{b2}}{k\phi}$$

$$N_2 = \frac{N_1 E_{b2}}{E_{b1}} = \frac{N_1(V - I_{a1}R_t)}{(V - I_{a2}R_a)}$$

जहां $R_t = R_s + R_a$

उदाहरण 1: एक 230 वोल्ट्स शन्ट मोटर की स्पीड 1000 rpm है और आर्मेचर करंट 20A है तो फील्ड के साथ जुडने वाले उस प्रतिरोध के मान को ज्ञात करो जिससे अर्मेचर में 30 एम्पियर की करंट होने पर उसकी स्पीड बढकर 1200 rpm हो जाती है। यदि R_a = 0.25 ohm Rsh = 230 ohms है।

चूंकि आर्मेचर करंट 20 से बढ कर 30 एमिपयर हो जाती है हमारे पास दो परिवर्तक E_{b1} और E_{b2} है साथ ही शन्ट फील्ड में प्रतिरोध जोड कर स्पीड में वृध्दि करनी है इसलिये फील्ड करंट I_{F1} से I_{F2} हो जाती है।

$E_{b1} = V - I_{a1} R_a = 230 – (20 \times 0.25) = 230 - 5 = 225V$

$E_{b2} = V - I_{a2} R_a = 230 – (30 \times 0.25) = 230 - 7.5 = 222.5\ V$

$$I_{F1} = \frac{230}{230} = 1\text{amp.}$$

$$\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{I_{F1} N_1}{I_{F2} N_2}$$

$$I_{F2} = \frac{E_{b2} x I_{F1} x N_1}{E_{b1} N_2} = 1\text{amp.}$$

$$\frac{222.5 x 1 x 1000}{225 x 1200} = 0.824$$

$$R_t = \frac{230}{I_{F2}} = \frac{239}{0.824} = 279.12 \text{ ohms.}$$

जहां $R_c = R_t$-230 = 279.12-230=49.12 ohms.

उदाहरण 2 एक DC मोटर की आर्मेचर करंट 20a और 230V आपूर्ति पर स्पीड 1000 rpm इसका आर्मेचर प्रतिरोध एक ओम है। आर्मेचर के साथ सिरिज में जोडे जाने वाले प्रतिरोध की गणना करो जिससे इसकी स्पीड 800 rpm हो जाये।

$E_{b1} = V - I_a R_a = 230 – (20 \times 1) = 230 - 20 = 210V$

$$\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{N_1}{N_2}$$

इसलिये

$$E_{b2} = \frac{E_{b1} \times N_2}{N_1} = \frac{210 \times 800}{1000} = 168 \text{ volts}$$

$E_{b2} = V - I_a R_t$

इसलिये $I_a R_t = V - E_{b2}$ = 230-168=62 volts

इसलिये R_t = 62/20 = 3.1 ohms

$R_s = R_t – R_a$ = 3.1-1= 2.1

उदाहरण 3 एक 240V की सिरिज मोटर 10 एम्पीयर करंट लेती है, जब इसका निर्धारित आउटपुट 2000 rpm है। इसका प्रतिरोध 0.5 ओम है। तो ज्ञात करें कि किस प्रतिरोध को जोडने पर 1500 rpm पर वही अघूर्ण प्राप्त होगा। नियन्त्रण में शक्ति ह्रास का की गणना करें। (चूंकि आघूर्ण वही है इसलिये मोटर द्वारा ली गई करंट वही होगी)

$E_{b1} = V - I_a R_a = 240 – (10 \times 0.5) = 240 - 5 = 235\ V$

$$E_{b2} = \frac{E_{b1} \times N_2}{N_1} = \frac{235 \times 1500}{2000} = 176.3 \text{ volts}$$

$I_a R_t = V - E_{b2}$ = 240-176.3= 63.7 volts

इसलिये $R_t = \frac{I_a R_t}{I_a} = \frac{63.7}{10} = 6.37$ ohms

इसलिये, $R_s = R_t – R_a$ = 6.37-0.5

श्रेणि नियन्त्रण प्रतिरोध = 5.84 ohms

नियन्त्रण प्रतिरोध में शक्ति ह्रास $I_a^2 R_s = 10^2 \times 5.87 = 587$ watt

DC मशीनों में दोष निवारण (Troublshooting in DC machines)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

• दोष निवरण के लिए दोष निवारण चार्ट का उपयोग i) सामान्य रूप से DC मशीन में ii) DC मोटर्स iii) DC जनरेटरों के दोषों को सुधारने में।

DC मशीनों मे वैद्युत समस्यायें होती है जो समान्यतः AC मशीन में नही होती । DC मोटरों और जनरेटरों में कम्यूटेटर्स और ब्रुशेज होते है जो विशेष समस्यायें उत्पन्न करते है। यदि कम्यूटेटर्स का अनुरक्षण उचित प्रकार से हो तो यह अनेकों साल तक लाभदायक सेवा देगा।

सामान्यतः DC मशीनों में दोष निवारण चार्ट 1 में बताया गया है। जबकि चार्ट 2 DC मोटर से संबंधित और चार्ट 3 DC जनरेटरों का विवरण देता है।

चार्ट 1

DC मशीनों के लिये दोष निवरण चार्ट

लक्षण	कारण	निदान
ब्रशेज का अतिशीघ्र घिस जाना अथवा पिग टेल	a अपर्याप्त ब्रुश तनाव	a ब्रुश तनाव का परीक्षण करें
का अतिऊष्मन अथवा कम्यूटेटर पर	b ब्रशों का पूर्ण रूप से न बैठना	b ब्रुश और ब्रश आमुखों का निरीक्षण करें
भारी चिंगारियां अथवा कम्यूटेटर का	c प्रतिस्थापित ब्रशों का दोष पूर्ण साइज	c प्रतिस्थापन के लिये सही साइज के ब्रश
का उपयोग अति ऊष्मन।		का प्रयोग करें ।
	d अतिभारण	d भार को कम करें
	e अत्याधिक ब्रुश दाब	e ब्रश तनाव को कम मान तक समंजित करें
	f अपर्याप्त अथवा असमान ब्रुश दाब ब्रशों के होल्डर में चिपकने से	f होल्डरों में ब्रुश के स्वतन्त्र स्पीड को जांचें
	g कम्यूटेटर सगमेन्ट में शार्ट सर्किट	g कम्यूटेटर को स्वच्छ करें और शार्ट सर्किट जांच करें । दोष को सुधारें । कम्यूटेटर तल जाँच करें ।
	h दिशा परिवर्तक का असमान तल	h आवश्यकता हो तो दिशा परिवर्तक के अभ्रक और त्वचा को काटें।
	i ब्रुशों चुम्बकीय, चुम्बकीय उदासीन तल मे न होना	i रॉकर आर्म को उदासीन तल में समंजित करें।
	j तल का धूल सहित ऑयली अथवा दोष युक्त होना	j दिशा परितवर्तक को स्वच्छ करें और पालिश करें।
	k घूर्णन की गलत दिशा।	k घूर्णन की दिशा की जांच करें और त्रुटि का सुधार करें
ब्रश खडखडाते अथवा शोर करते है।	a ब्रश होल्डरों का अत्यधिक घिसा होना	a धारकों को समंजित करें
	b ब्रशों का दोषित कोण	b सही कोण को समंजित करें
	c सर्विस के लिये दोषित ब्रुश	c निर्माता की अनुसंशा प्राप्त करें
	d उच्च अभ्रक	d अभ्रक को काटे
	e त्रुटित ब्रश स्प्रिंग दाब	e सही मान के लिये समंजन करें
चुनने योग्य कम्यूटेशन	a ब्रश स्पिंग दाब अपर्याप्त	a सही दाब का समंजन करें सुनिश्चित
(एक ब्रश अधिक भार लेता है)	b आर्मेचर में असंतुलित परिपथ	करें कि ब्रश होल्डरों में स्वतन्त्र है।
		b आर्मेचर अथवा समकारक परिपथ अथवा कम्यूटेटर उत्तोलकों (Risers) में दोषित जोडों के उच्च प्रतिरोध को दूर करें। बस और बस रिंग के बीच खराब सम्पर्को की जांच करें

लक्षण	कारण	निदान
निम्न लोड पर चिनगारियां	a कम्यूटेटर पर पेंट स्प्रे, रसायन तेल अथवा ग्रीस अथवा अन्य बाहरी पदार्थ	a अनुप्रयोग के लिये डिजाइन्ड मोटर उपयोग करें कम्यूटेटर स्वच्छ करें और वाह्य पदार्थों से रक्षा करें।
फील्ड क्वायलस का अतिउष्मन (over heating)	a परतों अथवा चक्करों के बीच लघु शार्ट सर्किट पथन आर्मेचर का अतिऊष्मन (over heating)	a दोषित क्वायल्सका प्रतिस्थापन अथवा क्वायल का पुनः वाइंडिंग
आर्मेचर का अतिउष्मन (over heating)	a आर्मेचर के सिरों पर अधिक वोल्टता b आर्मेचर में अधिक करंट c आर्मेचर के वाइंडिंग शार्ट सर्किट d मशीन के चारों ओर वायु का अपर्याप्त होना	a जनरेटरों के लिये स्पीड का अधिक होना वोल्टता को मापें और कम करें। b अतिभार (overload) को कम करें। c दिशा परिवर्तक की जांच करें और खण्डो के बीच धात्विक कणों को हटा दें लघु पथन के लिये मशीन का परीक्षण करें। दोष को सुधारें। d मशीन के चारों ओर पंखा इत्यादि से उत्तम संवाहन प्रदान करे।
मशीन प्रचालित होती है लेकिन अति ऊष्मित हो जाती है।	a अतिभारण b घिसे हुये बियरिंग c कसे बियरिंग d वाइंडिंग लघु शार्ट-सर्किट अथवा भू सम्पर्कित (grounded) e पुल्ली का गलत एलीईजमेंट	a भार को कम करें b बियंरिंग प्रतिस्थापित करें c ग्रीस लगायें d वाइंडिंगों का परीक्षण करें e उपयुक्त सयोंजन करें
चलते समय कम्पन्न	a ढीले आधार बोल्ट b ढीली युग्मन पुल्लियाँ c त्रुटि पूर्ण संयोजन d ढीले आन्तरिक भाग e झुका हुआ शाफ्ट f अ संतुलित आर्मेचर g क्षतिपूर्ण बियरिंग	a उन्हें कसे b उन्हें कसें c समुचित संयोजन d उन्हें कसें e शाफ्ट को लेथ से ठीक करें f सतुलित करें g बियंरिंग का परीक्षण करें और आवश्यकता होने पर प्रतिस्थापित करें।
यांत्रिक शोर	a एयर गैप में वाह्य पदार्थ b दोषित संयोजन c दोषित बियरिंग	a मशीन को स्वच्छ करें b मशीन को संयोजित करें c बियरिंग का प्रतिस्थापन करें।
बियरिंग का अति ऊष्मन	a अनुचित वर्ग अथवा ग्रीस की मात्रा (रोलर प्रकार)	a त्रुटिपूर्ण वर्ग, अथवा अतिरिक्त ग्रीस को उसके अनुसंशित वर्ग या ग्रीस की मात्रा से सही भरे।
मोटर स्टार्ट नही होगी।	a प्रवर्तक में खुला परिपथ b निम्न अधवा शून्य टर्मिनल वोल्टेज c बियरिंग जाम d अतिभारण (overload)	a खुले प्रवर्तक (starter) प्रतिरोधक की जांच करें b नाम पटिटका निर्धारण से इनपुट वोल्टेज को जांच करें और सप्लाई वोल्टता सही करें। c शाफ्ट की मरम्मत करें अथवा बियंरिग का प्रतिस्थापन करें d भार को कम करें

चार्ट 2

DC मोटर के लिये दोश निवारण चार्ट

लक्षण	कारण	निदान
	e अत्यधिक घर्षण (excessive friction)	e बियरिंग के स्नेहन की जांच करें और सुनिश्चित करें कि तेल पर्याप्त मात्रा में और उत्तम गुणवतत्ता का है। चलायी गई मशीन से मोटर को अलग करें और हाथ द्वारा मोटर को घुमा कर देखे कि दोष मोटर में है । मोटर को भाग अलग करके पुनः असेम्बल करें और उचित स्थानीयता के लिये प्रत्येक भाग की जांच करें और फिट करें। झुके शैफ्ट को सीधा अथवा प्रतिस्थापित करें।
मोटर कुछ समय चलकर रुक जाती हैा	a मोटर को शक्ति (powers) का न मिलना	a मोटर टर्मिनलस में वोल्टेज जांच करें फ्यूज और ओभर लोड रिले को भी देखें दोष को सुधारे
	b मोटर कमजोर अथवा शून्य फील्ड से स्टार्ट होती है	b यदि समंजन (adjustable) योग्य स्पीड मोटर है तो सही नियोजन के लिये रिहोस्टेट की जांच करें। यदि सही है रिहोस्टेट की स्थिति जांच करें खुले वाइंडिंग के लिये फील्ड क्वाइल्स की जांच करें। ढीले अथवा टूटे हुये तार की जांच करें।
	c भार (load) स्पीडन के लिये अपर्याप्त मोटर टार्क	c नाम पटिट निर्धारण से लाइन वोल्टता की जांच करें। बडी मोटर अथवा उपयुक्त भार सुमेलन के लिये उपयुक्त अभिलक्षणिक की मोटर प्रयोग करें।
लोड के अन्तर्गत मोटर बहुत धीमा चलती है।	a लाइन वोल्टता बहुत कम है। b ब्रश उदासीन तल के आगे है । c ओवरलोड	a आपूर्ति वोल्टता सुधारें अथवा जांचे और सम्बन्धों अथवा नियन्त्रक आपूर्ति लाइन में यदि अतिरिक्त प्रतिरोध है उसे हटा दें। b उदासीन तल पर ब्रशों को नियोजित करें c मोटर पर अनुज्ञेय भार से अधिक भार न होने की जांच करें।
कम लोड होने पर मोटर अति तीव्र गति से चलती है।	a कमजोर फील्ड b लाइन वोल्टेज अति उच्च c ब्रश उदासीन तल के बाहर है।	a शन्ट लोड फील्ड परिपथों में प्रतिरोध की जांच करें अर्थकंटीन्यूटी की जांच करें b उच्च वोल्टेज स्थिति को सही करें c ब्रश को उदासीन तल पर रखें।
जनरेटर वोल्टता निर्माण में असफल रहता है।	a घूमने की दिशा विपरीत हो गयी होगी। b ब्रश कम्यूटेटर पर स्थिर नही है	a घूर्णन की दिशा में परिवर्तन करें b ब्रश को कम्यूटेटर पर सही स्थिति में नियोजित करें।
	c अवशेष चुम्बकत्व पूरा समाप्त हो गया है	c जनरेटर को एक DC मोटर की भांति प्रचालित करें अथवा कुछ समय (कुछ सेकेण्ड) अथवा फील्ड सर्किट को एक बैटरी से सम्बन्धित करें अथवा DC वोल्टेज से अवशिष्ट चुम्बकत्व प्राप्त करें।

चार्ट 3

DC जनरेटर का समस्या निवारक चार्ट

लक्षण	कारण	निदान
	d जनरेटर स्पीड बहुत कम है।	d जनरेटर स्पीड को सामान्य स्पीड तक पुनः प्राप्त करें, मुख्य चालक स्पीड में वृद्धि करके।
	e आर्मेचर में शार्ट सर्किट है	e आर्मेचर मे लघु पथन को सुधारें .
	f आर्मेचर में ओपन सर्किट है	f ओपन सर्किट को सुधारें और परीक्षण करें
	g फील्ड परिपथ में शार्ट सर्किट है	g क्वाइल में शार्ट सर्किट को सुधारें और परीक्षण करें। दोषित क्वायल अच्छे क्वायल उत्तम क्वायल की तुलना में अत्याधिक कम प्रतिरोध प्रदर्शित करेगा।
	h फील्ड वाइंडिंग में ओपन सर्किट है ।	h परिपथ की कंटीन्यूटी की जांच करें और दोष को सुधारें।

DC मशीन के लिये अनुरक्षण प्रक्रिया (Maintenance procedure for DC Machines)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **निवारक अनुरक्षण और उसके महत्व का अर्थ बताने में**
- **DC मोटर के लिये अनुसंशित अनुरक्षण अनुसूची का वर्णन करने में**
- **अनुरक्षण रिकार्ड को अनुरक्षित रखने को स्पष्ट करने में**

निवारक अनुरक्षण (Preventive maintenance) : वैद्युत मशीनों का निवारक अनुरक्षण सामान्य रूप में आवर्ती जांच परीक्षण, लघु अनुरक्षण की नियोजित मरम्मत, और परीक्षण अनुलेखन के अनुरक्षण विधि को भविष्य के लिये रखने के लिये होता है। निवारक अनुरक्षण पद्धति क्रम और योजनाबद्ध प्रचालनों का मिश्रण है।

नियमित प्रचालन (Routine operations) : नियमित संचालन वह होते है, जो वैद्युत मोटरों को प्रतिदिन, प्रतिसप्ताह अथवा अन्य निश्चित अन्तराल पर अनुरक्षित रखने का निश्चित अनुसूची अनुपालित करते है।

योजनाबद्ध प्रचालन (Planned operation) : इसके विपरीत योजनाबद्ध संचालन में कुछ अतिरिक्त कार्य होता है जो अनियमित अवृत्तियों पर किया जाता है, और जांच द्वारा तथा पूर्व संचालन अनुभव तथा अनुरक्षण अभिलेखों में प्राप्त दोषों के विवरण से ज्ञात किया जाता है।

निवारक अनुरक्षण की आवश्यकता (Necessity of preventive maintance) : वैद्युत मशीनों का प्रभावकारी निवारक अनुरक्षण कार्यक्रम का अनुपालन करने से मशीनों के बडे खराबी दुर्घटनायें अधिक मरम्मत मूल्य और उत्पादन समय का ह्रास दूर कर सकते है। उचित प्रतिबन्धित अनुरक्षण से प्रचालन में मितव्ययता, कम समय तक बन्द रखना, विश्वसनीय मशीन प्रचालन, लम्बा मशीन जीवनकाल और अनुरक्षण तथा मरम्मत की संपूर्ण कमु मूल्य प्राप्त होगा।

निवारक अनुरक्षण का अनुसूचन (Scheduling of preventive maintenance) : आवर्ती जांच पद्धति क्रम और परीक्षणों का अनूसूचन प्रतिदिन, सप्ताह, महीना, अर्धवार्षिक और वार्षिक हो सकता है जो निम्न कारकों पर आधारित होगा।

- उत्पादन में मोटर/जनरेटर का महत्व
- मशीन का कार्यचक्र
- मशीन की आयु
- मशीन का पूर्व इतिहास
- वातावरण जिसमें प्रचालित होती है
- निर्माता की अनुसंशायें

मशीनों की अनुसंशित अनुरक्षण अनुसूची (Recommended maintenance schedule for machine) : पद्धति क्रम आवर्ती अनुरक्षण के लिये एक विद्युत कर्मी पहचानने के लिये अपने पूर्ण विवेक का प्रयोग करेगा और वैद्युत मशीनों में समस्याओं को ज्ञात करेगा। गंध से इंसुलेशन जलने की ओर ध्यान जायेगा। स्पर्श से वाइंडिंग अथवा बियरिंग में अति ऊष्मन दोष ज्ञात होगा श्रवण (hearing) द्वारा अति शोर स्पीड अथवा कम्पन्न दोष ज्ञात होगें और दृष्य द्वारा अतिरिक्त चिन्गारियां और अनेक यांत्रिक दोष ज्ञात होगें।

संवेदी अनुभव दोषों को ज्ञात करने के लिये विभिन्न परीक्षण पूर्ण करना चाहिये। वैद्युत सिद्धान्तों का गहन अध्ययन और परीक्षण, उपकरण का दक्ष प्रयोग, प्रचालन काल में विद्युत कर्मी के लिये महत्वपूर्ण है ।

मशीन विवरण	पृष्ठ 1

निर्माता ट्रेड मार्क _____

प्रकार मोडल अथवा सूची संख्या _____

करंट का प्रकार _____

प्रकार्य _____ जनरेटर/मोटक

फेब्रिकेशन अथवा क्रम संख्या _____

सम्बन्ध का प्रकार _____पृथक/शंट/सिरिज/यौगिक

निर्धारित वोल्टता _____ वोल्ट निर्धारित करंट õ_____ amps

निर्धारित शक्ति _____ K.W. निर्धारित स्पीड _____ r.p.m.

निर्धारित exc. वोल्टता _____ वोल्ट निर्धारित exc. स्पीड _____ amps

निर्धारित सिरिज _____ घूर्णन दिशा _____

इंसुलेशन सिरिज _____ रक्षण सिरिज _____

DC मशीनों के लिये निम्न अनुरक्षण अनुसूची की अनुसंशा की जाती है

1 दैनिक अनुरक्षण (Daily maintenance)

- प्रत्येक का अर्थ सम्बन्ध और मशीन लोड को देखकर परीक्षण करें।
- कम्यूटेटर पर चिनगारी की जांच करें।
- अतिऊष्मन के लिय मोटर वाइंडिंग की जांच करें (अधिकतम अनुज्ञेय ताप लगभग वह होता है जो हाथ द्वारा सुगमता से अनुभव किया जा सकता है।)
- नियन्त्रक उपकरण का परीक्षण करें।
- आयल रिंग स्नेहक मशीनों के लिये
  - a बियरिंग्स की जांच कर देख लें कि आयल रिंग कार्य कर रही है।
  - b बियरिंग्स के ताप को लिख लें, यदि अवश्यक हो तो तेल डालें।
  - c जांच करें और चलाएँ ।
- चलते समय मशीनों पर असाधारण शोर के लिये जांच करें।

2 साप्ताहिक अनुरक्षण (Weekly maintenance)

- कम्यूटेटर और ब्रशों का परीक्षण करें।
- धूल भरे स्थानों में पटटे के तनाव की जांच करें यदि यह अधिक पाया जाता है तो इसे तुरंत कम करे स्लीव-बियरिंग मशीनों में रोटर और स्टेटर के बीच वायु अन्तराल की जांच करें।
- सुरक्षित प्रकार की मशीनें जो धूल भरे स्थानों में है इनमें वायु प्रवाहित करनी चाहिये।
- स्टार्टिंग उपकरण की जांच ले हुये सम्पर्क के लिये करना चाहिये जहां मशीन को बार बार स्टार्ट किया जाता और रोका जाता है।
- तेल स्नेहित बियरिंग्स में धूल गिट्टी इत्यादि द्वारा प्रदूषण के लिये तेल की जांच करें (इसकी जाँच तेल के रंग से की जा सकती है।)
- आधार वोल्ट और अन्य बंधकों की जांच करें।

3 मासिक अनुरक्षण (Montly maintenance)

- नियन्त्रकों का मरम्मत (overhaul) करें।
- आइल सर्किट ब्रेकर को स्वच्छ करें और जांच करें।
- उच्च स्पीड बियरिंग्स जो आर्द्र और धूल भरे स्थलों में है, उनके तेल का बदल दें।
- ब्रश धारकों को साफ करें और DC मशीनों के ब्रशेज के बेडिंग की जांच करें।
- वाइंडिंग के इंसुलेशन की जांच करें

4 अर्धवार्षिक अनुरक्षण (Half - yearly maintenance)

- ब्रशों को जांच करें आवश्यक हो तो उनको बदल दें ।
- मशीनें जिनमें क्षरण होता है और अन्य घटक होते है, उनके वाइडिंग की जांच करें यदि आवश्यक हो तो वाइंडिंग और वार्निश को गरम करें।
- ब्रश तनाव की जांच करें, आवश्यक हो तो समंजन करें।
- बाल और रोलर बियरिंग्स में ग्रीस की जांच करें जहां आवश्यक हो उसे पूरा करें ध्यान रखें कि अति भरण न हो।
- मोटर के ड्राप ली जाने वाली करंट को जांच करें अथवा जनरेटर के द्वारा दी जाने वाली करें और उनकी तुलना सामान्य मानों से करें ।
- सभी बियरिंग्स का तेल निकाल दें और उनको पेट्रोल से जिसमें तेल की कुछ बूंदे है स्वच्छ करें । स्नेहन तेल को निकाल दें और स्वच्छ तेल से पुनः भरें।

5 वार्षिक अनुरक्षण (Annal maintenance)

- सभी उच्च स्पीड बियरिंग्स की जांच करें आवश्यकता हो तो बदल दें।
- सभी मशीन वाइंडिंगों में भलीं प्रकार से स्वच्छ शुष्क वायु के प्रवाह से स्वच्छ करें। सुनिश्चित करें कि दाब इतना अधिक नही कि इंसुलेशन क्षतिग्रस्त हो ।
- तैलीय वाइडिंग लपेटों को स्वचछ करके वानिश करें।

- जिन मशीनों को कठिन प्रचालन स्थितियों में रखा गया है उनका पुर्नयोजन (overhaul) करें।
- क्षतित होने पर कुंजी और फ्यूज सम्पर्को का नवीनीकरण करें।
- स्टार्टर में तेल की जांच करें और बियरिंग्स में ग्रीस/ तेल लगायें
- स्टार्टर जो आद्र अथवा संक्षरक घटकों के अन्तर्गत रहे है, उनके तेल को बदल दें ।
- स्विच परिस्थितियों, मोटर/जनरेटर लपेटों के बीच अर्थ रेजिस्टेंस का नियन्त्रक गेयर और प्राप्त स्थापन प्रतिरोध की जांच करें।
- भूमि सम्बन्धों के प्रतिरोध की जांच करें।
- आर्मेचर और फील्ड के बीच वायु अन्तराल की जांच करें।
- मोटर्स/जनरेटरों के लपेटों के इंसुलेशन का परीक्षण पुर्नयोजन के पूर्व और पश्चात करें।

6 अनुलेखन (Records)

- एक रजिस्टर बनायें जिसमें एक या अधिक पृष्ठों को प्रत्येक मशीन के लिये दें। और उसमें सभी महत्वपूर्ण जांच और समय समय पर किये गये अनुरक्षण कार्यो को लिखें। इन अनुलेखनों में भूतकाल का प्रदर्शन सामान्य इंसुलेशन स्तर वायु अन्तराल मरम्मत की प्रकृति और पूर्व मरम्मत के बीच अवधि और अन्य महत्वपूर्ण सूचना रखें जो अनुरक्षण और उत्तम प्रकार्य में सहायता देगी।

पद्धतिक्रम अनुरक्षण को मशीन के कार्यान्वन समय अथवा बन्द करने के लघु अन्तराल में की जा सकती है। सुनियोजित अनुरक्षण अवकाश के समय अथवा लघु अवधि के बन्द द्वारा की जा सकती है। सुनियोजित रक्षण अनुसूची का निर्णय पद्धतिक्रम अनुरक्षण टिप्पणियों के आधार पर लेना चाहिये जो अनुरक्षण पट में लिखी गई है।

आन्तरिक भागों का विवरण (Discription of internal) **पृष्ठ (Part) 1**

बियरिंग

स्लीव बॉल रोलर

सम्मुख अन्त संख्या . _____

घिर्री अन्त संख्या. _____

ग्रीस प्रकार _____

युग्मन प्रकार _____

ब्रश वर्ग _____

निर्माताओं के अनुसार ब्रश संख्या _____

आपूर्ति आज्ञा के विवरण

आपूर्ति ऑर्डर संख्या:_____

क्रय का वर्ष_____

प्रथम जांच और परीक्षण की तिथि _____

अधिष्ठापन की तिथि_____

स्थान _____

प्रारम्भिक परीक्षण परिणाम पृष्ठ 1

शन्ट वाइंडिंग का रेजिस्टैंस मान _____

सिरिज वाइंडिंग का रेजिस्टैंस मान _____

आर्मेचर का रेजिस्टैंस मान _____

इंसुलेशन रेजिस्टैंस मान निम्न के बीच में

आर्मेचर और शन्ट फील्ड _____

आर्मेचर और सिरिज फील्ड _____

सिरिज फील्ड और शन्ट फील्ड _____

आर्मेचर और फ्रेम_____

शन्ट फील्ड और फ्रेम_____

सीरीज फील्ड और फ्रेम _____

दूसरे पृष्ठ में किये गये अनुरक्षण का अनुलेखन है विशेष कर उसमें दोष लिखे गये है।

लेखा अनुरक्षण (Maintenance record)

जांच आलेखों की अनुरक्षण विधि प्रतिबन्धित अनुरक्षण अनूसूची के लिये आवश्यक है। इस पद्धति में ऊपर के अनुसार एक रजिस्टर अथवा कार्ड प्रयुक्त होते है जैसा कि नीचे दिखाया गया है और एक मास्टर फाइल में रखा जाता है। इन अनुरक्षण पटों को देख कर फोर मैन योदना बद्ध रखरखाव कर सकताहै।

अनुरक्षण कार्ड (Maintenance card) : पहले पृष्ठ में नाम पटिटका स्थान क्रय वर्ष प्रारम्भिक परीक्षण परिमाण इत्यादि दिये जाते है जो मशीन से सम्बन्धित होते है।

अनुरक्षण पटिटका के ध्यान पूर्वक अध्ययन से फोर मैन बन्द करने की तिथि निर्धारित कर सकता है जिससे निकट शीघ्र मरम्मत में सहायता प्राप्त होती है अथवा बडे भंजन को रोकने के लिये नियोजित अनुरक्षण अनुसूचित कर सकता है।

अनुरक्षण की विधियां (Method of maintenance) : मोटर और जनरेटरों के भागों और सहायक सामग्री के लिये किये जाने वाले छानबीन और समंजन निवारक अनुरक्षण की दक्षता को सुधारने के लिये नीचे दिये जा रहे है।

- मोटर / जनरेटर स्विच गेयर को प्रतिदिन स्वच्छ करें। और सम्बन्धित केबल्स को धूल मिटटी और ग्रीस रहित करें। मशीन से धूल को हटाने के लिये संघनित वायु का प्रयोग करें।
- अधिक शोर और ताप के लिये प्रतिदिन बियरिंग की जांच करें। यदि आवश्यक हो उन पर पुनः गीस अथवा बियरिंग में पुनः स्नेहन करें। ग्रीस/तेल प्रारम्भिक स्तर का होना चाहिये। विभिन्न वर्गो की ग्रीस का परस्पर मिश्रण न करें। क्योंकि इससे स्लज (sludge) अथवा तेजाब निर्मित होगा और बियरिंग को नष्ट करेगा।
- जल अथवा तेल अथवा ग्रीस जो आस पास से रिस सकती है उससे उत्पन्न दाबों के लिये प्रतिदिन मशीन की जांच करें । रिसने को रोकने के लिये आवश्यक रक्षण उपाय करें।
- पटटों गियर्स, कपलिंग की प्रतिदिन जांच ढीलेपन, कम्पन्न और शोर के लिये करें। यदि दोपित है उनकों समंजित/ या बदल दें ।
- चिंगारी और घिसने के लिये ब्रशेज और दिशा परिवर्तक की साप्ताहिक जांच करें।
- उचित स्नेहन के लिये बियरिंग्स की साप्ताहिक जांच करे।
- टर्मिनल और कुंजी सम्पर्को की साप्ताहिक जांच करे।

अत्यधिक घिसने के लिये, खडखडाने और चिन्गारी के लिये महीने में एक बार दिशा परिवर्तक और ब्रशों की जांच करें। घिसे हुये ब्रशों का प्रतिस्थापन उसी प्रकार के ब्रशों द्वारा आवश्यक है। ब्रशेज पर स्प्रिंग तनाव की जांच करे आवश्यक हो समंजन करें। अत्यधिक घिसे हुये दिशा परिवर्तकों को एक लेथ में ले जाना आवश्यक है अथवा उन्हें बदल दें।

- प्रतिमाह ब्रशों के उचित स्थिति की जांच करें यदि आवश्यक हो ब्रशों को कम्यूटेटर तल के अनुसार उचित वक्र तक पुनः आकृति दें ।
- साइड कवर और शाफ्ट के अधिक चाल (play) की जाँच करें । घिसने, गर्तन और जलने के लिये स्विच गेयर के मुख्य और सहायक सम्पर्क बिन्दुओं की मासिक जांच करें। अति घिसे हुये सम्पर्क बिन्दुओं को बदलना आवश्यक है। ढीले सम्बन्ध पपडी अथवा जलने के लिये सम्बन्ध टर्मिनल की जांच करें। दोषों को दूर करें।
- महीने में एक बार फील्ड वाइंडिंग और आर्मेचर की इंसुलेशन जाँच और भू दोषों के लिये करें। एक मेगा ओम से कम इंसुलेशन का लघु मान निर्बल इंसुलेशन प्रदर्शित करता है।
- वाइंडिंग को सुखायें यदि आवश्यक हो उन पर पुनः वार्निश करें।
- महीने में एक बार आधार बोल्ट और अन्य बन्धकों की उनके कसे होने के लिये जांच करें।
- वर्ष में एक बार दिशा परिवर्तक क्षणों के बीच अभ्रक को काट दें। दिशा परिवर्तक और आर्मेचर की जांच शार्ट सर्किट और खुले पथ और भू दोषों के लिये परीक्षण करें।

उर्पयुक्त से स्पष्ट है कि वर्ष में कम से कम एक बार मोटर /जनरेटर का बहुधा पद्धतिक्रम अनुरक्षण के साथ पूर्ण मरम्मत आवश्यक होता है।

अनुरक्षण कार्ड

पद्धतिक्रम अनुरक्षण पर आख्या पृष्ठ 2

अनुरक्षण तिथि	किया गया पद्धतिक्रम अनुरक्षण	प्राप्त दोष	परीक्षक का हस्ताक्षर	सूचित किये जाने वाले का	टिप्पणी

तृतीय पेज में मोटर में समय समय पर किये गये परीक्षणों का विवरण संगत प्रेक्षणों के साथ-

अनुरक्षण कार्ड

परीक्षण विवरण पर आख्या **पृष्ठ 3**

परीक्षण तिथि	पद्धतिक्रम	परीक्षण विवरण	परीक्षण परिणाम	परीक्षक हस्ताक्षर	सूचित किये जाने वाले का हस्ताक्षर	टिप्पणी

उपर्युक्त से यह स्पष्ट है कि - वर्ष में कम से कम एक बार मोटर/जनरेटर को क्रमिक (overhauling) रख-रखाव की आवश्यकता होती है।

चतुर्थ पृष्ठ से दोषों का विवरण, कारण और की गई मरम्मत प्राप्त होती है।

मोटर सेवायी कार्ड पृष्ठ 4

मरम्मत की तिथि	मरम्मत और प्रतिस्थापित भाग	कारण	मरम्मतकर्ता के हस्ताक्षर	परिवेक्षक के हस्ताक्षर	टिप्पणी

डीसी मोटर कन्ट्रोल सिस्टम (ड्राइव) एसी-डीसी तथा डीसी-एसी कन्ट्रोल (D.C. motor control system (drives) AC-DC and DC-AC control)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **AC से DC कन्ट्रोल ड्राइव के महत्व के बारे में**
- **AC से DC ड्राइव के लाभ तथा अनुप्रयोगों की सूची के बारे में**
- **DC से DC ड्राइव कन्ट्रोल सिस्टम (चॉपर) के वर्णन के बारे में**
- **DC से DC ड्राइव के लाभ तथा अनुप्रयोगों की सूची के बारे में ।**

एसी से डीसी ड्राइव कन्ट्रोल (AC to DC drive control)

AC/DC ड्राइव एक इलेक्ट्रानिक युक्ति है जिसे एक निर्धारित आवृत्ति तथा वोल्टेज में एक समायोज्य आवृत्ति तथा एसी वोल्टेज स्त्रोत में बदला जाता है । यह नियंत्रित करता है -

- स्पीड (the speed)
- बल-आघूर्ण (the torque)
- हार्स पावर (अश्व शक्ति) (the horse power)
- एसी मोटर की दिशा (the directions of AC motor)

इन ड्राइव को समायोज्य स्पीड ड्राइव ("Adjustable Speed Drives - (ASD)") अथवा परिवर्ती फ्रीक्वेंसी ड्राइव ("Variable Frequency Drives - (VFD)")

इसकी अधिक लोकप्रियता (popularity) ऊर्जा बचत करना है ।

AC ड्राइव AC/DC कन्वर्टर एक SCR ब्रिज है, जिसे आऊटपुट से AC पावर प्राप्त होती है और समायोज्य वोल्टेज DC पावर से DC को इन्वर्टर के द्वारा उपलब्ध कराता है।

वोल्टेज रेगुलेटर (voltage regulator) पूर्व निर्धारित (Preset) DC वोल्टेज लेवल को सेट करने के लिए आवश्यक होता है जितनी मोटर को आउटपुट वोल्टेज चाहिए ।

फ्रीक्वेंशी कन्ट्रोल युक्ति के द्वारा फ्रीक्वेंशी को व्यवस्थित करके मोटर की स्पीड को कन्ट्रोल करते हैं ।

अग्रिम (Advances) तकनीकी (technology) आकार, कीमत, विश्वसनीयता (reliability) तथा AC ड्राइव के प्रदर्शन उद्योगों में लोकप्रिय होते हैं जिसे "वैरीएबल स्पीड अनुप्रयोग (Variable Speed Applications)" कहते हैं ।

लाभ (Advantages)

- स्पष्ट स्पीड कन्ट्रोल (Precise speed control)
- ऊर्जा सेविंग (Energy saving)
- साधारण प्रचालन (Simple operation)
- कोई बाहरी कन्ट्रोल नहीं (No external control)
- अच्छी विश्वनीयता (Good reliability)
- आकार में छोटा तथा हल्का (Lighter and smaller in size)
- स्पीड कन्ट्रोल का बेहतर तरीका (It is preferable method of speed control)

अनुप्रयोग (Application)

पंखे, ब्लोवर, कम्प्रेशरों, पम्पों, लैथ, स्टैम्पिंग प्रेशों आदि ।

डीसी-डीसी ड्राइव कंट्रोल (चॉपर) (DC - DC drive control (Chopper))

DC - DC कन्वर्टर (चॉपर) ड्राइव का अधिकतम प्रयोग पूरे संसार में ट्रैक्शन अनुप्रयोग में होता है । एक DC - DC कन्वर्टर निर्धारित वोल्टेज DC स्त्रोत के बीच जुड़ा होता है तथा एक DC मोटर से आर्मेचर वोल्टेज को हटाने बढ़ाने में करते हैं Fig 2 में देखें । जोड़ से आर्मेचर वोल्टेज कन्ट्रोल एक DC - DC कन्वर्टर से मोटर में रिजनरेटिव ब्रेकिंग उपलब्ध करा सकते हैं और सप्लाई से ऊर्जा को पीछे वापस करा सकते हैं । इसको अधिक फ्रीक्वेंशी पर ऑपरेट करते हैं ।

DC-DC कन्वर्टर ड्राइव का प्रयोग बैटरी विद्युत गाडियों (BEVs) में भी करते हैं । इसके कुछ कन्ट्रोल के तरीके DC-DC कन्वर्टर ड्राइव जैसे -

- पावर अथवा त्वरण कंट्रोल
- रिजनरेटिव ब्रेक कंट्रोल
- रियोस्टेटिक ब्रेक कन्ट्रोल
- रिजनरेटिव और रियोस्टेटिक ब्रेक कन्ट्रोल संयुक्त रुप में

लाभ (Advantages)

ये अधिक स्टार्टिंग टार्क उपलब्ध करता है । ये सम्भवतः स्पीड को एक दूरगामी (wide range) तक कन्ट्रोल करता है । AC ड्राइव की तुलना में स्पीड कन्ट्रोल के तरीके साधारणतया आसान और कम महंगे होते हैं ।

अनुप्रयोग (Applications)

- सर्वो अनुप्रयोग (Servo applications)
- रोबोटिक्स (Robotics)

वाइन्डिंग में प्रयुक्त सामग्री - फील्ड क्वायली वाइन्डिंग (Materials used for winding - Field coil winding)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **वाइन्डिंग के लिए उपयोग होने वाले इन्सुलेटिंग पदार्थ की योग्यता व तापमान सहनशक्ति क्षमता के अनुसार, विभिन्न इन्सुलेटिंग पदार्थों का वर्गीकरण करना**
- **वाइन्डिंग में प्रयुक्त होने वाले इन्सुलेटिंग पदार्थों की सूची व उनके अनुप्रयोगों का वर्णन करना।**

इन्सुलेटिंग पदार्थ (Insulating materials) : वाइन्डिंग के कार्य में उचित इन्सुलेटिंग पदार्थों का चयन एक महत्वपूर्ण कार्य है। विद्युत उपकरणों व उपस्करों में ageing factor कई बातों पर निर्भर करता है, जैसे तापमान, विद्युत या यान्त्रिक प्रतिबल, कम्पन्न, नमी, धूल और रासायनिक क्रिया।

वाइन्डिंग के लिए उपयोग होने वाले इन्सुलेटिंग पदार्थों का वर्गीकरण (Classification of insulating materials used for winding) : विद्युत उपकरणों व उपस्करों में, प्रणाली के इन्सुलेटिंग पदार्थ के ageing factor पर तापमान का बहुत प्रभाव पड़ता है। कुछ मौलिक ऊष्मीय वर्गीकरण लाभकारी सिद्ध हुए है और ये विश्वस्तर पर स्वीकार किये गये है। इसलिए वाइन्डिंग में उपयोग होने वाले पदार्थ, तापमान की परास (range) अनुसार जहाँ तक अपनी इन्सुलेटिंग सामर्थ्य बनाये रखते है, उस अनुसार वर्गीकृत किये गये है।

इन्सुलेशन का प्रत्येक वर्ग (BIS 1271-1985 के अनुसार) एक विशेष तापमान तक अपनी सामर्थ्य बनाये रखता है। जब तक इस तापमान में वृद्धि नही होती है, यह उस उपकरण के इन्सुलेशन की आयु को सुरक्षित रखता है, जो कि सामान्य सेवा के दौरान मितव्ययी भी होती है। इसके अतिरिक्त एक अन्य कारक जैसे कम्पन्न, गन्दगी की स्थिति, रसायन की उपस्थिति इत्यादि भी इन्सुलेशन पदार्थ के शीघ्र खराब करने के कारक होते है।

सबसे अधिक उपयोग होने वाले इन्सुलेटिंग पदार्थ जो उनके तापमान सहन सीमा के अन्तर्गत है के वर्गों को निम्न सारणी 1 में उल्लेखित किया गया है।

सारणी 1 में अंकित तापमान, इन्सुलेशन का वास्तविक तापमान है और यह विद्युत उपकरणों में बढने वाला तापमान नहीं है।

पदार्थ (Material): निम्नलिखित इन्सुलेटिंग पदार्थ वाइन्डिंग प्रक्रिया के लिए उपयोग किये जाते है।

कागज की इन्सुलेशन शीट (Insulation paper sheets) : वाइन्डिंग प्रणाली में स्लॉटों को इन्सुलेट करने व अन्य धातु भाग को सप्लाई तार से इन्सुलेट करने के लिए सामान्यतया इनका उपयोग किया जाता है।

लेदराइड पेपर (Leatheroid paper) : यह एक विशेष प्रकार का कागज होता है जिसकी आयु व पैरावैद्युत सामर्थ्य (dielectric strength) अधिक होती है। यह डार्क ग्रे (dark grey) व बॉटल ग्रीन (bottle green) रंगों में उपलब्ध होता है। ये वर्ग A वर्ग वाले इन्सुलेशन में उपयोग किये जाते है।

प्रैसफान पेपर (Pressphan paper) : यह बहुत अच्छी प्रकार से चमकदार (glazed) व प्रैस किया हुआ कागज होता है, जिसकी परावैद्युत सामर्थ्य (dielectric strength) उच्च होती है। सामान्यतया यह पीले रंग में उपलब्ध होता है। यह वर्ग A के इन्सुलेशन कार्यों में उपयोग किया जाता है।

टेबल 1

इन्सुलेशन का वर्गीकरण

(as per BIS:1271-1958/1985)

क्रमांक	वर्ग	अधिकतम सुरक्षित तापमान	इन्सुलेशन पदार्थों का विवरण
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Y	90°C	कॉटन, सिल्क, कागज सामान्य संसेचन 'V' impoegnation रहित
2	A	105°C	कॉटन, सिल्क व तेल में डुबे कागज
3	E	120°C	लेदराइड पेपर, एम्पायर क्लॉथ व फाइबर
4	B	130°C	अभ्रक, काँच के रेशे सामग्री (glass fibre) व एस्बेस्टस इत्यादि
5	F	155°C	वर्ग B में उल्लेखित सामग्री जो कि अभ्रक काँच के रेशे (glass fibre) व एस्बेस्टस है उत्तम गुण वाले उपयोग किये जाते है।
6	H	180°C	सिलिकॉन ऐलास्टोमर औरअभ्रक, फाइबर ग्लास, एसबेसटस इत्यादि का मिश्रण
7	200C 220C 250C	200°C 220°C 250°C	इस वर्ग में अभ्रक, पोर्सिलेन, काँच व क्वार्टज इत्यादि सम्मिलित होते है।

ट्रिप्लैक्स पेपर (Triplex paper) : इस प्रकार में लेदराइड (leatheroid) पेपर के ऊपर या प्रैसफान पेपर या एलीफेन्टाइड (elephantide) पेपर के ऊपर पॉलिस्टर की पतली परत चढाई जाती है जिससे यह नमी रोधक (non-hygroscopic) बन जाता है। सामान्यतया इस पेपर को एक तरफ ग्लेज्ड (glazed) किया जाता है और इनका रंग प्रयोग में लाये पेपर के अनुसार भूरा, हरा, ग्रे या पीला होता है। यह E वर्ग के इन्सुलेशन में प्रयोग किया जाता है।

मिलिनेक्स पेपर (Millinex paper) : यह दुधिया (milky white) रंग का कृत्रिम पेपर होता है। यह बहुत उच्च नमी रोधक होता है और वैद्युत व यान्त्रिक सामर्थ्य भी उच्च होती है। यह वर्ग E व वर्ग B के इन्सुलेशन वाले कार्यों में उपयोग होता है।

माइकोनेट पेपर (माइका फोलियम) ओर माइकानाईट क्लॉथ (Micanite paper (mica folium) and micanite cloth): इसे कागज व कपड़ा को एक साथ मिलाकर बनाया जाता है, जो कि कपड़ा आधारित पेपर होता है अर्थात यह नरम माइका जैसा होता है। यह उच्च तापमान को सहन कर सकता है। सामान्यतया इसका रंग सफेद होता है जिसमें अभ्रक दिखाई देता है। यह वर्ग E व वर्ग B के इन्सुलेशन कार्यों में उपयोग होता है।

एम्पायर क्लॉथ (Empire cloth) : यह संसेचित (impregnated) कपडा होता है और बहुत नरम (flexible) होता है। सामान्यतया यह काले या पीले रंग में उपलब्ध है, जो कि इस पर निर्भर करता है कि इसमें वार्निश कौन से रंग की प्रयोग की गई है। यह वर्ग A के इन्सुलेशन कार्य के लिए प्रयोग में लाया जाता है।

ग्लास फाईबर क्लॉथ (Glass fibre cloth) : यह काँच की रूई से बना कपड़ा होता है। इसकी परावैद्युत सामर्थ्य उच्च होती है और उच्च तापमान पर अपनी सामर्थ्य बनाये रखता है। यह बहुत मुलायम होता है। संसेचित न होने पर इसका रंग सफेद होता है। संसेचित (impregnated) फाईबर ग्लास कपड़ा सामान्यतया वाइन्डिंग में प्रयोग किया जाता है और इसका रंग सुनहरी पीला या काला होता है। यह E व B के इन्सुलेशन वर्ग में कार्य में लिया जाता है।

उपरोक्त इन्सुलेशन शीट 2 मील, 5 मील, 7 मील, 10 मील व 15 मील की मोटाई में उपलब्ध है, चौडाई एक मीटर होती है। ये सामान्यतया किलो ग्राम में बेची जाती है।

विशेष प्रकार की वर्ग `F' व `H' प्रकार की इन्सुलेशन शीटें भी उपयोग में लाई जाती है। इनमें से कुछ के ब्राण्ड नाम हाइपोथेरम (`Hypotherm) व नोमेक्स (Nomex') है।

टेप (TAPES)**:** ये वाइन्डिंग प्रक्रिया में चालकों के समूह को बांधने के लिए उपयोग की जाती है।

सूती टेप (Cotton tape) : सामान्यतया ये संसेचित नही होती है तथा सीधे व क्रॉस धागों से निर्मित उपलब्ध होते है। इनका रंग सफेद होता है। ये वर्ग A व E की योजना में उपयोग होती है।

एम्पायर टेप (Empire tape) : यह सूती संसेचित टेप होती है। संसेचित करने वाली वार्निश के अनुसार इसका रंग होता है जैसे पीला या काला। यह वर्ग A की इन्सुलेशन योजना में प्रयोग की जाती है।

फाइबर ग्लास टेप (Fibre glass tape) : यह संसेचित व संशेचन रहित प्रकार की उपलब्ध है। इसकी पैराविद्युत सामर्थ्य उच्च होती है और उच्च तापमान पर अपने गुण बनाये रखती है। यह वर्ग E, B व F प्रकार की इन्सुलेशन योजना में उपयोग होती है।

उपरोक्त वर्णन की गई टेपें 2,5, 7 व 10 मील की मोटाई में और 12mm, 19mm व 25 mm की चौडाई में 25, 50 व 100 मीटर के रोल में उपलब्ध है।

वर्ग `F' व `H' इन्सुलेशन योजना के लिए, सिलीकॉन आधारित टेप उपयोग की जाती है। उदाहरण के लिए सिलीकॉन एलासटोमर (SILICON-ELASTOMER) के ब्राण्ड नाम वाली टेप।

स्लिव (SLEEVES) : वाइन्डिंग के सिरे व टर्मिनलों को इन्सुलेट करने के लिए स्लिव प्रयोग की जाती है।

कॉटन स्लिव्स (Cotton sleeves) : ये सूती धागे से बनी होती है, सामान्यतया इन्हें वार्निश नहीं किया जाता है। ये वर्ग A की इन्सुलेशन योजना में उपयोग की जाती है।

एम्पायर स्लिव्स (Empire sleeves): ये संसेचित कॉटन स्लिव होती है और वर्ग A की इन्सुलेशन योजना में उपयोग होती है।

फाइबर ग्लास स्लिव्स (Fibre glass sleeves) : ये काँच के रेशों से बुनकर व संसेचित करके बनाई जाती है। सामान्यतया इनका रंग पीला या काला होता है। E, B और F वर्ग की इन्सुलेशन योजना में उपयोग होती है।

PVC स्लिव्स (PVC sleeves): ये पालिविनाईल क्लोराइड शीट से बनी होती है और कई रंगो में उपलब्ध है। ये नमी की उच्च प्रतिरोधी है। तापमान बढने से खराब होने के कारण, ये बाइन्डिंग प्रक्रिया में उपयोग नही की जाती है। ये टर्मिनलों की बढी हुई लीड को इन्सुलेट करने के काम आ सकती है।

उपरोक्त वर्णन की गई स्लिवें 1mm, 2mm, 3mm, 4mm से 12 mm के व्यास में उपलब्ध है और सामान्यतया एक मीटर लम्बी होती है। कई बार ये 25, 50 व 100 के रोल में भी उपलब्ध हो जाती है।

अन्य इन्सुलेटिंग पदार्थ (Other insulating materials)

फाइबर (Fibre) : सामान्यतया रेशे दार फाईबर इन्सुलेशन में उपयोग की जाती है। यह wedges व पैकिंग उद्देश्य के लिए उपयोग की जाती है। यह 1 mm से 12 mm की मोटाई की लालिमा (Reddish) रंग लिये हुए शीट के रूप में होती है और यह kgs भार में बेची जाती है। यह वर्ग A,E व B प्रकार की इन्सुलेशन योजना में उपयोग की जाती है।

बांस (Bamboo) : वाइन्डिंग प्रक्रिया में अच्छे किस्म की बांस wedges बनाने के लिए उपयोग किये जाते है। दूकानों पर बने बनाये उचित साईज के टुकडे उपलब्ध होते है। ये वर्ग A & E प्रकार की इन्सुलेशन योजना में उपयोग होते है।

हैम्प धागा (Hemp thread): ये क्वायल व क्वायल बाहर निकले भाग (overhangs) को बांधने के लिए उपयोग किये जाते है। ये विभिन्न मोटाई व रोल में उपलब्ध है । ये वर्ग A इन्सुलेशन की योजना में प्रयुक्त होते है।

टेरीलीन धागा (Terylene thread): यह टेरीलीन पदार्थ से बना होता है और क्वायल व क्वाइल के बाहर निकले भाग को बाँधने के लिए उपयोग होता है। यह विभिन मोटाई व रोल में उपलब्ध है। ये वर्ग E & B इन्सुलेशन योजना में उपयोग होते है।

वार्निश (Varnish): यह तरल इन्सुलेटिंग पदार्थ है जो कि वाइन्डिंग प्रक्रिया में उपयोग हुए पदार्थों की इन्सुलेटिंग सामर्थ्य बढाने के लिए प्रयोग की जाती है। वाइन्डिंग कार्य के लिए दो प्रकार की वार्निश उपलब्ध है।

– वायु-शोषित इन्सुलेटिंग वार्निश (Air-drying insulating varnish)
– बेकिंग इन्सुलेशन वार्निश (Baking insulation varnish)

ये वार्निश दो रंगों, सुनहरी पीला व काला रंग में उपलब्धहै। ये 1 से 5 लीटर के टीन में सामान्यतया उपलब्ध है।

वार्निश व वार्निशिंग प्रक्रिया की जानकारी के लिए Ex. 3.2.130 में चर्चा की गई है।

वाइन्डिंग तारें (Winding wires)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **वाइन्डिंग तार सारणी के सन्दर्भ से विभिन्न विवरण जैसे गेज नम्बर, व्यास, अनुप्रस्थ काट फील्डफल, प्रति km भार, प्रति वर्ग cm में टर्नों की संख्या और उनकी करंट वहन क्षमता का वर्णन करना**
- **फिल्ड क्वायल के इन्सुलेशन की योजना का वर्णन करना**
- **फिल्ड क्वायल के वाइन्डिंग की विधि का वर्णन करना**
- **फिल्ड क्वायल के संयोजन और उनका परीक्षण करने की विधियों का वर्णन करना।**

वाइन्डिंग तारें (Winding wires) : छोटी व मध्यम क्षमता वाले विद्युत मशीनों व उपकरणों की वाइन्डिंग करने के लिए सामान्यतया गोल आकार वाले नरम ताँबे के चालकों का उपयोग किया जाता है। इन ताँबे की तारों पर विभिन्न प्रकार के इन्सुलेशन लगे होते है। जो कि निम्नलिखित प्रकार के है।

- सुपर इनेमल्ड कॉपर वायर (Super-enamelled copper wire) (S.E.)
- सिंगल कॉटन-कवर्ड कॉपर वायर (Single cotton-covered copper wire) (S.C.C.)
- डबल कॉटन-कवर्ड कॉपर वायर (Double cotton-covered copper wire) (D.C.C.)
- सिंगल सिल्क-कवर्ड कॉपर वायर (Single silk-covered copper wire) (S.S.C.)
- डबल सिल्क-कवर्ड कॉपर वायर (Double silk-covered copper wire) (D.S.C.)
- PVC -कवर्ड कॉपर वाइन्डिंग कॉपर (PVC-covered copper winding wire)

अधिकतर वाइन्डिंग अनुप्रयोगों में मध्यम परत वाली सुपर-इनैमल्ड कॉपर वाइन्डिंग वायर सामान्यतया प्रयोग की जाती है, जबकि कुछ विशेष अनुप्रयोगों में मोटी परत वाली सुपर-इनैमल्ड कॉपर वायर प्रयोग की जाती है।

कुछ DC मशीनों के आर्मेचर व फिल्ड क्वायल सुपर इनैमल्ड, DCC या DSC कॉपर वाइन्डिंग तारों से वाइंडिंग किये जाते है।

PVC परत वाली कॉपर वाइन्डिंग तारों को मुख्यतया सबमर्सीबल पम्प की वाइंडिंग में उपयोग की जाती है।

ये वाइडिंग वायर विभिन्न आकारों और इन्सुलेशन वर्गों में उपलब्ध है।

SE कॉपर वायर जो मध्यम प्रकार की परत से बनी है, के सभी आवश्यक विवरण सारणी 1 में दिये गये है।

ये सारणियाँ सभी मुख्य वाइन्डिंग वायर निर्माताओं द्वारा वाईंडर के कार्य की सहायता के लिए प्रकाशित की गई है। सारणी 1 में चालक की धारा-वहन क्षमता 2.3A/mm² दर्शायी गई है। सामान्य उपयोग में क्षमता 3 से 4 गुणा मान में उपयोग की जाती है जो मशीनों के इनसुलेशन व तापमान ग्रेड पर निर्भर करता है।

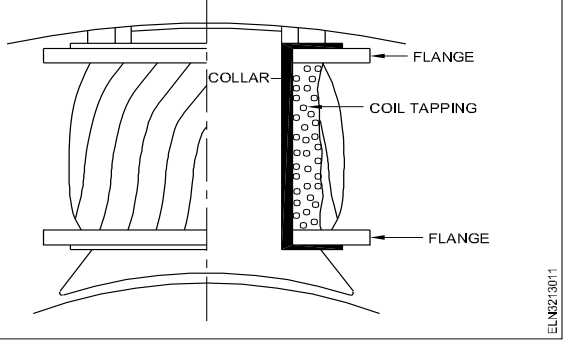
फिल्ड क्वायल की वाइन्डिंग (Winding of field coils): फिल्ड क्वायल को पुनः वाइडिंग करने के लिए, वाइन्डिंग तार के उचित चयन करने, इसका इन्सुलेशन, क्वायल का सही नाप और विभिन्न चरणों में उपयोग होने वाली इन्सुलेशन योजना पर उचित ध्यान देना चाहिए, ताकि मूल स्थिति को कायम रखा जा सके, जब तक दूसरी आवश्यकता को प्राधिकृत न किया जाये।

फिल्ड क्वायल के लिए इन्सुलेशन का विवरण (Insulation details for a field coil) : फिल्ड क्वायल, फ्रेम, फिल्ड पोल व पोल शू से अच्छी प्रकार से इन्सुलेटिड होनी चाहिए।

कॉलर (Collar) : फोल्ड पोल के चारों ओर का इन्सुलेशन कालर कहलाता है जो Fig 1 से दिखाया गया है।

फ्लैन्ज (Flanges): क्वायल के दोनों तरफ उपयोग होने वाला इन्सुलेशन जो इसे फ्रेम से व पोल शू से इन्सुलेट करता है वह फ्लैन्ज कहलाता है। (Fig 1)

Fig 1



टेबल 1

(सुपर - इनैमल्ड ताँबा तार के लिए विवरण)

नाप	इन्चों में व्यास	व्यास meter mm	फील्डफल sq. mm	मोड़ (टर्न) per sq.cm.	एम्पियर में करंट	प्रति 1000 मीटर (kg)
14	.080	2.03	3.244	22	7.5	28.18
15	.072	1.82	2.63	27	6.1	22.84
16	.064	1.62	2.1	33	4.8	18.06
17	.056	1.42	1.59	42	3.7	13.85
18	.048	1.21	1.167	58	2.7	11.05
19	.040	1.01	0.811	87	1.9	7.08
20	.036	.91	0.636	105	1.5	5.75
21	.032	.81	0.52	134	1.2	4.55
22	.028	.71	0.4	172	.92	3.58
23	.024	.60	0.29	234	.68	2.56
24	.022	.55	0.25	275	.57	2.24
25	.020	.50	0.202	329	.4	1.78
26	.018	.45	0.162	397	.38	1.45
27	.0164	.41	0.137	484	.32	1.29
28	.0148	.37	0.111	583	.26	1.01
29	.0136	.34	0.094	680	.22	0.804
30	.0124	.31	0.078	834	.18	0.712
31	.0116	.29	0.070	939	.158	0.646
32	.0108	.27	0.06	1,068	.137	0.505
33	.0100	.26	0.055	1,070	.118	0.45
34	.0092	.23	0.043	1,490	.100	0.362
35	.0084	.21	0.036	1,744	.083	0.324
36	.0076	.19	0.029	2,085	.068	0.261
37	.0068	.17	0.023	2,542	.054	0.209
38	.0060	.15	0.018	3,162	.042	0.164
39	.0052	.13	0.014	4,379	.032	0.127
40	.0048	.12	0.0117	5,030	.027	0.114
41	.0044	.11	0.0098	6,060	.028	0.09
42	.0040	.10	0.0078	7,692	.018	0.073
43	.0036	.09	0.0064	9,375	.015	0.06
44	.0032	.08	0.005	12,000	.012	0.047
45	.0028	.07	0.0039	15,384	.009	0.037
46	.0024	.06	0.0028	21,428	.006	0.026
47	.0020	.05	0.00196	30,612	.005	0.015
48	.0016	.04	0.00126	47,619	.003	0.012

*** करन्ट वहन करने की क्षमता 2.3 ampere प्रति sq. mm ली गई है।**

क्वायल रैपिंग या क्वायल टैपिंग (Coil wrapping or coil taping): क्वायल के चारों ओर उपयोग किया गय इन्सुलेशन क्वायल रैपिंग या टैपिंग कहलाता है जो कि Fig 1 में दर्शाया गया है।

एक विशिष्ट फील्ड क्वायल के इन्सुलेशन के लिए निम्नलिखित विवरण उदाहरण के लिए प्रस्तुत है।

- चालक- मध्यम परत के साथ सुपर इनैमल्ड कॉपर वायर।
- कॉलर- लेदरायड से 10 मील एकल प्रकार
- फ्लैन्ज- लेदरायड से 15 मील एकल प्रकार
- क्वायल लपेटन- 7 मील मोटाई, 19 mm चौडी सूती टेप
- क्वायल लीड का आवरण- एम्पायर स्लिवें।
- वार्निश- शुष्क वायु, सुनहरी पीले रंग वाली, वर्ग E वार्निश

फील्ड क्वायल की तैयारी (Preparation of a field coil) : फील्ड क्वायल को इन्सुलेटिड ताँबा तार से वाइडिंग किया जाता है, जिसका व्यास व टर्नों की संख्या मशीन की क्षमता व उपलब्ध वोल्टेज पर निर्भर करता है। जब वाइडिंग की जा रही हो, उस समय यह आवश्यक है कि मूल क्वायल के अनुसार ही वाइडिंग तार का साइज, क्वायल का साइज व इन्सुलेशन योजना भी समान हो। तार को लकड़ी के फर्मा पर कुण्डलित किया जा सकता है जिसमें एक केन्द्र में टुकड़ा (जो कि क्वायल के आन्तरिक साईज के अनुसार) होता है और दो साईड के टुकड़े होते है जो क्वायल को अपने स्थान में रखते है। Fig 2 में फर्मे की संरचना दिखाई गई है। केन्द्र वाला टुकड़ा (वाइन्डिंग फ्रेम) एक तरफ थोड़ा झुका (tapered) होता है जो कि फर्मे से क्वायल को उतारने में सहायक होता है। फर्मे से क्वायल को उतारते समय क्वायल का वास्तविक आकार वही रहना चाहिए, जब वाइडिंग पूर्ण होने वाली होती है यदि टेप का फीता या धागा केन्द्रीय भाग पर रखा जाये, तब वाइन्डिंग को शुरू किया जाता है इसे Fig 3 के अनुसार रखना चाहिए। इससे वाइडिंग पूर्ण होने पर क्वायल को फर्मे से उतारने में सहायता मिलती है। वाइडिंग पूरी होने पर ये टेप व धागे Fig 4 में दिखाये अनुसार बांध दिये जाने चाहिए। फर्मे को खराद मशीन के चक में या क्वाईल-वाइन्डिंग मशीन मे या क्वायल को बाँधने के लिए वाईंडर के हाथ में रखना चाहिए और मूल क्वायल के अनुरूप ही समान साइज की तार व समान टर्नों से क्वायल को पूरा करें।

फील्ड क्वायल सिरिज क्रम में जोडी जाती है, बडी मशीनों में या उन मशीनों में जो उच्च वोल्टेज से निम्न वोल्टेज में बदली जाती है, ऐसे मामले में व विपरीत फील्डता के साथ प्रत्यावर्ती पोलों के लिए समानान्तर में जोड़ी जाती है।

फील्ड क्वायल जो एक ही दिशा में वाइंडिंग की गई है, में प्रत्यावर्ती फील्डता बनाने के लिए, प्रथम फील्ड क्वायल में करंट की दिशा इस प्रकार हो कि यह क्लॉक वाईज कहलायी जाये, दुसरी फील्ड क्वायल में एन्टीक्लॉक वाईज दिशा में और आगे तीसरी फील्ड क्वायल में क्लॉक वाइज औरफिर चतुर्थ फील्ड क्वायल में एन्टीक्लॉक वाइज दिशा में ही और आगे इसी प्रकार यह क्रम जारी रहे। एक बार फिल्ड क्वायल को टेप करने के बाद इस दिशा को ज्ञात करना बहुत कठिन है, क्योंकि फिर वाइन्डिंग फेरों की दिशा दिखाई नही देती है।

Fig 2

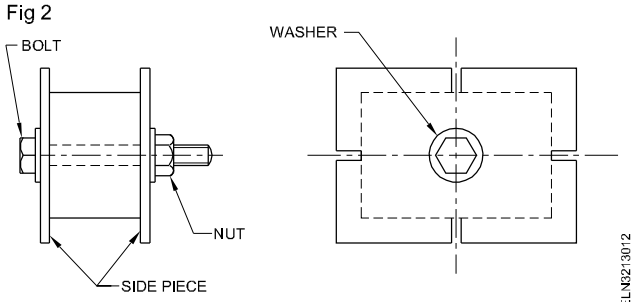


Fig 3

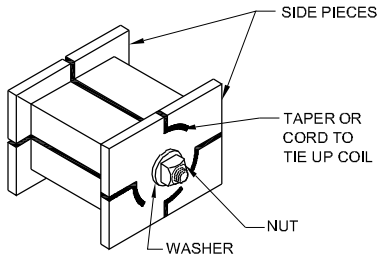


Fig 4

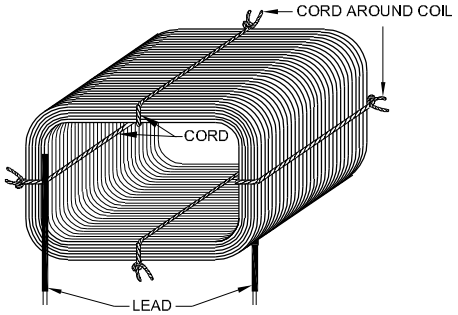


Fig 5

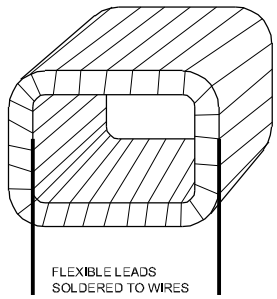
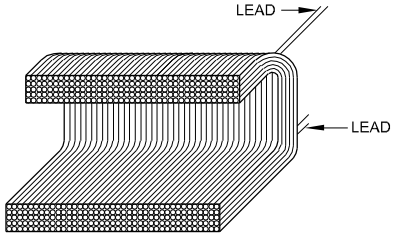


Fig 6



A CUTAWAY VIEW OF A SHUNT-FIELD WINDING

फिर भी सारणी 1 का उपयोग करने से यह जाँच की जा सकती है, कि नई लपेटी हुई क्वायल में वही तार का साईज होगा जो मूल क्वायल का था, जिससे इस क्वायल का बिना कठिनाई के पोल के साथ व्यवस्थित किया जा सके।

प्रायः इस प्रकार के प्रयास में यह पाया जाता है कि वाइडिंग पूर्ण होने के बाद, नई क्वायल का साईज मूल क्वायल से बड़ा हो जाता है, इसे सुधारने के लिए क्वायल में कुछ फेरों (turns) को कम किया जाता है।

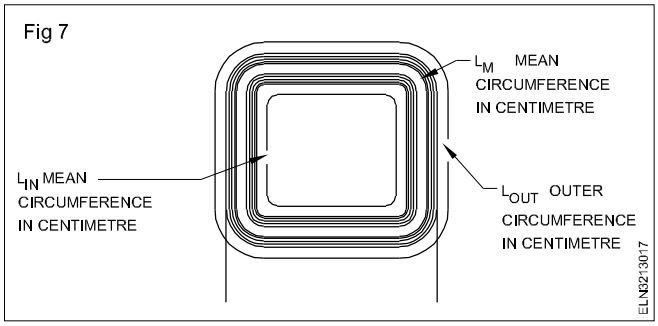
इस प्रकार की समस्याओं के निम्नलिखित कारण हो सकते है।

- चयन की गई वाइन्डिंग तार के व्यास में थोडा परिवर्तन।
- इन्सुलेशन परत की अधिक मोटाई
- ढीली वाइन्डिंग
- वाइडिंग परतों के बीच उपयोग हुए इन्सुलेशन पेपर की मोटाई में थोडा परिवर्तन।

वास्तविक वाइन्डिंग से पूर्व क्वायल के माप को ज्ञात करने की विधि (Procedure to find the size of the coil before actual winding): क्वायल को टेप रहित करके तोलें और सारणी 1 के अन्तिम कॉलम की सहायता से वाइन्डिंग तार की लम्बाई मीटर में ज्ञात करें। मूल क्वायल से टर्नों की औसत लम्बाई ज्ञात करें।

Fig 7 को देखते हुए मान लें कि

Fig 7



क्वायल की आन्तरिक परिधि = L_{IN}cm.
क्वायल की बाहरी परिधि = L_{OUT}cm.
क्वायल की औसत परिधि

$$L_M = \frac{L_{IN} + L_{OUT}}{2}$$

क्वायल की एक टर्न की लम्बाई क्वायल की औसत परिधि के बराबर ली जा सकती है।

$$\text{क्वायल की संख्या} = \frac{\text{वाइंडिंग वायर की कुल लम्बाई}}{\text{टर्न की लंबाई}}$$

टर्नों की संख्या ज्ञात करने के पश्चात सारणी में टर्न प्रति वर्ग cm' वाला कॉलम को देखें और वाइन्डिंग तार का चयन करें।

निम्नलिखित सूत्र का उपयोग करते हुए, प्रस्तावित क्वायल के अनुप्रस्थ फील्डफल को वर्ग cm में ज्ञात किया जा सकता है।

क्वायरल का अनप्रस्थ काट का फील्डफल sq.cm में $= \frac{\text{टर्नों की कुल संख्या}}{\text{प्रति sq.cm टर्न}}$

क्वायल के लिए ज्ञात किये गये अनुप्रस्थ काट फील्डफल के सापेक्ष उपलब्ध स्थान की जाँच करें। इन्सुलेशन के लिए अतिरिक्त फील्डफल ज्ञात करने के लिए आप क्वायल के अनुप्रस्थ फील्डफल को 1.25 से गुणक से गुणा कर सकते है।

फील्ड क्वायल के सिरे निकालना (Termination of field coil): वाइन्डिंग करते समय यह ध्यान रखनाचाहिए कि क्वायल के सिरे, क्वायल की साइड की तरुफ करें। क्वायल के अन्त के सिरों को उचित साईज की सूती/ एम्पायर/फाईबर ग्लास की स्लिवों द्वारा इन्सुलेट करें और उसी प्रकार टर्मिनेट करें। यदि क्वायल की वाइन्डिंग में बहुत बारीक सुपर इनैमल्ड ताँबा तार उपयोग की जाये, तो Fig.5 के अनुसार लीड के संयोजन के लिए नम्य डोरी का उपयोग करें।

नम्य डोरी (flexible cord) को इनैमल्ड ताम्र डोरी के साथ सोल्डर करें। सिरों पर सोल्डर किये हुए जोडों को उचित प्रकार से एम्पार/फाइबर ग्लास टेप से इन्सुलेट करें।

फील्ड क्वायल की टेपिंग (Taping the field coil) : जब आवश्यकता हो तो क्वायल को उचित प्रकार की साईज वाली सूती/एम्पायर/ फाइबर ग्लास टेप से टैप करें। टैपिंग शूरू करने से पूर्व, क्वायल के अन्त सिरों को बांध दे ताकि तार के कटरने व खराब होने से बचा जा सके। क्वायल को कस कर एक समान रूप से टैप करें, जब क्वायल को पोल पर रखा जाये तो कुण्डली की टेप फटनी नही चाहिए और न ही सरकनी चाहिए।

कुछ फिल्ड कुण्डलियों को टेप नहीं किया जा सकता है, परन्तु उन्हें फ्लैन्ज व कॉलर में इन्सुलेटिंग पेपर उपयोग करके बॉडी या पोल से अवश्य इन्सुलेटिड किया जा सकता है।

इस अवस्था में इन्सुलेशन कार्य में असावधानी रखने पर फिल्ड क्वायल की अर्थ होने की सम्भावना रहती है।

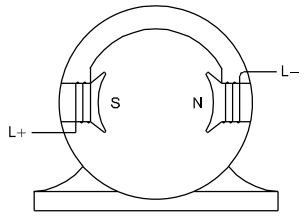
फिल्ड क्वायल को वार्निश करना (Varnishing the field coil) : फिल्ड क्वायल को तैयार करने के बाद, क्वायल को भट्टी में 3 से 4 घण्टे तक 90°C पर गर्म किया जाता है ताकि फिल्ड क्वायल से नमी को बाहर किया जा सके। अब क्वायल को 60°C तक ठण्डा करके, क्वायल को पकी हुई वार्निश में 5 से 10 मिनट तक डुबो कर तब तक रखा जाता है जब तक कि वार्निश टैंक से वायु के बुलबुले निकलना शुरू न हो जाये। अब वार्निश को निकाल कर इसे 120°C पर 6 से 8 घण्टे तक भट्टी में पकाया जाता है।

वार्निश हो जाने के बाद, फिल्ड कुण्डलियों को फिल्ड पोलों पर असेम्बल किया जाता है। फिल्ड कुण्डलियों को डालने के समय सही संयोजन के लिए लीड के अन्तर सिरों को ध्यान से देखना चाहिए।

फिल्ड क्वायलों के संयोजन (Connecting field coils) : DC मशीनों में फिल्ड क्वायलों को इस प्रकार जोड़ना चाहिए कि मशीन में प्रत्यावर्ती फील्डता (alternate polarity) बनती रहे अर्थात यदि पहला पोल उत्तरी फील्ड हो तो अगला दक्षिण होना चाहिए।

इस प्रकार Fig 8 के अनुसार एक दो पोल DC मशीन में एक पोल उत्तरी फील्ड है तो दुसरा दक्षिणी फील्ड है। चार पोल की DC मशीन में Fig 9 के अनुसार दर्शाये हुए प्रत्यावर्ती रूप में उत्तरी व दक्षिणी फील्ड बनने चाहिए।

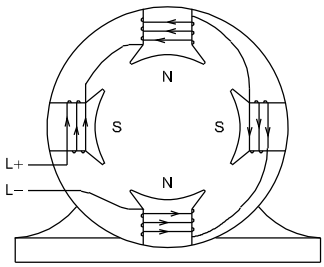
Fig 8



IN A TWO-POLE MOTOR, THE FILEDS ARE CONNECTED TO FORM A NORTH AND SOUTH PLOE

ELN32130 18

Fig 9



NORTH AND SOUTH POLES IN A FOUR-POLE MOTOR

ELN32130 19

फील्ड कुण्डलियों सिरिज में जोडी जाती है, बडी मशीनों में या उन मशीनों में जो उच्च वोल्टेज से निम्न वोल्टेज में बदली जाती है, ऐसे मामले में व विपरीत फील्डता के साथ प्रत्यावर्ती पोलों के लिए समानान्तर में जोड़ी जाती है।

फिल्ड कुण्डलियों जो एक ही दिशा में कुण्डलित की गई है, में प्रत्यावर्ती फील्डता बनाने के लिए, प्रथम फील्ड क्वायल में करंट की दिशा इस प्रकार हो कि यह क्लॉक वाईज कहलायी जाये, दुसरी फील्ड क्वायल में एन्टीक्लॉक वाईज दिशा में और आगे तीसरी फील्ड क्वायल में क्लॉक वाइज औरफिर चतुर्थ फील्ड क्वायल में एन्टीक्लॉक वाइज दिशा में ही और आगे इसी प्रकार यह क्रम जारी रहे। एक बार फिल्ड क्वायल को टेप करने के बाद इस दिशा को ज्ञात करना बहुत कठिन है, क्योंकि फिर वाइन्डिं फेरों की दिशा दिखाई नही देती है।

फिल्ड क्वायल के सही संयोजन के परीक्षण की दो विधियाँ है (Testing of field coil connections) : There are two methods to test the correct field coil polarity.

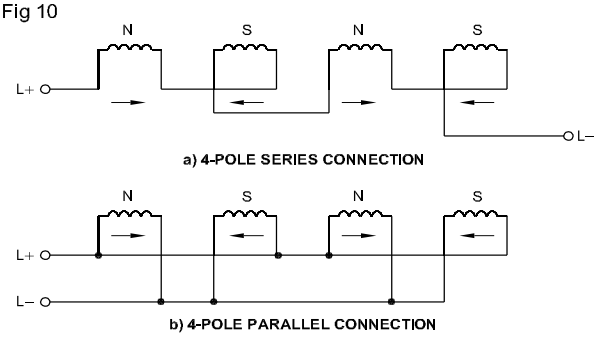
– कम्पास विधि (Compass method)

– लोह फील्ड विधि (Iron rod method)

कम्पास विधि (Compass method) : फील्डों की किसी भी संख्या के लिए कम्पास विधि का उपयोग किया जा सकता है (यदि यह कम्पाउण्ड मोटर हो तो एक बार में एक वाइन्डिंग या तो शंट या सिरिज क्वायल का परीक्षण करें) चार फील्डों वाली मोटर की फिल्ड क्वायलों की जाँच के लिए Fig 9 के अनुसार चार फिल्ड क्वायलों सिरिज में जुडी है।

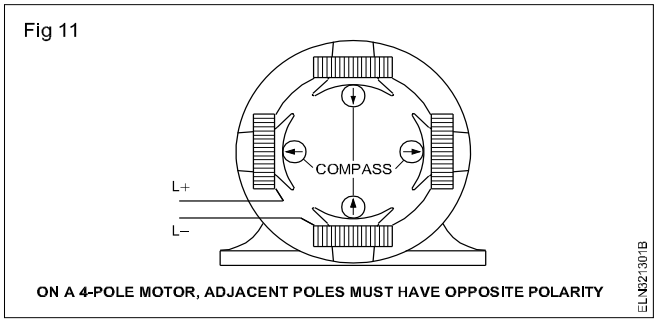
Fig.10 में परिवर्तित पोलों की उत्पत्ति के लिए फिल्ड वाइंडिंग्स के सिरिज व समानान्तर संयोजन दिखाये गये है।

Fig 10



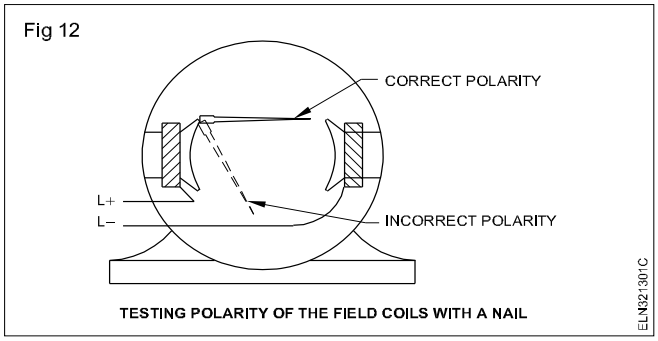
तब फिल्ड सर्किट में निर्धारित वोल्टेज की 10 से 20% निम्न वोल्टेज प्रदान की जाती है। मशीन के अन्दर पोल की समीप या फिल्ड क्वायल के साथ एक कम्पास रखी जाती है जैसा कि Fig 11 में दिखाया गया है। यह ध्यान दे कि कम्पास सुई का कौन सा सिरा कौन से पोल की ओर संकेत करता है। जब सूई अगले पोल के पास ले जाई जाती है तो सुई का दुसरा सिरा आकर्षित होना चाहिए। इस का अर्थ है कि फील्ड एकान्तर प्रकार alternate के है यदि ऐसा नही होता है तो उस विशेष फिल्ड क्वायल के संयोजन के सिरे आपस में बदल दें।

Fig 11



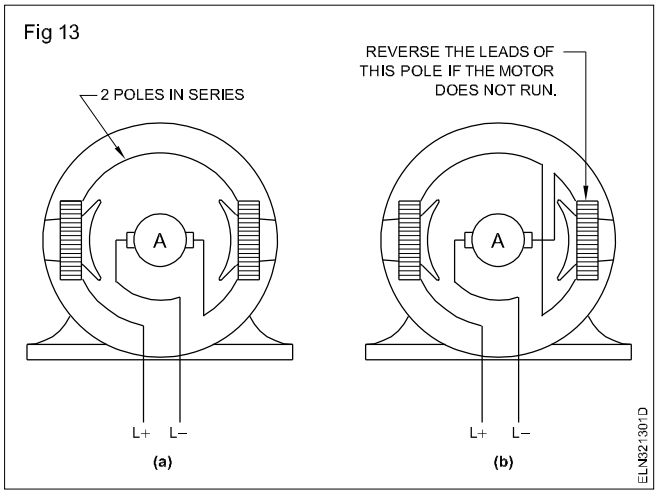
लोह छड़ विधि (Iron rod method) : इस विधि में फिल्ड सर्किट में निर्धारित DC वोल्टेज दी जाती है। Fig 12 के अनुसार एक लोहे की कील का हैड एक पोल की तरफ रखा जाता है। यदि फील्डता सही हो तो कील का दुसरा सिरा अगले फील्ड की तरफ आकर्षित होगा, यदि गलत होगा तो यह विकर्षित होगा।

Fig 12



एक दो पोल वाली छोटी DC मोटर के सन्दर्भ में, त्रुटि व प्रयास (trial and error) वाली विधि अपनाई जाती है। प्रारम्भिक तौर में दो फिल्ड क्वायलों व आर्मेचर को Fig 13a के अनुसार सिरिज में जोडा जाता है। यदि मोटर सही चलने लगती है तो जोडे गये फिल्ड पोलों की फील्डता सही है। यदि मोटर घूमना शुरू नही करती है, तो फिल्ड क्वायल के संयोजन Fig 13b के अनुसार बदल दें। अब यदि मोटर चलने लगती है, तो यह माना जाता है कि फिल्ड व आर्मेचर अच्छी स्थिति में है तथ उचित प्रकार से जुड़े है।

Fig 13



आर्मेचर वाइडिंग- शब्दावली - प्रकार-मिक्सर/लिक्विडायजर का पुनः वाइडिंग (Armature winding - Terms - Types - Rewinding of mixer/liquidizer)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने के योग्य होंगे

- **DC आर्मेचर वाइडिंग में प्रयुक्त सामान्य शब्दावली को परिभाषित करना**
- **DC आर्मेचर वाइन्डिंग के विभिन्न प्रकार को स्पष्ट करना।**

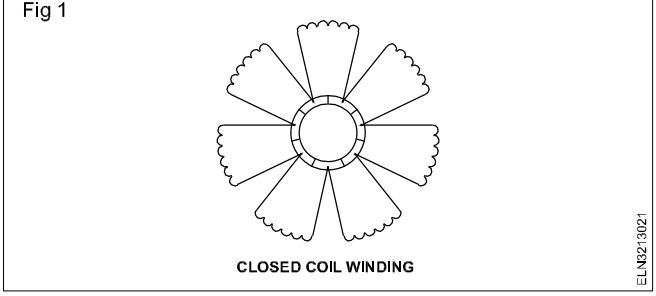
वाइडिंग (Winding) : आर्मेचर के खाँचों या स्टेटर खाँचों में इन्सुलेटिड चालकों को विशिष्ट अनुक्रम में रख कर उनके क्रमिक संयोजन करने की व्यवस्था वाइडिंग कहलाती है।

वाइडिंग मुख्यतः निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है:

- बंद क्वायल वाइडिंग (closed coil winding)
- खुली क्वायल वाइडिंग (open coil winding)

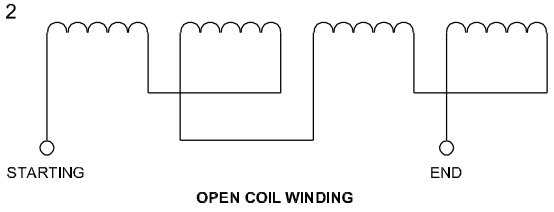
बंद क्वायल वाइडिंग (Closed coil winding) : इसे DC आर्मेचर वाइडिंग भी कहते है। बंद क्वायल वाइडिंग में,क्वायल की सिरा दूसरी क्वायल के सिरे के साथ जुड़ कर आर्मेचर में अपने आप को अन्त में शूरू के सिरे से जुडा ड्रापा है जैसा कि Fig 1 में दिखाया गया है।

Fig 1



खुली क्वायल वाइडिंग (Open coil winding) : इसे AC स्टेटर क्वायल भी कहते है। खुली क्वायल वाइडिंग में क्वायल को सिरा स्टेटर में अन्य क्वायल्स के साथ जुड कर, लीड के सिरों के साथ जुड कर बाहर निकल जाता है। अर्थात क्वायल का प्रारम्भ वाला सिरा व अन्त सिरा खुला रखा जाता है जैसा कि Fig 2 में दिखाया गया है।

Fig 2



DC आर्मेचर वाइडिंग (DC armature winding) : यह बंद क्वायल वाइडिंग होती है जिसमें कुण्डलियों के सिरे कम्यटेटर सेग्मेन्ट (commutator segments) के साथ जुड कर बंद परिपथ बनाते है।

आर्मेचर वाइडिंग में प्रयुक्त शब्दावली (Terms used in DC armature winding)

क्वायल या वाइडिंग तत्व (Coil or winding element) : तार की वह लम्बाई जो चुम्बकीय फील्ड में पड़ी रहती है, जिसमें एक emf उत्पन्न होता है, को क्रिया शील चालक/कंडक्टर कहते है।

Fig 3 को देखने पर,हम दो क्रियाशील चालक AB और CD को उनके सिरो के संयोजन के साथ जुडा हुआ देखते है जो मिल कर एक क्वायल या वाइडिंग तत्व बनाते है जो आर्मेचर वाइडिंग का तत्व होता है। क्वायल केवल एकल टर्न वाली हो सकती है जो कि Fig 3 में दिखाया गया है या Fig 4 में दिखाये अनुसार कई टर्न वाली हो सकती है। एकल टर्न क्वायल या क्वायल तत्व में केवल चालक होंगें। परन्तु कई फेरों (turn) वाली क्वायल में प्रति क्वायल के साइड में कई चालक हो सकते है। उदाहरण के लिए Fig 4 में प्रत्येक क्वायल के साइड में 3 चालक है। चालकों के समूह द्वारा बनी क्वायल भुजा एक कई टर्न वाली क्वायल होती है जो (Fig 5) के अनुसार इकट्ठी टेप से बंधी होती है। यह क्वायल साइडें आर्मेचर खाँचों में रखी हुई होती है। यह नोट किया जाना चाहिए कि प्रत्येक वाइडिंग क्वायल तत्व में दो संयोजन लीड होती है और प्रत्येक कम्यूटेटर बार दो लीड वाइन्डिंग से आकर जुडती है। इसलिए वाइडिंग सिरों की संख्या के बराबर कम्यूटेटर होती है।

Fig 3

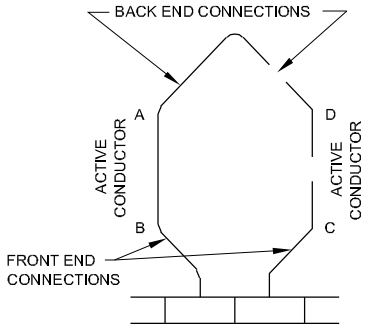
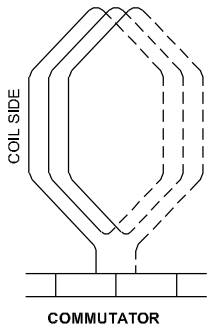
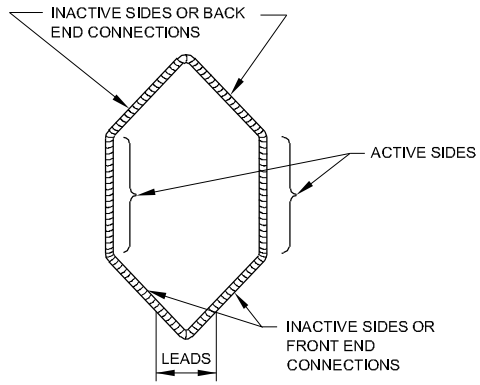


Fig 4



सक्रिय भुजा (Active sides) : यह वह भुजा या साइड होती है जो स्लॉटों में पडी रहती है। ये (coil sides) के नाम से भी जानी जाती है। जब ये चुम्बकीय फील्ड में घूमती है तो केवल सक्रिय भुजा में ही प्रेरण होता है। (Fig 5)

Fig 5



वाइडिंग गणना में ये सक्रिय भुजायें चालकों के रूप में जानी जाती है। क्वायल में फेरों की अपेक्षा दो चालक होते हैं।

अक्रियाशील भुजा (Inactive sides) : क्वायल का वह भाग जो स्लॉट में नहीं पडा रहता है, वह क्वायल भुजा अक्रियाशील भुजा कहलाती है। अक्रियाशील भुजाओं में कोई प्रेरण नहीं होता।

उदाहरण (Example): पीछे व सामने के सिरों के संयोजन (Back and front end connections.) (Fig 5)

क्वायल की लीड (Leads of coil) : किसी क्वायल से बाहर आने वाले सिरे, क्वायल की लीड के नाम से जाने जाते है। प्रत्येक क्वायल की दो लीड होती है।

पोल पिच (Pole-pitch)(Y_p) : इसे विभिन्न प्रकार से परिभाषित किया जा सकता है:

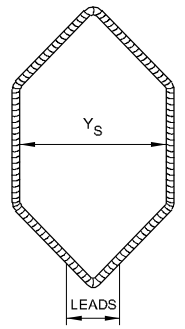
- आर्मेचर की परिधि को मशीन के पोलों से भाग देने पर अर्थात दो पास-पास वाले पोलों के बीच की दूरी पोल-पिच कहलाती है। इसे Y_p से दर्शाया जाता है।
- यह प्रति पोल आर्मेचर चालकों की संख्या (याआर्मेचर स्लॉट) होती है। उदाहरण के लिए, यदि 48 चालक, 24 कुण्डलियाँ, 24 स्लॉट और 4 पोल है, तब पोल पिच होगी।

$$Y_P = \frac{\text{स्लॉट की संख्या}}{\text{पोल की संख्या}} = \frac{24}{4} = \text{स्लॉट के संदर्भ में } 6$$

$$Y_P = \frac{\text{चालकों की संख्या}}{\text{पोल की संख्या}} = \frac{48}{4} = \text{चालकों के संदर्भ में } 12$$

क्वायल-विस्तार या पोल की संख्या (Coil-span or coil-pitch)(Y_S): क्वायल-विस्तार या क्वायल पिच, क्वायल की दो भुजाओं के बीच की दूरी होती है जो कि आर्मेचर स्लॉट या आर्मेचर चालकों के शब्दों में व्यक्त की जाती है। यह वास्तव में क्वायल की दो भुजाओं के बीच विस्तार होता है जो कि आर्मेचर की परिधि को स्लॉट या चालकों के शब्दों में व्यक्त किया जाता है। यह Y_S से व्यक्त किया जाता है जैसा कि Fig 6 में दिखाया गया है।

Fig 6



क्वायल पिच Y_S की गणना उसी प्रकार की जाती है जिस प्रकार से पोल पिच की गणना की जाती है।

अतः संशोधित गणना निम्न प्रकार से होगी।

$$Y_S = \frac{\text{स्लॉट की संख्या}}{\text{पोल की संख्या}} - K = \frac{S}{P} = K \text{ (स्लॉट के संदर्भ में)}$$

$$\frac{\text{चालकों की संख्या}}{\text{पोल की संख्या}} - K = \frac{C}{P} = K \text{ (चालकों के संदर्भ में)}$$

जहाँ K = S/P या C/P का एक भाग है जो इनसे घटा कर Y_s को पूर्णांक बनाने के लिए उपयोग किया जाता है।

पश्च पिच (Back pitch) (Y_B) : आर्मेचर के पश्च भाग में क्वायल का विस्तार जो कि आर्मेचर चालककों के पद में व्यक्त किया जाता है, पश्च पिच कहलाता है जिसे Y_B से दर्शाया जाता है। इसे Fig 7 और 8 में दर्शाया गया है। पश्च पिच क्वायल पिच के तुल्य भी होती है।

जैसा कि Fig 9 में दर्शायागया है, आर्मेचर के पश्च भाग में क्वायल साइड 1 क्वायल साइड 8 से जुड़ी है (उसी क्वायल से) इसलिए Y_B = 8 – 1 = 7 चालक।

अग्र पिच (Front pitch)(Y_F) : आर्मेचर के सामने से (आर्मेचर के कम्यूटेटर के सिरे से) क्वायल विस्तार को या आर्मेचर चालकों की संख्या को अग्र पिच (front pitch) कहते है जिसे Y_F पदनामित किया जाता है। इसे Figs 7,8

Fig 7

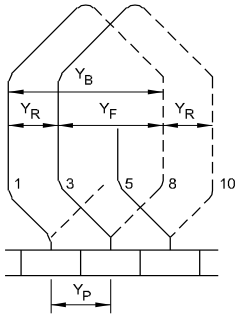


Fig 8

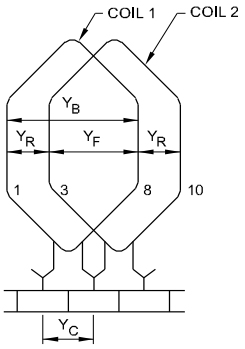
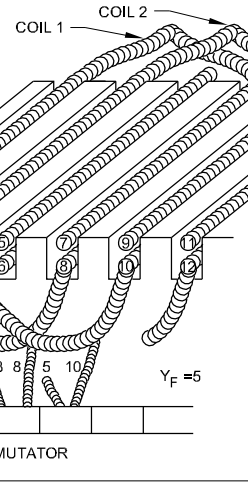


Fig 9



और 9 में दर्शाया गया है। क्वायल भुजा 8 अग्र भाग में क्वायल भुजा 3 (दूसरी क्वायल) से जोडी जाकर कम्यूटेटर खण्ड से जोडी गई है। इस प्रकार Y_F= 8 – 3 = 5 कंडक्टर

औसत पिच (Average pitch) (Y_A) : अग्र पिच Y_F के औसत को, औसत पिच Y_B कहते है। इसे Y_A से दर्शाया जाता है।

$$\text{i.e., } Y_A = \frac{Y_B + Y_F}{2}$$

इसे चालकों की संख्या में प्रदर्शित करते हैं।

परिणामी पिच (Resultant pitch) (Y_R) : सामान्यत इसे प्रथम क्वायल की प्रथम क्वायल साइड व दूसरी क्वायल की प्रथम साइड के अन्दर से परिभाषित किया जाता है, जिससे यह जुडी होती है या यह दो शूरू की पास-पास वाली क्वायल साइड के बीच की दूरी होती है, जो कि Fig 7

और 8 में दिखायी गई है और यह Y_R अक्षर से दर्शायी जाती है। इस प्रकार Fig 9 में, $Y_R=Y_B–Y_F$, अर्थात $Y_R=7–5=2$ चालक। परिणामी पिच Y_R वाइडिंग के प्रकार पर निर्भर करती है जैसे लैप या वेव या सिम्पलैक्स या मल्टीप्लैक्स।

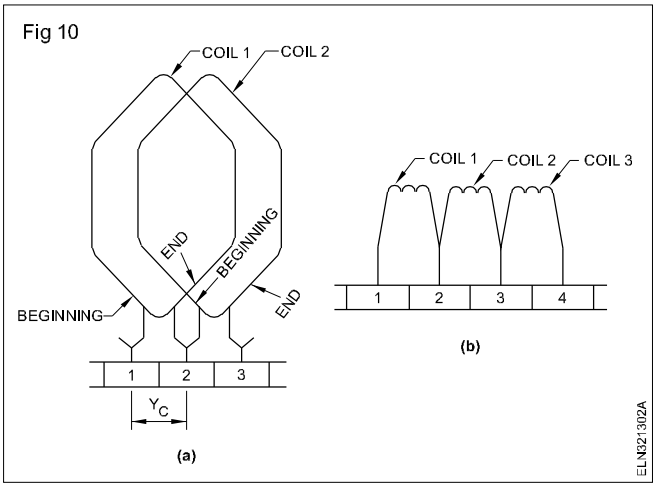
कम्यूटेटर पिच (Commutator pitch)(Y_c) : यह उन दो सेग्मेन्ट के बीच की दूरी होती है, जिनसे क्वायल के दो सिरे जोडे जाते है (जो कि कम्यूटेटर खण्ड या छड़ में मापी जाती है) इसे Y_c से दर्शाया जाता है। Fig 7, 8 और 9 से स्पष्ट है कि कम्यूटेटर पिच $Y_c = 1$ सैग्मेन्ट।

कम्यूटेटर पिच Y_c वाइन्डिंग के प्रकार पर परिवर्तित होती है, जैसे लैप या वेव और सिम्पलैक्स या मल्टीप्लैक्स।

DC आर्मेचर वाइडिंग का प्रकार (Types of DC armature windings)

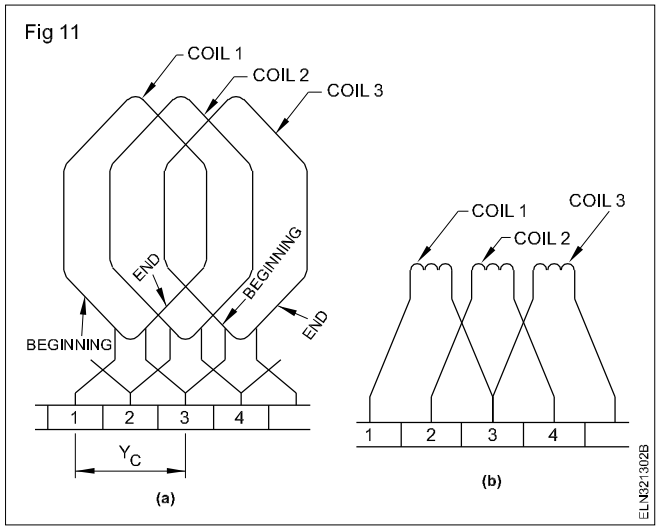
लैप व वेव वाइडिंग (Lap and wave winding): DC आर्मेचर वाइडिंग को दो मुख्य समूहों में वर्गीकृत किया गया है, लैप और वेव वाइडिंग में। इन वाइडिंग की लीड कम्यूटेटर सेग्मेन्ट के साथ किस प्रकार जोडी गई है, इस आधार पर इन वाइडिंग में अन्तर किया जाता है।

सिम्पलैक्स लैप वाइडिंग (Simplex lap winding) : सिम्पलैक्स लैप वाइडिंग में क्वायल 1 की अन्तिम लीड, पास वाली वाइडिंग (क्वायल 2) की शूरू की लीड के साथ, कम्यूटेटर सेग्मेन्ट से जोडी जाती है/ एक सेग्मेंट के कम्प्यूटर पिच को बनाये रखा जाता है। Fig 10 में सिम्पलैक्स लैप वाइडिंग के संयोजन दिखाये गये है।



डुपलैक्स लैप वाइडिंग (Duplex lap winding) : डुपलैक्स लैप वाइडिंग में क्वायल1 की अन्तिम लीड, क्वायल 3 की शूरू की लीड के साथ जुड कर कम्यूटेटर सेग्मेन्ट से जोडी जाती है। Fig 11a व b में दर्शाये अनुसार कम्यूटेटर पिच दो सेग्मेन्ट रखी जाती है।

ट्रिपलैक्स (triplex lap) और क्वाड्रुप्लैक्स (quadruplex lap) लैप वाइडिंग में क्वायल 1 की लीड, क्वायल 4 की शूरू की लीड और क्वायल 5 की शूरू की लीड के साथ क्रमशः जोड कर कम्यूटेटर सेग्मेन्ट से जोडी जाती है। सामान्यतः कम्यूटेटर सेग्मेन्ट से जोडी जाती है। सामान्यतः कम्यूटेटर पिच निम्न प्रकार से ली जाती है।



$Y_c = 1$ सैग्मेन्ट सिम्पलैक्स लैप वाइडिंग के लिए

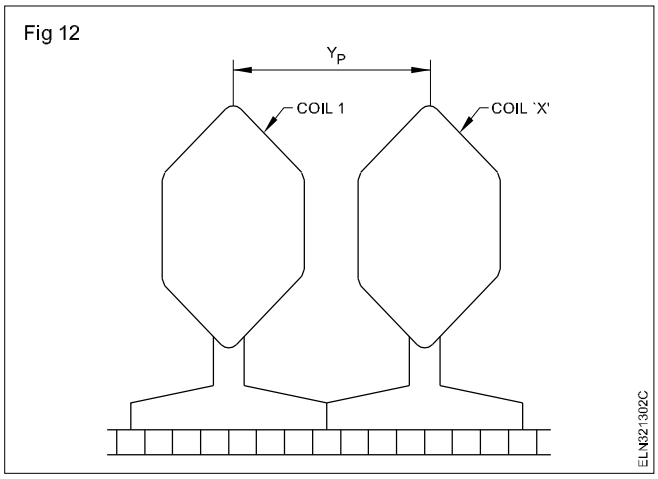
$Y_c = 2$ सैग्मेन्ट डुप्लैक्स लैप वाइडिंग के लिए

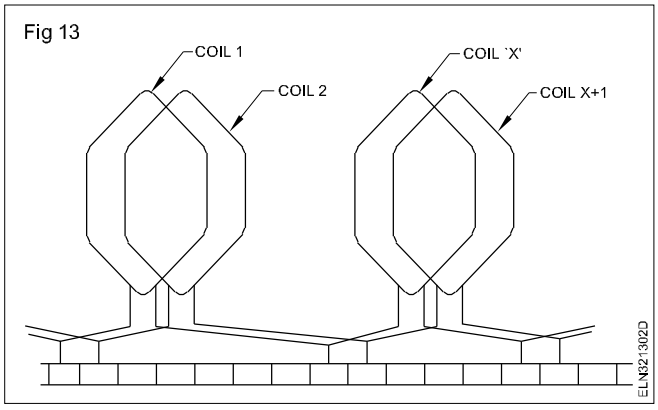
$Y_c = 3$ सैग्मेन्ट ट्रिप्लैक्स लैप वाइडिंग के लिए

$Y_c = 4$ सैग्मेन्ट क्वाड्रुप्लैक्स लैप वाइडिंग के लिए

सिम्पलैक्स वेव वाइडिंग (Simplex wave winding) : सिम्पलैक्स वेव वाइडिंग में क्वायल 1 का अन्त का सिरा, आगे वाली क्वायल के शूरू के सिरे के साथ, एक पोल पिच की दूरी पर जुडा हुआ है। (Fig 12)

डुप्लैक्स वेव वाइडिंग (Duplex wave winding) : डुपलैक्स वेव वाइडिंग में दो सिम्पलैक्स वेव वाइडिंग का समानान्तर समूह होता है जैसा कि Fig 13 में दिखाया गया है।

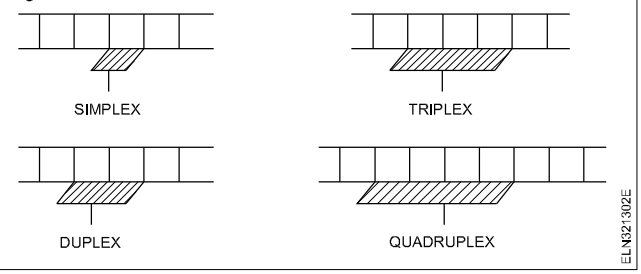




ट्रिप्लैक्स वेव वाइन्डिंग (Triplex wave winding) : ट्रिपलैक्स वेव वाइडिंग तीन सिम्पलैक्स वेव वाइडिंग का समूह होता है।

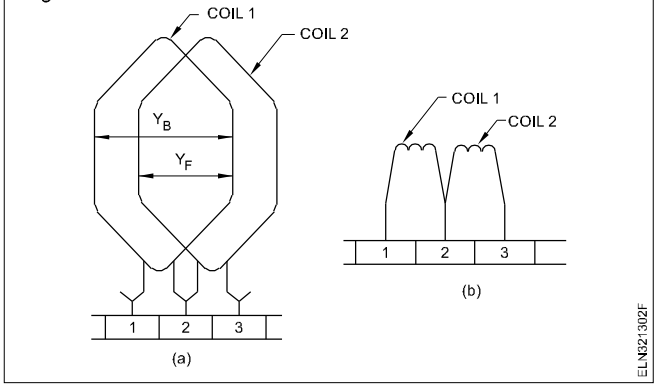
लैप व सिम्प्लैक्स वेव वाइडिंग में ब्रुश की चौडाई समान होती है, ब्रुश केवल एक सैग्मेन्ट के सम्पर्क में होगा। डुप्लैक्स में दो सैग्मेन्ट के साथ, ट्रिप्लैक्स तीन सेग्मेन्ट के साथ और क्वाड्रुलैक्स वाइडिंग में ब्रुश चार सेग्मेन्ट के साथ सम्पर्क करेगा। (देखें Fig 14)

Fig 14



प्रोगेसिव लैप या वैव वाइडिंग (Progressive lap or wave winding) : वृद्धिशील (Progressive) लैप या तरंग वाइडिंग में, फ्रन्ट पिच (front pitch) Y_F पश्च पिच (back pitch) Y_B, से कम होती है, अर्थात जैसे ही आप आर्मेचर खाँचों में कुण्डलियों की क्लॉक वाईज दिशा में डालते है, तो इन कुण्डलियों के संयोजन सिरे कम्यूटेटर सेग्मेन्ट पर भी क्लॉक वाइज (clock-wise) दिशा में अग्रसर होंगें जैसा कि Fig 15a और b में दिखाया गया है। वृद्धिशील वाइडिंग में Y_c को +1 से दर्शाया जाता है।

Fig 15



प्रतिगामी लैप व वैव वाइडिंग (Retrogressive lap or wave winding): प्रतिगामी लैप या वेव वाइडिंग में फ्रन्ट पिच Y_F, बैक पिच Y_B से अधिक होगी, अर्थात यदि कुण्डलियों को तो क्लॉक वाइज दिशा में डालते है, परन्तु कम्यूटेटर सैग्मेन्ट के साथ वाइडिंग के संयोजन वामावृत दिशा (anticlockwise) में अग्रसर होंगें जैसा कि Fig 16 a & b में दिखाया गया है। प्रतिगामी (retrogressive) वाइडिंग में Y_c को -1 से प्रदर्शित किया जाता है।

एकल परत वाइडिंग (Single layer winding) : एकल परत वाइडिंग वह वाइडिंग होती है जिसमें, प्रत्येक आर्मेचर स्लॉट में केवल एक क्वायल साइड रखी जाती है जैसा कि Fig 17 में दिखाया गया है। इस प्रकार की वाइडिंग आर्मेचर वाइन्डिंग में अधिक प्रयोग नही होती है।

Fig 16

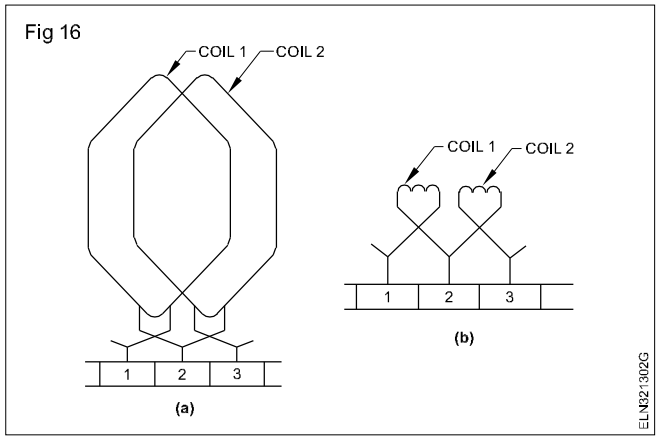
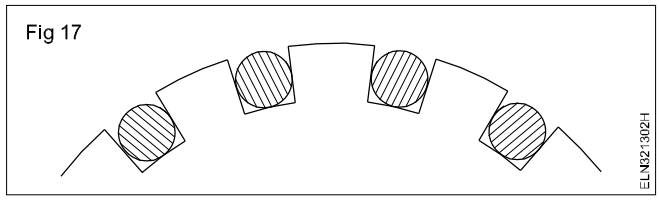
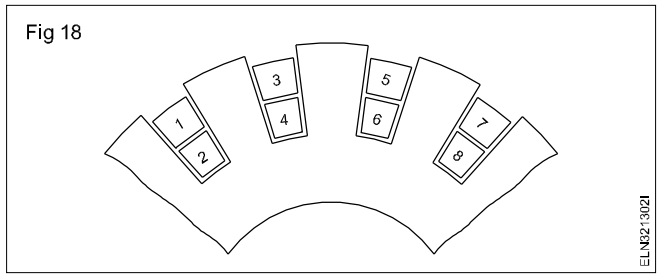


Fig 17



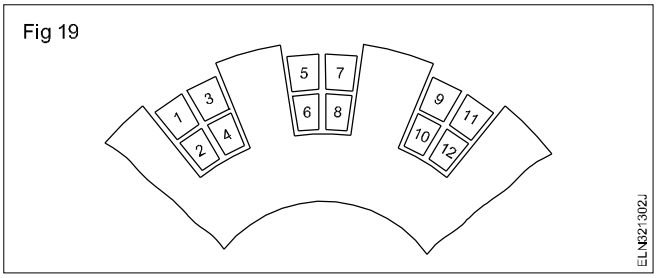
दो-परत कुण्डलन (Two-layer winding) : इस प्रकार की वाइडिंग में दो चालक या दो क्वायल साइड, प्रत्येक आर्मेचर स्लॉट में रखी जाती है जो दो परतों में व्यवस्थित होती है जैसा कि Fig 18 में दिखाया गया है। प्रायः प्रत्येक क्वायल की एक साइड, स्लॉट के ऊपरी आधे भाग में होती है और उसी क्वायल की दूसरी साइड एक क्वायल पिच की दूरी पर किसी दूसरे स्लॉट के नीचे वाले अर्द्धभाग में पडी होती है।

Fig 18



बहु-क्वायल कुण्डलन (Multi-coil winding) : कई बार 4, 6 और 8 क्वायल साइड को, कई परत में एक ही स्लॉट में रखा जाता है, क्योंकि आर्मेचर परिधि पर अधिक खाँचा काटना व्यावहारिक (practicable) नहीं है। जैसा कि (Fig 19) में दिखाया गया है, स्लॉटों के ऊपरी अर्द्ध भाग में विषम संख्या वाली क्वायल साइड 1,3,5,7 इत्यादि डाली गई है जबकि स्लॉट के नीचे वाले अर्द्ध भाग में सम संख्या वाली क्वायल साइड 2,4,6,8 इत्यादि डाली गई है।

Fig 19



सिम्प्लैक्स लैप और वेव वाइडिंग - विकसित आरेख (Simplex lap and wave winding - developed diagram)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **लैप व वेव वाइडिंग के लिए शर्ते बताना**
- **सिम्पलैक्स लैप व वेव वाइडिंग के लिए रिंग आरेख व विकसित आरेख बनाने के लिए गणना करना।**

विकसित वाइडिंग आरेख (Development winding diagram) : विकसित आरेख बनाने के लिए, वाइडिंग विवरण जैसे कि चालकों की संख्या, पोलों की संख्या, पिच और वाइन्डिंग का प्रकार इत्यादि की आवश्यकता होती है। DC आर्मेचर की किसी वाइडिंग में वाइंडिंगों क्वायल सिरों की संख्या कम्यूटेटर सेग्मेन्ट के बराबर होती है। आगे कुण्डलियों की संख्या, स्लॉट की संख्या से कई गुना होगी अर्थात एकल परत सिंगल लेयरवाइडिंग में स्लॉट की संख्या कम्यूटेटर सेग्मेन्ट की संख्या से दो गुना होती है, और दोहरी परत वाइडिंग मे स्लॉट की संख्या कम्यूटेटर सैग्मेन्ट के बराबर होती है।

लैप कुण्डलन (Lap winding)

लैप वाइडिंग के लिए शर्तें (Conditions for lap winding) : लैप वाइडिंग के लिए निम्नलिखित शर्तें व शब्दावली पूरी होनी चाहिए।

- फ्रन्ट पिच Y_F और बैक पिच Y_B लगभग पोल पिच Y_P के बराबर होनी चाहिए।
- दोनों फ्रन्ट पिच Y_F व बैक पिच Y_B विषम संख्या में होनी चाहिए।
- सिम्पलैक्स लैप वाइडिंग के लिए बैक पिच Y_B व फ्रन्ट पिच Y_F में 2 का अन्तर होना चाहिए। मल्टीप्लैक्स वाइडिंग की स्थिति में यह 2 x प्लैक्स के बराबर होना चाहिए।

उदा. डुप्लैक्स के लिए 2x2 = 4 चालक

ट्रिप्लैक्स के लिए 2x3 = 6 चालक और इसी प्रकार

औसत पिच से कम्यूटेटर पिच का दिया गया सूत्र

कम्प्यूटर पिट होगा

Y_C = ± 1 सिम्प्लैक्स के लिए

= ± 2 डुप्लैक्स के लिए

= ± 3 ट्रिप्लैक्स के लिए

- आर्मेचर में सामान्यतः पथों की संख्या `A' पोलों की संख्या पर निर्भर करती है। यह सिम्प्लैक्स लैप वाइडिंग में A = P, अर्थात 2-पोल आर्मेचर वाइडिंग में समानान्तर पथ 2 होंगें, 4-पोल वाली आर्मेचर वाइडिंग में समानान्तर पथ की संख्या 4 होगी और आगे इसी प्रकार होगा। इस प्रकार मल्टीप्लैक्स वाइडिंग में समानान्तर पथों की संख्या A = P x प्लैक्स की संख्या के बराबर होगी।
- ब्रुशों की संख्या पोलों की संख्या के बराबर होनी चाहिए।
- जब *m* वाइडिंग का प्लैक्स गुना (plex multiplicity) हो तो ब्रुशों की चौडाई, '*m* ' सेग्मेन्ट की चौडाई के बराबरी होगी।

वृद्धिशील वाइडिंग (Progressive winding)

$$\text{Back pitch} Y_B = \frac{Z}{P} + 1$$

फ्रन्ट पिच $Y_F = Y_B - 2 \text{ x plex}$

प्रतिगामी वाइडिंग (Reprogressive winding)

$$\text{Front pitch} Y_F = \frac{Z}{P} + 1 \qquad \text{Back pitch} \quad Y_B = Y_F - 2 \text{ x plex}$$

वाइडिंग को लैप वाइडिंग रखने के लिए, Z/P का मान सम संख्या में आना चाहिए।

उपरोक्त बिन्दूओं को ध्यान में रखते हुए, केवल वह आर्मेचर जिसमें निर्धारित स्लाट की संख्या है को लैप वाइडिंग के लिए वांऊण्ड किया जा सकता है।

गणना (Calculations) : सिम्पलैक्स लैप वाइन्डिंग के लिए वाइन्डिंग पिच और कम्यूटेटर सेग्मेन्ट के साथ क्वायल संयोजन ज्ञात करने के लिए निम्नलिखित गणनाओं को ज्ञात कीजिए।

उदाहरण

कम्यूटेटर सैग्मेन्ट की संख्या	6
स्लॉट की संख्या	6
पोलों की संख्या	2
वाइन्डिंग का प्रकार	सरल लैप

जैसा कि पहले स्पष्ट कर चूके है, वाइडिंग केवल दोहरी परत वाली हो सकती है।

हल

कुण्डलियों की संख्या = कम्यूटेटर सैग्मेन्ट की संख्या = 6 क्वायल

चालक या क्वायल साइड्स की संख्या = क्वायल की संख्या x 2

= 6 x 2 = 12 चालक

$$\text{पोल पिंच } Y_P = \frac{\text{No. of slots}}{\text{No. of poles}} = 6/2 = 3 \text{ स्लॉट}$$

$$Y_P \text{ चालकों के संदर्भ में} = \frac{\text{चालकों की संख्या}}{\text{पोल की संख्या}}$$

= 12 x 2 = 6 चालकों

प्रति स्लॉट चालकों की संख्या = 12/6 = 2 चालक/स्लॉट

अतः वाइडिंग दोहरी परत वाइडिंग है।

बैक पिच $Y_B = \frac{Z}{P} + 1 = 12/2 + 1 = 6 + 1 = 7$

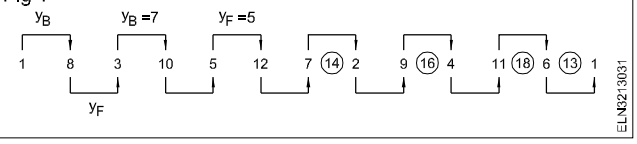
फ्रन्ट पिच $Y_F = Y_B - 2 \times Plex = 7 - 2 = 5$

$Y_B = 7$ and $Y_F = 5$ वृद्धिशील वाइडिंग के लिए

$Y_B = 5$ and $Y_F = 7$ प्रतिगामी वाइडिंग के लिए

वृद्धिशील (progressive) लैप वाइडिंग के लिए चालकों का वाइडिंग अनुक्रम Fig 1 में दिखाया गया है।

Fig 1



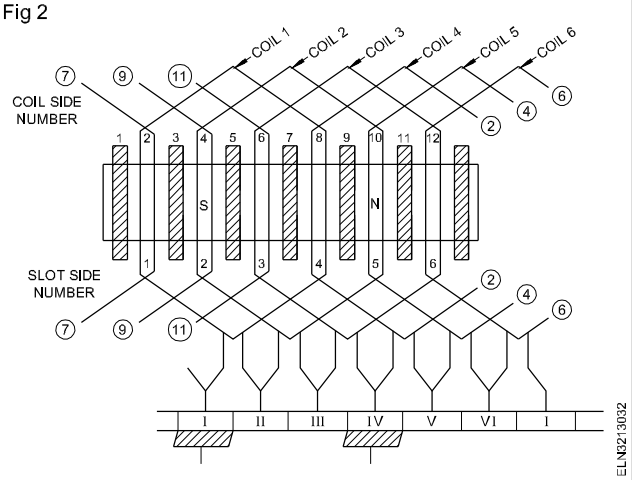
वाइडिंग तालिका (Winding table)

क्वायल	चालक		स्लॉट		कम्यूटेटर सैग्मेन्ट	
	से	तक	से	तक	से	तक
1	1	8	1	4	I	II
2	3	10	2	5	II	III
3	5	12	3	6	III	IV
4	7	2	4	1	IV	V
5	9	4	5	2	V	VI
6	11	6	6	3	VI	I

12 चालक, 2 पोल, 6 स्लॉट, 6 सैग्मेन्ट, सिम्प्लैक्स दोहरी परत लैप वाइडिंग का विकसित आरेख

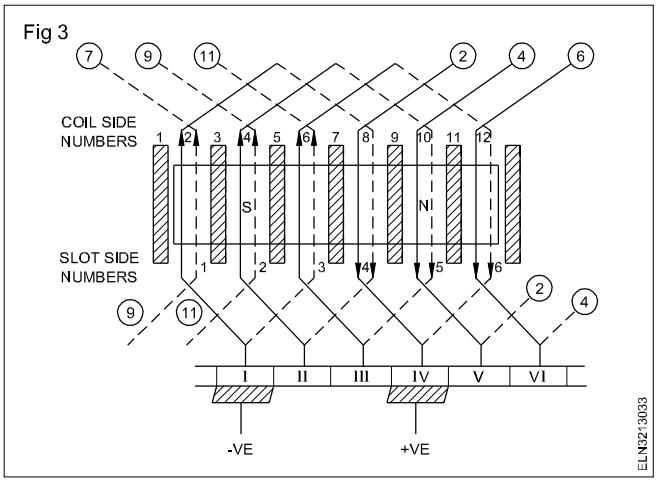
सम्बन्धित स्लॉट और उसमें रखी कुण्डलियों के सैग्मेन्ट के साथ संयोजन की व्यवस्था को Fig 2 में दिखाया गया ह.

Fig 2



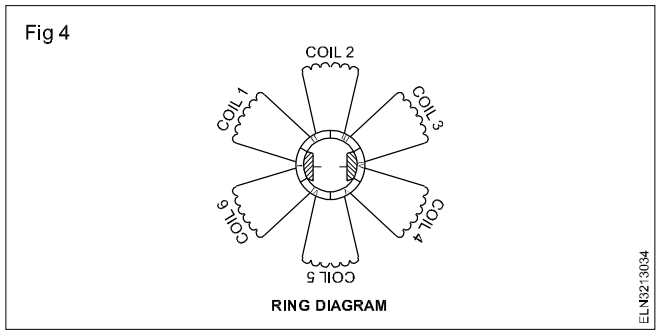
कंडक्टर्स के साथ विकसित आरेख (Development diagram with conductors) : Fig 3 में आर्मेचर चालकों की स्लॉट मे व्यवस्था और कम्यूटेटर सेग्मेन्ट के साथ संयोजन दिखाये गये है।

Fig 3



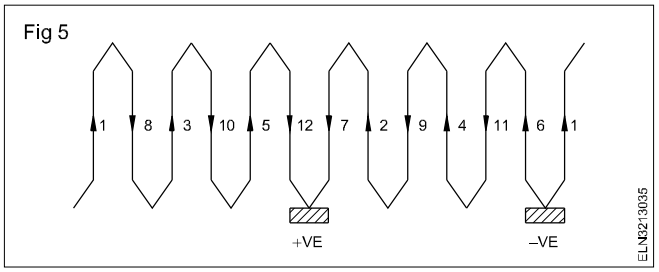
रिंग आरेख (Ring diagram) : Fig 4 में एक रिंग आरेख के रूप में कम्यूटेटर सैग्मेन्ट के साथ 6 कुण्डलियों के संयोजन दिखाये गये है।

Fig 4



अनुक्रम आरेख (Sequence diagram) : इस आरेख का उपयोग मुख्यतया क्वायल साइड (चालक) में करंट की दिशा का पता लगाने के लिए किया जाता है। इस आरेख की सहायता से ब्रुश स्थिति का पता लगाया जा सकता है। (Fig 5)

Fig 5



वैव वाइडिंग (Wave winding)

वैव वाइडिंग के लिए शर्तें (Conditions for wave winding) : तरंग वाइडिंग के निम्नलिखित पदों तथा शर्तों को पूर्ण होना चाहिए।

- फ्रन्ट पिच Y_F और बैक पिच Y_B लगभग पोल पिच Y_P के बराबर होनी चाहिए।
- फ्रन्ट पिच Y_F और बैक पिच Y_B विषम संख्या में होनी चाहिए।
- बैक पिच Y_B और फ्रन्ट पिच Y_F समान मान की हो सकती है या इनमें 2 चालकों का अन्तर सिम्प्लैक्स स्थिति में हो सकता है और स्थिति पर निर्भर करती हुए मल्टीप्लैक्स वैव वाइडिंग के लिए समान या दो या चार चालकों का अन्तर हो सकता है।

$Y_A = \frac{Y_B + Y_F}{2}$ लगभग

- औसत पिच निम्न सूत्र अनुसार होनी चाहिए

$Y_A = \frac{Y_B + Y_F}{2}$ (or)

$YA = \frac{\text{चालकों की संख्या} \pm 2 \times \text{प्लैक्स}}{\text{पोल की संख्या}}$

$Y_A = \frac{Z \pm 2}{P}$ सिम्प्लेक्स वैव वाइंडिंग के लिए

$= \frac{Z + 2}{P}$ प्रोग्रेसिव सिम्प्लैक्स-वैव वाइंडिंग के लिए

$= \frac{Z - 2}{P}$ रिट्रोग्रेसिव सिम्प्लैक्स वैव वाइंडिंग के लिए

$Y_A = \frac{Z \pm 4}{P}$ डुपलैक्स वैव वाइंडिंग के लिए

$Y_A = \frac{Z \pm 6}{P}$ ट्रिपलैक्स वैव वाइंडिंग के लिए

- $Y_c = \frac{\text{कम्प्युटेटर सैगमेंट की संख्या} \pm m}{\text{पोल की जोड़ी}} = \frac{C \pm m}{p/2}$

जहाँ Y_c कम्यूटेटर पिच है

C = कम्यूटेटर सेग्मेन्ट की कुल संख्या

p = पोलों की संख्या

m = वाइडिंग का प्लेक्स plex

कम्यूटेटर पिच Y_c औसत पिच के बराबर हो सकती है अर्थात

$Y_A \cdot Y_c = Y_A$

परिणामी पिच फ्रन्ट पिच व बैक पिच के योग के बराबर होती है।

$Y_R = Y_B + Y_F$

- क्वायल बगल की संख्या का सम्बन्ध निम्न प्रकार से होना चाहिए

$Z = P \times Y_A \pm 2$ जहाँ P पोलों की संख्या है।

- सिम्पलैक्स तरंग वाइडिंग की स्थिति में समानान्तर पथों `A' की संख्या केवल 2 होती है, चाहें पोलों की संख्या कुछ भी हो फिर भी फलक्स वाइडिंग में गुणकों multiples की संख्या के अनुसार समानान्तर पथों की संख्या बढती है।

जैसे A = 2 x plex.

उपरोक्त बिन्दुओं पर विचार करते हुए, केवल निर्धारित स्लॉट वाला आर्मेचर ही तरंग वाइडिंग के लिए कुण्डलित किया जा सकता है।

- इसमें दों ब्रुशों की आवश्यकता होती है परन्तु पोल अधिक उपयोग होने पर ब्रुशों की संख्या अधिक हो सकती है और इन्हें इस प्रकार सैट किया जाना चाहिए कि उन्हीं वायडिंग्स को लघु पथ करें जिन वायडिंग्स को उस समय फलक्स नहीं काट रही हों।
- ब्रुशों की चौडाई इतनी होनी चाहिए कि ये `m' सैग्मेन्ट को स्पर्श कर सके जहाँ पर 'm' वाइडिंग का प्लैक्स है।

गणना (Calculations) : सिम्पलैक्स वैव वाइंडिंग के लिए वाइडिंग पिचें और कम्यूटेटर सैग्मेन्ट के साथ क्वायल के संयोजन के लिए निम्नलिखित गणनायें की जाती है।

उदाहरण

कम्यूटेटर सैग्मेन्ट की संख्या	7 Nos.
स्लॉट की संख्या	7 Nos.
पोलों की संख्या	2 Nos.
वाइन्डिंग के प्रकार	वैव

वाइडिंग टेबल (Winding table)

1 कुण्डलियों की संख्या = कम्यूटेटर सैग्मेन्ट की संख्या

सैग्मेन्ट = 7 क्वायल

2 चालकों की संख्या या क्वायल साइडों की संख्या

= कुण्डलियों की संख्या x 2 = 7 x 2 = 14 कुण्डलियां

3 पोल पिच $Y_P = \frac{\text{स्लॉट की संख्या}}{\text{पोल की संख्या}} = \frac{7}{2}$ = 3.5 स्लॉट

(3 प्लॉट लगभग)

$Y_P = \frac{\text{चालकों की संख्या}}{\text{पोल की संख्या}} = \frac{14}{2}$ = 7 चालक

4 चालक/स्लॉट की संख्या = 14/7 = 2 चालक/स्लॉट

अतः वाइडिंग दोहरी परत वाली है।

5 औसत पिच $Y_A = \frac{Z \pm 2}{P}$

$= \frac{14 + 2}{2} = 16/2 = 8$। (प्रोग्रेसिव वाइंडिंग के लिए)

$= \frac{14 - 2}{2} = 12/2 = 6$। (रिट्रोग्रेसिव वाइंडिंग के लिए)

अतः $Y_A = Y_C = 8$ or 6.

6 वृद्धिशील (progressive) वाइडिंग के लिए $Y_A = 8$ लेने पर

$2Y_A = 2 \times 8 = 16 = Y_B + Y_F$

$Y_B - Y_F = 2$

$Y_B + Y_F = 16.$

अतः बैक पिच $Y_B = 9$ और फ्रन्ट पिच $Y_F = 7$.

प्रतिगामी (retrogressive) वाइडिंग के लिए $Y_A = 6$ लेने पर हमारे पास है

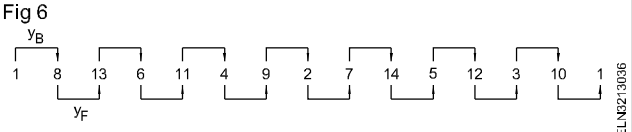
$2Y_A = 2 \times 6 = 12 = Y_B + Y_F$

$Y_B - Y_F = 12.$

अतः बैक पिच $Y_B = 7$ और फ्रन्ट पिच $Y_F = 5$ प्रतिगामी तरंग वाइडिंग के लिए

प्रतिगामी retrogressive तरंग वाइडिंग के लिए चालकों का वाइडिंग अनुक्रम Fig 6 में दिखाया गया है।

Fig 6



Y_B= 7, Y_F= 5.

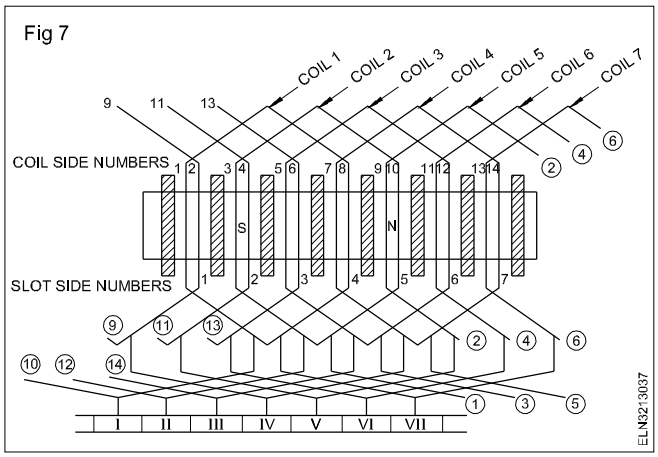
वाइडिंग तालिका

क्वायल	चालक		स्लॉट		कम्यूटेटर सेग्मेन्ट	
	से	तक	से	तक	से	तक
1	1	8	1	4	I	VII
2	13	6	7	3	VII	VI
3	11	4	6	2	VI	V
4	9	2	5	1	V	IV
5	7	14	4	7	IV	III
6	5	12	3	6	III	II
7	3	10	2	5	II	I

14 चालक, 2 पोल, 7 स्लॉट, 7 सैग्मेन्ट, सिम्प्लैक्स, दोहरी परत तरंग वाइडिंग का विकसित वाइडिंग आरेख

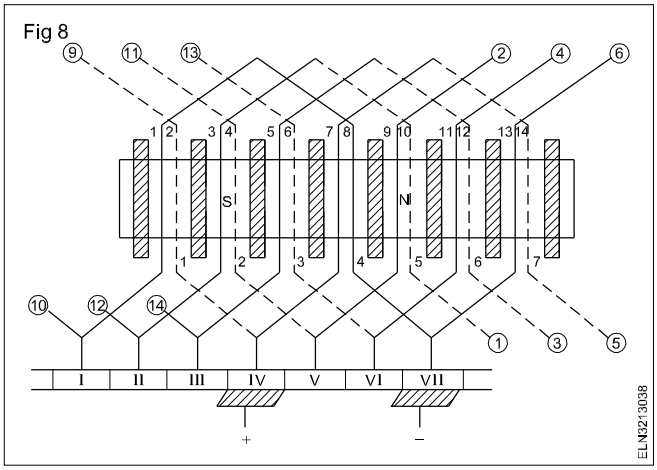
क्वायल संयोजन सहित विकसित आरेख (Development diagram with coil connection) : कुण्डलियों की सम्बन्धित स्लॉट में व्यवस्था और उनके सेग्मेन्ट के साथ संयोजन Fig 7 में दिखाये गये है।

Fig 7



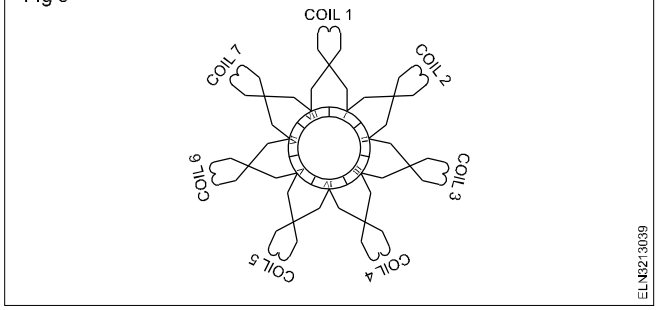
चालकों के साथ विकसित आरेख (Development diagram with conductors) : खाँचों में आर्मेचर चालकों और उनके कम्यूटेटर सैग्मेन्ट के साथ संयोजनों की व्यवस्था Fig 8 में दिखाई गई है।

Fig 8



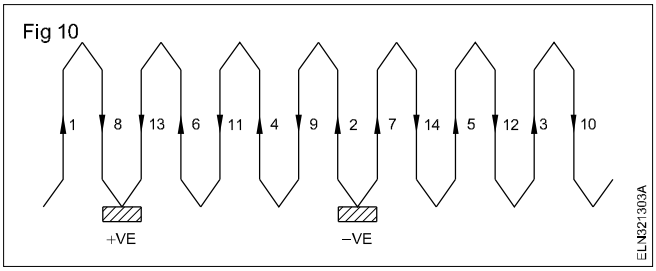
रिंग आरेख (Ring diagram) : एक 2-पोल आर्मेचर की स्थिति में तरंग वाइडिंग का रिंग आरेख, लैप वाइडिंग जैसा ही दिखाई देता है, परन्तु क्वायल के सिरे Fig 9 में दिखाये अनुसार संयोजित किये जाते है।

Fig 9



अनुक्रम आरेख (Sequence diagram) : यह आरेख (Fig 10) मुख्यतः क्वायल बगलों (चालकों) में करंट की दिशा ज्ञात करने के लिए उपयोग किया जाता है और इसी से ब्रुशों की स्थिति ज्ञात की जाती है। कृपया नोट करें ब्रुशों को 3 कम्यूटेट सैग्मेन्ट की दूरी पर रखा गया है अर्थात 180° ज्यामीतिय से कम (लगभग155°)।

Fig 10



आर्मेचर को रि-वाइडिंग के लिए तैयार करना (Preparation of armature for rewinding)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **खाँचों के प्रकार और उनसे सम्बन्धित लाभ और उनके उपयोग का वर्णन करना**
- **आर्मेचर में इन्सुलेशन की योजना स्पष्ट करना**
- **पुनः वाइडिंग से पहले कम्यूटेटर की जाँच की आवश्यकता को बताना।**

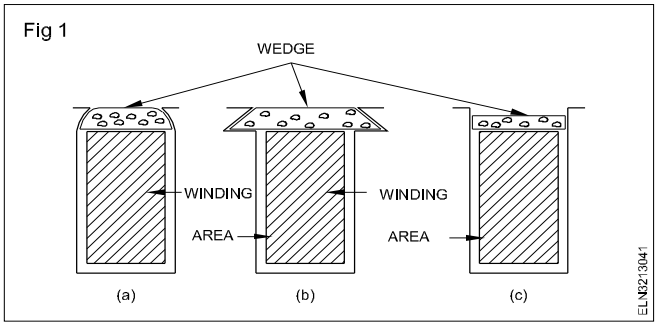
खाँचे (Slots) : आर्मेचर की लेमिनेटेड क्रोड में खाँचे इसलिए बनाये जाते है कि इनमें आर्मेचर चालकों को उपयुक्त स्थिति में रखा जा सके।

खाँचों के प्रकार (Types of slots): आर्मेचर क्रोड में प्रायः निम्नलिखित तीन प्रकार के खाँचे प्रयोग किये जाते है।

- खुले प्रकार (Open type)
- अर्द्ध-खुले प्रकार (Semi-enclosed type)
- बंद प्रकार (Closed type)

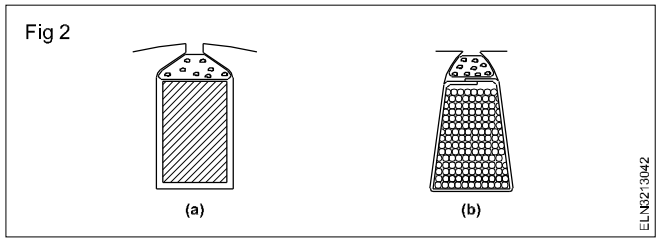
खुले प्रकार के खाँचे (Open type slots) : मध्यम व उच्च वोल्टता वाली मशीनों में खुले प्रकार के खाँचे प्रयोग किये जाते है। पुनः वाइडिंग के बाद (Wedges) को अन्दर रखने के लिए खाँचों को ऊपरी सिरों से मामूली रूप से टेपर (tapered) किया जाता है, जैसा कि Fig 1a, b व c में दिखाया गया है। फर्मे पर बनी क्वायल को पहले से इन्सुलेट करके खाँचों में डाला जाता है। खाँचों से कुण्डलियों को बाहर आने से रोकने के लिए, आर्मेचर की परिधि पर शैलो चैनल (shallow channel) लगा कर स्टील तारों से बांधा जाता है। इस प्रकार के आर्मेचर में, अच्छी शीतलन सुविधा प्रदान करने के लिए, खाँचों के नीचे वायु वाहिनियाँ (ventilating ducts) बनाई जाती है।

Fig 1



अर्द्ध-खुले प्रकार के खाँचे (Semi-enclosed type slots) : अर्द्ध-खुले प्रकार के खाँचे निम्न व मध्यम वोल्टता वाली मशीनों में उपयोग किये जाते है। इस प्रकार के आर्मेचर में खाँचे, परिधि की ओर टेपर किये हुए होते है अर्थात दाँतों की ओर खाँचों का खुला भाग, आधार की अपेक्षा कम होता है जैसा कि Fig 2a&b में दिखाया गया है। इसलिए खुले प्रकार के खाँचों से प्रेरकत्व कम होता है। इससे आगे दाँतो में छोटी (Wedges) लगी होने के कारण क्वायल आसानी से खाँचों से बाहर नहीं आ सकती। वाइडिंग प्रक्रिया के दौरान खाँचों में क्वायल एक साथ न डाल कर, चालकों को एक-एक करके खाँचों में डाला जाता है। छड़ या पत्ती नुमा चालकों की वाइन्डिंग की स्थिति में, इनको साइड वे (sideways) की तरफ धकेला जाता है और ओवर हैन्ग की आवश्यकता अनुसार इनको आकार दे दिया जाता है।

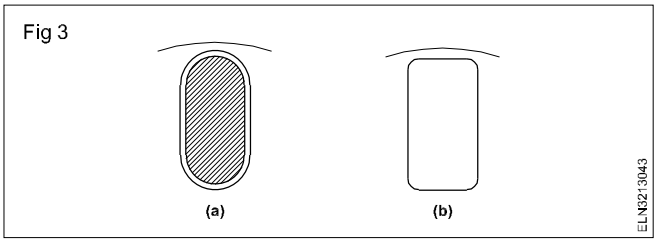
Fig 2



बन्द प्रकार के खाँचे (Closed type slots): बन्द प्रकार के खाँचे AC मशीनों के रोटरो में और उच्च स्पीड वाले प्रत्यात्वर्तकों alternators में उपयोग किये जातेहै। इस प्रकार के आर्मेचर में खाँचे पूर्ण बन्द प्रकार के होते है जैसा कि Fig 3a & b में दिखाया गया है।

परिधि की ओर से चालकों को डालने का कोई खुला भाग नहीं होता है। इसलिए, चालकों को खाँचों में धकेला जाता है। इस प्रकार के खाँचों वाली क्रोड को प्रतिष्टम्भ (reluctance) उपरोक्त दो प्रकार के खाँचों वाली क्रोड से कम होता है, और इसलिए दक्षता उच्च होती है।

Fig 3

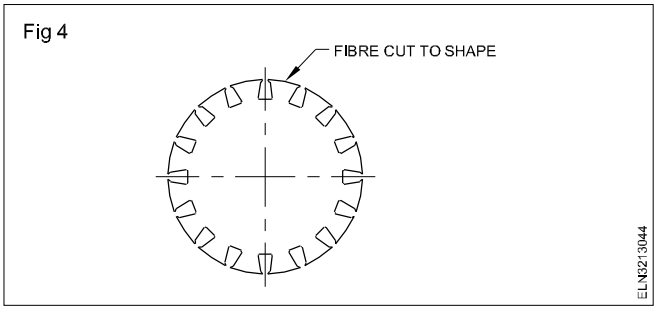


आर्मेचर के लिए इन्सुलेशन योजना (Insulation scheme for armature)

आर्मेचर वाइडिंग के लिए निम्नलिखित इन्सुलेशन योजना की आवश्यकता होती है।

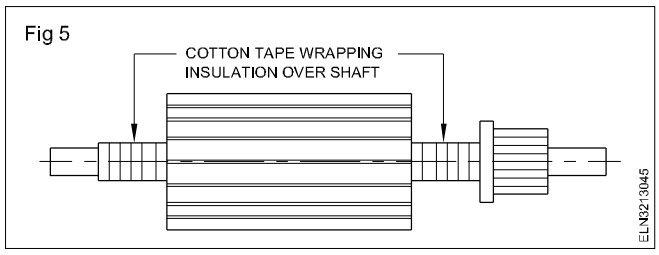
आर्मेचर क्रोड इन्सुलेशन (Armature core insulation) : आर्मेचर स्टैम्पिंग के आकार का फाईबर या इन्सुलेशन पेपर काट कर आर्मेचर कोंड के दोनो सिरों पर चढा दिया जाता है। (Fig 4)

Fig 4



शाफ्ट इन्सुलेशन (Shaft insulation): आर्मेचर के दोनों तरफ शाफ्ट का जो हिस्सा निकला हुआ होता है उसे इन्सुलेट करना आवश्यक होता है। जिसे स्थान पर आर्मेचर की शाफ्ट पर ओवर हैन्ग निकलते है उस भाग को सूती या फाईबर ग्लास टेप से लपेटा जाता है। शाफ्ट पर टैपिंग की परतें ओवर हैन्ग के निकले भागों पर निर्भर करती है। (Fig 5)

Fig 5



खाँचे का इन्सुलेशन (Slot insulation)

स्लॉट लाइनर (Slot liner) : यह वह इन्सुलेशन की शीट (sheet) होती है जो स्लॉट के नाप के अनुसार अन्दरूनी भाग के दोनों सिरों से बाहर निकली हुई होती है। (Fig 6)

कफिंग (Cuffing) : खाँचों में से लाइनर को सरकने से रोकने के लिए, खाँचे के लाइनर को खाँचों के दोनों किनारों पर मोड दिया जाता है, कुछ प्रयोगों में ऐसा करना पड़ता है। (Fig 7) में लाइनर को कफ किया हुआ दिखाया गया है।

Fig 6

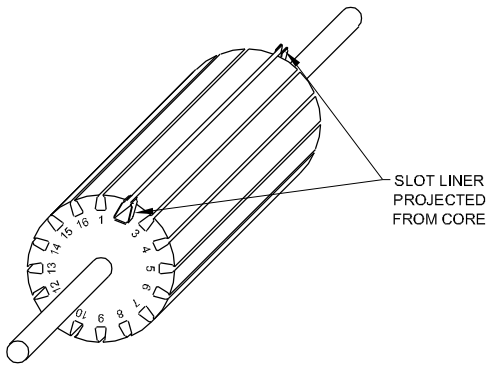
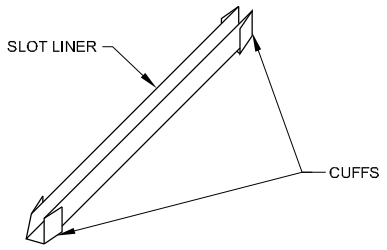
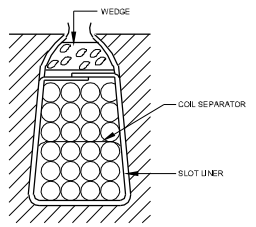


Fig 7



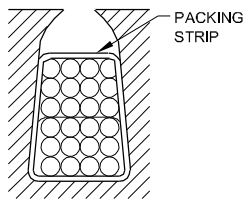
क्वायल पृथक्कारी (Coil separator) : जब मल्टी-लेयर वाइन्डिंग का प्रयोग किया जाता है तो वाइन्डिंग की प्रत्येक परत को इन्सुलेट किया जाता है, उस समय क्वायल पृथक्कारी (Separator) उपयोग किये जाते है। ये दोनों तरफ बढे हुए होने चाहिए। (Fig 8)

Fig 8



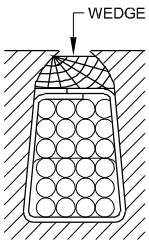
पैकिंग स्ट्रिप (Packing strip) : स्लॉट लाइनर व wedge के बीच जो मोटा इन्सुलेशन पेपर उपयोग किया जाता है, वह पैकिंग स्ट्रिप कहलाती है। यह आर्मेचर क्रोड के दोनों सिरों से कुछ आगे बढी हुई होनी चाहिए। (Fig 9)

Fig 9



पच्चर (Wedge) : खाँचों से चालकों को बाहर की ओर निकलने से रोकने के लिए जो एक ठोस इन्सुलेशन टुकड़ा जैसा बंद या फाइबर का उपयोग किया जाता है वह wedge कहलाता है। यह खाँचे में कसा हुआ (tightly) होना चाहिए। (Fig 10)

Fig 10

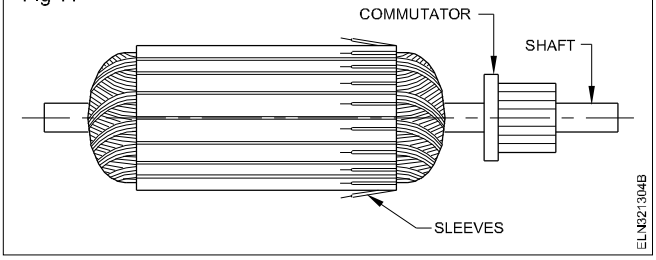


क्वायल इन्सुलेशन (Coil insulation) : कुछ अनुप्रयोगों में क्वायल साइड का जो भाग स्लॉट के अन्दर आता है, को सूती टैप या फाइबर ग्लास टैप से लपेटा जाता है। इस प्रकार के इन्सुलेशन को क्वायल इन्सुलेशन कहते है।

ओवरहैन्ग इन्सुलेशन (Overhang insulation) : वाइडिंग का जो भाग खाँचो से बाहर लटका रहता है वह ओवरहैन्ग कहलाता है, इस भाग को नम्य इन्सुलेशन शीट जैसे फाइबर ग्लास कपड़ा से इन्सुलेट किया जाता है। इस भाग में विभिन्न समूहों को एक दूसरे से सम्पर्क में आने से रोकने के लिए जो इन्सुलेशन उपयोग किया जाता है वह ओवरहैन्ग इन्सुलेशन कहलाता है।

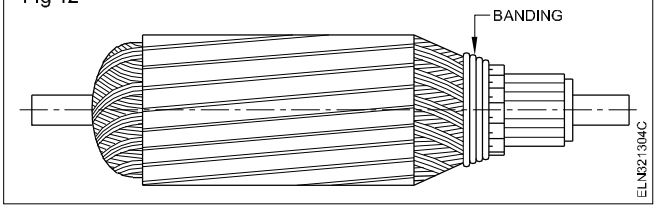
लीड इन्सुलेशन (Lead insulation) : आर्मेचर चालको के जो सिरे स्लिवों (sleeves) द्वारा इन्सुलेट किये जाते है, वह लीड इन्सुलेशन कहलाता है। कम्यूटेटर सेग्मेन्ट के साथ सोल्डर करने से पूर्व जैसे एम्पायर या फाईबर ग्लास स्लिव लीड इन्सुलेशन का कार्य करते है। (Fig 11)

Fig 11



बन्धक इन्सुलेशन (Banding insulation) : छोटे आर्मेचर की स्थिति में आर्मेचर वाइडिंग के ओवर हैन्ग सूती, टेरीलीन धागे से बांध दिये जाते है। बडे DC आर्मेचरों में ओवर हैन्ग को इन्सुलेटिड शीट से इन्सुलेट करके स्टील की तारों (banding) से बांधा जाता है। (Fig 12)

Fig 12

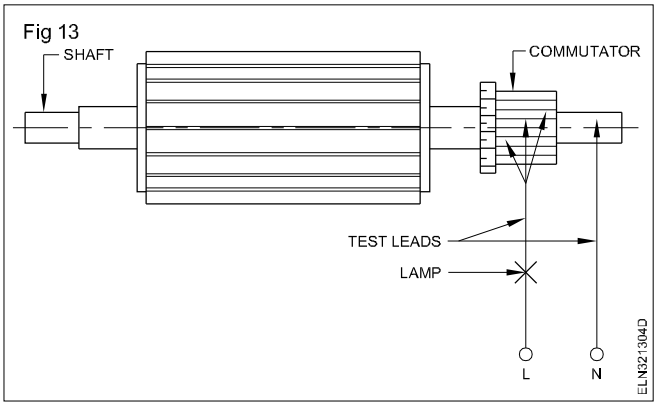


वार्निशिंग (Varnishing) : आर्मेचर वाइडिंग की संसेचन (impregnation) करने के लिए बेकिंग वार्निश उपयोग की जाती है। यह प्रक्रिया वार्निशिंग कहलाती है।

वाइडिंग से पूर्व कम्यूटेटर का परीक्षण (Testing of the commutator before winding) : आर्मेचर की वाइडिंग करने से पूर्व, कम्यूटेटर का परीक्षण करना एक सामान्य प्रक्रिया है। ऐसा करने से कम्यूटेटर के खराब होने की अवस्था में मरम्मत करने में मदद मिलती है। कम्यूटेटर को, कम्यूटेटर बार का अर्थ होने और बारों में लघुपथ (Short circuit) होने की स्थिति में टेस्ट किया जाता है। यदि कम्यूटेटर बहुत अधिक क्षतिग्रस्त हो चुका है और सैग्मेन्ट बाहर निकल चुके है तो कम्यूटेटर को नये से बदल देना चाहिए।

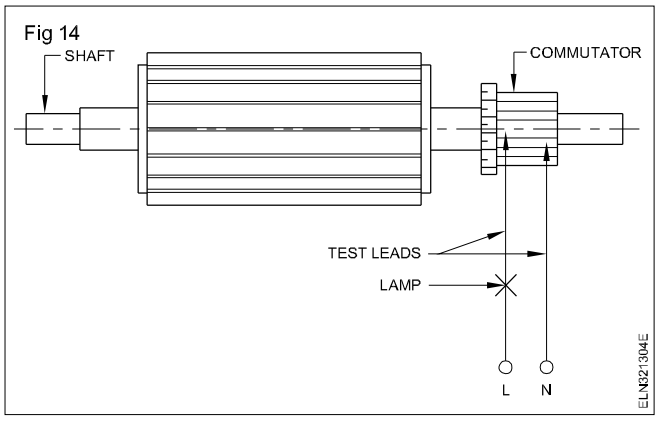
भूसम्पर्कित कम्यूटेटर का परीक्षण (Test for grounded commutator): जब कम्यूटेटर की एक या अधिक छड़ें (bars) कम्यूटेटर की लोह क्रोड या शाफ्ट के साथ छू जाये, तो कम्यूटेटर भूसम्पर्कित कहलाता है। इसे Fig 13 में दिखाये अनुसार टेस्ट लैम्प से टेस्ट किया जाता है। टेस्ट लैम्प की एक लीड आर्मेचर की शाफ्ट के साथ स्थायी रूप से स्पर्श करें। टेस्ट लैम्प की दूसरी लीड को कम्यूटेटर बार पर स्पर्श करें। यदि कम्यूटेटर भू सम्पर्कित नहीं होगा तो लैम्प जलना नही चाहिए। भू और छड़ के बीच कोई चिंगारी या आर्क arc नहीं होनी चाहिए। अगले कम्यूटेटर छड़ (bar) पर टेस्ट लीड को रखकर इसी प्रकार से टेस्ट करें। इसी प्रकार सभी छड़ों (bars) को अलग-अलग से टेस्ट करें। यदि किसी बार से स्पर्श करने पर टेस्ट लैम्प जलता है तो वह भार भू सम्पर्कित है।

Fig 13



लघु पथित कम्यूटेटर के लिए परीक्षण (Test for shorted commutator): यह टेस्ट जो कि Fig 14 में दिखाया गया है छड़ों के बीच अभ्रक में हुए दोष को व्यक्त करने के लिए किया जाता है। टेस्ट लीड का एक सिरा एक कम्यूटेटर छड के साथ सम्पर्क करें और दूसरी लीड को समीप वाली छड़ के साथ सम्पर्क करायें। टेस्ट लैम्प में कोई प्रकाश नही दिखना चाहिए। यदि प्रकाश दिखता है तो टेस्ट लीड से सम्पर्क किये गये छड़ों के बीच लघु पथन (Short circuit) है। अब प्रत्येक बार पास-पास वाली छड़ों के बीच यह टेस्ट करते हुए आगे चलते रहें। यह टेस्ट लगातार करें जब तक कि सभी छड़ों के बीच परीक्षण न हो जायें।

Fig 14



मिक्सर /लिक्वीडाइजर का पुनः वाइडिंग (Rewinding of mixer/liquidizer)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **मिक्सर/लिक्वीडाइजर में प्रयुक्त वाइडिंग के प्रकार का वर्णन करना**
- **कुण्डलियों का लूप के साथ और लूप रहित संयोजन का स्पष्ट करना**
- **आर्मेचर की पुनः वाइडिंग (rewinding) के लिए आवश्यक आंकडें (data) एकत्रित करने की पद्धति बताना**
- **'लीड स्विंग' ('lead swing') पारिभाषिक शब्द स्पष्ट करना**
- **आर्मेचर वाइडिंग की विधि का वर्णन करना**
- **आर्मेचर का सन्तुलन करने की विधि का वर्णन करना।**

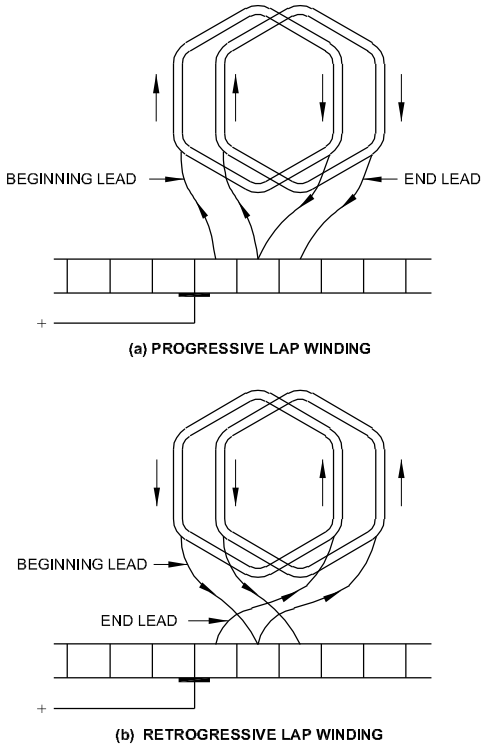
लगभग सभी घरेलू उपयोग में मिक्सर/लिक्विडाइजर यूनिवर्सल मोटरों का उपयोग करते है क्योंकि इन्हें उच्च स्पीड पर उच्च बलघूर्ण की आवश्यकता होती है। यद्यपि मौलिक डिजाईन समान रहता है, परन्तु क्षमता, स्लॉट की संख्या, सैग्मेन्ट, वाइन्डिंग तार का साईज, ब्रुश ग्रेड और समय क्षमता इत्यादि में भिन्नता होती है।

जब मिक्सर/लिक्विडाइजर की पुनः वाइडिंग करनी हो तो डाटा लेने में विशेष सावधानी रखनी चाहिए ताकि मूल रूप वाली वाइन्डिंग का प्रारूप बनाया जा सके। यहाँ तक कि वाइन्डिंग तार के व्यास में मामूली परिवर्तन करने से या टर्नों की संख्या में परिवर्तन करने से, पुनः कुण्डलित किये गये मिश्रक की कार्य क्षमता पर बुरा प्रभाव पडता है। सामान्यतः वाइन्डिंग तार, इन्सुलेशन पेपर, सोल्डर और सोल्डरिंग आयरन का चयन करते समय बहुत सावधानी रखनी चाहिए चूंकि आर्मेचर वाइन्डिंग में उच्च कौशल की आवश्यकता होती है, इसलिए नये सीखने वाले प्रथम प्रयास में असफल भी हो सकते है। यह अधिक कमाई करने वाला उच्च सम्भावनाओं वाला स्वरोजगार है, इसलिए इसमें पारंगत होने के लिए बार-बार प्रयास करें। परन्तु वाइन्डिंग में प्रत्येक बार असफल होने पर, दोष की जाँच करें और उस गलती को पुनः न दोहरायें।

पुनः वाइडिंग के लिए आवश्यक डाटा एकत्रित करने से पहले, प्रशिक्षणार्थी के लिए यह आवश्यक है कि वह मिश्रक/लिक्विडाइजर और उनके अन्य प्रकार के बारे में व वाइडिंग की प्रकार के बारे में पूर्ण परिचित हो। इस सूचना पत्र के पूर्व के भाग में आर्मेचर वाइडिंग की प्रकार का वर्णन किया जा चुका है। सामान्यतः सिम्पलेक्स लैप वाइडिंग को लूप के साथ मिश्रक/लिक्विडाजर

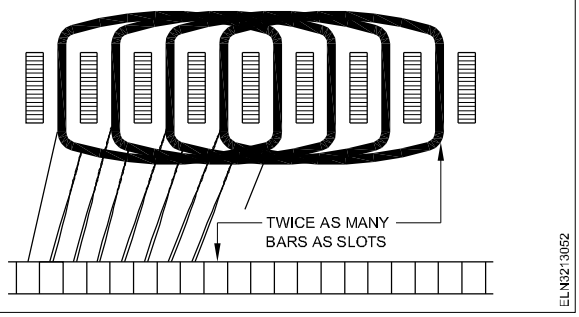
में उपयोग किया जाता है। Fig 1 (a) और (b) में दिखाये अनुसार वाइडिंग वृद्धिशील (progressive) या प्रतिगामी (Retrogressive) हो सकती है।

Fig 1



लूप के साथ लैप वाइडिंग (Lap winding with loops) : प्रत्येक स्लॉट में दो कुण्डलियों की एक लैप वाइडिंग जो कि मिश्रक/लिक्विडाइजर में सामान्यतः पाई जाती है, को Fig 2 में दिखाया गया है। इस स्थिति में एक 12 स्लॉट, 24 कुण्डलियों और 24 सैग्मेन्ट एक आर्मेचर है। इसमें कम्यूटेटर सैग्मेन्ट की संख्या स्लॉट की संख्या से दो गुनी होनी चाहिए। जैसा कि Fig 2 में दिखाया गया है एक लूप छोट रखा गया है और उससे आगे वाला बडा, ताकि सैग्मेन्ट के साथ लीड को उचित अनुक्रम में सोल्डर किया जा सके।

Fig 2



लैप वाइडिंग प्रत्येक स्लॉट में तीन कुण्डलियों के साथ भी हो सकती है। तब कम्यूटेटर सैग्मेन्ट की संख्या स्लॉट की संख्या से तीन गुणा होनी चाहिए।

लूप के बिना लैप वाइडिंग (Lap winding without loops) : इस प्रकार की लैप वाइडिंग में प्रत्येक वाइडिंग स्वतन्त्र रूप से कुण्डलित की जाती है और क्वायल के दो सिरे बाहर निकले होते है। तब क्वायल के अन्त सिरे उचित क्रमानुसार सैग्मेन्ट के साथ जोडे जाने चाहिए।

मिक्सर की पुनः वाइडिंग के लिए आंकडे एकत्रित करना (Collection of data for rewinding a mixer) : जब एक यूनिवर्सल मोटर का आर्मेचर व फिल्ड की पुनः वाइडिंग करनी हो तो वाइडिंग को छिलते (stripping) समय पर्याप्त सूचना आवश्यक रूप से एकत्रित कर लेनी चाहिए, ताकि प्रशिक्षणार्थी इसे इसके मूल रूप में एक दम सही पुनः वाइडिंग करने के योग्य हो सके। प्रारम्भिक तौर के रूप में हमें नेम-प्लेट का विवरण लेना चाहिए और यह उदाहरण के रूप में Table 1 में दिया गया है।

नेम प्लेट का विवरण लेने के पश्चात, मिक्सर को खोल दें और सावधानी पूर्वक वाइडिंग को छील (strip) दें। इस प्रक्रिया के दौरान Table 2 में दर्शाये अनुसार सूचना प्राप्त करके डाटा शीट को भरें।

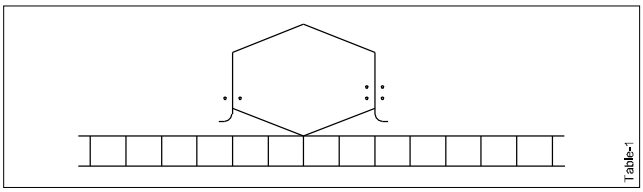
टेबल 1

नाम पट्टी विवरण

Make	:_____	Type	:_____	Code No	:_____
KW	:_____	Volts	:_____	Amps	:_____
No. of poles	:_____	Hertz	:_____	r.p.m	:_____
Frame	:_____	Model	:_____		

Table 2

	Size of wire	Turns	Insulation	Connection
STATOR				
	Size of wire	No.of turns	Coil pitch	Coils/Slots
ROTOR				
	No.of slots	Bars	Draw the end connection and show the lead swing.	
Details of lead swing Centre of slots to		Centre of bars Centre of mica		
Lap	Commutator pitch	Wave		

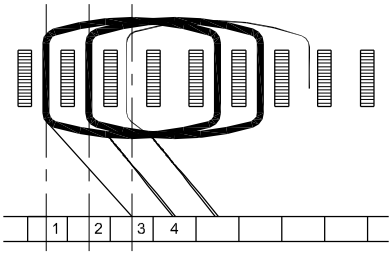


लीड स्विंग (Lead swing) : जैसा कि मशीन को एक विशेष अवस्था में कम्यूटेटर की परिधि पर ब्रुशों को रख कर डिजाइन किया जाता है, वाइंडिंग के सिरों के कम्यूटेटर सैग्मेन्ट के साथ संयोजन एक निश्चित स्थिति पर किये जाते है जो कि पुनः वाइडिंग के समय बदलने नहीं चाहिए ताकि दोष मुक्त समस्या मुक्त प्रचालन होता रहे। वाइंडिंग की लीड की विशेष सैग्मेन्ट के साथ स्थिति को लीड स्विंग कहते है।

एक आर्मेचर की वाइडिंग में सबसे महत्वपूर्ण प्रक्रिया है कि वाइंडिंग की लीड को उचित कम्यूटेटर सैग्मेन्ट के साथ रखा जाये। मूल स्थिति पर निर्भर करते हुए क्वायल के सिरों (Leads) को कम्यूटेटर छडों में, तीन विभिन्न स्थितियों में से एक स्थिति पर रखना चाहिए। यदि कम्यूटेटर के सिरों की तरफ से आर्मेचर के एक स्लॉट को देखा जाये तो स्लॉट के दांयी तरह से लीड कम्यूटेटर की ओर स्विंग करनी चाहिए जैसा कि Fig 3 में दिखाई दे रहा है और Fig 4 में यह बांई तरफ दिख रही है और Fig 5 में यह कम्यूटेटर खण्डों के साथ एक सीध में (aligned) है। कम्यूटेटर में लीड की स्थिति ज्ञात करने के लिए निम्नलिखित विधि उपयोग की जाती है।

एक खाँचे के केन्द्र से एक डोरी या धागे को खींचें। यह ध्यान दें कि क्या यह कम्यूटेटर खण्ड की सीध में है या खण्डों के बीच अभ्रक की सीध में है। यदि डाटा (data) के अनुसार वाइंडिंग की लीड दांयी तरफतीन खण्डों तक झुकती है तो प्रथम क्वायल की लीड को दांयी तरफ तीन खण्ड आगे रखें, स्लॉट संख्या 1 के सामने वाला बार (Segment) से गिनती शूरू करें। दूसरी लीड को आगे इसी दिशा में क्रम से जोडते जायें जैसा कि fig 3 में दिखाया गया है। यदि स्लॉट का केन्द्र अभ्रक की सीध में (in line) है, तो अभ्रक की दांयी तरफ वाली छड़ bar को संख्या 1 मानें।

Fig 3



प्रति स्लॉट एकल या दोहरी क्वायल वाइडिंग की विधि (Method of winding single or double coil per slot)

प्रति स्लॉट एक क्वायल के साथ आर्मेचर (Armature with one coil per slot) : प्रति स्लॉट एक क्वायल रखते हुए एक आर्मेचर में वाइडिंग और संयोजन करने की विधि निम्न प्रकार है:

Fig 4

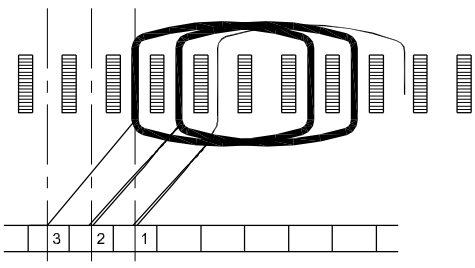
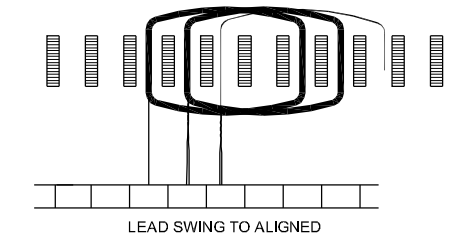


Fig 5



किसी भी स्लॉट से शूरू करें और उचित पिच के अनुसार स्लॉट में एक क्वायल को पूर्ण रूप से लपेट । लीड स्विंग के अनुसार क्वायल 1 के शुरू के सिरे को उचित कम्यूटेटर बार पर रखें और वाइंडिंग के अन्त वाले सिरे का स्वतन्त्र छोड दें, जिसे आर्मेचर के पूरी तरह से वाइंडिंग होने के बाद जोडा जा सके जैसा कि Fig 6 में दिखाया गया है।

सभी अन्त वाली लीड को मुक्त छोडते हुए पूरे आर्मेचर को इसी प्रकार से लपेटे करें सारी क्वाइल वाइण्ड होने के बाद, सभी ऊपरी या अन्त वाले सिरों को उसी क्वायल के प्रारम्भ या नीचे वाले सिरों के साथ निकटवर्ती खण्डों के साथ जोडना शुरू करें जिससे एक सिम्पलेक्स लैप वाइडिंग बन सके जैसा कि Fig 7 में दिख रहा है।

Fig 6

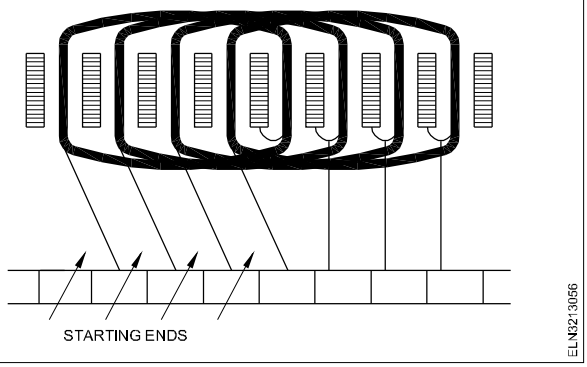
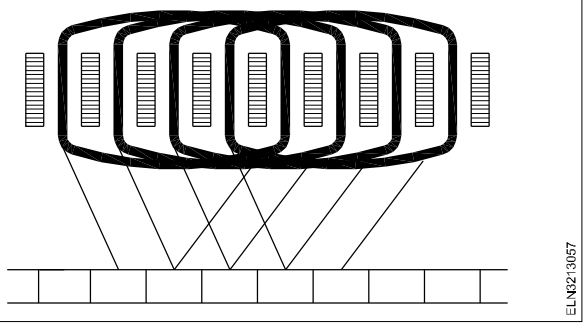


Fig 7



दो कुण्डलियाँ प्रति स्लॉट के साथ आर्मेचर (Armature with two coils per slot): एक क्वायल प्रति स्लॉट की अपेक्षा दो क्वाइल प्रति स्लॉट वाला सिरम्प्लैक्स लैप वाइण्ड आर्मेचर अधिक प्रचलित है। इस प्रकार के आर्मेचर को कुण्डलित करने की विधि निम्न प्रकार से है:

दो तारों के साथ वाइडिंग करना प्रारम्भ करें और लिये गये डाटा के अनुसार शूरू की लीड को कम्यूटेटर छडों में रखें। जब उचित संख्या की टर्न खाँचों में वाइण्ड हो चुकी हों तब तारों को काट दें और अन्त के सिरों को खुला छोड दें। कम्यूटेटर सिरे की तरफ से देखने पर अगली क्वायल को पहली क्वायल से एक स्लॉट बांई तरफ से प्रारम्भन करें। (जब कुण्डलियाँ बांई तरफ आगे बढती है, तो वाइडिंग बांई हाथ की और जब दांयी ओर बढती है, तो वाइडिंग दांये हाथ की वाइडिंग कहलाती है) सभी वाइंडिंग्स के वाइण्ड होने तक इसी विधि का अनुपालन करें (Fig 8) तब ऊपरी या अन्त सिरों को कम्यूटेटर छड़ों में उचित क्रमानुसार रखें। यह Fig 9 में दिखाई गई है।

Fig 8

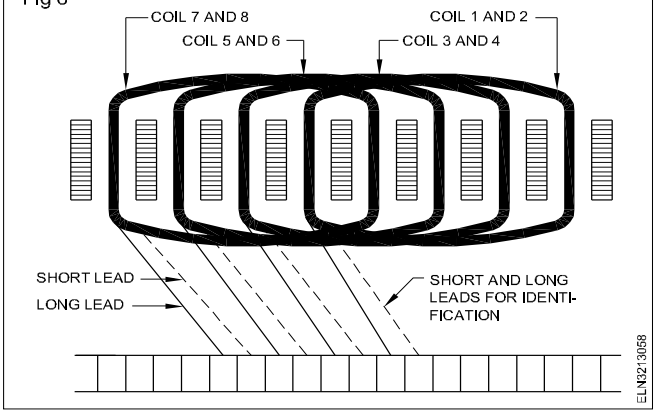
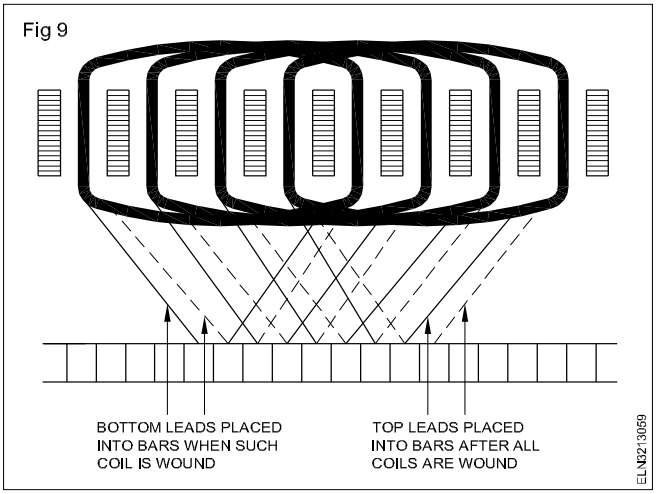


Fig 9



लीड की पहचान के लिए विभिन्न रंग की स्लिव उपयोग की जाती है। प्रथम क्वायल के शूरू के सिरे और अन्त के सिरे के लिए एक प्रकार का रंग प्रयोग किया जाता है और उसी स्लॉट में दूसरी क्वायल के लिए अलग रंग, तीसरी क्वायल के लिए प्रथम क्वायल वाला रंग उपयोग किया जाता है और आगे उसी प्रकार चलते रहें। प्रथम ऊपरी लीड को टेस्ट करने की आवश्यकता होगी और अन्य सभी की पहचान के लिए रंग करना होगा। एक ही स्लॉट में दो क्वायल्सकी पहचान करने के लिए एक ही लीड छोटी व दूसरी क्वायल की लीड बडी रख कर भी दूसरा तरीका अपनाया जा सकता है ताकि क्वायल को उचित प्रकार से जोडा जा सके।

आर्मेचर की पुनः वाइडिंग व सन्तुलन करने की विधि (Method of rewinding and balancing the armature)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

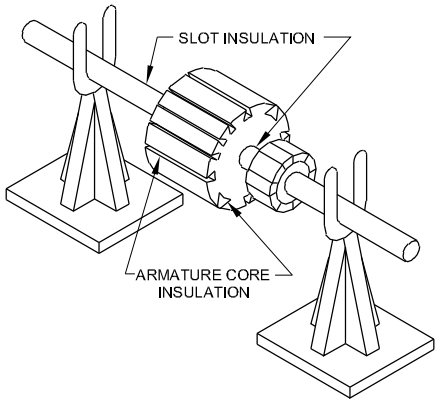
- **एक DC आर्मेचर के रि-वाइंडिंग करने की विधि स्पष्ट करना**
- **वाइंडिंग के सिरों को कम्यूटेटर राईजर (raisers) के साथ सोल्डरिंग/ब्रेजिंग/हाट स्टैकिंग करने की विधि स्पष्ट करना**
- **बन्धक (banding) की आवश्यकता और बन्धक बनाने की विधि स्पष्ट करना**
- **आर्मेचर को सन्तुलन करने की आवश्यकता और सन्तुलन करने की विधि बताना।**

आर्मेचर वाइडिंग की विधि (Method of winding the armature): आर्मेचर की वाइन्डिंग शुरू करने की लिए एक आर्मेचर को Fig 1 की तरह वाइन्डिंग स्टैण्ड (Winding stand) पर रखा जाता है। तब उसके बाद डाटा से ली गई इन्सुलेशन योजना अनुसार शाफ्ट, आर्मेचर क्रोड और खाँचों को इन्सुलेट किया जाता है।

वाइडिंग विधियाँ (Winding methods) : आर्मेचर को कुण्डलित करने की दो विधियाँ है।

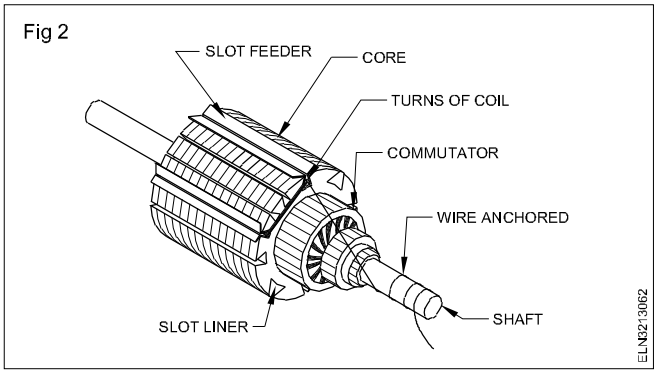
हस्त वाइडिंग
फार्म द्वारा वाइडिंग

Fig 1



हस्त वाइडिंग (Hand winding) : हस्त वाइडिंग के लिए क्वायल, पिच दूरी अनुसार दो निर्धारित खाँचों में चार स्लॉट फीडर (slot feeders) रखे जाते है, जैसा कि Fig 2 में स्लॉट संख्या 1 से स्लॉट संख्या 4 में। तार में पर्याप्त तनाव बनाये रखा जाता है जिससे वाइडिंग, बिना तार टूटे कसी हुई कुण्डलित हो सके। प्रथम क्वायल के अन्त में और दूसरी क्वायल के प्रारम्भ में एक लूप बनाया जाता है। दूसरी क्वायल निर्धारित स्लॉट से शुरू की जाती है और क्वायल 1 तरह ही समान संख्या की टर्नों से इस क्वायल को कुण्डलित किया जाता है। क्वायल 2 का विस्तार, क्वायल 1 के बराबर लिया जाता है।

Fig 2



जब दूसरी क्वायल पूरी हो जाती है, फिर एक लूप बनाया जाता है और तब तीसरी क्वायल शुरू हो जाती है। इस तरीके से वाइडिंग को लगातार, तब तक करते है, जब तक कि सभी क्वाइल्स, वाइंण्ड न हो जायें। अन्तिम क्वायल का अन्तिम सिरा , प्रथम क्वायल के प्रथम सिरे से जोडा जाता है। सम्पूर्ण आर्मेचर वाउण्ड होने के बाद, प्रत्येक स्लॉट में दो क्वायल साइड होती है जो कि दोहरी परत वाइडिंग होती है। यह सुनिश्चित होना चाहिए कि सभी क्वायल्स की पिच व टर्नें बराबर हो। क्वायल्स के अन्त सिरों से निकले लूप Fig 3 की तरह दिखाई देंगें और ये कम्यूटेटर राईजर से जोडे जायेंगें। सिम्पलेक्स लैप वाइडिंग के लिए, वाइडिंग के दौरान लूप बनाने की विधि का वर्णन यहाँ किया गया है। यह विधि छोटे आर्मेचरों के लिए प्रायः अपनाई जाती है। वेव वाइडिंग और मल्टीप्लैक्स वाइडिंग के लिए, राईजर से क्वायल के संयोजन करने के लिए वाइन्डिंग पैटर्न (pattern) को अपनाया जाता है।

फार्मा द्वारा वाइडिंग (Formed coil winding) : जैसा कि अभ्यास 1 में वर्णन किया जा चुका है, इस विधि में आर्मेचर वाइंडिंग के नाम के अनुसार लकडी के फार्मा बनाये जाते है, जिस प्रकार की फिल्ड क्वायल के लिए बनाये जाते है। इस फार्मा पर कुल आर्मेचर पर आवश्यक क्वायॅल्स की संख्या के अनुसार क्वायल बना कर तैयार रखी जाती है।

क्वायल की निष्क्रिय भुजा (inactive side) को टैप से लपेटा जाता है और Fig 4 की तरह सूती धागे से बांध दिया जाता है।

Fig 3

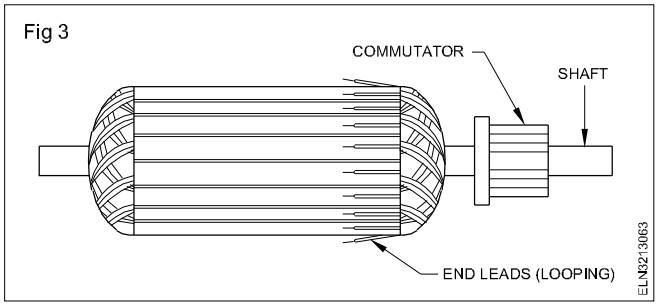
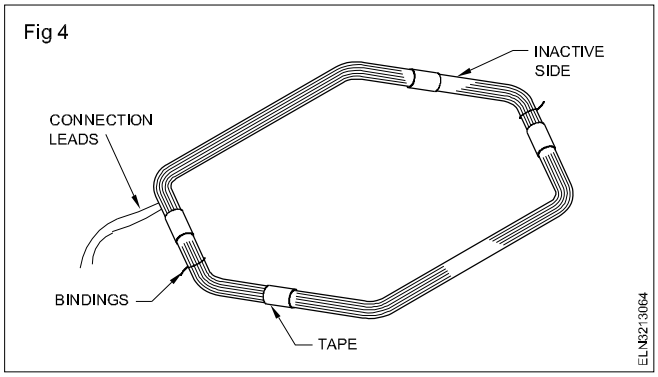


Fig 4



क्वायल की क्रियाशील भुजा को Fig 5 के अनुसार फैला दिया जाता है और आर्मेचर स्लॉट के क्रम अनुसार क्वायल साइड, स्लॉट मे डाली जाती है, ये चालक एक-एक करके स्लॉट मे डाले जाते है जैसा कि Fig 6 में दिखाया गया है। इसी प्रकार आर्मेचर की सभी क्वायल्स सम्बन्धित खाँचों में रख दी जाती है और क्वायल के अन्त सिरों के लूप बना दिये जाते है और फिर सम्बन्धित कम्यूटेटर सैग्मेन्टों के साथ सोल्डर कर दिया जाता है।

Fig 5

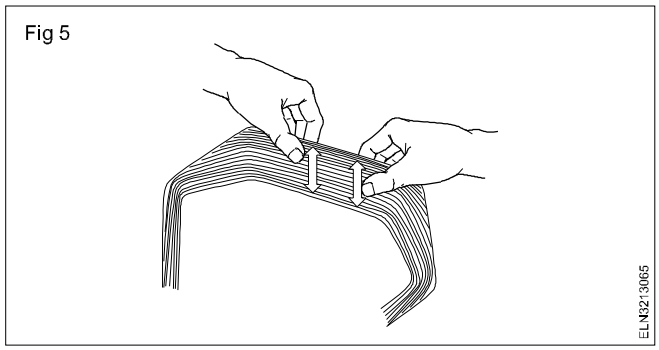
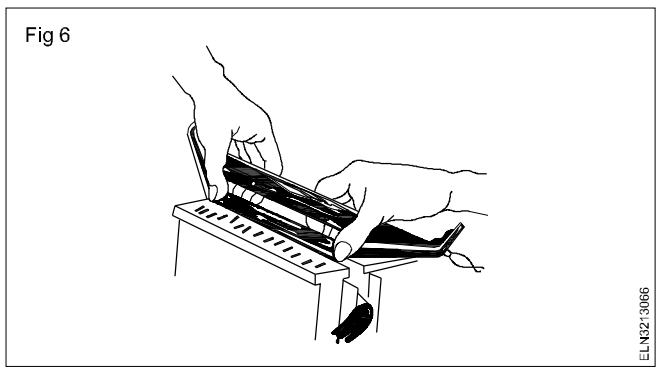


Fig 6

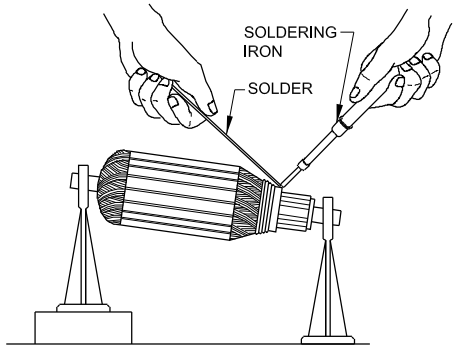


वाइडिंग सिरों के कम्यूटेटर सैग्मेन्ट के साथ संयोजन (Connection of winding ends with the commutator segments) : आर्मेचर वाइडिंग के पश्चात, आर्मेचर चालकों के अन्त सिरे कम्यूटेटर राईजर की झीरी में रखे जाते है। (राईजर की झीरी अच्छी प्रकार साफ होनी चाहिए और यह चालकों की अच्छी प्रकार से पकड करने के लिए तैयार होनी चाहिए) इन चालकों पर से गन्दगी व इन्सुलेशन हटा कर अच्छी तरह से साफ किया जाता है, जिससे ये सुरक्षित रहे व इनका वैद्युत सम्पर्क अच्छा बना रहे। इसके बाद, चालकों के सिरे सम्बन्धित राईजर की झीरी में रखे जाते है और सोल्डर/ ब्रेज्ड या हाट-स्टैक्ड (hot-stacked) किये जाते है।

सोल्डरिंग (Soldering) : सोल्डरिंग के लिए छोटे आर्मेचरों पर विद्युत आयरन और बडे आर्मेचर पर गैस आयरन उपयोग किया जाता है। आयरन का साईज कम्यूटेटर के साइज पर निर्भर करता है। कम्यूटेटर के साथ सिरों को सोल्डर करने के लिए सोल्डरिंग आयरन या टॉर्च उपयोग की जाती है।

सोल्डरिंग की विधि निम्न प्रकार है। सर्वप्रथम कम्यूटेटर राईजर की पहचान करके, जिन तारों को सोल्डर करना है उन पर सोल्डरिंग फलक्स लगाये। उसके बाद तारों को सम्बन्धित राईजर में रखें। इसके बाद Fig 7 के अनुसार सोल्डरिंग आयरन की टिप को कम्यूटेटर राईजर पर तब तक रखें जब तक कि आयरन की ऊष्मा कम्यूटेटर राईजर के फील्डफल पर स्थानान्तरित हो जाये। इस ऊष्मा का स्थानान्तरण तब पहचाना जाता है जब फलक्स में बुलबुले उत्पन्न होने लगें।

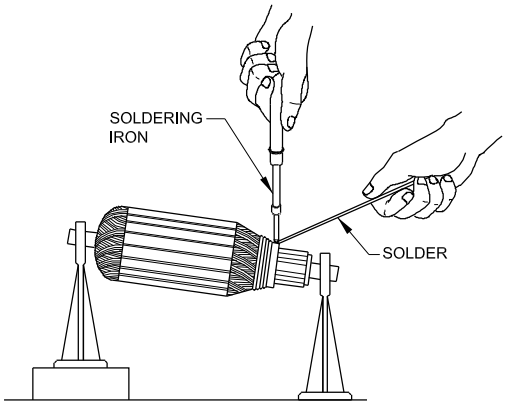
Fig 7



जब कम्यूटेटर राईजर पर्याप्त गर्म हो जाता है, कम्यूटेटर राईजर पर सोल्डर रखा जाता है और इसके ऊपर आयरन रखा जाता है और सोल्डर पिघल जाता है। सोल्डर को सिरों के चारों तरफ पूरी तरह से फैलने देना चाहिए। कम्यूटेटर के पीछे सोल्डर को बहने से रोकना चाहिए, अन्यथा इससे शॉर्ट सर्किट हो सकता है, इसके लिए आर्मेचर का पिछला सिरा Fig 8 की तरह ऊंचा उठा देना चाहिए। सोल्डर को एक बार से दूसरी बार की तरफ बहने से रोकने के लिए आयरन को Fig 8 की तरह पकडा जाता है। सोल्डरिंग पूर्ण हो जाने के पश्चात फालतु फलक्स को साफ कर दिया जाता है।

ब्रेजिंग (Brazing) : बड़े आर्मेचर की वाइडिंग की स्थिति में, आर्मेचर वाइडिंग लीड के सिरे सम्बन्धित कम्यूटेटर राईजर की झीरी में रखकर गैस टॉर्च से ब्रेज्ड (brazed) किया जाता है। ज्वाला के नियन्त्रण के लिए सूक्ष्म निरीक्षण और सावधानी रखनी चाहिए।

Fig 8



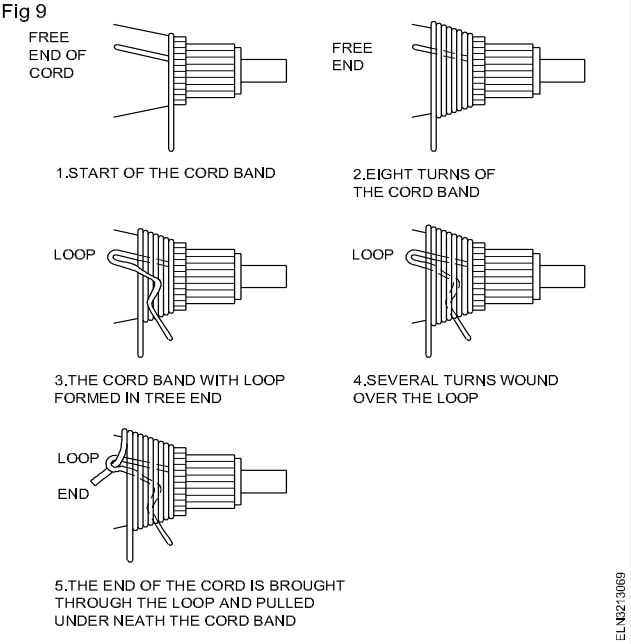
हॉट स्टैकिंग (Hot stacking) : छोटे DC आर्मेचरों की स्थिति में, आर्मेचर चालकों को कम्यूटेटर राईजर की झीरी में रखा जाता है और स्पॉट-वैल्ड spot-welded किया जाता है। यह हॉट स्टैकिंग कहलाती है। इस उद्देश्य के लिए विशेष प्रकार से डिजाईन की गई हॉट-स्टैकिंग मशीन उपलब्ध है।

आर्मेचर बेन्डिंग (Banding the armature) : कुण्डलियों को सही स्थिति में रखने और ओवर हैन्ग को आकार देने में सहायता देने से पूर्व कई बार आर्मेचर पर स्थायी बैन्ड लगाने से पूर्व अस्थायी बन्धन (banding) में लगाया जाता है।

आर्मेचर के अन्त सिरों को स्थिति में रखने के लिए, आर्मेचर पर स्थायी बन्धक bands उपयोग किये जाते है। जब आर्मेचर घूमता है उस समय आर्मेचर के खाँचों में से सिरों को बाहर निकलने से रोकने के लिए, छोटे आर्मेचरों में डोरी का बैन्ड उपयोग किया जाता है। बडे आर्मेचरों में इसी कार्य के लिए स्टील के बैन्ड उपयोग किये जाते है। बडे आर्मेचरो में जिनमें खुले प्रकार के स्लॉट होते है, उनके खाँचों में से कुण्डलियों को बाहर निकलने से रोकने के लिए, स्टील या टैप बैन्ड उपयोग किये जाते है।

डोरी बैन्ड (Cord bands) : आर्मेचर पर डोरी से बैन्ड बनाने की विधि को Fig 9 द्वारा दिखाया गया है और इसके लिए निम्नलिखित निर्देशों पर गौर करें।

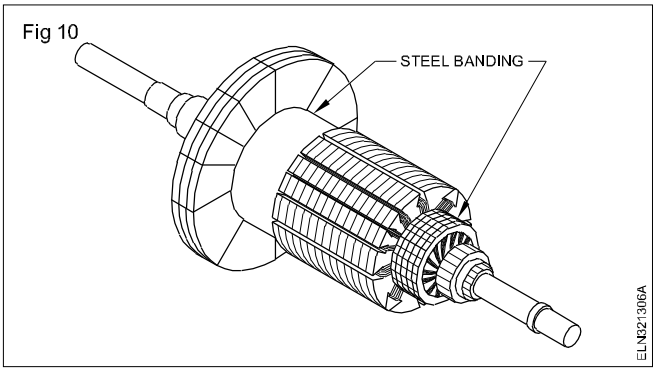
Fig 9



उचित साईज वाली डोरी पट्टी का उपयोग करें। बडें आर्मेचरों के लिए भारी, छोटे आर्मेचरों के लिए हल्की। कम्यूटेटर के समीप से एक सिरे से प्रारम्भ करें और कई परतों में बहुत सारे टर्न लपेट दें, लगभग 150mm लम्बी डोरी को शूरू मे मुक्त छोड़ दें। Fig 9 में दिखाये अनुसार डोरी को लूप के आकार में मोड दें। लूप पर कई सारे टर्न लपेटने के बाद डोरी का अन्तिम सिरा लूप मे फंसा दें और फिर खुले हुए लूप के सिरे को खींच लें। इससे डोरी का अन्तिम सिरा डोरी पट्टी के नीचे से खींचेगा और सुरक्षित रहेगा। अब डोरी को खींचा हुआ सिरा जो फालतू रह जाता है उसे काट दें। वाइडिंग के दौरान पर्याप्त तनाव बनायें रखने से बैन्ड सुरक्षित व कसा हुआ (tight) रहेगा।

स्टील बैन्ड (Steel bands) : स्टील के बैन्ड को वाइंडिंग के सामने वाले सिरों पर और पीछे वाले सिरों पर रखा जाता है। ये बैन्ड डोरी वाले बैन्ड से अलग तरीके से आर्मेचर पर रखे जाते है। Fig 10 में इसकी विधि दिखाई गई है और यह इस प्रकार है। आर्मेचर को लेथ (Lathe) मशीन में कस लें और आर्मेचर क्रोड के दोनों तरफ कुण्डलियों के निकले हुए ओवर हैन्ग पर अभ्रक व कागज इन्सुलेशन की चौडी पट्टी काट कर कस कर लपेटें जिससे कुण्डलियों व स्टील बैन्ड के बीच पर्याप्त इन्सुलेशन बन जाये। इन्सुलेशन की पट्टी को रोकने के लिए दोनों ओर डोरी के एक फेरे से इन्सुलेशन शीट को बाँध दें।

Fig 10



डोरी के नीचे टिन या ताँबे की छोटी पट्टी रख दें, जिन्हें आर्मेचर के चारों ओर बराबर दूरी पर रखना चाहिए ताकि बैन्ड लपेटने के बाद यह बैन्ड को सुरक्षित रख सके। वाइडिंग खोलते समय जो मूल बैन्ड मे स्टील का तार उपयोग किया गया था, उसी गेज का स्टील बैन्ड तार उपयोग करें।

आर्मेचर पर स्टील बैन्ड को रखते समय डोरी वाले बैन्ड से अधिक दबाव बनाये रखने की आवश्यकता होती है। इसलिए इसके लिए एक युक्ति का उपयोग करने की आवश्यकता पड़ती है जिसे तार क्लैम्प कहते है, यह आवश्यक प्रैशर प्रदान करता है। इस युक्ति में दो फाईबर से बने टुकडे होते है जो दो पिच व विंग नटों से कसे होते है। इस क्लैम्प के माध्यम से स्टील बैन्ड तार आर्मेचर को मिलता है। क्लैम्प को एक बैन्च के साथ कस देना चाहिए ताकि यह स्थिर रहे। जब बैन्डिंग के दौरान आर्मेचर को धीरे-धीरे घुमाया जाये, यह सावधानी रखी जाये कि तार पर इतना दबाव न बढे कि यह टूट जाये। क्वायल पर बैन्ड चढने के बाद, ताँबे व टिन की पट्टियों को मोड दें और पूरे बैन्ड को सोल्डर कर दें। एक एक करके प्रत्येक बैन्ड को इसी प्रकार से पूर्ण करें।

नये वाइडिंग का परीक्षण (Testing the new winding) : जब पुनः वाइडिंग व संयोजन पूर्ण हो जाये, तो यह आवश्यक हो जाता है कि दोनों वाइन्डिंग व संयोजनों की लघुपथ, अर्थ, खुला परिपथ और संयोजनों के सही होने की जाँच की जाये। यह वाइडिंग को वार्निश करने से पूर्व होना चाहिए ताकि कोई दोष पाया जाये तो इसे शीघ्रता से ठीक किया जा सके।

बेकिंग एवं वार्निशिंग (Baking and varnishing) : आर्मेचर के कुण्डलित, सोल्डर, बैन्ड लगने व परीक्षण के बाद, अगला कार्य वार्निश करने का होता है। यह प्रक्रिया इसे नमी रोधी बना देती है और खाँचों में पडी हुई क्वायल की तारों में कम्पन्न को भी रोकती है। कम्पन्न के कारण तारों का इन्सुलेशन कमजोर होने लगता है जिसके कारण लघुपथ हो सकता है। नमी के कारण भी तारों के इन्सुलेशन मे कमी आती है। आर्मेचर में वार्निश करने से पूर्व, इसमें से नमी को बाहर निकालने के लिए इसे गर्म करना आवश्यक होता है।

आर्मेचर को बेकिंग वार्निश या वायु शुष्कन (air-drying) वार्निश से, वार्निश किया जाता है। जब बेंकिंग वार्निश की आवश्यकता न हो या असुविधा हो तब आर्मेचर को वायु-शुष्कन वार्निश प्रदान की जाती है। बेकिंग वार्निश अधिक प्रभाविक होती है क्योंकि वार्निश को पकाते समय, नमी पूर्ण रूप से बाहर निकाली जा सकती है।

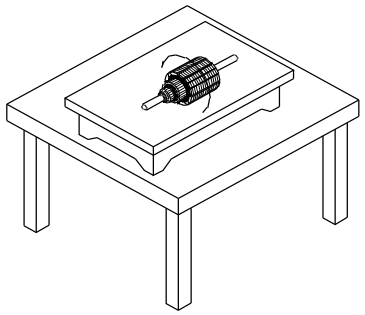
आर्मेचर को सन्तुलन में करने का महत्व (Importance of balancing the armature) : मिश्रक/लिक्विडाइजर में उपयोग होने वाला आर्मेचर 3000 से 6000 r.p.m. पर चलता है जो कि भार लोड पर निर्भर करता है। इस प्रकार के आर्मेचरों का सभी दिशाओं में भार (load) समान होना चाहिए। भार में असन्तुलन होने के कारण नीचे दिए गये है:

- कुण्डलियों में टर्नो की असमानता (Unequal turns in coils)
- क्रोड असेम्बली में असमानता (Unequal core assembly)
- wedges के भार में असमानता (Unequal weight of wedges)
- स्लॉट लाइनर इन्सुलेशन में असमानता (Unequal slot liner insulations)

असन्तुलन की स्थिति में, आर्मेचर की उच्च स्पीड के कारण अपकेन्द्रिय बल उत्पन्न होता है जो कि बहुत कम समय में क्रोड व कम्यूटेटर को ढीला कर सकता है। विकट परिस्थितियों में आर्मेचर क्षतिग्रस्त हो जायेगा और बियरिंग बाहर आ जायेंगें। कम असन्तुलित होने की स्थिति में, जब मोटर चलेगी तो कम्पन्न व शोर उत्पन्न होगा। अधिकतर निर्माता, आर्मेचर को सन्तुलित करने के लिए, डायनॉमिक बैलेंसिंग मशीन का उपयोग करते है। एक तरफ उच्च भार होने पर, सन्तुलन करने के लिए विपरीत तरफ सीसा का भार फंसा दिया जाता है। कुछ स्थितियों में भारी तरफ ड्रिलींग करके आर्मेचर की परिधि पर उपयुक्त छेद बना कर भार को कम किया जाता है।

विधि 1 - स्थैतिक सन्तुलन (Static Balancing - Method 1) : छोटेसाईज की वाइन्डिंग दुकानों पर पुनः वाउण्ड किया हुआ आर्मेचर को सरफेस प्लेट की क्षैतिज सतह पर Fig 11 के अनुसार लुढकाया जाता है। प्रत्येक बाद लुढकाने के बाद, यदि आर्मेचर अपनी परिधि में विभिन्न अवस्थाओं में रूकता है, तब इसे सन्तुलित मानना चाहिए। दूसरी तरफ यदि प्रत्येक बार लुढकाने के बाद आर्मेचर अपनी परिधि में एक ही स्थिति पर रूकता है, तब समझना चाहिए कि आर्मेचर असन्तुलित है। जहाँ आर्मेचर एक ही जगह रूक जाता है और वह आर्मेचर का वह भाग है जो सतह को छुता है वह भाग उसके विपरीत भाग से भारी माना जायेगा।

Fig 11



ELN321306B

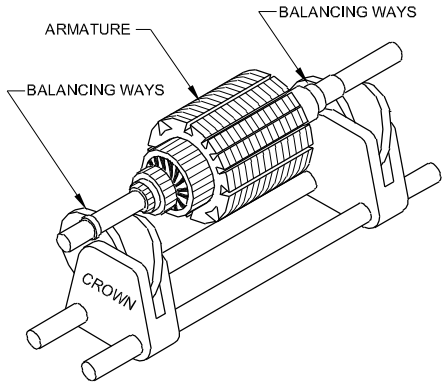
इस प्रकार की स्थिति में, जिस भाग में हल्की wedges पडी हुई हो उन्हें हटा कर भारी wedges जो पीतल या लैड से बनी हो, से बदल देना चाहिए। इस प्रकार इस रौलिंग (rolling) टेस्ट को कई बार करना चाहिए, जब तक कि इलैक्ट्रिशियन पूर्णतः सन्तुष्ट न हो जाये कि आर्मेचर सही तरीके से सन्तुलित है।

इस प्रकार की असन्तुलन अवस्था से बचने के लिए, आर्मेचर वाईन्डर को यह देखना चाहिए कि वाइन्डिंग करते समय, असन्तुलन के लिए बनने वाले कारणों को स्वयं दूर कर दें।

स्थैतिक सन्तुलन - विधि 2 (Static balancing - Method 2): एक संतुलित (balancer) ठीक इस प्रकार का होता है जिस प्रकार मशीन शॉप में ग्राइन्डिंग व्हील को सन्तुलित करने के लिए मशीन का उपयोग किया जाता है। ये संतुलित कई मापों में बनाये जाते है। इस प्रकार के संतुलित द्वारा आर्मेचर को संतुलित करने की विधि निम्न प्रकार है।

आर्मेचर को संतुलन पथ पर रखें (Fig 12) और आर्मेचर को धीरे से घुमायें। जब आर्मेचर विराम अवस्था में आयेगा तो आर्मेचर का भारी भाग नीचे की ओर होगा। इस नीचे वाले बिन्दु (भाग) पर चाक से निशान लगायें। ऐसा बार-बार घुमाने से , यदि आर्मेचर विभिन्न स्थितियों मे रूकता है, तो आर्मेचर संतुलित होगा, और यदि यह एक निश्चित स्थिति पर रूकता है, तो इस भारी भाग के विपरीत विकर्णत एक भार लोड रख कर उसे प्रति संतुलन (counterbalance) करने की आवश्यकता होती है।

Fig 12



ELN321306C

इसे आर्मेचर के बन्धक पर सीसी या धातु के छोटे टुकडों को रख कर पूरा किया जाता है। छोटे आर्मेचरो में यह भार (load), बन्धक के नीचे पच्चड के स्थान पर रखा जाता है। आर्मेचर को संतुलित करने के लिए आवश्यक धातु की मात्रा अनुभव से ज्ञात होगी। संतुलन करने की यह विधि स्थैतिक संतुलन कहलाती है।

गतिज संतुलन (Dynamic balancing) : विद्युत मशीनों के घुमने वाला भागों या आर्मेचर को संतुलित करने के लिए गतिज संतुलन मशीनें उपलब्ध है। आर्मेचर को इन मशीनों पर स्थिर किया जाता है और निर्धारित स्पीड पर घुमाया जाता है। एक संकेतक या सूचक आर्मेचर पर इस स्थिति को दर्शाता है और जोड जाने वाले भार को दर्शाता है। संतुलन मशीनें या तो यान्त्रिक संतुलन या स्ट्रोबोस्कोपीक (stroboscopic) संतुलन के साथ उपलब्ध है।

आर्मेचर वाइडिंग का परीक्षण (Testing of armature winding)

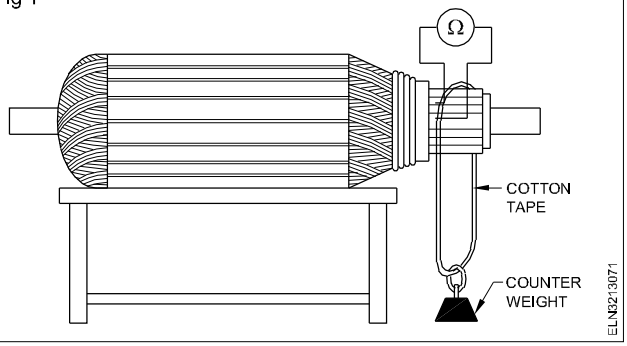
उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **आर्मेचर परीक्षण विधियों का वर्णन करना, जैसे कि**
  - **वाइडिंग प्रतिरोध परीक्षण**
  - **इन्सुलेशन प्रतिरोध परीक्षण**
  - **ग्राउलर परीक्षण**
  - **वोल्टता ड्राप परीक्षण।**

वाइडिंग परीक्षण (Testing the winding) : आर्मेचर के वाउण्ड होने और उसके सिरे कम्यूटेटर के साथ जोडने के बाद, एक परीक्षण करना आवश्यक हो जाता है। इस परीक्षण से वाइडिंग के दौरान होने वाले दोष ज्ञात किये जा सकते है। आर्मेचर वाइडिंग में होने वाले सामान्य दोष, भू सम्पर्कन (earthed), कुण्डलियों में लधुपथन (short circuit), कुण्डलियों में खुला दोष और क्वायल में खुला दोष और क्वायल के संयोजन उल्टे हो जाता है। ये दोष विभिन्न परीक्षण विधियों से ज्ञात किया जा सकता है।

आर्मेचर वाइडिंग प्रतिरोध परीक्षण (Armature winding resistance test) : आर्मेचर क्वायल का प्रतिरोध निम्न परास low range के ओह्म मीटर द्वारा मापा जाता है और केल्विन सेतु को इस कार्य के लिए वरियता दी जाती है। सिम्पलैक्स लैप वाइडिंग (तरंग व मल्टीप्लैक्स वाइन्डिंग के लिए कम्यूटेटर पिच Y_c की दूरी अनुसार) की स्थिति में क्रमागत सैग्मेन्टों के बीच प्रतिरोध मापा जाता है। एक के बाद एक (क्रमिक) कम्यूटेटर खण्डों के बीच प्रतिरोध मापने की सरल व्यवस्था Fig 1 में दिखाई गई है।

Fig 1

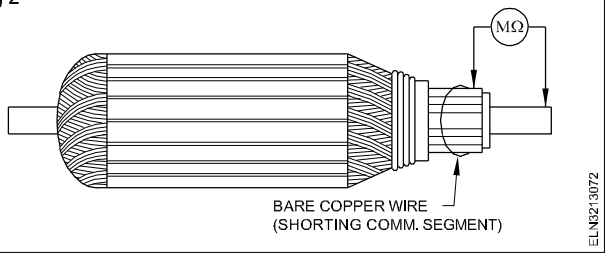


जैसा कि Fig 1 में दिखाया गया है कि कॉटन टेप जिसके साथ प्रतिभार (counterweight) जुडे है को कम्यूटेटर के ऊपर से गुजर कर लटकाया गया है, इससे संयोजित लीड, कम्यूटेटर खण्डों पर पकड बनाये रखती है। इन संयोजन लीड को क्रमागत कम्यूटेटर खण्डों के साथ बारी बारी से जोड कर सभी क्वायल्स का प्रतिरोध मापा जाता है। सभी क्वायल्स को मापा गया प्रतिरोध समान होना चाहिए। यदि न्यून प्रतिरोध है तो यह टर्नों के बीच लघुपथ को व्यक्त करेगा और यदि अधिक प्रतिरोध मापा गया है तो यह क्वायल्स में खुला पथ बतायेगा या क्वायल्सें में अधिक टर्नो की संख्या को दर्शायेगा।

इन्सुलेशन प्रतिरोध परीक्षण (Insulation resistance test) : एक नंगे ताम्र तार से सभी कम्यूटेटर सैग्मेन्ट को शार्ट सर्किट करें। (Fig 2) 250 वोल्ट तक की क्षमता वाले आर्मेचरों को 500 वोल्ट वाले मैगर से, कम्यूटेटर सैग्मेन्टों व बॉडी के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध का परीक्षण करें। मापा गया प्रतिरोध 1 मेगा ओह्म से अधिक होना चाहिए। यदि इन्सुलेशन प्रतिरोध 1 मेगाओह्म से कम हो तो वाइडिंग में नमी या कमजोर इन्सुलेशन होने का संदेह है।

इस परीक्षण को कभी-कभी सिरिज प्रतिरोध लैम्प से भी किया जाता है और इसे 'भू सम्पर्क' परीक्षण भी कहते है। यह परीक्षण केवल क्वायल के भू-सम्पर्कित होने पर ही संकेत करता है और इन्सुलेशन प्रतिरोध को नहीं।

Fig 2

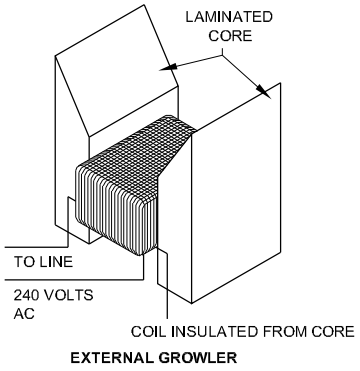


ग्राऊलर परीक्षण (Growler test) : आर्मेचर क्वायल में लघुपथ व क्वायल में खुला पथ परीक्षण करने की सरल व सबसे सामान्य विधि ग्राउलर परीक्षण विधि है।

ग्राउलर (Growler) : दो प्रकार के ग्राउलर होते है - 1) आन्तरिक और 2) बाहरी ग्राऊलर। बाहरी ग्राऊलर का उपयोग छोटे आर्मेचरों का परीक्षण करने के लिए किया जाता है और आन्तरिक ग्राऊलर का उपयोग बडे DC आर्मेचर और AC मोटर स्टेटर की वाइडिंग का परीक्षण करने के लिए किया जाता है।

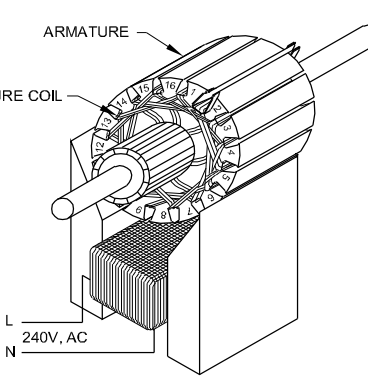
बाहरी ग्राऊलर (External growler) : Fig 3 में एक बाहरी ग्राऊलर दिखाया गया है जो कि एक इलैक्ट्रोमैग्नेटिक युक्ति होती है जिसका उपयोग आर्मेचर में भू सम्पर्कित, लघुपथित व क्वायल में खुला दोष की पहचान करने व ये दोष कहां पर है, उस स्थान की पहचान करने के लिए किया जाता है।

Fig 3



इस ग्राऊलर में, एक लोह क्रोड के ऊपर एक क्वायल लिपटी होती है और यह 240 वोल्ट AC लाईन से जुडी होती है। सामान्यतः क्रोड H आकार की होती है और इसकी ऊपरी भाग टेपर होता है, जिससे इस पर आर्मेचर फिट हो सके Fig 4 में इस ग्राऊलर को दिखाया गया है।

Fig 4



जब ग्राऊलर क्वायल को प्रत्यावर्ती करंट दी जाती है, तो ट्रांसफार्मर क्रिया द्वारा आर्मेचर कुण्डलियों में वोल्टेज उत्पन्न हो जाती है।

आन्तरिक ग्राऊलर (Internal growler) : एक आन्तरिक ग्राऊलर जो प्रायः AC मोटरों के स्टेटर के लिए उपयोग होता है, यह आर्मेचरों के लिए भी उपयोग होता है। ये अर्न्तनिर्मित फिलर के साथ या फिलर रहित बनाये जाते है। अर्न्तनिर्मित फिलर (built-in feelers) ग्राऊलर के साथ एक नम्य ब्लेड (flexible blade) जुडा होता है इसलिए अतिरिक्त हैक्सा ब्लेड की आवश्यकता नही पड़ती है। छोटे स्टेटरो में विशेषतया इस प्रकार के ग्राऊलर की आवश्यकता होती है जिनमें पृथक फिलर के लिए स्थान नही होता है। Fig 5 में एक पृथक फिलर युक्त आन्तरिक ग्राऊलर दिखाया गया है, जो बडे आर्मेचरों के लिए उपयोग होता है।

भू सम्पर्कित वाइडिंग के लिए ग्राऊलर परीक्षण (Growler test for grounded coil) : जिस आर्मेचर का परीक्षण किया जाना है उसे ग्राऊलर पर रखा गया है और तब स्विच 'ऑन' कर दिया जाता है जैसा कि Fig 6 में दिखाया गया है, एक AC मिली-वोल्टमीटर की एक लीड,

और ग्राऊलिंग शोर उत्पन्न होगा। यदि आर्मेचर क्रोड पर रखा ब्लेड स्थिर रहता है, तो यह संकेत है कि टेस्ट की जाने वाली क्वायल में कोई लघु पथन (short circuit) नहीं है। कई ऊपरी खाँचों पर हैक्सा ब्लेड रख किया गया टेस्ट के बाद आर्मेचर को घुमायें ताकि आगे वाले कुछ खाँचे टेस्ट किये जा सके। पूर्व की तरह टेस्ट करें और सम्पूर्ण आर्मेचर को टेस्ट होने तक यह विधि लगातार करें।

Fig 5

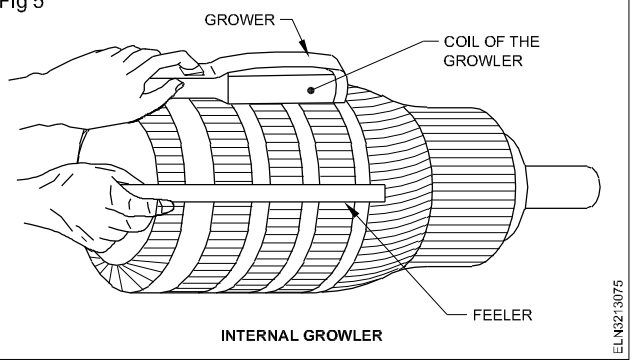
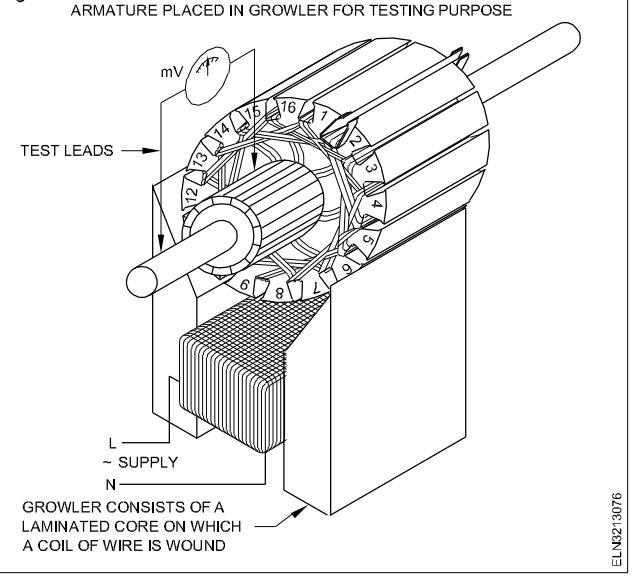


Fig 6



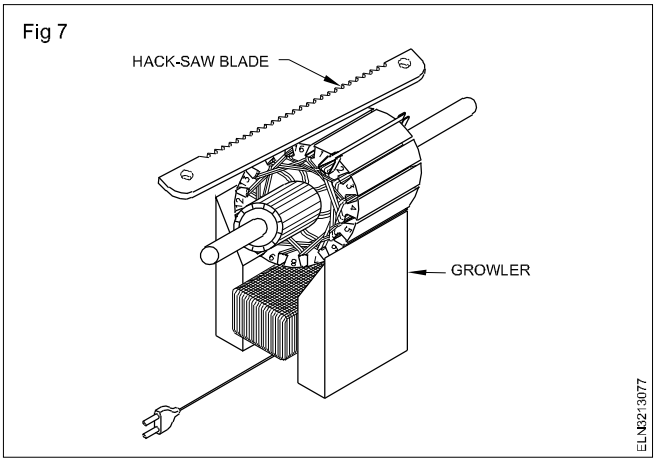
कम्यूटेटर के सबसे ऊपर वाले खण्ड पर रखें, और मीटर की दूसरी लीड शॉफ्ट पर रखें।

यदि मोटर पर पाठ्यांक दिखें, तो आर्मेचर को घुमा कर दूसरे कम्यूटेटर खण्ड को इस प्रकार ले आयें जिस प्रकार पहले था और पूर्व की तरह परीक्षण करें। जब मीटर कोई विक्षेप न दे, तो यह संकेत है कि इस कम्यूटेटर खण्ड से जुडी क्वायल भूसम्पर्कित (grounded) है।

लघु पथित क्वायल के लिए ग्राऊलर परीक्षण (Growler test for shorted coil) : आर्मेचर में लघु परिपथ परीक्षण करने की विधि निम्न प्रकार की है।

जिस आर्मेचर को टेस्ट किया जाना है उसे ग्राऊलर पर रख कर स्विच ऑन किया जाता है। अब एक पतला धातु का टुकडा, जैसा कि हैक्सा ब्लेड को आर्मेचर के सबसे ऊपरी स्लॉट पर रखा जाता है जैसा कि Fig 7 में दिखाया गया है। वाइडिंग में लघुपथन होने की स्थिति में ब्लेड तेजी से कम्पन्न करेगा एक आर्मेचर जिस पर क्रॉस संयोजन या इक्विलाईजर (equalizers) लगे हो उस पर हैक्सा ब्लेड वाला परीक्षण नहीं किया जा सकता है। इस प्रकार का आर्मेचर प्रत्येक स्लॉट पर कम्पन्न का कारण बनेगा, जिससे यह संकेत

Fig 7

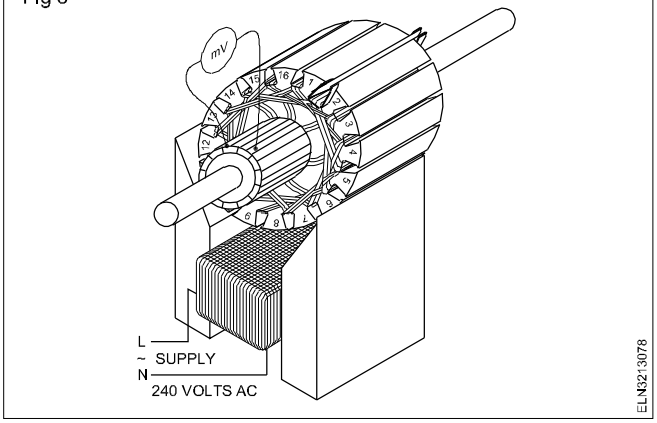


दिखाई देगा कि सभी वाइंडिंग लघु परिपथ है।

क्वायल में खुला परिपथ का परीक्षण (Test for open circuit in coil) : ग्राऊलर के साथ पैनल पर परिवर्तित प्रतिरोध के साथ मीटर (मिली-वोल्ट या अममीटर) भी लगे होते है। इस स्थिति में आर्मेचर क्वायल मे खुला दोष को निम्न प्रकार ढुँढ सकते है।

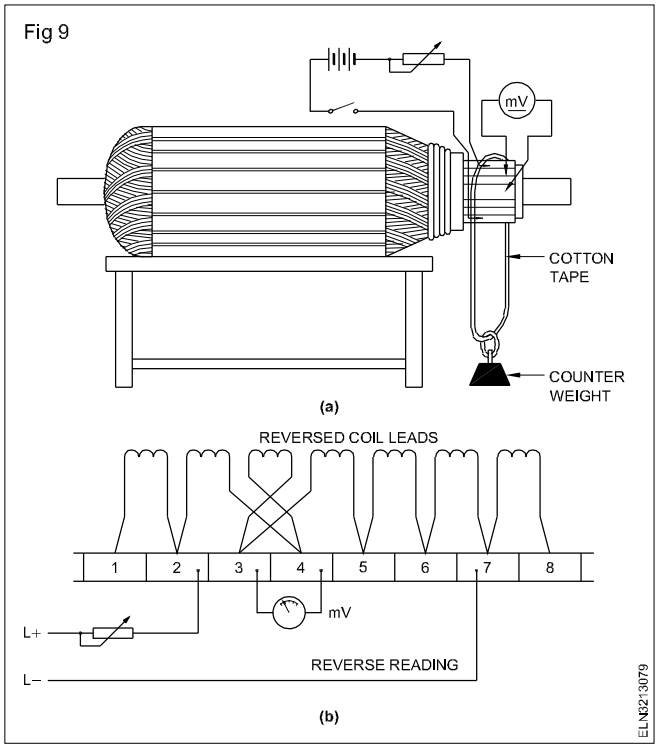
एक क्वायल में खुला दोष के परीक्षण की ग्राऊलर विधि (Growler test for an open coil) : ग्राऊलर के साथ एक क्वायल में खुला दोष का पता लगाने के लिए सामान्य तरीके से आर्मेचर को ग्राऊलर पर सैट कर दें। Fig 8 में दिखाये अनुसार एक AC मिली-वोल्टमीटर से ऊपर वाले दो पास पास के छड़ों bars को टेस्ट करें। आर्मेचर को घुमायें और निकटतम छडों के बीच लगातार परीक्षण करते रहें। जब दो छडें खुली क्वायल के साथ जुडी हो और मिली-वोल्टमीटर इन दो छडों के साथ जुडा हो, तो मीटर को संकेतक pointer विक्षेप नहीं देगा। अन्य सभी छडे विक्षेप देगी। खुली क्वायल का यह टेस्ट मीटर के बिना भी किया जा सकता है, इसके लिए एक तार के टुकडें से ऊपर वाली दो छडों bars को लघुपथ किया जाता है। यदि तारों को शॉर्ट किया जाये और कोई स्पार्क पैदा न हो तो यह क्वायल में खुला दोष का संकेत है। यह खुलापन या तो कम्यूटेटर छडों में या स्वयं क्वायल में हो सकता है। यह विधि शार्ट सर्किट क्वायल के सिरों के बीच, लघुपथ की स्थिति कहाँ पर है, को ज्ञात करने के लिए भी किया जा सकता है। फिर

Fig 8



भी हैक्सा ब्लेड परीक्षण लघुपथित क्वायल की खोज करने की सबसे संतोपजनक विधि है।

ड्राप परीक्षण (Drop test) : आर्मेचर का सही प्रतिरोध, टर्नों की संख्या, लघुपथ और खुला पथ और क्वायल में उल्टे संयोजनों की जाँच करने की सबसे यथार्थ विधि ड्राप टेस्ट है। एक पोल पिच की दूरी पर कम्यूटेटर खण्डों के आर-पार मे कम वोल्टेज की DC प्रदान करें। परिपथ केसिरिज में एक



परिवर्ति प्रतिरोध जोड दें। DC प्रदाय का स्विच ऑन करें और Fig 9a और b के अनुसार निकटवर्ती कम्यूटेटर खण्डों से एक मिली-वोल्टमीटर जोड दें।

परिवर्ती रिहोस्टेट (variable rheostat) के उपयोग से वोल्टमीटर की रिडिंग को विशिष्ट मान तक समायोजित करें। आर्मेचर को एक दिशा में घुमाते हुए, इसके अनुगामी कम्यूटेटर खण्ड से मिली-वोल्टमीटर के पाठ्यांक नोट करें। प्रत्येक बार पाठ्यांक लेते समय कम्यूटेटर खण्डों की स्थिति व संयोजन पहले वाले सैटअप की तरह ही होनी चाहिए। परिणाम के निष्कर्ष निम्न प्रकार से गिनाये गये है।

- यदि सभी पाठ्यांक समान है, तो वाइडिंग सही है।
- यदि मिली-वोल्टमीटर शून्य या निम्न वोल्टेज पढता है, तो कम्यूटेटर सेगमेन्ट से जुडी क्वायल में लघुपथ है।
- यदि मिली-वोल्टमीटर उच्च वोल्टेज पढता है सैग्मेन्ट से जुडी क्वायल में खुलापन है।
- यदि Fig 9b के अनुसार मिली-वोल्टमीटर उल्टी दिशा में विक्षेप करता है तो खण्डों से जुडी क्वायल उल्टी जुड गई है।

सामान्यतः आर्मेचर के नित्य प्रतिदिन किये जाने वाले परीक्षण इन्सुलेशन प्रतिरोध और लघुपथ केवल जब आर्मेचर वाइडिंग में दोप होने का सन्देह हो जाता है, तब ड्राप टेस्ट किया जाता है।

प्रेरण मोटर के सिद्धांत (Principle of induction motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **3-फेस प्रेरण मोटर का सिद्धांत बताना**
- **रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होने की विधि का संक्षेप मे वर्णन करना।**

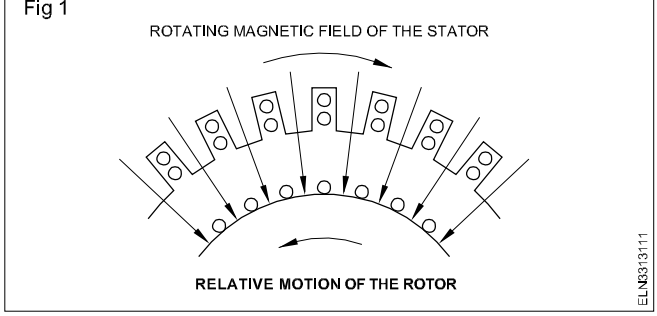
किसी अन्य विद्युत मोटर की अपेक्षा तीन फेस प्रेरण मोटर का उपयोग बहुत अधिक किया जाता है क्योंकि इस मोटर की संरचना आसान है, परिचालन में कठिनाई नहीं है, मूल्य कम है और बलाघूर्ण व चाल के अभिलक्षण अच्छे है।

तीन फेस प्रेरण मोटर का सिद्धांत (Principle of 3-phase induction motor): यह DC मोटर के समान सिद्धांत पर कार्य करती है जो कि यह है कि जब धारावाही चालक को चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो यह एक बल पैदा करने की कोशिश करता है। फिर भी प्रेरण मोटर DC मोटर से भिन्न है, वास्तव में प्रेरण मोटर का रोटर, विद्युत रूप से स्टेटर से जुड़ा नही होता है जैसे स्टेटर चुम्बकीय क्षेत्र रोटर को लिंक करता है तो परिणामित क्रिया द्वारा रोटर चालकों में बल उत्पन्न हो जाता है। चूंकि रोटर चालकों व चुम्बकीय क्षेत्र जो स्टेटर धाराओं द्वारा उत्पन्न होता है के सापेक्ष गति के कारण, रोटर में विद्युत बल उत्पन्न होती है न कि सीधे प्रयोग से इसलिए मोटर का नाम प्रेरण मोटर (induction motor) रखा गया है।

3-फेस प्ररेण मोटर को स्टेटर, रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र वाले आल्टरनेटर के स्टेटर जैसा होता है। जैसा कि पूर्व में वर्णन किया गया है कि स्टेटर में 3-फेस वाइंडिंग द्वारा रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र (rotating magnetic field) उत्पन्न किया जाता है। प्रेरण मोटर का रोटर या तो लघुपथित चालकों वाला होता है जो कि गिलहरी के पिंजरे के आकार का होता है या तीन फेज वाइंडिंग वाला होता है जो इस प्रकार की संरचना हो जाती है कि यह बन्द परिपथ में धारा प्रवाहित करने मे सुविधा प्रदान करती है।

कल्पना करें कि Fig 1 की तरह प्रेरण मोटर का स्टेटर फील्ड क्लाक वाईज दिशा में घूम रहा है। Fig 1 के अनुसार रोटर की सापेक्ष गति वामावर्त दिशा में हो जाती है। फ्लेमिंग के दांये हस्त नियम को लागू करने पर रोटर में उत्पन्न वि. वा. बल व धारा की दिशा Fig 2 के अनुसार दर्शक की ओर है। चूंकि रोटर चालकों का एक बिन्दु परिपथ होता है क्योंकि ये रोटर चालक दोनों ओर से लघु पथित होते है इसलिए इन रोटर चालकों में एक लघु पथित ट्रांसफार्मर की द्वितीयक की तरह धारा प्रवाहित होती है।

Fig 1



मैक्सवेल के कॉर्क स्क्रू नियम के अनुसार Fig 2 में रोटर धाराओं द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा वामावर्त दिशा में होगी। अब जैसा कि Fig 3 में दिखाया गया है कि स्टेटर चुम्बकीय क्षेत्र व रोटर चुम्बकीय क्षेत्र की प्रतिक्रिया स्वरूप प्ररिणामी एक बल उत्पन्न होता है जो रोटर फ्लक्स की दिशा में घूमाने का प्रयत्न करता है। इस प्रकार रोटर लगातार स्टेटर की सिन्क्रोनस गति का अनुसरण करते हुए उसी दिशा मे चलता रहता है, रोटर की गति स्टेटर में रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र की तुल्यकालिक गति से थोडी कम होती है।

Fig 2

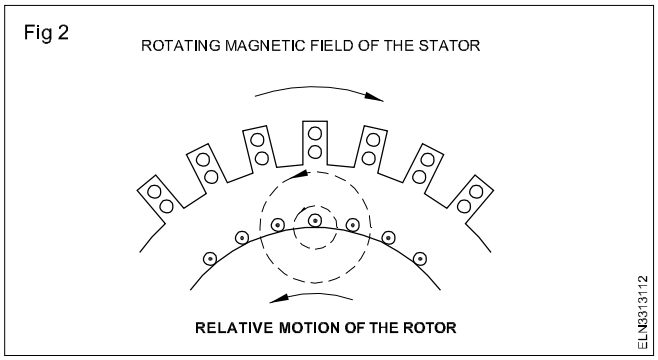
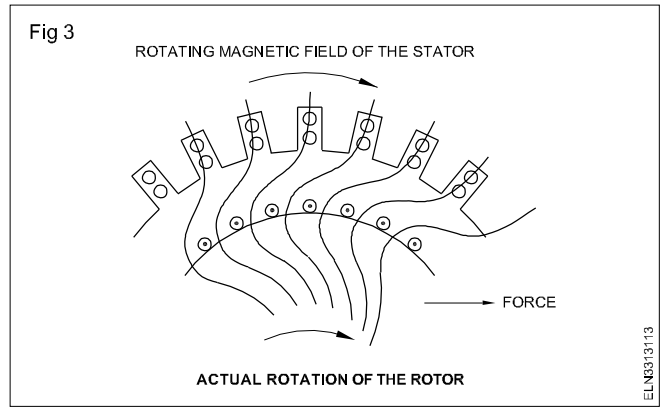


Fig 3



यदि रोटर की गति सिन्क्रोनस गति के लगभग उच्च हो जाये तो स्टेटर के रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र की गति व रोटर गति के बीच सोपक्ष गति कम हो जायेगी जिसके फलस्वरूप रोटर में कम वि० वा० बल उत्पन्न होगा। सवैधानिक रूप से यदि हम यह मान लें कि रोटर, स्टेटर की रोटेटिंग चुम्बकीय फ्लक्स की गति को प्राप्त कर लें तो रोटर व स्टेटर के बीच सापेक्षा गति शून्य होगा तो स्टेटर में कोई वि० वा० बल व धारा प्रवाहित नहीं होगी। इस प्रकार रोटर में कोई बलापूर्ण भी नहीं होगा। अतः प्रेरण मोटर को रोटर कभी भी तुल्यकालिक चाल पर नहीं चल सकता है। जैसे ही मोटर पर लोड डाला जाता है तो रोटर की चाल, यान्त्रिक बल प्राप्त करने के लिए थोडी कम हो जाती है और सापेक्ष गति बढ़ जाती है और रोटर में उत्पन्न EMF व धारा भी बढ़ जाती है जिसके परिणामस्वरूप बलाघूर्ण भी बढ़ जाता है।

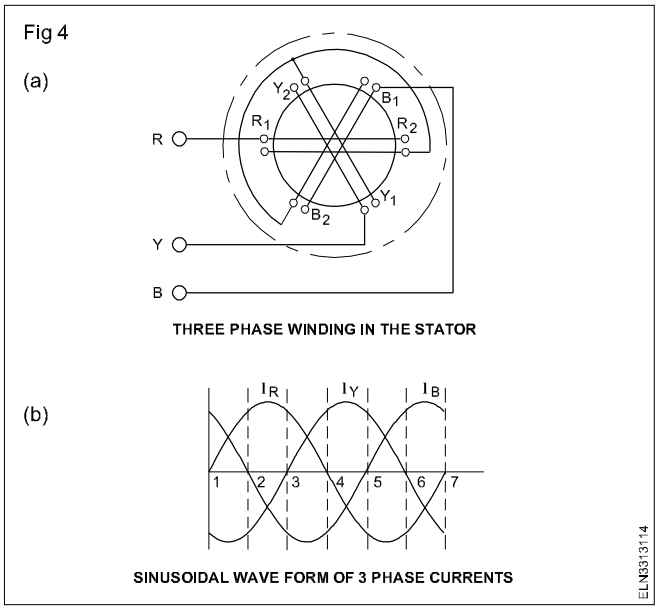
रोटर के घूमने की दिशा बदलना (To reverse the direction of rotation of a rotor): स्टेटर के चुम्बकीय क्षेत्र की घूमने की दिशा सप्लाई के फेज सीक्वेंस पर निर्भर करती है। यदि स्टेटर में घूमने वाले चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा बदल दी जाये तो रोटर के घूमने की दिशा भी बदल जाती है, इसलिए सप्लाई के फेज सीक्वेंस से बदलने के लिए,मोटर स्टेटर से जुडी संयोजन लीड की कोई दो लीड आपस में बदल दी जाती है।

तीन फेस स्टेटर द्वारा रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र (Rotating magnetic field from a three-phase stator): प्रेरण मोटर का परिचालन, स्टेटर में रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र पर निर्भर करता है। प्रेरण मोटर के स्टेटर में तीन फेस वाइंडिंग परस्पर 120 विद्युत पर रखी जाती है। ये कुण्डल स्टेटर क्रोड पर इस प्रकार रखी जाती है कि इनके द्वारा नॉन सेलियेंट स्टेटर फिल्ड पोल बनते है। जब स्टेटर की तीन फेज वाइंडिंग में प्रत्यावर्ती क्षेत्र बनता है। वाइंडिंग के बीच बराबर अन्तर के कारण व बराबर फेज अन्तर के कारण उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र संयुक्त रूप से एक ऐसा रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करते है, जो स्थिर चाल से स्टेटर क्रोड के अन्दर घूमता है। फ्लक्स का यह परिणामी वेग **`रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र'** कहलाती है और इसकी गति **'तुल्यकालिक गति'** कहलाती है।

सही अर्थों में रोटेटिंग क्षेत्र का स्थित होना यह होता है कि एक चक्र में फेज धाराओं की क्रमानुसार क्षण प्रति क्षण दिशा बदलता है। Fig 4a में एक सरल स्टार संयोजित तीन फेज स्टेटर वाइंडिंग दिखाई गई है। यह वाइंडिंग दो पोल प्रेरण मोटर के लिए दर्शायी गई है। Fig 4b में तीन फेज वाइंडिंग की फेज धाराओं को दिखाया गया है जिसमें फेज धारायें परस्पर 120° के अन्तर पर है। तीनों धाराओं के संयुक्त प्रभाव से उत्पन्न परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र 60° के अन्तर से धारा के साइकल में वृद्धि प्राप्त कर रहा है।

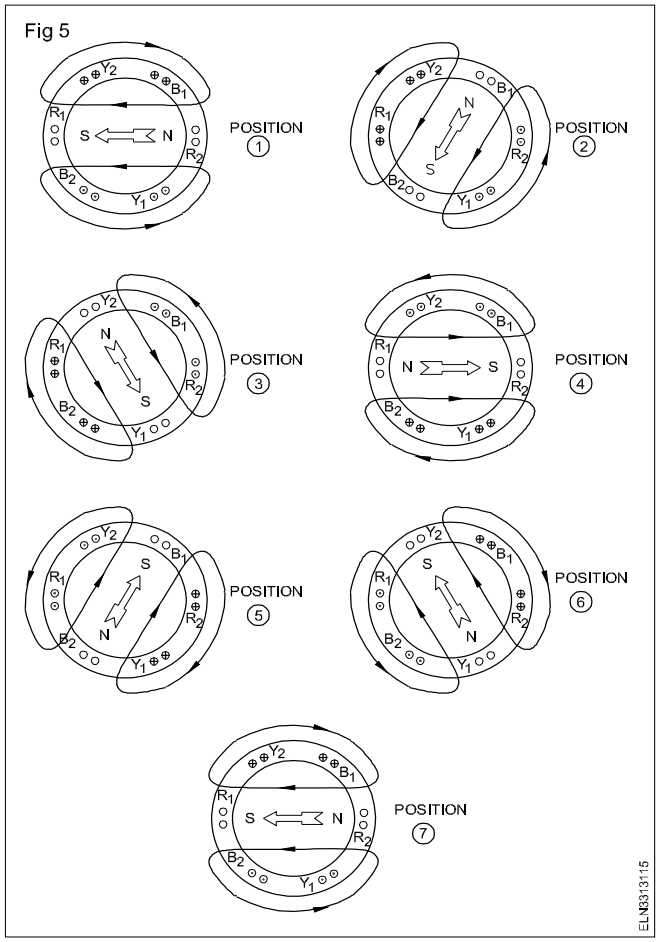
Fig 4b स्थिति (1) पर फेज करंट I_R शून्य है और क्वायल R शून्य फ्लक्स उत्पन्न करेगी। इस प्रकार करंट I_B धनात्मक व I_y ऋणात्मक है।

Fig 4b स्थिति 1 पर इन तीन फेज वाइंडिंग में करंट की तात्क्षणिक दिशाओं को Fig 5 में स्थिति (1) पर दिखाया गया है।



सुविधा के लिए +ve करंट को +ve चिन्ह द्वारा व -ve करंट को बिन्दु (•) के चिन्ह द्वारा दर्शाया गया है। यहाँ Y_2 और B_1 धनात्मक व Y_1 और B_2 को ऋणात्मक दिखाया गया है। मैक्सवेल के कॉर्क स्क्रू नियम का उपयोग करते हुए Fig 5(1) में इन धारओं द्वारा उत्पन्न फ्लक्स का परिणामी फ्लक्स दिखाया गया है। स्टेटर क्रोड मे चुम्बकीय क्षेत्र व चुम्बकीय ध्रुवों को तीर की दिशा से दर्शाया गया है।

Fig 5(2) में स्थिति 2 पर प्रारम्भिक अवस्था से 60 विद्युत डिग्री आगे फेज करंट I_B शून्य है और करंट I_R धनात्मक व करंट I_Y ऋणात्मक है। Fig 5a में अब करंट का अवलोकन करने पर दिख रहा है कि कुण्डली के सिरे R_1 व Y_2 में करंट अन्दर की ओर व कुण्डली के सिरे R_2 और Y_1 से करंट बाहर की ओर आ रही है। इसलिए Fig 5c(2) में परिणामी चुम्बकीय ध्रुव स्टेटर क्रोड में नई स्थिति पर है। वास्तव में स्थिति 2 स्थिति (1) से 60° घूम गई है।



इसी समान कारण का उपयोग करते हुए जैसा कि धारा की तरंग की स्थिति 3, 4, 5, 6 और 7, दिखाई गई है कि प्रत्येक 60 वैद्युत डिग्री आगे बढने पर परिणामी स्टेटर फिल्ड 60°आगे घूम जाता है जैसा Fig 5 में दर्शाया गया है। स्थिति (1) से स्थिति (7) का अवलोकन करने पर यह स्पष्ट हो जाता है, कि प्रदाय वोल्टेज के प्रत्येक साइकल में दो पोल वाले स्टेटर में क्रोड के अन्दर परिधि में चुम्बकीय क्षेत्र एक चक्र पूरा करता है।

उपरोक्त से स्पष्ट हो जाता है कि यदि एक स्टेटर क्रोड में 3-फेज स्थिर वाइंडिंगों को 120° के विद्युत डिग्री फेज अन्दर पर रख कर तीन फेज प्रदाय से जोड़ा जाये तो तीनों क्वायलों द्वारा उत्पन्न परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र रोटेटिंग होगा।

जिस चाल पर चुम्बकीय क्षेत्र घूमता है वह तुल्यकालिक चाल कहलाती है और यह प्रदाय की आवृति, पोलों की संख्या पर निर्भर करता है जिसके लिए स्टेटर को कुण्डलित किया जाता है।

अतः N_s = तुल्यकालिक चाल r.p.m. में

$$= \frac{120F}{P} \text{ rpm}$$

जहाँ `P' स्टेटर मे ध्रुवों की संख्या व `F' सप्लाई की आवृत्ति है।

3-फेज गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर की संरचना - स्लिप, चाल, रोटर आवृत्ति, ताप हानि व बलघूर्ण में सम्बंध (Construction of a 3-phase squirrel cage induction motor - Relation between slip, speed, rotor frequency, copper loss and torque)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **3-गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर की संरचना का वर्णन करना**
- **दोहरा गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर की संरचना व लाभ बताना**
- **स्लिप, चाल, रोटर आवृत्ति, रोटर ताम्र हानि, बलघूर्ण का वर्णन व इनमें सम्बन्ध बताना।**

रोटर संरचना के आधार पर तीन फेस प्रेरण मोटरों का वर्गीकरण किया जाता है, इस आधार पर मुख्यतया दो प्रकार है।

– गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर

– स्लिपरिंग प्रेरण मोटर

गिलहरी पिंजरा मोटरों को रोटर लघुपरिपथ छड युक्त होता है, जबकि स्लिप रिंग मोटरों को रोटर तीन वाइडिंग युक्त होता है जो या तो स्टार में जुडी होती है या फिर डेल्टा में। स्लिपरिंग मोटरों की रोटर वाइंडिंग के सिरे, स्लिप रिंग के माध्यम से बाहर निकले होते है, ये स्लिपरिंग स्थिर ब्रुशों के साथ सम्पर्क में रहते है।

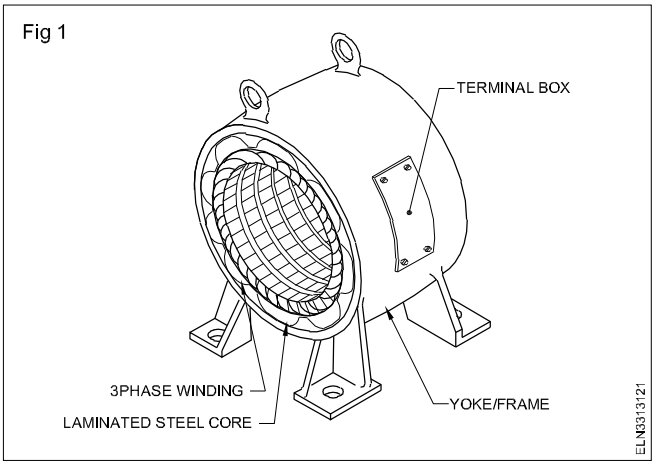
इन दो प्रकार की प्रेरण मोटरों का विकास इस तथ्य से हुआ कि प्रेरण मोटर का बलाघूर्ण रोटर प्रतिरोध पर निर्भर करता है। रोटर प्रतिरोध उच्च होने से प्रारम्भिक बलाघूर्ण भी उच्च प्राप्त होता है, परन्तु हानियों के बढने से व कम दक्षता के कारण रनिंग बलाघूर्ण कम हो जाता है/ परन्तु कुछ विशेष प्रकार के लोड जिसमें प्रारम्भन बलाघूर्ण उच्च व रनिंग बलाघूर्ण पर्याप्त चाहिए, वहाँ रोटर प्रतिरोध स्टार्टिंग के समय उच्च परन्तु रनिंग के समय निम्न रहना चाहिए। यदि रोटर परिपथ में प्रतिरोध स्थायी रूप से उच्च रखा जाये,रोटर ताम्र हानियाँ अधिक होगी परिणामस्वरूप चाल कम होगी व दक्षता भी कम प्राप्त होगी। अतः यह सलाह दी जाती है कि परिचालन अवस्था में रोटर का प्रतिरोध कम रहना चाहिए।

स्लिपरिंग मोटरों में ये दोनों आवश्यकताओं पूरी करना सम्भव है, जिसमें प्रारम्भ के समय बाहरी प्रतिरोध जोडा जाता है व रनिंग के समय इस प्रतिरोध को हटा लिया जाता है। यद्यपि यह गिलहरी पिंजरा मोटरों में संभव नही है । ये दोनों आवश्यकतायें एक अन्य रोटर में प्राप्त की जा सकती है, जिसे दोहरा गिलहरी पिंजरा रोटर कहते है। इस दोहरे पिंजरा रोटर में लघु पथित छड़ों के दो सैट डाले जाते है।

प्रेरण मोटर का स्टेटर (Stator of an induction motor): स्लिपरिंग मोटर के स्टेटर व गिलहरी पिंजरा मोटर के स्टेटर में कोई अन्तर नहीं होता।

प्रेरण मोटर का स्टेटर, तीन फेज आल्टरनेटर के रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र के समान होता है। मोटर के स्थिर भाग अर्थात स्टेटर में तीन फेज वाइंडिंग रखी जाती है जो कि पट्टलित इस्पात क्रोड में बने खाँचों में डली हुई होती है। यह स्टेटर ढलवां लोहा या इस्पात से बने फ्रेम में फिट होता है जैसा कि Fig 1 में दिखाया गया है । फेज वाइंडिंग परस्पर 120 वैद्युत डिग्री के अन्तर पर रखी जाती है और बाहर स्टार या डेल्टा में संयोजित की जाती है जो कि मोटर के फ्रेम पर जुडा हुआ होता है। जब स्टेटर को तीन फेज वोल्टेज द्वारा अर्जित किया जाता है तो यह स्टेटर क्रोड में रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न कर देता है।

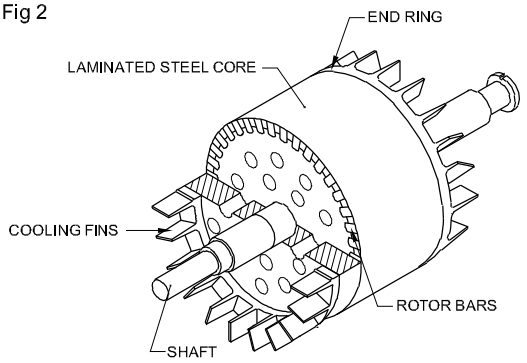
Fig 1



गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर का रोटर (Rotor of a squirrel cage induction motor): प्रेरेण मोटर का रोटर Fig 2 में दिखाया गया है जिसमें कोई वाइंडिंग नहीं है। यद्यपि यह बेलनाकार आकृति का इस्पात की पट्टलित क्रोड से बना रोटर होता है जिसमें शाफ्ट के समानांतर चालक छड़ें ऊपरी सतह में गडी हुई होती है। ये चालक छड़े रोटर क्रोड के दोनों सिरों पर एण्ड रिंग द्वारा लघुपथित की जाती है। बडी मशीनों में ये चालक छड़ें व एण्ड रिंग कापर से बनी होती है जो ब्रेज्ड या वेल्ड की हुई होती है जैसा कि Fig 3 में दिखाया गया है। छोटी मशीनों में चालक छड़ें और एण्ड रिंग कई बार एल्युमीनियम से बने होते है जो रोटर क्रोड के साथ ढाले जाते है।

रोटर या घूमने वाला भाग पावर सप्लाई के साथ विद्युत रूप से नहीं जुडा होता है परन्तु रोटर में स्टेटर के ओर से ट्रांसफार्मर क्रिया के कारण वोल्टेज उत्पन्न हो जाती है। इस कारण से कई बार स्टेटर को प्राथमिक व रोटर को मोटर की द्वितीयक के नाम से जाना जाता है। चूंकि मोटर प्रेरण के सिद्धांत पर परिचालित होती है और स्टेटर की संरचना में छड़ एण्ड रिंग इस प्रकार

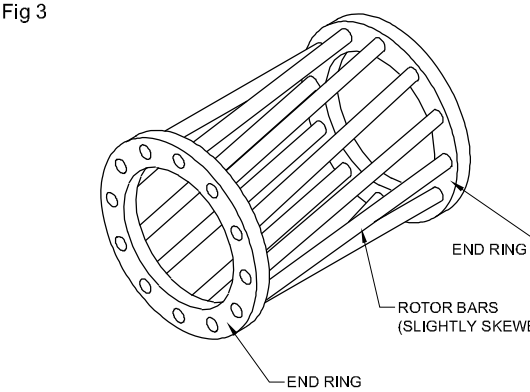
Fig 2



CAGE-TYPE ROTOR IN PART SECTION SHOWING CAST ALUMINIUM BARS AND END RINGS

नजर आते है जैसा कि पिंजरे में गिलहरी, इसलिए इस मोटर को गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर कहते है। (Fig 3)

Fig 3



DETATCHED VIEW OF THE SQUIRREL CAGE MOTOR ROTOR BARS

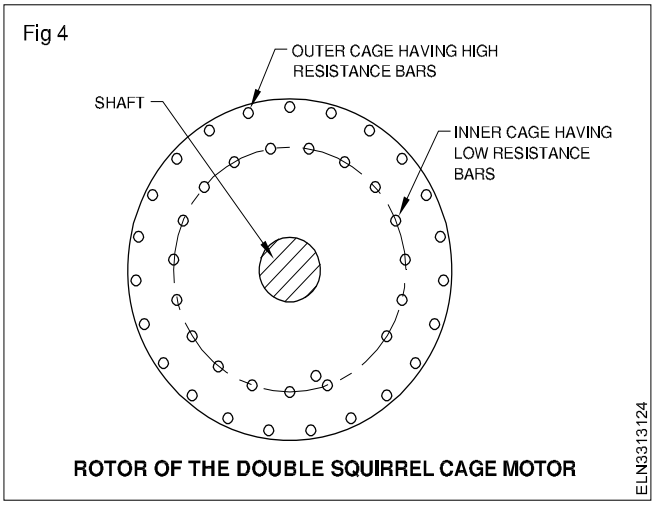
रोटर छड़ें रोटर क्रोड से इन्सुलेटिड नही होती, क्योंकि छड़ों को उस धातु से बनाया जाता है जिसका प्रतिरोध क्रोड से कम होता है। इन छड़ों मे उत्पन्न धारा प्रवाहित होती रहती है। यद्यपि छड़ें रोटर की शाफ्ट के समानान्तर में नही होती, अपितु थोडी विषमित होती है। यह इसलिए किया जाता है रोटर फिल्ड व टार्क समरूप पैदा हो सके व रनिंग अवस्था में चुम्बकीय शोर भी न उत्पन्न हो सके।

अन्त आवरण (End shields): दो अन्त आवरण जिन्हें end shields भी कहते है, का कार्य रोटर शाफ्ट को आधार देना है। इन प्लेटों के साथ बियरिंग फिट किये होते है । प्लेट, स्टेटर फ्रेम के साथ स्टड या बोल्टों के साथ कसी हुई होती है।

दोहरा गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर (Double squirrel cage induction motor)

रोटर संरचना व इसका कार्य (Rotor construction and its working): इसमें चालक छड़ों के दो सैट होते है जिन्हें बाहरी व आन्तरिक पिंजरा कहते है जैसा कि Fig 4 में दिखाया गया है। रोटर का बाहरी पिंजरा उच्च प्रतिरोध वाले धातु जैसे पीतल की छड़ से बना होता है यह छड़ें एण्ड रिंग द्वारा लघु पथित रहती है। आन्तरिक पिंजरा निम्न प्रतिरोध वाले चालक जैसे ताम्र की छड़ों द्वारा बना होता है और एण्ड रिंग द्वारा लघुपथित रहता है। बाहरी पिंजरा का प्रतिरोध उच्च व प्रतिघात कम होता है जबकि आन्तरिक पिंजरा का प्रतिरोध कम होता है परन्तु रोटर क्रोड की गहराई में स्थित होने के कारण प्रतिरोध की अपेक्षा प्रतिघात अधिक होता है।

Fig 4



ROTOR OF THE DOUBLE SQUIRREL CAGE MOTOR

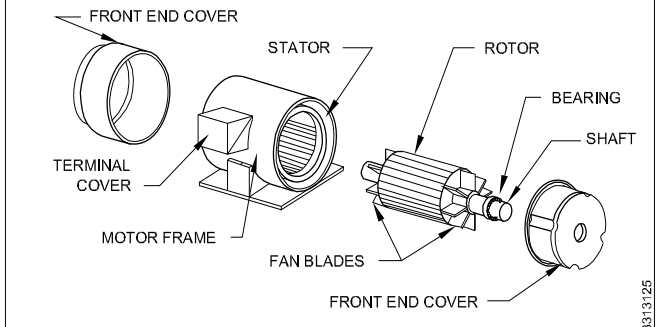
स्टार्टिंग के समय रोटर आवृत्ति स्टेटर आवृत्ति के समान होती है इसलिए आन्तरिक पिंजरा का प्रेरणिक प्रतिघात अधिक होता है जो धारा के प्रवाह में अधिक बाध डालता है। इस प्रकार स्टार्टिंग में आंतरिक केज में बहुत कम करंट प्रवाहित होता है।

स्टार्टिंग के समय रोटर धारा का अधिकतम भाग बाहरी रिंग में से प्रवाहित होता है जिसका शुद्ध प्रतिरोध अधिक होता है। इस उच्च प्रतिरोध के कारण यह उच्च स्टार्टिंग बलघूर्ण उत्पन्न करने में योग्य होता है।

जैसे जैसे रोटर की चाल बढती है रोटर आवृत्ति कम होने लगती है। निम्न आवृत्ति पर आन्तरिक केज का प्रतिघात ($X_L = 2\pi f_r L$) घटने लगता है और इसके द्वारा उत्पन्न की गई कुल बाधा कम होने लगती हैऔर रोटर करंट का अधिकतम भाग अब आन्तरिक पिंजरा मेंसे प्रवाहित होता है जबकि बाहरी पिंजरा का प्रतिरोध अधिक हो जाता है।

इस प्रकार आन्तरिक पिंजरा का निम्न प्रतिरोध होने से यह बलघूर्ण उत्पन्न करने में उत्तरदायी होता है जो कि चाल को बनाये रखने के लिए पर्याप्त होता है। Fig 5 में तीन फेज गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर का विस्तृत खुला रूप दिखाया गया है।

Fig 5



PARTS OF 3 PHASE SQUIRREL CAGE INDUCTION MOTOR

स्लिप व रोटर चाल (Slip and rotor speed): हम पहले ही जान चुके है कि प्रेरण मोटर का रोटर रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में ही घूमता है, परन्तु यह स्टेटर में चुम्बकीय क्षेत्र की चाल के बराबर चाल पर

नहीं चल सकता है। यह केबल स्टेटर के चुम्बकीय क्षेत्र की चाल से कम चाल पर चलता है ताकि रोटर चालक स्टेटर चुम्बकीय क्षेत्र को काट सकें जो इनमे वि० वा० बल उत्पन्न करता है। इससे रोटर धारा प्रवाहित हो सके और रोटर चुम्बकीय क्षेत्र स्थापित होकर टॉर्क उत्पन्न कर सके।

चाल जिस पर रोटर घूमता है रोटर चाल कहलाती है, इस चाल को ही मोटर चाल कहते है। तुल्यकालिक चाल व रोटर की वास्तविक चाल के अन्तर को स्लिप चाल कहते है। स्लिप चाल प्रति मिनट वह चक्र की संख्या होती है जो रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र व रोटर चाल से लगातार पीछे रहती है, के अन्तर के बराबर होती है।

जब स्लिप चाल को तुल्यकालिक चाल की भिन्न के साथ दर्शाया जाता है तो यह भिन्नात्मब स्लिप कहलाती है।

इसलिए, भिन्नात्मक स्लिप S

$$= \frac{N_s - N_r}{N_s}$$

तब प्रतिशत स्लिप (% slip)

$$= \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100$$

जहाँ N_s = तुल्यकालिक चाल जो स्टेटर मे चुम्बकीय क्षेत्र की होती है।

N_r = रोटर की वास्तविक घूर्णमान r.p.m. में अधिकतर गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटरों की स्लिप 2 से 5 पूर्ण लोड क्षमता पर होती है।

उदाहरण

एक प्रेरणमोटर का स्टेटर 6 पोल का है और 50 Hz की प्रदाय आवृत्ति से जुड़ा है, रोटर लोड पर 960 r.p.m. पर चल रहा है तो मोटर की प्रतिशत स्लिप ज्ञात करें।

दिया है:

पोल्स = 6

N_r = रोटर चाल = 960 r.p.m.

F = प्रदाय आवृत्ति = 50 Hz

N_s = तुल्यकालिक चाल

$$= 120\frac{f}{P}$$

$$= \frac{120 \times 50}{6} = 1000 \text{r.p.m.}$$

$$\% \text{ slip} = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100$$

$$= \frac{1000 - 960}{1000} \times 100 = 4\%$$

रोटर में उत्पन्न वोल्टेज व इसकी आवृत्ति (Generated voltage in the rotor and its frequency): जैसे ही रोटर स्टेटर फ्लक्स को काटता है तो रोटर चालकों में वोल्टेज उत्पन्न हो जाता है और उस वोल्टेज को ही रोटर वोल्टेज कहते है। इस रोटर वोल्टेज की आवृत्ति स्टेटर प्रदाय आवृत्ति (f_s) व स्लिप के गुणनफल को रोटर आवृत्ति कहते है।

अतः रोटर वोल्टेज की आवृत्ति

f_r = भिन्नात्मक सरकन x स्टेटर आवृत्ति

$$= \frac{N_s - N_r}{N_s} \times f \text{ (or)}$$

उपरोक्त विवेचन से हमे यह ज्ञात हुआ कि प्रारम्भन के समय रोटर विश्राम अवस्था में होता है और स्लिप इकाई के तुल्य होती है इसलिए रोटर आवृत्ति प्रदाय आवृत्ति के तुल्य होती है। जब मोटर उच्च चाल पर चलने लगती है, स्लिप कम होने लगती है और रोटर आवृत्ति भी कम होती है।

उदाहरण 1

एक 3-फेज प्रेरण मोटर 4 पोल के लिए वाइंडिंग की गई है और 50 Hz सप्लाई से जुड़ा है । ज्ञात करें a) सिंक्रोनस स्पीड, b) जब स्लिप 4 प्रतिशत हो तो रोटर की गति ज्ञात करें और c) रोटर आवृत्ति।

a तुल्यकालिक गति $= N_s = \frac{120f}{P}$

$$= \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ r.p.m.}$$

b रोटर की सिंक्रोनस स्पीड = N_r

प्रतिशत स्लिप $= \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100$

$$N_s - N_r = \frac{N_s \times \text{Percentage slip}}{100}$$

$$N_r = N_s - \frac{N_s \times \%\text{slip}}{100}$$

$$= 1500 - \frac{1500 \times 4}{100}$$

$$= 1440 \text{ r.p.m.}$$

c रोटर आवृत्ति f_r = स्लिप x स्टेटर आवृत्ति

$$= \frac{N_s - N_r}{N_s} \times f$$

$$= \frac{1500 - 1440 \times 50}{1500}$$

$$= \frac{60 \times 50}{1500} = 2 \text{ Hz.}$$

उदाहरण 2

एक 12-pole, 3-फेज आल्टरनेटर 500 r.p.m. पर चल रहा है और एक 8-pole, 3-फेज प्रेरण मोटर को शक्ति प्रदान कर रहा है। यदि मोटर की फुल लोड पर स्लिप 3%, है तो मोटर की फुल लोड चाल ज्ञात करें।

मान लें N_r = मोटर की वास्तविक चाल
प्रदाय आवृत्ति = आल्टरनेटर की आवृत्ति

$$= \frac{12 \times 500}{120} = 50 \text{ Hz.}$$

प्ररेण मोटर की सिंक्रोनस स्पीड N_s

$$= \frac{120 \times 50}{8} = 750 \text{r.p.m.}$$

$$\% \text{ slip } S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 = 3$$

$$= \frac{750 - N_r}{750} \times 100 = 3$$

$$750 - N_r = \frac{3 \times 750}{100} = 22.5$$

$$N_r = 727.5 \text{ r.p.m.}$$

उदाहरण 3

एक 400V, 3-फेज, आठ पोल 50 Hz गिलहरी पिंजरा मोटर की फुल लोड पर रेटेड स्पीड 720 r.p.m.है। ज्ञात करें।

a सिंक्रोनस स्पीड
b रेटेड लोड पर रोटर स्लिप
b रेटेड लोडपर प्रतिशत स्लिप
d स्टार्टिंग के समय क्षाणिक प्रतिशत स्लिप
e रेटेड लोड पर रोटर आवृत्ति
f स्टार्टिंग के समय क्षणिक रोटर आवृत्ति

हल

a सिंक्रोनस स्पीड $N_s = \frac{120 \times f}{p}$

$$= \frac{120 \times 50}{8} = 750 \text{r.p.m.}$$

b रेटेड लोड पर स्लिप = 750 - 720 = 30 r.p.m.

c रेटेड लोड पर प्रतिशत स्लिप = $\frac{30 \times 100}{750} = 4\%$

d स्टार्टिंग के समय क्षणिक चाल शून्य है और इसलिए प्रतिशत स्लिप 100 प्रतिशत होगी।

e रेटेड लोड पर रोटर आवृत्ति f_r

$$= \frac{(f \times \text{percentage slip})}{100}$$

$$= \frac{50 \times 4}{100} = 2 \text{ Hz.}$$

f प्रारम्भन के क्षणों में स्लिप 100 प्रतिशत है। इसलिए इस क्षण में रोटर आवृत्ति स्टेटर आवृत्ति के तुल्य होगी f_r (at starting) = f = 50 Hz.

रोटर ताम्र हानियाँ (Rotor copper loss): रोटर ताम्र हानियाँ वे शक्ति हानियाँ होती है जो रोटर में रोटर करंट व रोटर प्रतिरोधक के कारण होती है। गिलहरी पिंजरा मोटर में रोटर प्रतिरोध हमेशा स्थिर होता है, रोटर करंट स्लिप, परिणमन अनुपात जो स्टेटर व रोटर वोल्टेज का अनुपात होता है और रोटर परिपथ के प्रेरणिक प्रतिघात पर निर्भर करता है।

माना T = मोटर द्वारा विकसित बलघूर्ण्
P_R = रोटर में विकसित हुई शक्ति
P_m = यांत्रिक शक्ति के रूप में परिवर्तित हुई रोटर में शक्ति
n_S = तुल्यकालिक गति r.p.m. में
n_r = रोटर गति in r.p.m. में
तब $P_R = 2\pi n_s T$ watts
$P_m = 2\pi n_r T$ watts.

$P_R - P_m$ के बीच अन्तर को रोटर ताम्र हानि मानें

$P_R - P_m$ = रोटर ताम्र हानियाँ
रोटर कॉपर हानियाँ $= 2\pi T(n_s - n_r)$

$$\frac{\text{Rotor copper loss}}{2\pi T} = (n_s - n_r)$$

$$\frac{\text{Rotor copper loss}}{2\pi n_s T} = \frac{(n_s - n_r)}{n_s}$$

= भिन्नात्मक स्लिप

रोटर ताम्र हानियाँ = भिन्नात्मक स्लिप x रोटर की इनपुट शक्ति
$= S \times 2\pi n_s T.$

बलपूर्ण (Torque): प्रेरण मोटर मे उत्पन्न बलघूर्ण लगभग DC मोटर के समान होती है। DC मोटर में बलघूर्ण प्रति पोल फ्लक्स व आर्मेचर धारा के गुणनफल के समानुपाती होता है। इसी प्रकार प्रेरण मोटर में बलघूर्ण स्टेटर में फ्लक्स प्रति पोल, रोटर धारा और रोटर शक्ति गुणक के भी समानुपाती होता है।

इस प्रकार हमारे पास,
बलघूर्ण समानुपाती = स्टेटर फ्लक्स x रोटार धारा रोटर शक्ति गुणक
माना E_1 प्रदाय वोल्टेज है
Ø स्टेटर फ्लक्स है जो E_1 के समानुपाती है
S भिन्नात्मक सरकन है
R_2 रोटर प्रतिरोध
X_2 प्रारम्भ के समय स्थिर अवस्था में रोटर प्रेरणिक प्रतिघात
SX_2 रोटर प्रेरणिक प्रतिघात भिन्नात्मक सरकन पर S
K परिणमत अनुपात है जो स्टेटर व रोटर के बीच अनुपात है

E_2 रोटर में उत्पन्न वि. वा० बल जो SKE_1 के तुल्य है

I_2 रोटर करंट है

$Cos\theta$ रोटर शक्ति गुणक

Z_2 रोटर प्रतिबाधा है

हम गणितीय विधि से निम्नलिखित अन्तिम परिणाम प्राप्त कर सकते है।

$$T \ \alpha \ \ \varnothing I_2 Cos\theta$$

इस को निम्न सूत्र में रख सकते है।

$$T \alpha \frac{SKE_1^2 R_2}{R_2^2 + S^2 X_2^2}$$

$$T \alpha \frac{\text{Rotor copper loss}}{\text{Fractional slip}}$$

$$\text{Starting torque} \ \alpha \frac{R_2}{R_2^2 + X_2^2} \ \text{as fractional slip S = 1}$$

जहाँ X_2 रोटर काप्रारम्भन के समय स्थिर अवस्था में प्रेरणिक प्रतिघात (Inductive reactance)है।

मोटर बलाघूर्ण की गणना (Motor torque calculation): चूंकि प्रेरण मोटर में स्टेटर फ्लक्स व रोटर में प्रेरित करंट को आसानी से मापा नही जा सकता है , इसलिए बलाघूर्ण समीकरण $T = K \varnothing_s I_R Cos \theta_R$ व्यावहारिक समीकरण नही है जिससे मोटर का बलाघूर्ण ज्ञात किया जा सके। इसके अतिरिक्त पूर्व वर्णित प्रोनी ब्रेक टॉर्क समीकरण का उपयोग किया जा सकता है। इससे मोटर की निर्गत शक्ति व चक्र प्रति मिनट ज्ञात कर सकते है।

$$\text{निर्गत शक्ति वाट में} = \frac{2\pi \text{ x torque x Rev/min}}{60}$$

$$\text{बलघूर्ण (न्यूटन मीटर)} = \frac{(60 \text{ x output watts})}{(2\pi \text{ x Rev/min})}$$

$$= \frac{(9.55 \text{ x output watts})}{(Rev/min)}$$

मोटर की शक्ति को ब्रिटिश हॉर्स पावर (hp) में भी व्यक्त किया जाता है। इस संदर्भ में आउटपुट अश्व शक्ति को वाट में व्यक्त करने के लिए 746 (1 hp = 746w) से गुणा किया जाता है।

जब मोटर शक्ति को मैट्रिक अश्व शक्ति में व्यक्त करना होता है तो वाट में आउटपुट शक्ति को दर्शाये के लिए 735.6 से गुणा किया जाता है। (1 मैट्रिक अश्व शक्ति = 735.6 watts).

उदाहरण

एक 5 hp गिलहरी पिंजरा मोटर 1440 r.p.m. पर घूम रही है, मोटर द्वारा उत्पन्न बलपूर्ण को न्यूटन मीटर में व्यक्त कीजिए।

माना यह मैट्रिक अश्व शक्ति है जिसकी आउटपुट शक्ति वाट में

= hp x 735.5

= 5 x 735.5 = 3677.5 Watts.

$$\text{Torque (Newton metres)} = \frac{(60 \text{ x } 3677.5)}{(2 \text{ x } 3.14 \text{ x } 1440)}$$

= 24.4 Newton metres.

गिलहरी पिंजरा मोटरों का वर्गीकरण (Classification of squirrel cage motors)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **प्रेरण मोटरों के विभिन्न वर्गों जैसे A, B, C, D, E एवं F के छड़ प्रबन्धन को गिलहरी पिंजरा के सन्दर्भ मे व्यक्त करना**
- **विभिन्न प्रकार की गिलहरी पिंजरा मोटरों के स्टार्टिंग टार्क, स्टार्टिंग धारा व स्लिप की तुलना करना।**

तीन-फेस गिलहरी पिंजरा मोटरों को छः प्रकार के A, B, C, D, E और F विद्युत अभिलक्षणों के अनुसार डिजाईन किया जाता है और इसी आधारपर इन मोटरों को प्रमाणीकरण किया जाता है। मानक गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर जिसके रोटर में लघु खांचा होता है, वर्ग A मोटरें कहलाती है। इस कारण वर्ग A मोटरें सामान्य कार्यो में उपयोग की जाती है क्योंकि इन मोटरों का स्टार्टिंग टार्क सामान्य होता है व स्टार्टिंग करंट व स्लिप भी सामान्य होती है।

इन छह में से चार विशेष डिजाईन A से D तक सामान्य गिलहरी पिंजरा मोटरें है ये चार प्रकार के वर्ग ही प्रेरण मशीनों के सभी व्यावहारिक कार्य करने में सक्षम है

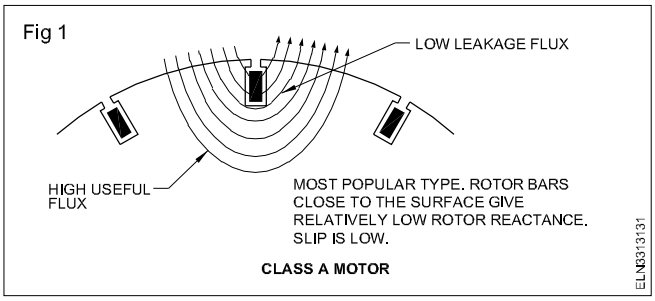
गिलहरी पिंजरा मोटरों के वर्ग

(प्रारम्भन अभिलक्षणों के अनुसार)

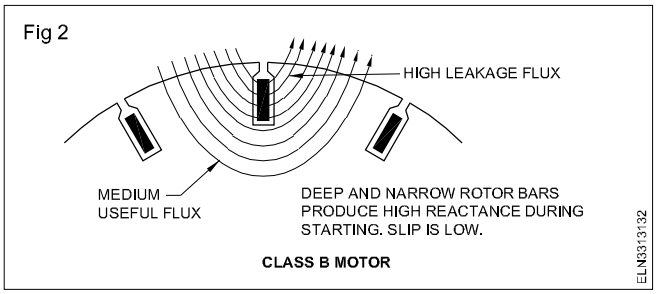
वर्ग	प्रारम्भिक बलघूर्ण	प्रारम्भिक धारा	स्लिप
A	सामान्य	सामान्य	सामान्य
B	सामान्य	निम्न	सामान्य
C	उच्च	निम्न	सामान्य
D	उच्च	निम्न	उच्च
E	निम्न	सामान्य	निम्न
F	निम्न	निम्न	सामान्य

A वर्ग मोटरें (Class A motors): इन मोटरों का वर्गीकरण निम्न रोटर परिपथ प्रतिरोध व प्रतिघात के अनुसार किया गया है। इसकी बन्द रोटर करंट, फुर्ल वोल्टेज पर सामान्यतयाः फुल लोड करंट की छः गुणा होता है,

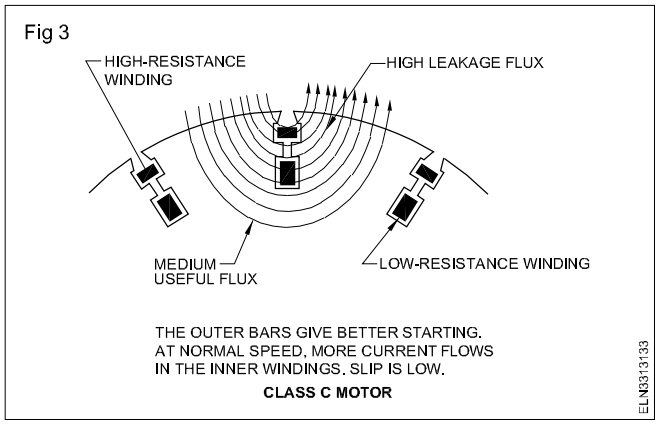
क्योंकि इसकी स्टार्टिंग करंट, निम्न रोटर प्रतिरोध के कारण बहुत अधिक होती है। ये बहुत कम सरकन (s < 0.01) यापूर्ण लोड पर परिचालित होती है जहाँ पर स्टार्टिंग करंट की बहुत कम आवश्यकता होती है ऐसे लोड परिस्थितियों ये मोटरें उपयुक्त रहती है। इस प्रकार की मोटर के रोटर छड़ की संरचना Fig 1 में दर्शायी गई है।



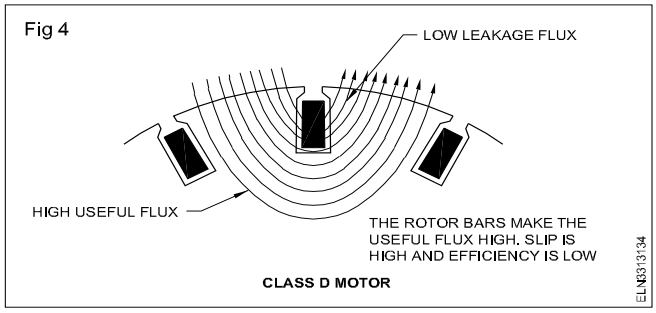
B वर्ग मोटरें (Class B motors): सामान्य कार्यों के लिए उपयोग होने वाली मोटरें होती है जिनका स्टार्टिंग टार्क व स्टार्टिंग करंट भी सामान्य होते है। इन मोटरों का स्पीड रेगुलेशन कम होता है जो कि पूर्ण भार क्षमता पर 5% से भी कम होता है। रेटेड चाल के 15% पर स्टार्टिंग टॉर्क कम होता है जो कम चाल वाली और बड़ी मोटरों का होता है। अतः वास्तविकता यह है कि इन मोटरों की प्रारम्भिक धारा कम होती है जो कि फुल लोड मान की लगभग 600% होती है। (Fig 2) में वर्ग B की मोटर के रोटर छड़ की संरचना दर्शायी गई है।



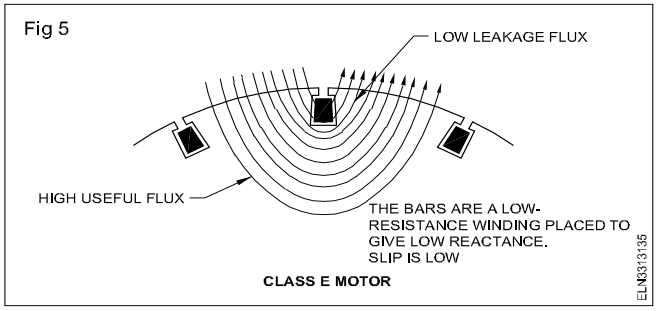
C वर्ग मोटरें (Class C motors): वर्ग B की तुलना में वर्ग C वाली मोटरों का स्टार्टिंग टार्क अधिक होता है, स्टार्टिंग करंट सामान्य होती है और फुल लोड पर 0.05 से भी कम स्लिप पर चलती है। रेटेड चाल पर स्टार्टिंग टार्क लगभग 200% होता है और मोटर को इस प्रकार डिजाईन किया जाता है कि यह फुल लोड पर स्टार्ट हो सकती है। इस वर्ग की मोटरें विशेष तौर पर कनवेयर, रेसीप्रोकेटिंग पम्प (conveyors, reciprocating pumps) व कम्प्रेशर के लिए उपयोग की जाती है। (Fig 3) में वर्ग C मोटर की रोटर छड़ की संरचना दिखाई गई है।



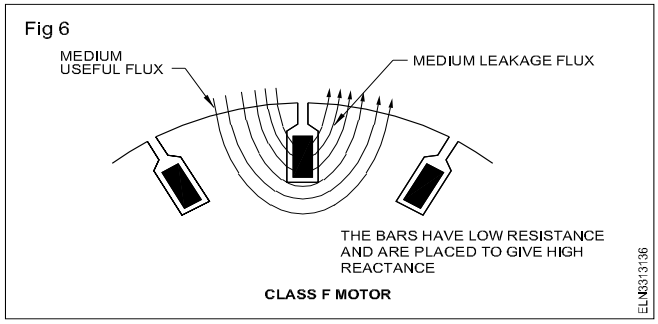
D वर्ग मोटरें (Class D motors): ये विशेषत उच्च स्लिप हाई स्टार्टिंग टार्क व अपेक्षाकृत लो स्टार्टिंग करंट वाली मोटरें होती है। परिणामस्वरूप फुल लोड पर उच्च स्लिप होने से इन मोटरों की दक्षता अन्य वर्ग वाली मोटरों से कम होती है। टार्क, चाल के वक्र के शिखर में इसका स्टार्टिंग टार्क फुल लोड टार्क का 300% होता है। (Fig 4) में वर्ग D मोटरों के रोटर छड़ की संरचना दर्शायी गई है।



E वर्ग मोटर (Class E motor): वर्ग 'E' मोटर के रोटर की संरचना (Fig 5) में दर्शायी गई है जिसका स्टार्टिंग टार्क निम्न व धारा स्लिप भी निम्न होती है।



F वर्ग मोटर (Class F motor): वर्ग 'F' मोटर के रोटर की संरचना (Fig 6) में दिखाई गई है जिसका स्टार्टिंग टार्क प्रारम्भन बलघूर्ण निम्न व करंट व स्लिप सामान्य होती है।



जब मोटर स्थिर अवस्था में होती है तो उस समय रोटर धारा की आवृत्ति, सप्लाई आवृत्ति के समान होती है। परन्तु जब रोटर घूमना शूरू करता है तो रोटर आवृत्ति सोपक्ष गति पर या स्लिप स्पीड पर निर्भर हो जाती है। माना किसी स्लिप स्पीड पर, रोटर करंट f' की आवृत्ति है तब

$$N_s - N = \frac{120f'}{p}$$

$$\text{also, } N_s = \frac{120f}{p}$$

एक को दूसरे से भागने पर,

$$\frac{f'}{f} = \frac{N_s - N}{N_s} = s \quad f' = sf$$

3 फेस प्रेरण मोटर का इन्सुलेशन परीक्षण (Insulation test on 3 phase induction motors)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **तीन फेज प्रेरण मोटरों के इन्सुलेशन प्रतिरोध व कन्टीन्युटी परीक्षण की विधि व आवश्यकता बताना**
- **इन्सुलेशन टेस्ट से पूर्व कन्टीन्युटी टेस्ट की आवश्यकता बताना**
- **तीन फेज प्रेरण मोटर की अर्थिंग व इन्सुलेशन टेस्ट करने के लिए निर्धारित किये गये N.E. कोड और B.I.S. कोड की जानकारी देना।**

प्रायः यह कहा जाता है कि विद्युत एक अच्छा नौकर है परन्तु एक बुरा मालिक है। यह इसलिए कहा जाता है कि विद्युत बहुत उपयोगी है परन्तु इसके कारण दुर्घटनाएँ हो सकती है, यदि कोई लापरवाही करता है तो उसकी मृत्यु भी हो सकती है। बहुत अधिक दुर्घटनायें जो विद्युत मोटरों में होती है वे लीकेज धारा के कारण होती है जो कि मोटर के ंचालक भाग से अचालक भाग की तरफ प्रवाहित होती है। इसका मुख्य कारण इन्सुलेशन का कमजोर होना है, जोकि मोटर के इन्सुलेशन पदार्थ के खराब होने से होता है।

वाइंडिंग तारों के ऊपर उपयोग हुआ इन्सुलेशन पदार्थ व तारों के बीच उपयोग हुआ इन्सुलेशन और पट्टलित क्रोड के खाँचों में उपयोग हुआ इन्सुलेशन पदार्थ निम्नलिखित कारणों से क्षतिग्रस्त हो जाता है।

- वायुमण्डल में नमी होने से (Ex. बन्दरगाह में विद्युत मशीनें)
- रसायन व उनकी भाप का वातावरण में उपलब्ध होने से (उदाहरण रासायनिक संयत्र में विद्युत मशीनें)
- वातावरण में उच्च तापमान (उदाहरण इस्पात रोलिंग मील में विद्युत मशीनें)
- मशीन के स्वयं के कार्य के कारण उच्च तापमान उत्पन्न करना (उदाहरण पहाडों पर विद्युत मशीनें जहाँ पतली हवा के कारण शीतलन करना कठिन होता है।)
- वाइंडिंग व केबलों पर धूल, गन्दगी व तेल के कण जमा हो जाना (उदाहरण सीमेन्ट प्लान्ट, तेल मील व रासायनिक प्लान्ट आदि)
- मशीनें पुरानी होने पर।

जब इन्सुलेशन का क्षय होता है, तो इन्सुलेशन प्रतिरोध का मान घट जाता है और विद्युत मशीन में धारा फ्रेम की ओर लिकेज होने लगता है। यदि मशीन को उचित विधि से अर्थ न किया गया हो, तो लिकेज करंट फ्रेम पर खतरनाक विभव विकसित कर लेता है। यदि कोई फ्रेम के सम्पर्क में आता है, तो उसे खतरनाक घातक आघात लग सकता है। ये लिकेज करंट मापन उपयन्त्रों में भी अशुद्ध पाठ्यांक उत्पन्न कर देते हैं और अन्य पाठ्यांक उत्पन्न कर देते है और अन्य विद्युत उपकरणों की कार्य प्रणाली पर भी प्रभाव डालते है। इसलिए राष्ट्रीय विद्युत कोड ने कुछ न्यूनतम आवश्यक मानक निर्धारित किये हैं जो इन्सुलेशन रजिस्टेस के मानक को निर्धारित करते है।

विद्युत मोटर के इन्सुलेशन प्रतिरोध के परीक्षण की विधि और राष्ट्रीय विद्युत कोड द्वारा निर्धारित प्रतिरोध का मान (Method of testing insulation resistance of the electrical motor and the recommended value of the resistance as per National Electrical Code): विद्युत मोटर के परिचालन में लेने से पूर्व इसके इन्सुलेशन प्रतिरोध का परीक्षण करना अनिवार्य है, इससे यह सुनिश्चित हो जाता है, कि मोटर के धारा वाहन करने वाले भाग व मोटर के धारा वहन से विहिन धातु भागों के बीच कोई लिकेज नही है। उपरोक्त वर्णन किये गये कारणों के कारण परिचालन के दौरान इन्सुलेशन प्रतिरोध नष्ट हो सकता है, इसलिए यह आवश्यक हो जाता है कि कुछ अन्तराल के साथ इन्सुलेशन प्रतिरोध का परीक्षण किया जाये। कोई भी मोटर जो परिचालन में हो उसका माह में एक बार निवारक अनुरक्षण हो जाना चाहिए। इन्सुलेशन प्रतिरोध के ये मान अनुरक्षण कार्ड में लिखे जाने चाहिए और जब भी ये मान स्वीकार्य माने से कम हो तो मोटर वाइंडिंग को सुखा कर वार्निश करना चाहिए जिससे मोटर की स्थिति में सुधार हों।

स्थिति और स्वीकार्य परीक्षण परिणाम (Condition and acceptable test results): NE कोड के अनुसार प्रत्येक फेज वाइंडिंग व फ्रेम के बीच व फेज वाइंडिंग से फेज वाइंडिंग के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध को मापा जाना चाहिए। इस कार्य के लिए 500V या 1000V क्षमता के मेगा ओह्म मीटर उपयोग करना चाहिए। परीक्षण के समय स्टार बिन्दु को खोल देना चाहिए।

कमजोर इन्सुलेशन के कारण दुर्घटना को रोकने के लिए सर्वप्रथम मशीन के सुचालक भाग व फ्रेम के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध का मान चाहिए और थम्ब नियम के अनुसार मापी गया मान एक मेगा ओह्म से कम नहीं होना चाहिए। अधिक शुद्धता के लिए मोटर की शक्ति व वोल्टेज क्षमता के आधार पर राष्ट्रीय विद्युत कोड के अनुसार

$$\text{इन्सुलेशन प्रतिरोध } R_i = \frac{20 \times E}{1000 + 2P}$$

यहाँ पर

R_1 25°C पर इन्सुलेशन प्रतिरोध का मान मेगा ओह्म में
E_n फेज से फेज के बीच वोल्टेज
P मोटर की KW में रेटेड शक्ति

यदि प्रतिरोध का मापन 25°C से अन्य तापमान पर किया गया तो उसे 25°C के अनुसार सही कर लेना चाहिए।

इन्सुलेशन प्रतिरोध मापन के लिए सामान्य निर्देश (General instruction for the measurement of insulation resistance): किसी विद्युत मोटर का इन्सुलेशन प्रतिरोध तापमान व नमी के कारण अधिक (10 से 100 मेगाओह्म के बीच की) परास में होना चाहिए। परन्तु यह तापमान व नमी के कारण अधिक प्रभावित होता है अतः एक निश्चित मान बताना कठिन है। यदि किसी मोटर का तापमान बढता है, तो इन्सुलेशन प्रतिरोध तेजी से घटता है । कई बार यह स्वीकार्य मान से भी कम हो जाता है। यदि इस विषय में कोई शंका पैदा हो जाये तो मोटर वाइंडिंग से सुखाना चाहिए। उपरोक्त दी गई समीकरण द्वारा इन्सुलेशन प्रतिरोध का मानक मान की गणना की जा सकती है। किसी भी अवस्था में इसका मान एक मेगा ओह्म से कम स्वीकार्य नहीं होना चाहिए।

दुसरी स्थिति में, जब किसी दुर्घटनावश धारावाही भाग से धारा विहीन धातु के भाग की ओर करंट प्रवाहित होता है उस समय अर्थिंग प्रणाली ऐसी होनी चाहिए जो दोषपूर्ण करंट को भूमि की ओर प्रवाहित करने में कम से कम प्रतिबाधा उत्पन्न करें। इसलिए सुरक्षा युक्तियों जैसे फ्युज, परिपथ वियोजक, अर्थलिकेज सर्किट ब्रेकर और अर्थ फाल्ट रिले का उपयोग किया जाता है जिनका कार्य यह है कि ये दोषित मोटर प्रतिरोध को supply से अलग कर देती है।

इस प्रकार यह तब तक सम्भव नहीं होगा कि जब तक भू प्रणाली की प्रतिबाधा न्युनतम न हो। यह निम्नलिखित उपयोगो से प्राप्त किया जा सकता है।

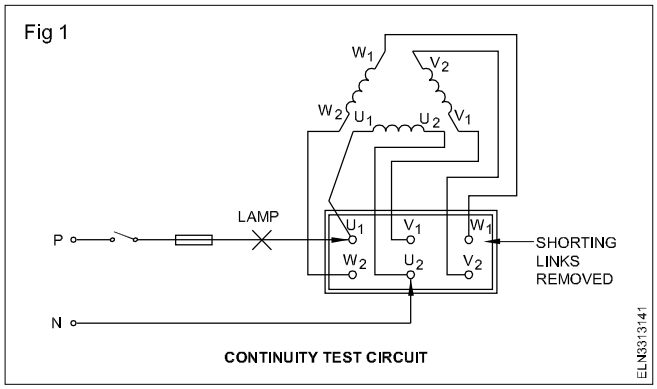
- मोटर फ्रेम व अर्थ इलेक्ट्रोड के बीच अर्थ कन्टीन्युटी चालक का प्रतिरोध कम रख कर।
- जंग रहित धातु भागों को उपलब्ध करा कर जैसे अर्थ कन्टीन्युटी चालक (ECC) के साथ लग को जोड़ने के लिए बोल्ट व नट का उपयोग फ्रेम के साथ जोड़ने के लिए किया जाता है ये नट व बोल्ट गेल्वेनाइज्ड होने चाहिए।
- अर्थ इलेक्ट्रोड प्रतिरोध को यथा-सम्भव न्यूनतम रखना चाहिए ताकि यह लिकेज प्रवाहित होने पर किसी एक सुरक्षात्मक प्रणाली इकाई को परिचालित कर मोटर को सप्लाई से अलग कर सके।

इन्सुलेशन परीक्षण से पूर्व कन्टीन्युटी परीक्षण की आवश्यकता (Necessity of continuity test before insulation test): जब वाइंडिंग व फ्रेम के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध का परीक्षण किया जाता है, तो व्यावहारिक रूप में मैगर की एक प्रोड को फ्रेम के साथ व दूसरी प्रोड वाइंडिंग के किसी एक सिरे के साथ जोडी जाती है। इसी प्रकार जो वाइंडिंग से वाइंडिंग के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध का परीक्षण किया जाता है तो मैगर की एक प्रोड, एक वाइंडिंग के सिरे के साथ मैगर की दूसरी प्रोड दूसरी वाइंडिंग के एक सिरे के साथ जोडी जाती है। इन सभी अवस्थाओं में यह माना जाता है कि वाइंडिंग की अवस्था सही है और एक वाइंडिंग के दो सिरों के बीच कन्टीन्यूटी प्राप्त होती है। यह भी सम्भव है कि वाइंडिंग कही बीच में टूट गई है और वाइंडिंग के किसी भाग का प्रतिरोध अधिक है जबकि दूसरा भाग अर्थ हो गया है। अतः इन्सुलेशन प्रतिरोध परीक्षण की विश्वसनीयता बनाये रखने के लिए यह निर्धारित किया गया है कि इन्सुंलेशन प्रतिरोध परीक्षण से पहले मोटर वाइंडिंग कीको कन्टीन्युटी परीक्षण किया जाये। जिससे यह सुनिश्चित हो जाये कि वाइंडिंग अच्छी हालत में है और पूरी वाइंडिंग का इन्सुलेशन भी सही है।

कन्टीन्युटी परीक्षण (Continuity test): वाइंडिंग की कन्टीन्युटी परीक्षण के लिए टेस्ट लैम्प का उपयोग Fig 1 के अनुसार किया जाता है। सर्वप्रथम टर्मिनल के लिंक खोल देने चाहिए।

टेस्ट लैम्प को फ्युज और एक स्विच के साथ फेज तार के श्रेणी में जोड़ना चाहिए और दूसरा सिरा Fig 1 के अनुसार टर्मिनल U_1 से जोडें। सप्लाई का न्यूट्रल तार दूसरी टर्मिनल के साथ एक के बाद एक करके जोडें। जिस टर्मिनल को जोडने के साथ लैम्प प्रकाशित हो जाये वह टर्मिनल U_2 होगा जैसा कि Fig 1 में दर्शाया गया है। इसी प्रकार अन्य वाइंडिंग के जोडा भी ज्ञात किया जाता है। लैम्प का प्रकाशित होना दो टर्मिनलों के बीच वाइंडिंग की कॉन्टीन्युटी को बताता है। यदि दो टर्मिनलों से अधिक टर्मिनलों के बीच लैम्प तेज प्रकाशित होता है तो यह माना जायेगा कि वाइंडिंग के बीच लघुपथ है।

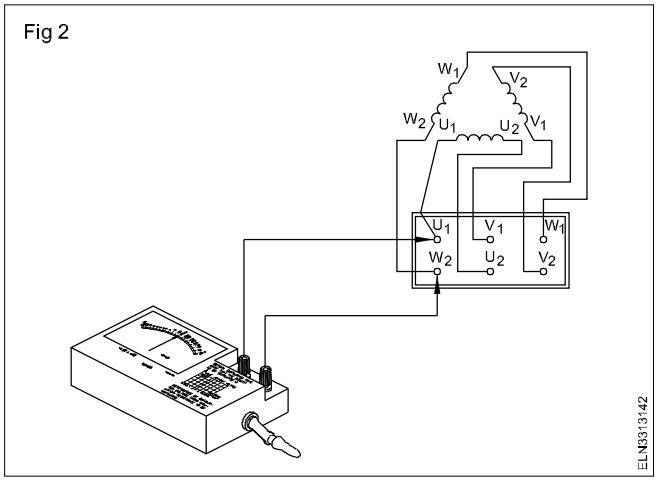
Fig 1



लैम्प कन्टीन्युटी परीक्षण की सीमायें (Limitations of lamp continuity test): इस परीक्षण से केवल कन्टीन्युटी का ज्ञान होता है परन्तु एक ही वाइंडिंग के टर्नों के बीच लघुपथ होने से ज्ञान नही हो पाता। इसके लिए ओह्म मीटर परीक्षण अधिक अच्छा होगा, जिसमें निम्न प्रतिरोध रेंज होती है जो अधिक शुद्धता के साथ, वाइंडिंग का प्रतिरोध माप सकता है। तीन फेज प्रेरण मोटर में तीनों वाइंडिंग का प्रतिरोध समान होना चाहिए जो थोड़ा बहुत कम अधिक हो सकता है यदि केवल एक वाइंडिंग का प्रतिरोध कम हो तो यह दर्शाता है कि वाइंडिंग में लघुपथित है।

वाइंडिंगों के बीच इन्सुलेशन परीक्षण (Insulation test between windings): जैसा कि Fig 2 में दिखाया गया है कि मैगर का एक टर्मिनल किसी भी वाइंडिंग के एक टर्मिनल के साथ जोड़ा गया है जैसे Fig 2 में U_1 के साथ और मैगर का दूसरा टर्मिनल किसी अन्य वाइंडिंग के एक सिरे से जोकि Fig 2 में W_2 जोड़ा गया है।

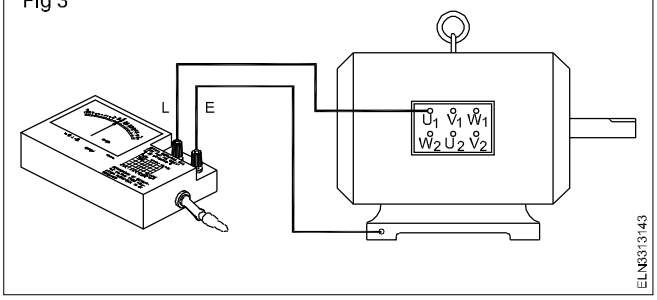
Fig 2



जब मैगर हैंडल कोनिर्धारित गति पर घुमाया जाता है, तो मैगर का पाठ्यांक एक मेगा ओह्म से अधिक होना चाहिए। एक मेगा ओह्म से कम पाठयांक वाइंडिंग के बीच कमजोर इन्सुलेशन दर्शाता है जिसे सुधार करने की आवश्यकता होती है। इसी प्रकार अन्य वाइंडिंगों के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध मापा जाता है।

वाइंडिग व फ्रेम के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध (Insulation resistance between windings and frame): जैसा कि Fig 3 में दर्शाया गया है कि मैगर का एक टर्मिनल वाइंडिंग के एक फेज के साथ जोड़ा गया है और मैगर का दूसरा टर्मिनल फ्रेम के अर्थिंग टर्मिनल के साथ जोड़ा गया है। जब मैगर हैण्डल को निर्धारित गति से घूमाया जाता है, तो प्राप्त पाठ्यांक

Fig 3



एक मेगा ओह्म से अधिक होना चाहिए। एक मेगा ओह्म से कम पाठयांक वाइंडिंग व फ्रेम के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध को कमजोर बताता है। इस अवस्था में वाइंडिंग इंसुलेशन बढाया जा सकता है।

इसी प्रकार अन्य वाइंडिंग के साथ परीक्षण पुरा करें।

फ्रेम को अर्थ करने की आवश्यकता (Necessity of frame earthing:) विद्युत उपकरण व मशीन के फ्रेम को इसलिए अर्थ करना चाहिए:

- अर्थिंग प्रणाली व्यक्तियों व उपरकणों को अर्थ दोष होने पर सुरक्षा प्रदान करती है।
- फ्रेम को अर्थिंग करने का उद्देश्य यह है कि यह यथा सम्भव मोटर के नीचे या चारों तरफ एक ऐसा सतह प्रदान करता है जिसका विभव एक समान होता है, जो शून्य के लगभग होता है या यथा सम्भव परम अर्थ विभव प्रदान करता है।

I.E. नियमों के अनुसार सुरक्षा कारणों से मोटर का फ्रेम दो विभिन्न अर्थ कनेक्शन से जुडा होना चाहिए जो दो अर्थ इलैक्ट्रोड से जुडे हो। ये संयोजन उचित साईज के अर्थ कॉन्टीन्युटी चालक से जुड़ें होने चाहिए। (यदि विशेष रूप न दर्शाया गया हो तो अर्थ इलैक्ट्रोड का प्रतिरोध 5 ओह्म व अर्थ कॉन्टीन्यूटी चालक का प्रतिरोध एक ओह्म होना चाहिए) अतः अर्थिंग प्रणाली का प्रतिरोध पर्याप्त रूप से न्यून होना चाहिए ताकि मोटर सर्किट की सुरक्षा प्रणाली परिचालित होकर अर्थ फाल्ट की दशा में मोटर को प्रदाय से अलग कर सके।

3-फेज प्रेरण मोटर के स्टार्टर - पावर कन्ट्रोल सर्किट - D.O.L स्टार्टर (Starter for 3-phase induction motor - Power control circuits - D.O.L starter)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **3-फेज प्रेरण मोटर के लिए स्टार्टर की आवश्यकता और स्टार्टरों के नाम बताना**
- **सिंगल पुश बटन स्टेशन स्टार्ट व स्टॉप करने के लिए मूलभूत कान्टैक्टर सर्किट को स्पष्ट करना**
- **ओवरलोड रिले के कार्य की व्याख्या और ओवरलोड रिले के प्रकार का वर्णन करना**
- **नो-वोल्ट क्वाइल के प्रकार्य उसका निर्धारित वोल्टेज, परिचालन अवस्था, इसके सामान्य खराबियाँ, उनके कारण व उपाय को स्पष्ट करना।**

स्टार्टर की आवश्यकता (Necessity of starter): एक गिलहरी प्रेरण मोटर स्टार्टिंग से पूर्व एक लघु परिपथ द्वितीयक वाइंडिंग वाले पोलीफेज ट्रांसफार्मर की तरह की जाती है। यदि स्थिर मोटर को सामान्य वोल्टेज दिये जाये तो ट्रांसफार्मर की तरह प्रारंम्भिक करंट बहुत अधिक प्रवाहित होगा जो कि सामान्य लोड करंट से 5 से 6 गुणा तक होता है जो कि मुख्य सप्लाई से लेगी। यह प्रारम्भिक अत्यधिक धारा आपत्तिजनक है, क्योंकि यह लाइन में अधिक वोल्टेज ड्राप करा देती है, जिसके कारण अन्य विद्युत उपकरणों व उसी लाइन सेजुड़े प्रकाश परिपथ के परिचालन पर प्रभाव पड़ता है।

स्टार्टिंग के समय स्टेटर वाइंडिंग को दी जाने वाली वोल्टेज को कम करके इस अत्यधिक प्रारम्भिक धारा को नियंत्रित किया जा सकता है, और जब मोटर अपनी पूर्ण गति के लगभग प्राप्त कर लेती है तब सामान्य फुल वोल्टेज स्टेटर वाइंडिंग को प्रदान किये जाते है। तीन अश्व शक्ति 3 Hp तक की छोटी क्षमता की मोटरों को प्रारम्भ में सामान्य फुल वोल्टेज दिये जा सकते है। इसलिए मोटर को स्टार्ट व स्टॉप करने के लिए और मोटर को ओवर लोड करंट व कम वोल्टेज से सुरक्षा प्रदान करने के लिए मोटर सर्किट मे स्टार्टर की आवश्यकता पड़ती है । इसके अतिरिक्त स्टार्टिंग के समय स्टार्टर, सप्लाई (supply) वोल्टेज को भी कम कर सकता है।

स्टार्टरों के प्रकार (Types of starters) : गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटरों को स्टार्ट करने के लिए निम्नलिखित विभिन्न प्रकार के स्टार्टर उपयोग किये जाते है।

- डायरेक्ट ऑन-लाइन स्टार्टर (Direct on-line starter)
- स्टार डेल्टा स्टार्टर (Star-delta starter)
- स्टेप डाऊन ट्रांसफार्मर स्टार्टर (Step-down transformer starter)
- ऑटों ट्रांसफार्मर स्टार्टर (Auto-transformer starter)

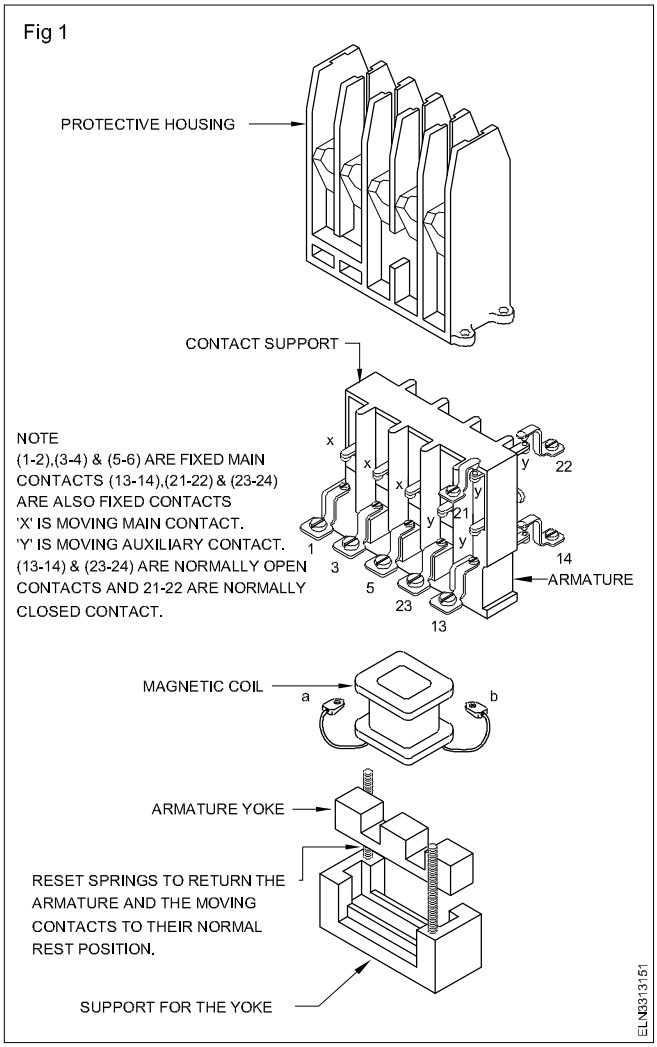
उपरोक्त स्टार्टरों में dol स्टार्टर के अतिरिक्त स्टार्टिंग के समय गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर के स्टेटर वाइंडिंग को कम की हुई वोल्टेज दी जाती है और जब मोटर पूर्ण गति प्राप्त कर लेती है, तो सामान्य पूर्ण वोल्टेज दे दी जाती है।

स्टार्टर का चयन (Selection of starter): जब प्रारम्भिक उपकरण का चयन किया जाता है तो कई तथ्यों पर विचार किया जाता है । इन तथ्यों में स्टार्टिंग करंट, फुल लोड करंट, मोटर की निर्धारित वोल्टेज, वोल्टेज ड्राप, परिचालन अवधि, लोड का प्रकार, मोटर की सुरक्षा व परिचालक की सुरक्षा सम्मिलित है।

कॉन्टैक्टर (Contactors): सभी स्टार्टरों में कॉन्टैक्टर मुख्य भाग होता है। कॉन्टैक्टर को इस प्रकार परिभाषित किया जाता है कि यह एक ऐसी स्विचिंग डिवाईस है जो लोड परिपथ को जोड़ सकती है, वहन करती है और प्रति घण्टा में 60 या अधिक बार की आवृत्ति के साथ सर्किट को तोड़ सकती है। इसे हाथ से (यान्त्रिक रूप से) विद्युत चुम्बकत्व, वायु या विद्युत वायु रिले (electro-pneumatic relays) द्वारा परिचालित किया जा सकता है।

कान्टैक्टर जैसा कि Fig 1 में दर्शाया गया है, में मैन कांटेक्टर, एक्पीलरी कांटेक्ट व नो वोल्ट क्वाइल है। Fig 1 के अनुसार यहाँ नार्मली open के तीन सैट है जिनमें 1 और 2, 3 और 4, 5 और 6, मैन कांटेक्टर है और दो सैट नार्मली open के एग्लीलरी करंट है जो 23 और 24, 13 और 14, और एक सैट नारमली क्लोज्ड का एग्लीलरी सम्पर्क हैं, जो 21 और 22 टर्मिनल की बीच बनता है। एग्लीलरी सम्पर्क मुख्य सम्पर्कों की अपेक्षा कम करंट वहन कर सकते है। सामान्य कॉन्टैक्टरों में पुश बटन स्टेशन व ओवर लोड रिले नहीं होते जो मुख्य भाग है परन्तु ये अतिरिक्त सामग्री के रूप में कान्टैक्टरों के साथ उपयोग होकर एक स्टार्टर का कार्य करते है।

Fig 1



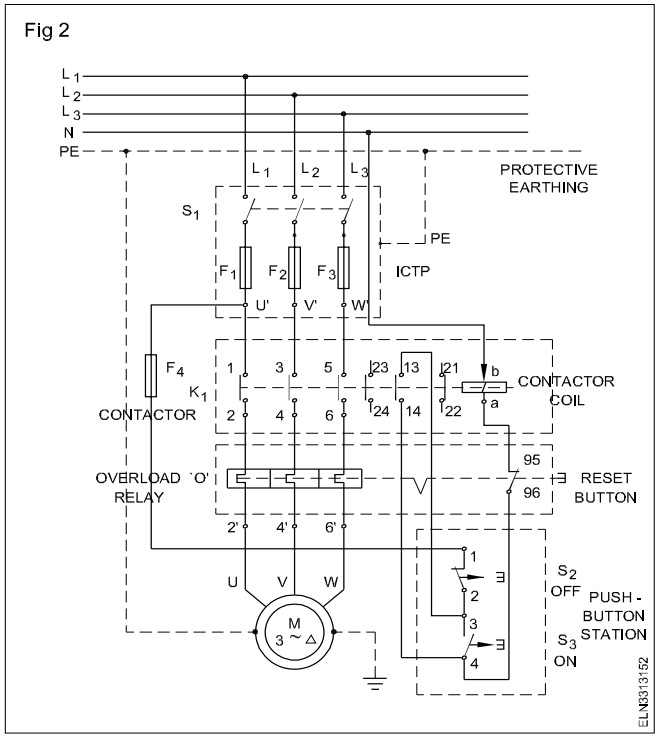
एक चुम्बकीय कान्टैक्टर के मुख्य भाग Fig 1 में दिखाये गये है। Fig 2 कान्टैक्टर का schematic डायग्राम दिखा रहा है जिसमें यह फ्युज स्विच (ICTP) पुश बटन, स्टेशन और ओवरलोड रिले के साथ है जो गिलहरी पिंजरा मोटर को मुख्य सप्लाई के साथ सीधा प्रारम्भ (start) करने के लिए जोड़ता है । इसी प्रकार DOL स्टार्टर में कान्टैक्टर, ओवर लोड रिले व पुश बटन स्टेशन एक ही आवरण में स्थिर होते है।

कार्य वर्णन (Functional description)

पावर परिपथ (Power circuit): जैसा कि Fig 2 में दिखाया गया है कि जब मुख्य ICTP स्विच को ऑन किया जाता है तो कान्टेक्टर K_1 परिचालित हो जाता है। मोटर की सभी तीनों वाइंडिंग U V & W मुख्य स्विच ICTP के माध्यम से सप्लाई टर्मिनल R Y B व कान्टैक्टर व ओवर लोड रिले के साथ जुड जाती है।

मोटर की ओवरलोड होने पर ओवर लोड करंट रिले (द्विधातु रिले) सुरक्षा प्रदान करती है, जबकि फ्युज F1/F2/F3 फेज से फ्रेम के बीच होने वाले लघू परिपथ दोष से मोटर परिपथ की सुरक्षा प्रदान करते है।

Fig 2

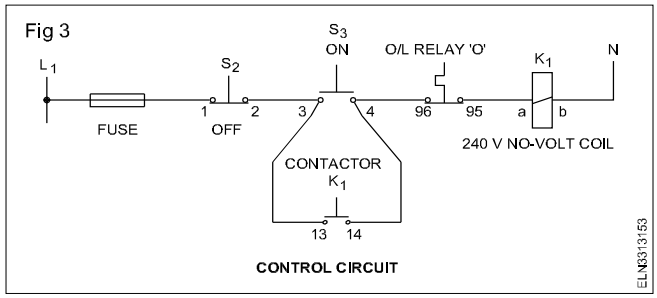


नियंत्रण परिपथ (Control circuits)

एक स्थान से परिचालित पुश बटन क्रिया (Push-button actuation from one operating location): जैसा कि Fig 2 मे स्टार्टर का सम्पूर्ण परिपथ दिखाया गया है, और Fig 3 में कन्ट्रोल परिपथ दिखाया गया है। जब ऑन पुशन बटन S_3 को दबाया जाता है तो कन्ट्रोल परिपथ क्लोज्ड हो जाता है, कान्टैक्टर क्वाईल उर्जित हो जाती है और कान्टैक्टर K_1 क्लोज हो जाता है। एक नार्मली ओपन एग्लीलरी सम्पर्क13,14 भी K_1 के साथ साथ क्रियाशील हो जाता है। यदि यह नारमली ओपन सम्पर्क स्विच S_3 के समान्तर जोड दिया जाता है, तो यह सेल्फ होल्डिंग एग्लीलरी सम्पर्क कहलाता है।

S_3 से जब दबाव हटाया जाता है, तब करंट सेल्फ होल्डिंग सम्पर्क 13,14, के माध्यम से प्रवाहित होता है और कॉन्टैक्टर लगातार क्लोज्ड रहता है। कॉन्टैक्टर को खोलने के लिए स्विच S_2 को दबाया जाता है। यदि स्विच S_3 और S_2 को एक साथ दबाया जाये तो कॉन्टैक्टर अप्रभावित रहेगा।

Fig 3

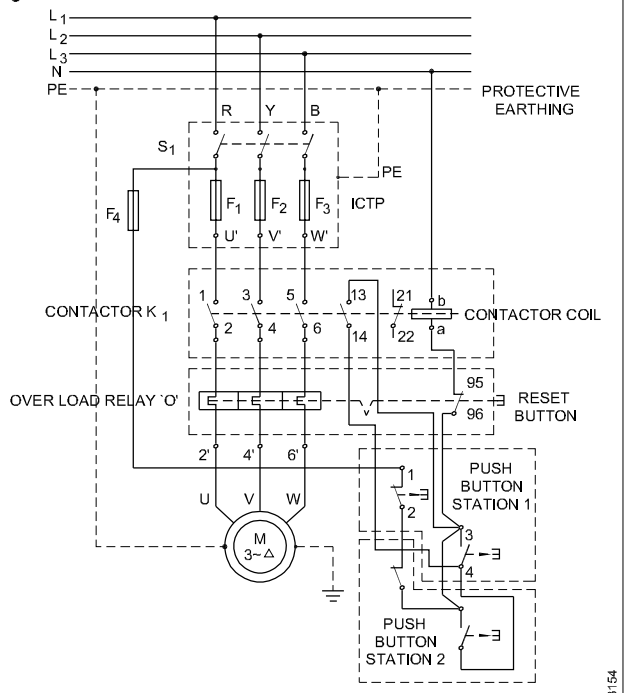


जब पावर सर्किट में ओवर लोड हो जाता है तो नारमली क्लोज्ड कॉन्टैक्ट 95 और 96 जो ओवर लोड रिले `O' के कॉन्टैक्ट है, खुल जोते है ओर ये कन्ट्रोल सर्किट को स्विच ऑफ कर देते है। इस प्रकार K_1 मोटर सर्किट को स्विच ऑफ कर देता है।

एक बार ओवर लोड रिले `O' के क्रियाशील होने पर जब कॉन्टैक्ट 95 व 96 के बीच खुला परिपथ हो जाये तो ये कॉन्टैक्ट खुले ही रहेंगे और ऑन बटन S_3 कोदबाने से मोटर पुनः स्टार्ट नही होगी। अब रिसैट बटन को दबाने से नारमली क्लोज्ड अवस्था पुनः प्राप्त की जा सकती है। कुछ विशेष स्टार्टरों में ऑफ बटन को दबाने सेभी रिसैट किया जा सकता है क्योंकि यह बटन ओवरलोड रिले की लाईन में जुडा होता है।

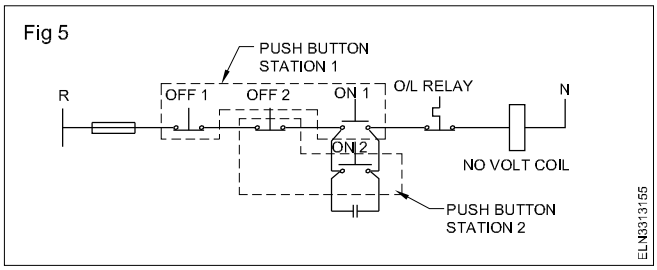
दों स्थानों से परिचालित पुश बटन क्रिया (Push-button actuation from two operating locations): यदि किसी कॉन्टैक्टर को दो स्थानों से ऑन या ऑफ करने की आवश्यकता हो, तो इसके लिए दोनों स्थानों के ऑफ पुश बटन श्रेणी में जोडे जाते है और ऑन पुश बटन समानांतर में जिनका सम्पूर्ण आरेख Fig 4 में व नियन्त्रण आरेख Fig 5 में दिखाया गया है।

Fig 4



COMPLETE CIRCUIT DIAGRAM OF THE CONTACTOR AND THE 3 PHASE SQUIRREL CAGE INDUCTION MOTOR

Fig 5



यदि दो ऑन पुश बटन में से किसी एक को क्रियाशील किया जाये तो K_1 ऊर्जित हो जाता है और नारमली ओपन कान्टैक्ट 13 व 14 की सहायता से क्लोज्ड हो कर होल्ड रहता है यदि दो ऑफ पुश बटन में से किसी एक को दबाया जाता है, तो कॉन्टैक्टर खुल जाता है।

ओवर लोड रिले का प्रयोजन (Purpose of overload relays): बार बार क्षणिक उच्च धारा से बचाव के लिए लम्बे समय तक सामान्य ओवर लोड से बचाव के लिए व सिंगल फेजिंग के कारण दो फेजों में अत्यधिक धारा से बचाव के लिए ओवर लोड रिले का उपयोग किया जाता है। इन रिले में ऐसा गुण होता है कि यदि पूर्ण लोड करंट से मोटर 500 प्रतिशत अधिक करंट लेती है तो यह 10 सेकिण्ड में कॉन्टैक्ट परिपथ को खोल देती है। यदि मोटर फुल लोड करंट से 150 प्रतिशत अधिक करंट लेती है तो यह 4 मिनट में कॉन्टैक्ट परिपथ को खोलती है।

ओवर लोड रिले के प्रकार (Types of overload relay)

ओवरलोड रिले के निम्नलिखित दो प्रकार की होती है। वे है:

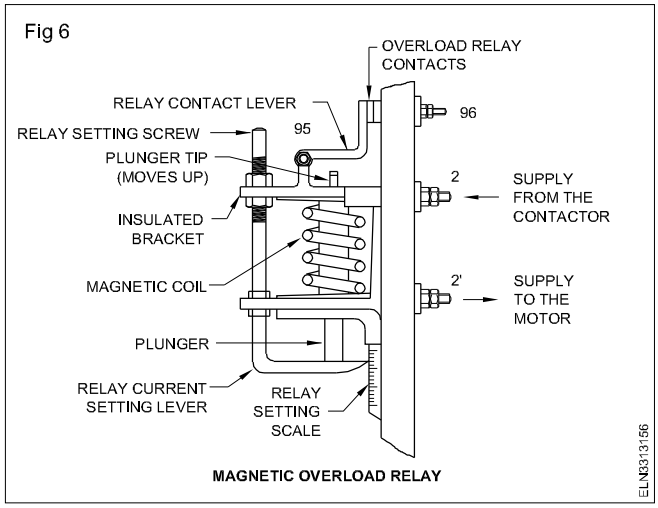
- चुम्बकीय ओवर लोड रिले (magnetic overload relay)
- ऊष्मीय द्विधातु ओवरलोड रिले। (thermal (bimetallic) overload relay)

चुम्बकीय रिले में सामान्यतया तीन कुण्डलियाँ और द्विधातु रिले में हीटर क्वाइल के तीन सेट होते है। इस प्रकार सिंगल फेजिंग होने पर दो कुण्डलियाँ परिचालित होकर मोटर को जलने से बचा लेती है।

चुम्बकीय ओवर लोड रिले (Magnetic overload relay): जैसा कि Fig 2 में दिखाया गया है चुम्बकीय ओवरलोड रिले क्वाइल मोटर परिपथ के श्रेणी क्रम में जोडी गई है। मोटर करंट को वहन करने के लिए चुम्बकीय रिले की क्वाइल को मोटे तार से कुण्डलित किया जाता है। चूंकि ये रिले करंट की तीव्रता से परिचालित होती है न कि ऊष्मा से इसलिए ये द्विधातु रिले की अपेक्षा शीघ्र परिचालित होती है।

जैसा कि Fig 6 में दिखाया गया है चुम्बकीय कुण्डली टर्मिनल 2 व 2' के द्वारा मोटर करंट वहन करती है जो कि पावर सर्किट के श्रेणी क्रम में जुड़े है। रिले संपर्क 95 व 96, कन्ट्रोल परिपथ के श्रेणी में जुडे है। जब मोटर करंट नियत मान से अधिक होता है, जैसा कि रिले की सेट स्केल पर सेट होता है, ये अधिक करंट जैसे ही पावर सर्किट में से प्रवाहित होता है तो रिले की क्वाइल द्वारा चुम्बकीय फ्लक्स उत्पन्न होता है जो प्लंजर को ऊपर की ओर उठाता है। प्लंजर के ऊपर उठने पर प्लंजर ट्रिप रिले के सम्पर्क लीवर को पुश करती है और फलस्वरूप टर्मिनल 95 व 96 खुल जाते है। इससे नो वोल्ट क्वाईल सर्किट टूट जाता है और कॉन्टैक्ट मोटर के पावर सर्किट को खोल देता है। टर्मिनल 95 व 96 के बीच रिले कॉन्टैक्ट तब तक खुले रहते हैं, जब तक कि रि-सैट बटन को न दबाया जाये। यह रिसेट बटन fig में नही दिखाया गया है।

Fig 6



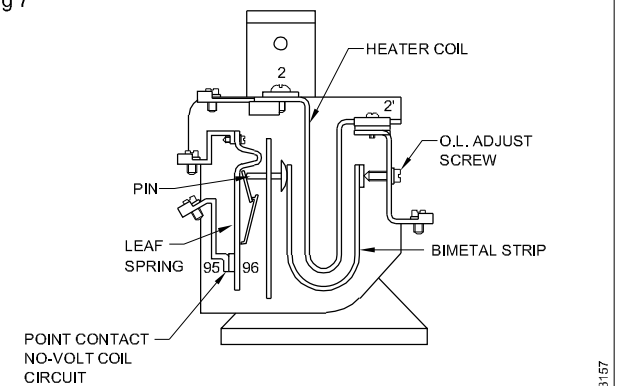
MAGNETIC OVERLOAD RELAY

द्विधातु ओवर लोड रिले (Bimetallic overload relays): अधिकतर द्विधातु रिले हीटर इकाई की सामान्य क्षमता की 85 से 115 प्रतिशत पर समायोजित की जाती है। रिले का यह प्रकार वहाँ उपयोगी है, जहाँ पर निर्धारित हीटर का आकार ऐसा है कि जो अनावश्यक ट्रिपिंग करता है और यह तब तक ट्रिपिंग करता है जब तक कि अगला बडा साईज की रिले उपयोग न की जाये। वातावरण का तापमान ऊष्मीय परिचालित ओवरलोड रिले को प्रभावित करता है।

द्विधातु रिले द्वारा कन्ट्रोल सर्किट को ट्रिप करना इस बात से सम्भव होता है कि जब दो विभिन्न धातु को एक साथ पिघला कर एक बनाया जाता है, गर्म करने पर ऊष्मा प्रसार अलग अलग होने से द्विधातु पत्ती में विस्थापन हो जाता है। Fig 7 में दिखाया गया है कि इसमें एक U-आकार वाली द्विधातु पत्ती उपयोग हुई है। U-आकार के कक्ष के मध्य में एक U आकार पत्ती व हीटर एलीमेन्ट रखे गये है। हीटर एलीमेन्ट को फिटिंग स्थान मे उतार चढाव होने से उत्पन्न ऊष्मा असमान न हो इसलिए हीटर क्वाइल व द्विधातु पत्ती साथ साथ रखे गये है।

जैसा कि Fig 7 में दिखाया गया है, सामान्य अवस्था में द्विधातु पत्ती लीफ-स्प्रिंग के तनाव के विपरीत दिशा में पिन को दबाये रखती है, और सम्पर्क बिन्दु 95 व 96 बन्द अवस्था में रहते है और इस प्रकार नो वोल्ट क्वाइल सर्किट मोटर की रनिंग अवस्था में चालु रहता है। टर्मिनल 2 व 2' से जुड़ी हीटर क्वाइल में जब उच्च धारा प्रवाहित होती है तो क्वाइल में उत्पन्न ऊष्मा द्विधातु पत्ती को गर्म करती है जो कक्ष के अन्दर की ओर मुड़ जाती है। इस प्रकार पिन दायें हाथ की दिशा की ओर चलती है और पत्ती स्प्रिंग 95 व 96 के बीच सम्पर्क को खोल कर कान्टैक्टर को खोल देता है। रिले को तुरन्त पुनः सैट नही किया जा सकता है क्योंकि द्विधातु पत्ती ठण्डा होने से कुछ समय लती है।

Fig 7



BIMETALLIC OVERLOAD RELAY

रिले सेटिंग (Relay setting): ओवरलोड रिले यूनिट मोटर स्टार्टर की सुरक्षा को केन्द्र होती है। रिले कई परास में आती है, स्टार्टर रिले का चयन मोटर की प्रकार, क्षमता व ड्यूटी पर निर्भर करता है।

सभी डायरेक्ट आन लाइन स्टार्टरों में रिले को मोटर के वास्तविकलोड करंट के अनुसार सेट करना चाहिए। रिले करंट का यह मान मोटर की नेम प्लेट पर अंकित फुल लोड करंट के बराबर या कम होना चाहिए। यहाँ वास्तविक लोड करंट के अनुसार रिले को सेट करने की सरल विधि कावर्णन दिया गया है।

रिले को फुल लोड के 80% पर सेट करें। यदि यह ट्रिप करती है, तो सेटिंग को 85% तक बढ़ायें या अधिक करें, जब तक होल्ड नही होती। मोटर द्वारा ली गई करंट के मान से अधिक करंट पर रिले को कभी भी सेट नहीं करना चाहिए। (मोटर द्वारा ली गई वास्तविक करंट अधिकतर फुल लोड करंट से कम होती है क्योंकि मोटर पर क्षमता अनुसार लोड नहीं डाला जाता)।

स्टार्टरों के प्रकार (Tripping of starters): निम्नलिखित कारणों से स्टार्टर ट्रिप कर सकते है।

- कम वोल्टेज या पावर सप्लाई का न होना
- मोटर पर अधिक लोड का आ जाना।

प्रथम कारण में नो वोल्ट क्वाइल के कारण ट्रिपिंग होती है जिसके कारण वोल्टेज निश्चित मान से कम होने पर सम्पर्क खुल जाते है। जैसे ही सप्लाई सामान्य होती है स्टार्टर को पुनः स्टार्ट किया जा सकता है।

ओवर लोड होने पर रिले स्टार्टर को ट्रिप कर देती है, यह तब पुनः स्टार्ट किया जा सकता है जब रिले को पुनः सेट किया जाये और लोड सामान्य हो जाये।

नो-वोल्ट क्वाइल (No-volt coil): नो वोल्ट क्वाइल पतले तार व अधिक टर्नों से कुण्डलित होती है।

कॉईल वोल्टेज (Coil voltages): वास्तविक सप्लाई वोल्टेज के उपलब्ध अनुसार कॉईल का चयन किया जाता है। क्वाइल वोल्टेज की परास काफी है जैसे 24V, 40V, 110V, 220 V 230/250 V, 380V 400/440V AC या DC मानक उपलब्ध है जो कान्टैक्टर और स्टार्टर के लिए उपयोगी है।

कान्टैक्टरों में होने वाली खराबियाँ (Troubleshooting in contactor): टेबल 1 में सामान्य होने वाली खराबी के लक्षण, कारण व उपचार दिया गया है।

टेबल 1

लक्षण	कारण	उपचार
स्टार्ट बटन दबाने पर मोटर स्टार्ट नही होती है। परन्तु कान्टैक्टर के आर्मेचर को हाथ से दबाने से मोटर स्टार्ट होती है और रन करती है।	नो वोल्ट क्वाइल सर्किट में खुला दोष होना	मुख्य प्रदाय वोल्टेज के स्वीकार्य मान से कम होने पर चैक करें। मुख्य वोल्टेज कोठीक करें ढीले कनैक्शन के लिए कन्ट्रोल सर्किट को चेक करें नो वोल्ट क्वाइल वाइंडिंग को प्रतिरोध टेस्ट करें यदि गलत हो तो क्वाइल को बदल दें।
ऑन बटन दबाने से मोटर स्टार्ट होती है ऑन बटन को छोडने से यह तुरन्त रूक जाती है	स्टार्ट बटन के समानांतर में जुड़ा एग्लीलरी सम्पर्क क्लोज्ड नही हो रहा है।	आन बटन के समानांतर में जुडे एग्लीलरी सम्पर्क के संयोजन का परीक्षण करें। कॉन्टैक्ट के इस दोष को दूर करें। कॉन्टैक्ट के एग्लीलरी सम्पर्क पर जंग या गड्ढों का निरीक्षण करें। यदि ये खराब हो तो बदल दें।
स्टार्ट बटन दबाने पर मोटर स्टार्ट नहीं हो रही है फिर भी स्टार्टर से हमिंग और चटरिंग का शोर सुनाई दे रहा है।	इलैक्ट्रोमैग्नेट के चल आर्मेचर व स्थिर भाग मजबूती से आकर्षित नही हुये है।	इलैक्ट्रोमैग्नेट की दो मिलने वाली सतहों के बीच धूल व गन्दगी को साफ करें। प्रदाय वोल्टेज कम है । इसका कारण का पता लगाये व दोष को दूर करें। AC मैग्नेट होने पर शेडिंग रिंग टूट सकता है तब कॉन्टैक्टर के आर्मेचर को बदल दें।
नो वोल्ट क्वाइल के अधिक गर्म होने पर कॉन्टैक्टर का खराब हो जाना	आने वाली प्रदाय वोल्टेज में वृद्धि होना नो वोल्ट क्वाईल की क्षमता अधिक नही है।	सामान्य वोल्टेज से अधिक वोल्टेज आने पर इनपुट वोल्टेज को कम करें। नो वोल्ट क्वाइल की वोल्टेज क्षमता कम है, मानक वोल्टेज के अनुसार बदल दें।
OL के ट्रिप होने के बाद OL रिले को रिसेट करने के बाद भी मोटर तुरन्त स्टार्ट नही होती	ऊष्मीय द्विधातु पत्ती ठण्डा होने में व रिसैट होने में थोड़ा समय लेती है।	पुनः स्टार्ट करने में 2 से 4 मिनट का इन्तजार करें
नो वोल्ट क्वाइल के टर्मिनलों के पार्श्व में सप्लाई वोल्टेज उपलब्ध होने पर भी क्वाइल ऊर्जित नही हो रही है।	NVC सर्किट में खुला परिपथ दोष NVC क्वाइल जल सकती है	खुले दोष के लिए कन्ट्रोल सर्किट को चैक करें। स्टार्ट बटन के नीचे नाइलोन बटन को चैक करें। ओवर लोड रिले रिसेट नही हुई है।
रिले क्वाइल को बदला गया फिर भी स्टार्ट बटन दबाने पर मोटर स्टार्ट नही हो रही।	रिले के कन्ट्रोल सर्किट में दोष है।	खुले दोष के लिए कन्ट्रोल सर्किट को चैक करें। कन्ट्रोल स्टेशन से सम्पर्कों को साफ करें। ओवर लोड रिले रिसैट नही हुई है।
हमिंग व चैटरिंग का शोर	कम वोल्टेज योक व आर्मेचर के बीच चुम्बकीय सतह साफ न होना। लोह क्रोड पर शेडिंग रिंग न होना	उचित वोल्टेज का प्रबन्ध करें योक व आर्मेचर के बीच सतह को साफ करें लोह क्रोड पर शेडिंग रिंग लगायें।

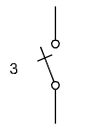
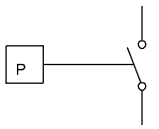
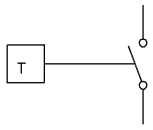
कान्टैक्टर व मशीन से सम्बन्धित B.I.S. चिह्न (B.I.S. symbols pertaining to contactor and machines)

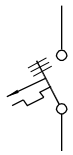
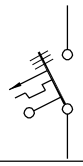
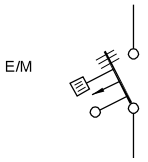
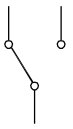
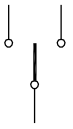
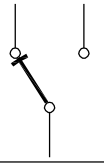
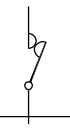
उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

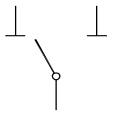
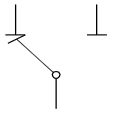
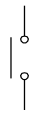
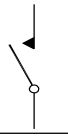
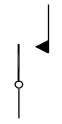
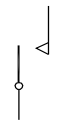
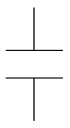
- **घूर्णन मशीन व ट्रांसफार्मर से सम्बन्धित B.I.S. चिह्नों की पहचान करना (BIS 2032 Part IV), कान्टैक्टर, स्विच गियर और यान्त्रिक कन्ट्रोल (BIS 2032 Part VII, 2032 Part XXV और XXVII).**

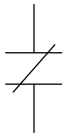
एक इलेक्ट्रिशयन द्वारा उपयोग होने वाले महत्वपूर्ण चिह्न नीचे दी गई टेबल में दिये गये है। अतः आपको सलाह दी जाती है कि आगे की अतिरिक्त सूचना B.I.S. मानक का सन्दर्भ देखें।

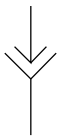
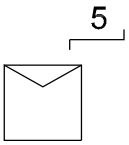
टेबल

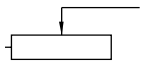
क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
	BIS 2032 (Part XXV)-1980			
	9	स्विच गियर, सामग्री		
1	9.1	सामान्य संकेत, स्विच		
2	9.1.1	एकल लाइन से प्रदर्शित एक पोल स्विच		
3	9.2	एकल लाइन से प्रदर्शित तीन पोल स्विच		
4	9.2.1	एकल लाइन से प्रदर्शित तीन पोल स्विच का वैकल्पिक संकेत		
5	9.3	प्रैशर स्विच		
6	9.4	थर्मोस्टेट		
7	9.5	सर्किट ब्रेकर		
8	9.5.1	सर्किट ब्रेकर का वैकल्पिक संकेत **नोटः 9.5 संख्या वाले संकेत में आयत कुछ संकेत देता है जो सर्किट ब्रेकर से सम्बन्धित होते है।**		
9	9.5.2	सर्किट ब्रेकर का वैकल्पिक संकेत		

क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
10	9.5.3	लघु परिपथ, अण्डर वोल्टेज और थर्मल ओवर लोड रिलिज के साथ सर्किट ब्रेकर		
11	9.5.4	लघु परिपथ, थर्मल ओवरलोड सुरक्षा और नो वोल्ट ट्रिपिंग के साथ हस्त परिचालित सर्किट ब्रेकर		
12	9.5.5	लघु परिपथ और नो वोल्ट ट्रिपिंग (तीन पोल) के साथ मोटर-सोलिनायड परिचालित वायु परिपथ वियोजक		
13	9.6	मेक से पूर्व ब्रेक होने वाला चेंज ओवर कान्टैक्ट नोटः स्थिर सम्पर्क 60° के अतिरिक्त किसी भी कोण पर रखे जाते है ताकि ड्राफ्टसमैन के कार्य में सुविधा हो, सम्पर्को का अलग से प्रबन्ध हो सके।		
14	9.7	न्यूट्रल स्थिति के साथ ट्र वे सम्पर्क		
15	9.8	ब्रेक से पूर्व बने सम्पर्क		
16	9.9	नारमली ओपन कान्टैक्ट		
17	9.9.1	नारमली क्लोज्ड कान्टैक्ट		
18	9.10	नारमली ओपन कान्टैक्ट के साथ पुश बटन		
19	9.10.1	नारमली क्लोज्ड कान्टैक्ट पुश बटन		

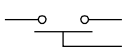
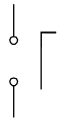
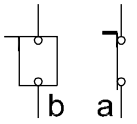
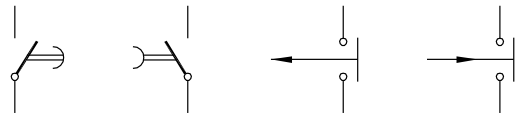
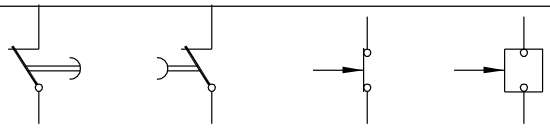
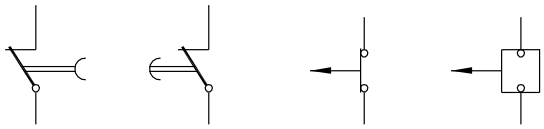
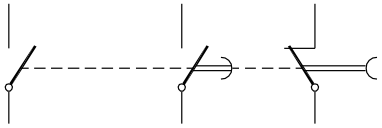
क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
20	9.11	आइसोलेटर		
21	9.12	परिपथ में बाधा के साथ दो मार्गी आइसोलेटर		
22	9.13	परिपथ में बाधा रहित द्वि मार्गी आइसोलेटर		
23	9.14	सामान्य बनने वाला सम्पर्क का संकेत		
24	9.14.1	सामान्य बनने वाला सम्पर्क का वैकल्पिक संकेत		
25	9.14.2	निर्मित सम्पर्क का वैकल्पिक संकेत		
26	9.14.3	निर्मित सम्पर्क का वैकल्पिक संकेत		
27	9.14.4	निर्मित सम्पर्क का वैकल्पिक संकेत		
28	9.14.5	निर्मित सम्पर्क का वैकल्पिक संकेत		
29	9.14.6	निर्मित-सम्पर्क को वैकल्पिक संकेत		
30	9.14.7	निर्मित-सम्पर्क का वैकल्पिक संकेत		

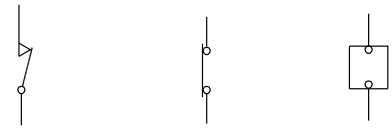
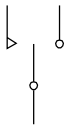
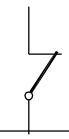
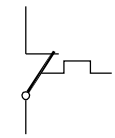
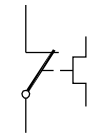
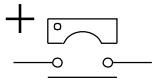
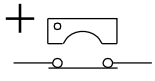
क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
31	9.14.8	निर्मित-सम्पर्क का वैकल्पिक संकेत		
32	9.14.9	निर्मित-सम्पर्क का वैकल्पिक संकेत		
33	9.15	विच्छेद-सम्पर्क का सामान्य संकेत		
34	9.15.1	विच्छेद-सम्पर्क का वैकल्पिक संकेत		
35	9.15.2	विच्छेद-सम्पर्क का वैकल्पिक संकेत		
36	9.15.3	विच्छेद-सम्पर्क का वैकल्पिक संकेत		
37	9.15.4	विच्छेद-सम्पर्क का वैकल्पिक संकेत		
38	9.15.5	विच्छेद-सम्पर्क का वैकल्पिक संकेत		
39	9.16	थर्मल ओवर लोड सम्पर्क		
40	9.17	मादा साकेट		

क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
41	9.17.1	मादा साकेट का वैकल्पिक संकेत		
42	9.17.2	स्विच सहित सॉकेट		
43	9.18	(नर) प्लग		
44	9.18.1	(नर) प्लग का वैकल्पिक संकेत		
45	9.19	प्लग और सॉकेट (नर और मादा)		
46	9.19.1	प्लग और सॉकेट (नर व मादा) का वैकल्पिक संकेत		
47	9.20	स्टार्टर का सामान्य संकेत		
48	9.21	पदो से स्टार्टर (उदाहरण ५ पद)		
49	9.22	स्टार-डेल्टा स्टार्टर		
50	9.23	ऑटो ट्रांसफार्मर स्टार्टर		
51	9.24	पोल परिवर्तक स्टार्टर (उदाहरण, 8/4 पोल)		
52	9.25	रिओस्टेटिक स्टार्टर		

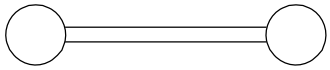
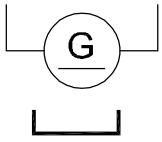
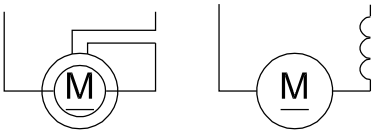
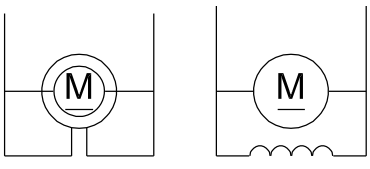
क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
53	9.26	डायरेक्ट आन लाईन स्टार्टर		
54	9.27	सरकनी सम्पर्क, सामान्य संकेत		
55	9.27.1	प्रतिरोधक चल सम्पर्क सहित सामान्य-संकेत		
56	9.28	दो मोटरों के लिए संयुक्त कन्ट्रोल पैनल (बहुचाल व परिवर्ती)		
57	9.29	फ्यूज		
58	9.29.1	फ्यूज का वैकल्पिक संकेत		
59	9.29.2	फ्यूज का वैकल्पिक संकेत जहाँ प्रदाय भाग को मोटी रेखा से दर्शाया गया है।		
60	9.29.3	फ्यूज को वैकल्पिक संकेत जहाँ प्रदाय भाग को गहरा रंग करके दर्शाया गया है।		
61	9.30	लोड पर स्विच ऑन होने वाला पृथककारी फ्यूज स्विच		
62	9.31	पृथककारी फ्यूज स्विच		

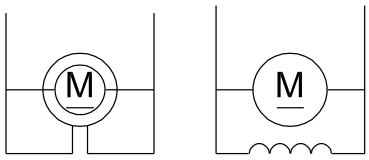
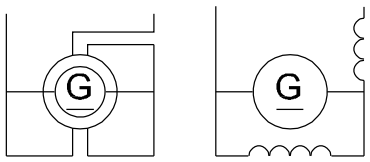
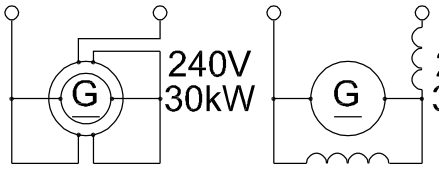
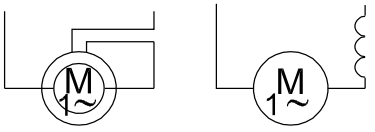
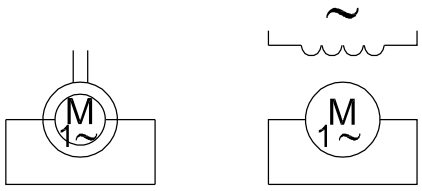
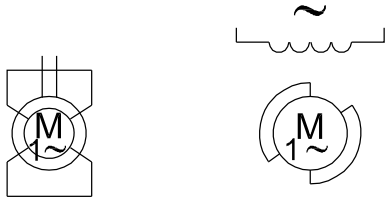
क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
	BIS 2032 Part(XXV11) 1932	कान्टैक्टर		
	3.2	योग्य संकेत		
63	3.2.1	कान्टैक्टर का कार्य सम्पादन		
64	3.2.2	परिपथ वियोजन का कार्य सम्पादन		
65	3.2.3	विच्छेदक (पृथककारी) का कार्य		
66	3.2.4	स्विच विच्छेदक (आइसोलेटर स्विच) का कार्य		
67	3.2.5	स्वचालित विमुक्ति कार्य		
68	3.2.6	धीमी क्रिया मान्यता- आर्क से इसके केन्द्र की ओर चलने की धीमी क्रिया		
		नोटः जिस युक्ति के लिए यह धीमी क्रिया अपनाई जाती है उसके संकेत को दोहरी रेखा से जुड़ा हुआ होना चाहिए।		
69	3.2.6.1	धीमी क्रिया मान्यता- तीर के चिन्ह की दिशा में चलने की विलम्ब क्रिया		
70	3.2.7	स्प्रिंग रहित वापसी (चालू रहना) नोटः उपरोक्त दिखाये गये संकेत में दर्शाया गया है कि स्प्रिंग वापसी में सम्पर्क चालू रहते है। जब यह मान्यता मानी जाती है तो इसका उपयोग उचित सन्दर्भ के साथ होना चाहिए। इन संकेतों का उपयोग योग्यता, धारी संकेत 3.1 से 3.4 के साथ नही करना चाहिए।		
71	3.2.8	हस्त द्वारा पुनः सेट		
72	3.3.7	दो निर्मित के साथ सम्पर्क		

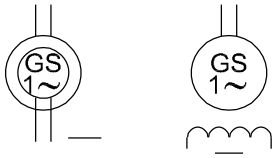
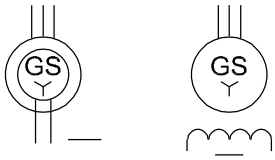
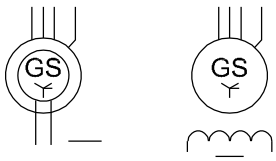
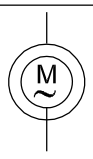
क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
73	3.3.8	दो विच्छेद के साथ सम्पर्क		
74	3.3.9	तीन बिन्दु सम्पर्क		
75	3.3.10	हस्त द्वारा पुनः सेट निर्मित सम्पर्क	 IR	
76	3.3.11	हस्त द्वारा पुनः सेट विच्छेद सम्पर्क	 IR	
77	3.3.19	परिचालक के समय देर से बनने वाला सम्पर्क		
78	3.3.20	परिचालन के समय देर से विच्छेद होने वाला सम्पर्क		
79	3.3.21	छोड़ते समय देर से विच्छेद होने वाला सम्पर्क		
80	3.3.22	परिचालन व छूटते समय देर से निर्मित सम्पर्क		
81	3.3.23	सम्पर्क समुच्च्य जिसमें एक देरी रहित निर्मित सम्पर्क है। परिचालन के समय एक निर्मित विलम्ब क्रिया सम्पर्क और जब छुलने की क्रिया होगी तो एक विच्छेद विलम्ब किया सम्पर्क		
82	3.3.24	स्प्रिंग वापसी के साथ निर्मित सम्पर्क		

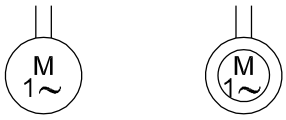
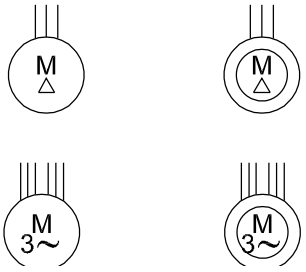
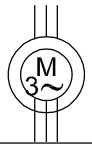
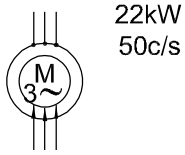
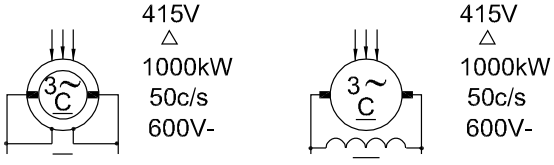
क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
83	3.3.25	स्प्रिंग्र वापसी रहित (ऑन रहना) निर्मित सम्पर्क		SR
84	3.3.26	स्प्रिंग वापसी सहित विच्छेद-सम्पर्क		SR
85	3.3.27	स्प्रिंग सहित सेन्टर ऑफ स्थिति के साथ दो मार्गी सम्पर्क। बांये हाथ की स्थिति से वापस परन्तु दांये हाथ से नहीं		
86	3.3.28	ताप सुग्राही निर्मित-सम्पर्क **नोटः परिचालित ताप स्थिति के साथ बदला जा सकता है।**		
87	3.3.29	ताप सुग्राही विच्छेद सम्पर्क नोटः परिचालित ताप स्थिति के साथ बदला जा सकता है।		
88	3.3.30	स्व-प्रचालित थर्मल- विच्छेद सम्पर्क नोटः यहाँ थर्मल रिले के सम्पर्क व दर्शाये गये सम्पर्क में भेद करना महत्व पूर्ण है जो कि नीचे दिये गये उदाहरण से भिन्न रूप से प्रदर्शित है		
		उदाहरणः थर्मल रिले का विच्छेद सम्पर्क		
89	3.3.32	जला हुआ चुम्बकीय निर्मित सम्पर्क		
90	3.3.33 BIS:2032 (PARTVII) 1974	जला हुआ चुम्बकीय विच्छेद सम्पर्क **यान्त्रिक नियन्त्रण**		
91	8.4	**यान्त्रिक इन्टर लॉक**		

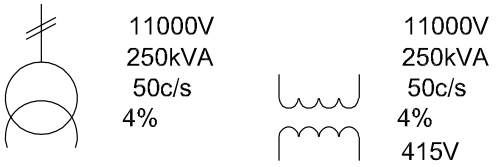
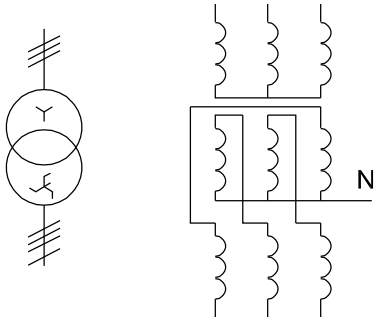
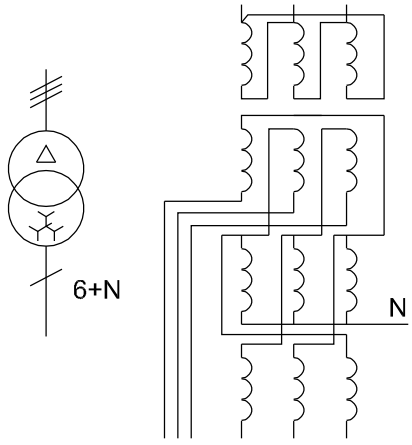
क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
92	8.5	रिसेट a **स्वचालित रिसैट**		
		b **अस्वचालित रिसैट** **नोटः यदि रिसैट का प्रकार को प्रदर्शित करना आवश्यक हो तो ये संकेत प्रयोग होने चाहिए।**		
	BIS:2032 (Part IV) 1964	**वर्गीकरण** इस मानक में समान प्रकार की घूमने वाली मशीन या ट्रांसफार्मर के लिए एक से अधिक संकेत उपयोग किये गये है जो उनके पद के अनुरूप है। ये संकेत ड्राइंग के वर्ग व प्रकार पर निर्भर करते है समान प्रकार की घूर्णन मशीन के लिए सरलीकृत व सम्पूर्ण व मल्टी लाईन संकेत वर्गीकृत किये गये है। ट्रांसफार्मर के सन्दर्भ में एकल लाइन व मल्टी लाइन संकेत अलग अलग प्रदर्शित किये गये है। जबकि घूर्णन मशीनों के लिए एकल लाईन प्रदर्शन किया गया है जो कि IS:2032(Part II)-1962 से सन्दर्भित है। संकेतो के घटक		
93	3.14	वाइन्डिंग नोटः अर्द्धवृत की संख्या निर्धारित नहीं है परन्तु विभिन्न वाइंडिंगों के बीच भेद दिखाने के लिए किसी मशीन को 3.2,3.3 व 3.4 के अनुरूप वर्गीकृत किया जाता है।		
94	3.24	कम्यूटेटिंग व कम्पनसेटिंग वाइंडिंग		
95	3.34	श्रेणी वाइंडिंग		
96	3.44	शन्ट वाइंडिंग या पृथक वाइंडिंग		
97	3.54	स्लिप रिंग पर ब्रुश		
98	3.64	कम्यूटेटर पर ब्रुश		
99	3.74 4 4.1	**पूरक संकेत, न्यूमेरीकल डाटा** **पूरक संकेत जैसे (वाइंडिंग को संयोजित करने की विधि M, G व C अक्षर और न्यूमेरीकल डाटा) मशीन के प्रत्येक वर्ग पर एक संकेत द्वारा दर्शाये जाते है, उदारहण के लिए** **घूर्णन मशीनें** **सामान्य संकेत**		

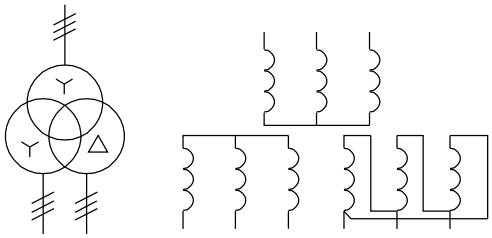
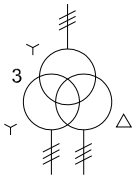
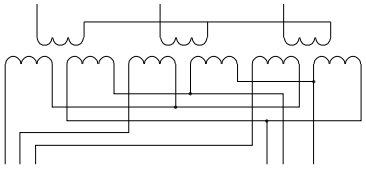
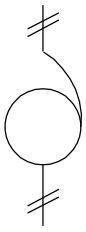
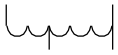
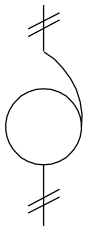
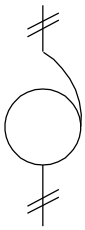
क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
100	4.1.14	जनित्र		
101	4.1.2	मोटर		
102	4.1.3	मशीन जो जनित्र व मोटर के अनुरूप उपयोग योग्य है		
103	4.1.4 **4.2**	यांत्रिक रूप से जुडी मशीनें **नोट: अन्य विशेष प्रकार के युग्मन जिनकी संरचना मोनो ब्लॉक जैसी है, को जहाँ कहीं आवश्यकता हो उसे उचित प्रकार से इंगित किया जा सकता है।** **दिष्ट धारा मशीनें**		
104	4.2.1	सामान्य संकेत दिष्ट धारा जनित्र		
105	4.2.2	सामान्य संकेत दिष्ट धारा मोटर		
106	4.2.3	DC 2-तार स्थाई चुम्बक जनित्र (G) और मोटर (M).	 **Simplified multiline representation** **Complete multiline representation**	
107	4.2.4	DC 2-तार श्रेणी जनित्र (G) और मोटर (M).		
108	4.2.5	DC 2-तार पृथक उत्तेजित जनित्र या मोटर (G) (M)		

क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
109	4.2.6	DC 2-तार शून्ट जनित्र (G) या मोटर (M).		
110	4.2.7	DC 2-तार कम्पाउण्ड उत्तेजित लघू शन्ट जनित्र (G) या मोटर (M)		
111	4.2.8	टर्मिनल प्रदर्शित संकेत, ब्रुश व न्यूमेरिकल डाटा उदाहरण : DC 2-तार जनित्र लघु शन्ट कम्पाउण्ड उत्तेजित, 240 V, 30 KW.		
112	**4.3** 4.3.1	**प्रत्यावर्ती धारा मशीनें** सामान्य संकेत AC जनित्र		
113	4.3.2 **4.4**	सामान्य संकेत AC मोटर **प्रत्यावर्ती धारा कम्यूटेटर मशीनें**	**Simplified multiline representation** **Complete multiline representation**	
114	4.4.1	एक फेज, AC श्रेणी मोटर		
115	4.4.2	एक फेज, रिपल्शन मोटर		
116	4.4.3	एक फेज, AC श्रेणी मोटर, डेरी प्रकार		
117	4.5 4.5.1	**सिन्क्रोनस मशीनें** सामान्य संकेत - सिन्क्रोनस जनित्र		

क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
118	4.5.2	सामान्य संकेत - सिन्क्रोनस मोटर		
119	4.5.3	तीन फेज स्थायी चुम्बक सिन्क्रोनस जनित्र (GS) या सिन्क्रोनस मोटर (MS)		
120	4.5.4	एक फेज सिन्क्रोनस जनरेटर (GS) एवं सिन्क्रोनस मोटर (MS)	**Simplified multiline representation** **Complete multiline representation** 	
121	4.5.5	तीन फेज, स्टार संयोजित, न्यूट्रल रहित सिन्क्रोनस जनित्र (GS) सिन्क्रोनस मोटर (MS)		
122	4.5.6 **4.6**	तीन फेज स्टार संयोजित न्यूट्रल सहित सिन्क्रोनस जनित्र (GS) या सिन्क्रोनस मोटर (MS) **प्रेरण मोटरें** **नोटः संकेत 4.6.1 से 4.6.9 तक के समूहों में दिखाये गये संकेतों के चालक सामान्य है जो अन्य प्रकार से भी दर्शाये जा सकते है। उदाहरण के लिए संकेत 4.6.6.**		
123	4.6.1	लघु परिपथ रोटर सहित प्रेरण मोटर सामान्य संकेत		
124	4.6.2	कुण्डलित रोटर सहित प्रेरण मोटर सामान्य संकेत		
125	4.6.3	प्रेरण मोटर, एक फेज, गिलहरी पिंजरा		

क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
126	4.6.4	एक फेज, गिलहरी पिंजरा जिसकी स्पिलिट फेज की लीड्स बाहरी निकली हुई है, प्रेरण मोटर		
127	4.6.5	तीन फेज के सिरे बाहर निकले हुए तीन फेज गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर	**Simplified multiline representation** **Complete multiline representation** 	
128	4.6.6	प्रत्येक फेज के सिरे बाहर निकले हुए तीन फेज गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर		
129	4.6.7	कुण्डलित रोटर सहित तीन फेज प्रेरण मोटर		
130	4.6.8	रोटर में स्वचालित स्टार्टर सहित तीन फेज स्टार संयोजित प्रेरण मोटर		
131	4.6.9	ब्रुश और न्यूमेरिकल डाटा व टर्मिनल दर्शाता संकेत उदाहरणः कुण्डलित रोटर सहित तीन फेज प्रेरण मोटर 415V, 22 kW, 50 c/s.		
132	4.7 4.7.1	**तुल्यकालिक परिवर्तक** सामान्य संकेत सिन्क्रोनस कनवर्टर		
133	4.7.2	शन्ट उत्तेजित तीन फेज सिन्क्रोनस कनवर्टर 72		
134	4.7.3	टर्मिनल,ब्रुश और न्यूमेटिकल डाटा दर्शाता संकेत। उदाहरणः तीन फेज शन्ट उत्तेजित उदाहरणः तीन फेज शन्ट उत्तेजित सिन्क्रोनस कनवर्टर 600 V, 1000 kW, 50 c/s.		

क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
	5	**ट्रांसफार्मर**		
	5.1	**सामान्य संकेत**		
135	5.1.1	दो पृथक वाइंडिंग सहित ट्रांसफार्मर	**Simplified multiline representation** **Complete multiline representation**	
136	5.1.2	दो पृथक वाइंडिंग सहित ट्रांसफार्मर		
137	5.1.3	ऑटो ट्रांसफार्मर		
	5.2	**दो या तीन वाइंडिंग सहित ट्रांसफार्मर**		
138	5.2.1	दो पृथक वाइंडिंग सहित एक फेज ट्रांसफार्मर		
139	5.2.4	दो पृथक वाइंडिंग सहित तीन फेज ट्रांसफार्मर संयोजनः स्टार zig-zag.		
140	5.2.5	दो पृथक वाइंडिंग वाला तीन फेज ट्रांसफार्मर संयोजन : डेल्टा 6-फेज फॉर्क		

क्र. स.	BIS कोड नं०	वर्णन	चिह्न	टिप्पणी
141	5.2.6	तीन पृथक वाइंडिंग वाला तीन फेज ट्रांसफार्मर Connection: star, star-delta.		
142	5.2.7	तीन पृथक वाइंडिंग सहित एक फेज ट्रांसफार्मरों का तीन फेज बैंक संयोजनः स्टार, स्टार डेल्टा	**Simplified multiline representation**  **Complete multiline representation** 	
	5.3	**ऑटो ट्रांसफार्मर**		
143	5.3.1	एक फेज, ऑटो ट्रांसफार्मर		
144	5.3.2	तीन फेज ऑटो ट्रांसफार्मर संयोजनः स्टार		
145	5.3.3	लगातार वोल्टेज रेगूलेशन सहित एक फेज ऑटो ट्रांसफार्मर		

D.O.L.स्टार्टर (D.O.L. starter)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **D.O.L. स्टार्टर की संरचना, परिचालन व उपयोग व इसकी विशिष्टतायें का वर्णन करना**
- **मोटर क्षमता अनुसार बैक-अप फ्यूज की क्षमता व आवश्यकता का वर्णन करना।**

D.O.L. स्टार्टर एक ऐसा स्टार्टर है जिसमें एक नो-वोल्ट क्वाइल सहित एक कान्टैक्टर, ऑन व ऑफ बटन और ओवरलोड रिले एक ही आवरण में बन्द होते है।

संरचना व प्रचालन (Construction and operation): एक समान्यतया उपयोग होने वाला डायरेक्ट ऑन लाईन पुश बटन प्रकार का स्टार्टर Fig 1 में दर्शाया गया है। यह एक सरल स्टार्टर है जो सस्ता है और स्थापित करने व देखभाल करने में आसान है।

अभ्यास 3.1.04 के सम्पूर्ण कान्टैक्टर परिपथ जिसका पूर्व में वर्णन किया जा चुका है में ओर D.O.L.स्टार्टर में कोई अन्तर नही है, केवल इतना अन्तर है कि D.O.L.स्टार्टर एक धातु या PVC के आवरण में बद्ध होता है, अधिकतर स्थितियों में D.O.L. स्टार्टर की नो-वोल्ट क्वाइल 415V के लिए निर्धारित होती है और Fig 1 के अनुसार दो फेजों के पार्श्व में संयोजित होती है। आगे ओवर लोड रिले ICTP स्विच व कॉन्टैक्टर के बीच स्थित होती है या कॉन्टैक्टर व मोटर के बीच जैसा Fig 1 में दर्शाया गया है, यह स्टार्टर के डिजाईन पर निर्भर करता है। प्रशिक्षणार्थियों को सलाह दी जाती है कि अभ्यास 3.1.04 में किये गये वर्णन अनुसार जो एक कान्टैक्टर परिपथ है का अध्ययन करके स्वयं D.O.L. स्टार्टर की कार्यप्रणाली लिखें।

D.O.L. स्टार्टर की विशिष्टतायें (Specification of D.O.L. starters): विशिष्टतायें देते समय निम्नलिखित डाटा देने है।

D.O.L. स्टार्टर

फेज - एक फेज या तीन फेज

वोल्टेज 240 या 415V.

धारा क्षमता 10, 16, 32, 40, 63, 125 or 300 amps.

नो वोल्ट क्वाइल वोल्टेज क्षमता AC या DC 12, 24, 36, 48, 110, 230/250, 360, 380 or 400/440 volts.

मैन कांटेक्ट की संख्या 2, 3 या 4 जो सामान्य खुले है।

एग्लीलरी कांटेक्ट की संख्या 2 या 3. 1 NC + 1 NO or 2 NC + 1 NO क्रमशः

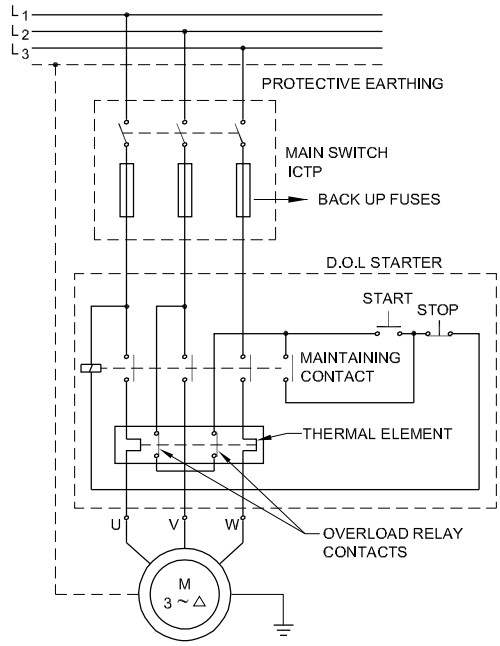
पुश-बटन - एक ऑन और एक ऑफ बटन

ओवरल लोड सैटिंग– एम्पियर-टू-एम्पियर। आवरण- धातु चादर या PVC

अनुप्रयोग (Applications): एक D.O.L. स्टार्टर युक्त प्रेरण मोटर में स्टार्टिंग करंट फुल लोड करंट का 6 से 7 गुणा होता है। इसलिए यह अनुशंसा की जाती है कि D.O.L. स्टार्टर को केवल 3 HP गिलहरी पिंजरा मोटरों व 1.5 kW दोहरी पिंजरा रोटर वाली मोटरों तक उपयोग करें।

बैक-अप फ्यूज की आवश्यकता (Necessity of back-up fuses): मोटर स्टार्टरों को कभी भी बैक-अप फ्यूज के बिना उपयोग नहीं करना चाहिए। संवेदी थर्मल रिले की यन्त्रावली का डिजाइन व अंशाकन केवलओवरलोड से बचने के लिए प्रभाविक सुरक्षा के लिए किया जाता है। जब अचानक मोटर सर्किट में शॉर्ट सर्किट होता है, तो ओवरलोड रिले, अपनी आन्तरिक परिचालन यन्त्रावली के कारण, परिपथ खोलने में परिचालन में अधिक समय लेती है। शॉर्ट सर्किट के कारण बहुत अधिक करंट प्रवाहित होने पर ये रिले मोटर व स्टार्टर को हानि पहुँचाने के लिए पर्याप्त होंगे। त्वरित क्रिया, उच्च विदारण (high-rupturing) क्षमता वाले फ्यूजों से इसे रोका जा सकता है, जब ये मोटर सर्किट उपयोग में लाये जाते है तो ये शीघ्रता से परिचालित होते है और सर्किट को खोल देते है। अतः लघु परिपथ से बचने के लिए मोटर स्टार्टर व थर्मल ओवर लोड रिले की सुरक्षा व स्थापना के लिए H.R.C. डायज्ड (DZ) प्रकार के फ्यूजों की अनुशंसा की जाती है। शॉर्ट सर्किट होने पर, बैकअप फ्यूज पिघल जाते है और शीघ्रता से परिपथ को खोल देता है। विभिन्न क्षमता वाले मोटरों के लिए फ्यूज क्षमता दर्शाने के वाली एक सन्दर्भ सारणी दी गई है।

Fig 1



WIRING DIAGRAM OF A DIRECT ON-LINE STARTER WITH PROTECTIVE DEVICES

यह अनुशंसा की जाती है कि यथा संभव अर्द्ध-बद्ध, रिवायेरेबल टिन किये हुए ताँबे के फ्यूजों का उपयोग न किया जायें।

दी गई सारणी मे पूर्ण लोड करंट एक फेज कैपेसिटर स्टार्ट मोटरों में और तीन फेज गिलहरी पिंजरा प्रकार प्रेरण मोटरों में लागू होता है। जो पूर्ण लोड, औसत शक्ति गुणक व दक्षता पर लागू है। मोटरों की गति 750 r.p.m. से कम नही होनी चाहिए।

63 A तक के फ्यूज DZ प्रकार के हैं 100 A या इससे अधिक के लिए उपयोग होने वाले फ्यूज IS प्रकार फ्यूज होते है। (HM प्रकार)

मोटर सुरक्षा के लिए रिले की रेंज व बैक-अप फ्यूज का टेबल

Sl. No.	Motor ratings 240V 1-phase			Motor ratings 415V 3-phase			Relay range A	Nominal back-up fuse recommended
	hp	kW	Full load current	hp	kW	Full load current	a	c
1				0.05	0.04	0.175	0.15 - 0.5	1A
2	0.05	0.04		0.1	0.075	0.28	0.25 - 0.4	2A
3				0.25	0.19	0.70	0.6 - 1.0	6A
4	0.125	0.11		0.50	0.37	1.2	1.0 - 1.6	6A
5	0.5	0.18	2.0	1.0	0.75	1.8	1.5 - 2.5	6A
6	0.5	0.4	3.6	1.5	1.1	2.6	2.5 - 4.0	10A
7				2.0	1.5	3.5	2.5 - 4.0	15A
8	0.75	0.55		2.5	1.8	4.8	4.0 - 6.5	15A
9				3.0	2.2	5.0	4.0 - 6.5	15A
10	1.0	0.75	7.5	5.0	3.7	7.5	6.0 - 10	20A
11	2.0	1.5	9.5	7.5	5.5	11.0	9.0 - 14.0	25A
12	3.0	2.25	14	10.0	7.5	14	10.0 - 16.0	35A

AC 3-फेज प्रेरण मोटर में अंकीय प्रश्न (Numerical problems in AC 3-phase induction motors)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **तीन फेज प्ररेण मोटर में अंकीय प्रश्न हल करना ।**

अधिकांश अवसरों पर, एक इलैक्ट्रिशयन से कहा जाता है कि प्रस्तावित मशीन की स्थापना से पूर्व कार्यशाला मेंवायरिंग अधिष्ठापन करनी है। इस कार्य से सम्बन्धित केवल विद्युत मोटर की अश्वशक्ति व वोल्टेज क्षमता की जानकारी उपलब्ध होती है।

वायरिंग की योजना बनाते समय, मोटर की पूर्ण लोड धारा पर आधारित केबल के साइज में चयन करना आवश्यक है, इसे तब ज्ञात किया जा सकता है, जब पर्याप्त आंकडे उपलब्ध हो। जब अन्य आंकड़े उपलब्धहो तो नीचे दिए गए उदाहरण द्वारापूर्ण धारा ज्ञात करने की विधि बताई गई है या इसके विलोमतः।

जैसे देखिए

मोटर का निर्गत मैट्रिक अश्व शक्ति में दिया गया है।

मोटर की निर्गत = मैट्रिक HP x 735.6 वाट

मोटर की निविष्ट = $E_L I_L \cos\theta$ वाट

जहाँ E_L लाइन वोल्टेज

I_L लाइन करंट है और

$\cos\theta$ शक्ति गुणक है।

निविष्ट = निर्गत + हानियाँ

= निर्गत + ताँबा हानि + लौह हानि + यान्त्रिक हानियाँ जैसे वायु घर्षण व घर्षण हानियाँ

$$\text{Efficiency of the motor} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100$$

$$= \frac{\text{Metric horsepower} \times 735.5}{\sqrt{3} E_L I_L \cos\theta}$$

उदाहरण 1

एक 3-फेज, 6000 volts, स्टार संयोजित प्रेरण मोटर 200 HP (मैट्रिक) शक्ति विकसित करती है। यदि मोटर की दक्षता 85% व शक्ति गुणक 0.8 हो तो पूर्ण लोड पर प्रति फेज धारा की गणना कीजिए।

$$\text{इनपुट} = \frac{\text{Output x 100}}{\text{Efficiency}}$$

$$= E_L I_L \cos\theta$$

$$\text{लाइन करंट } I_L = \frac{\text{Output x 100}}{\text{Efficiency x } E_L \cos\theta}$$

$$= \frac{200 \times 735.6 \times 100}{\frac{85}{100} \times \sqrt{3} \times 6000 \times 0.8}$$

$$= 2081.9 \text{ A.}$$

चूंकि स्टार में लाइन करंट फेज करंट के बराबर होता है इसलिए पूर्ण लोड करंट- 20.9 amps.

उदाहरण ***2***

एक 3-फेज प्रेरण मोटर 400V 50 HZ प्रदाय से 100 एम्पियर करंट ले रही है। यदि मोटर का निर्गत 70 HP (मैट्रिक) व दक्षता 90% हो तो शक्ति गुणक ज्ञात करें।

$$\text{इनपुट} = \frac{\text{Output}}{\text{Efficiency}}$$

$$\sqrt{3}\, E_L\, I_L \cos\theta = \frac{70 \times 735.6}{\frac{90}{100}}$$

$$\cos\theta = \frac{70 \times 735.6 \times 100}{90 \times \sqrt{3} \times 400 \times 100}$$

$$\text{शक्ति गुणक} = 0.82.$$

उदाहरण 3

एक 3-phase, 400V, 50 HZ, डेल्टा संयोजित प्रेरण मोटर लाइन से 0.85 शक्ति गुणक पर 150 एम्पियर करंट ले रही है और 100 (मैट्रिक) HP का निर्गत दे रही है। दक्षता की गणना करें।

$$\% \text{ दक्षता} = \frac{\text{Output x 100}}{\text{Input}}$$

$$= \frac{100 \times 735.6 \times 100}{\sqrt{3} \times 400 \times 150 \times 0.85}$$

$$= 83.3 \%$$

उदाहरण 4

एक 3-फेज, 400 V, प्रेरण मोटर 0.9 शक्ति गुणक पर 30 एम्पियर का लाइन करंट ले रही है। मोटर की दक्षता 80% है। मैट्रिक अश्व शक्ति में निर्गत की गणना करें।

$$\text{वाट में निर्गत} = \text{निविष्ट x दक्षता}$$

$$= \frac{400 \times 30 \times 0.9 \times 80}{100}$$

$$\text{मैट्रिक HP में निर्गत} = \frac{\text{Output in watts}}{735.6}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 400 \times 30 \times 0.9 \times 80}{100 \times 735.6}$$

$$= 20.3 \text{ HP.}$$

मोटर के लिए जॉगिंग (इंचिंग) नियंत्रण परिपथ (Jogging (inching) control circuits for motors)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **जागिंग/इंचिंग नियन्त्रण प्रक्रिया को परिभाषित करना**
- **जागिंग/इंचिंग नियन्त्रण के उद्देश्य का वर्णन करना**
- **सलैक्टर स्विच का उपयोग करते हुए जागिंग नियन्त्रण के परिचालन का वर्णन करना**
- **पुश बटन स्टेशन का उपयोग करते हुए जागिंग परिचालन का वर्णन करना**
- **कन्ट्रोल रिले का उपयोग करते हुए जागिंग परिचालन का वर्णन करना।**

जागिंग (इंचिंग) (Jogging) (inching): कुछ औद्योगिक कार्यों में मशीन के घूमने वाले भाग को थोडा थोड़ा चलाना पड़ता है। इसे जिस नियन्त्रण प्रणाली से किया जाता है उसे जागिंग या इचिंग कहते है। मोटर को विरामअवस्था से बार बार चलाने के लिए परिपथ क्लोज्ड करने को जागिंग के रूप में परिभाषित किया जाता है। इसके द्वारा मशीन को थोडा थोडा चलाया जाता है। जॉग पुश बटन को दबाने से चुम्बकीय स्टार्टर ऊर्जित हो जाता है और मोटर चलने लगती है; जब जॉग पुश बटन को छोड़ा जाता है तो मोटर रूक जाती है।

जब जागिंग सर्किट का उपयोग किया जाता है तो मोटर को तब तक ऊर्जित रखा जा सकता है जब तक कि जॉग बटन को दबा कर रखा जाये। इसका अर्थ है ऑपरेटर का मोटर ड्राइव पर क्षणिक नियन्त्रण होता है।

जागिंग/इंचिंग नियंत्रण का उद्देश्य (Purpose of jogging/inching controls): सामान्यतः जागिंग (इंचिंग) नियन्त्रण से निम्नलिखित मशीनों में उनके सामने दर्शायी गई परिचालन सुविधा के लिए उपयोग किया जाता है।

- खराद मशीन नियन्त्रण- जॉब की trueness जाँचने के लिए और आरम्भ में टूल की सैटिंग के लिए।
- मीलिंग मशीन का नियंत्रण - आरम्भन सेटिंग में कटर की कान्सेंट्रिक चाल को चैक करने में और कटर के फीड की गहराई के लिए अंशाकित कालर को सैट करने के लिए ।
- ग्राइंडिंग मशीन नियंत्रण- व्हील की उचित माउन्टिंग की जाँच करने के लिए।
- पेपर कटिंग मशीन - कट को समायोजित करने के लिए।

उपरोक्त के अतिरिक्त, इंच कंट्रोल का उपयोग क्रेन में, hoists और कनवेयर (conveyor) बेल्ट की यंत्रावली में प्रमुख रूप से किया जाता है । ताकि थोडा-थोडा विस्थापन चलित मशीनरी में उर्ध्वाधर या क्षैतिज रूप में किया जा सके।

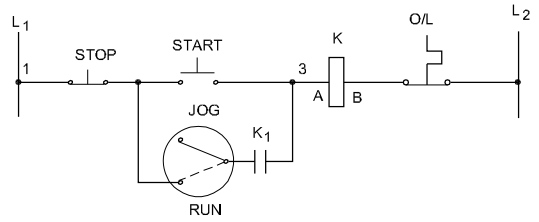
जागिंग निम्नलिखित विधियों द्वारा पूरी की जा सकती है।

- सलैक्टर स्विच
- पुश बटन
- जॉग रिले सहित पुश बटन

सेलेक्टर स्विच के उपयोग से जागिंग नियन्त्रण (Jogging control using a selector switch): सेलेक्टर स्विच का उपयोग करते हुए, स्टार्ट बटन का उपयोग, इसके स्टार्टिंग पुश बटन कार्य के साथ साथ जागिंग पुश बटन के रूप में भी किया जा सकता है। कॉन्टैक्टर के होल्डिंग सम्पर्क जो स्टार्ट बटन के समानांतर में होते है, को विच्छेदित कर दिया जाता है और सलैक्टर स्विच को जॉग स्थिति में रखा जाता है जो कि Fig 1 में परिपथ में दर्शाया गया है और Fig 2 में इसका पैनल लेआउट दर्शाया गया है।

मोटर को जागिंग/इंचिंग स्टार्ट बटन द्वारा स्टार्ट व स्टाप किया जा सकता है। जब तक स्टार्ट बटन दबा रहेगा तब तक मोटर परिचालित रहेगी।

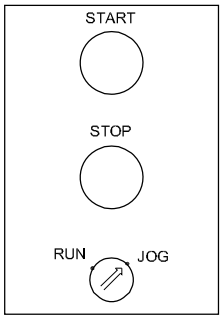
Fig 1



CONTROL CIRCUITS WITH JOG-RUN SELECTOR SWITCH.

ELN3313171

Fig 2

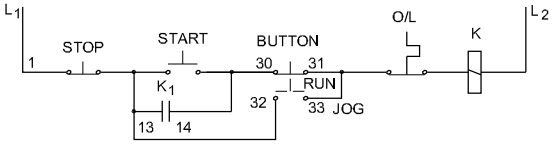


A PANEL OF A STATION IN WHICH THE START BUTTON CAN BE USED FOR INCHING OR JOGGING.

ELN3313172

पुश-बटन के उपयोग से जागिंग (Jogging control using a push-button): Fig 3 में एक D.O.L. स्टार्टर का कन्ट्रोल सर्किट दर्शाया गया है जो स्टार्ट -स्टॉप पुश बटन स्टेशन से जुड़ा हुआ है। जब ऑन पुश-बटन को दबाया जाता है, कुण्डली K ऊर्जित हो जाती है क्योंकि सामान्यतया बन्द जाग बटन के सम्पर्क 30 & 31 द्वारा नो वोल्ट क्वाइल सर्किट पूर्ण हो जाता है। इसलिए मुख्य कान्टैक्टर के ऑन होने पर मोटर चलने लगती है। सेल्फ-होल्डिंग एग्लीलरी सम्पर्क K_1 टर्मिनल 13 व 14 के बीच क्लोज्ड हो जाता है और ऑन बटन को छोड़ने के बाद भी नो-वोल्ट क्वाइल सर्किट कार्य करता रहता है। जैसे ही जॉग पुश बटन को दबाया जाता है, क्षणिक रूप में नो- वोल्ट क्वाईल सर्किट खुल जाता है, कॉन्टैक्टर ऊर्जा विहित हो जाता है और यदि मोटर चल रही हो तो रूक जाती है। तब जॉग बटन नीचे वाले सम्पर्क 32 & 33 को क्लोज करते है तब नो-वोल्ट क्वाईल परिपथ क्लोज हो जाते है और मोटर तब तक चलने लगती है जब तक जॉग-बटन को दबाये रखा जाता है। बार बार जॉग-बटन को दबाने या छोडने से मोटर स्टार्टर होती है और रूकती है जिसके कारण चलित मशीनरी आवश्यक दिशा में इंच-इंच आगे बढती है। दूसरी तरह स्टार्ट बटन को दबाने पर मोटर सामान्य रूप में चलती है।

Fig 3



CONTROL CIRCUIT WITH JOG PUSH-BUTTON

ELN3313173

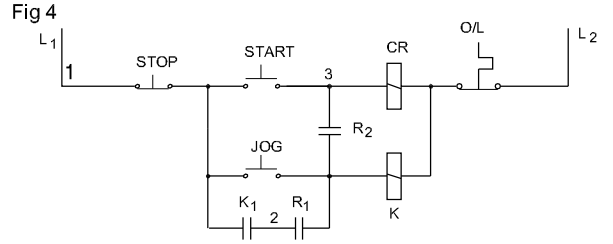
रिले के उपयोग से जागिंग नियंत्रण (Jogging control using a relay): Fig 4 में D.O.L. स्टार्टर का नियंत्रण परिपथ दिखाया गया है जो अन्य उपयोगी पुर्जों के साथ कंट्रोल रिले से जुड़ा है। जब स्टार्ट बटन को दबाया जाता है तो कन्ट्रोल रिले की क्वाइल CR ऊर्जित हो जाती है और

कॉन्टैक्टर R_1 और R_2 क्लोज हो जाते है। इस प्रकार थोड़े समय के लिए रिले के R_2 सम्पर्क द्वारा नो वोल्ट क्वाईल `K' का सर्किट पूर्ण हो जाता है इसके फलस्वरूप नो वोल्ट क्वाईल रिले K का K_1 एग्लीलरी सम्पर्क स्वतः होल्ड हो जाता है और मोटर लगातार चलती रहती है जबकि स्टार्ट बटन से दबाव हटा लिया जाये।

जब मोटर नही चल रही होती है तब यदि जॉग बटन दबा दिया जाये तो नो-वोल्ट क्वाइल K का सर्किट पूर्ण हो जाता है और मोटर तब तक चलती रहती है जब तक कि जॉग बटन को दबाये रखा जाये क्योंकि होल्डिंग सर्किट R_1 के द्वारा पूर्ण नही होता और कंट्रोल रिले (CR) के ऊर्जित न होने से स्टार्टर क्वाइल सर्किट पूर्ण नही होता है।

एक 3-फेज, मोटर के लिए D.O.L. स्टार्टर जिसमें रिले द्वारा जॉग कन्ट्रोल होता है, में चार नारमली ओपन कॉन्टैक्ट (3 मुख्य व 1 एग्लीलरी) की आवश्यकता होती है और कंट्रोल रिले में दो नारमली ओपन कॉन्टैक्ट होने चाहिए जैसा कि Fig 4 में दिखाया गया है।

Fig 4



LINE DIAGRAMS USING CONTROL RELAYS IN TYPICAL INSTALLATIONS

ELN3313174

रोटरी प्रकार के स्विच (Rotary type switches)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **रोटरी प्रकार के स्विचों की विशिष्टताओं की व्याख्या जैसे वोल्टेज क्षमता, धारा क्षमता, पोल, कार्य, स्थिति, आरोहण के प्रकार, हैण्डल का प्रकार, प्रति घण्टा परिचालन संख्या और विशेष आवश्यकता**
- **मोटर की संयोजन आरेख के साथ रोटरी स्विचों के schematic आरेख का वर्णन जिसमें तीन पोल स्विच को ऑन/ऑफ करना, फारवर्ड, स्टॉप व तीन पोल स्विच को रिवर्स करना, स्टार डेल्टा स्विच और पोल परिवर्ती स्विच हैं।**

रोटरी स्विचों का उपयोग लेथ, मिलिंग मशीनों में सामान्यतया अधिक किया जाता है क्योंकि इनकी स्थिति स्पष्ट दिखाई देता है और ये परिचालन में सरल है। ये स्विच लीवर या नॉब द्वारा परिचालित होते है जो आन्तरिक कैम को घुमाते है जिसके द्वारा ब्लॉक के अन्दर विभिन्न टर्मिनल क्रम से सम्पर्क करते है। ये कैम या ब्लॉक कठोर P.V.C. से बने होते है और इस प्रकार डिजाईन किये हुए होते है जो बहुत अधिक परिचालन को सह सकते है। कई प्रकार की कैम और सम्पर्क ब्लॉकों से कई प्रकार के मिश्रित सर्किट बनाये जा सकते है। चूंकि सम्पर्क ब्लॉक, टर्मिनल और कैम स्प्रिंग से भारित होते है, इसलिए इन स्विचों की मरम्मत के लिए अनुभव हीन व्यक्तियों द्वारा इन्हें नही खोलना चाहिए।

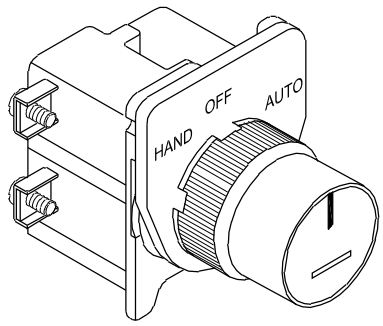
निम्नानुसार इन रोटरी स्विचों को वर्गीकृत किया जाता है

- पोल
- फंक्शन
- पोजीशन
- आरोहण प्रकार
- हैण्डल का डिजाईन और
- परिचालन की आवृत्ति

पोल (Poles): स्वतंत्र सम्पर्क टर्मिनल व परिचालन की संख्या के अनुसार ये 2-पोल (एक फेज सन्दर्भ Fig 1) और 3-पोल (3-फेज, सन्दर्भ Fig 2) स्विच होते है।

कार्य (Function): कैम और कॉन्टैक्ट ब्लॉक के संयोजन पर निर्भर करते हुए रोटरी स्विच अनेक कार्य कर सकती है। इनके अनुसार ये निम्न प्रकार का सूत्र हो सकती है।

Fig 1



250 V AC 15 AMPS 2-POLE THREE POSITION
FLUSH MOUNTING COIN-SLOT OPERATOR

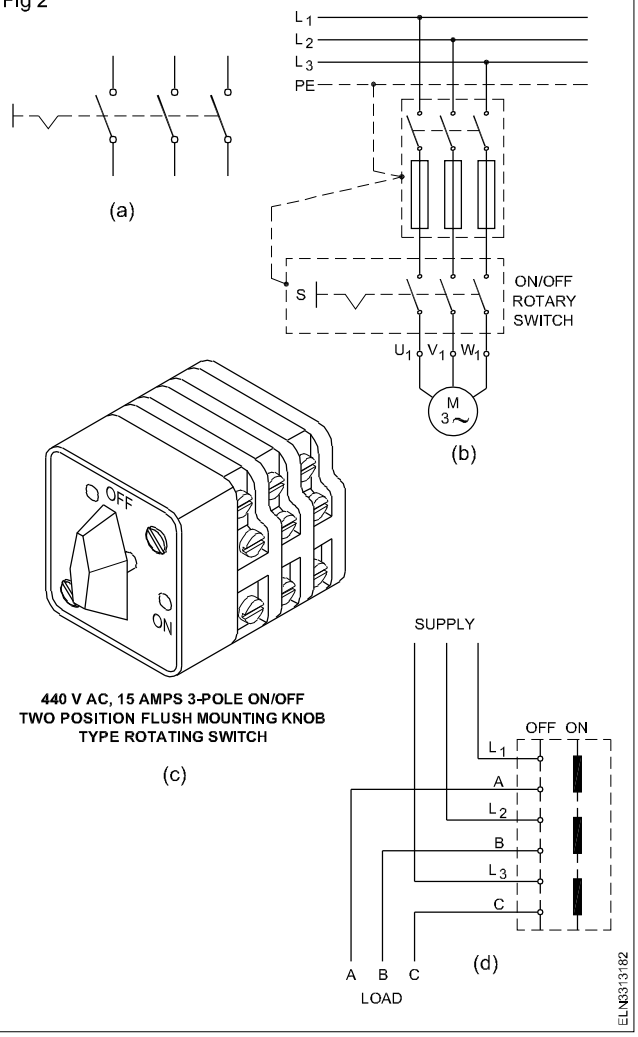
ELN3313181

- ON/OFF स्विच (Fig 2)
- मैनुअली फारवर्ड/रिवर्सिंग स्विच (Fig 3)
- मैनुअल स्टार-डेल्टा स्विच (Fig 4)
- गति नियंत्रण के लिए पोल पवितीत स्विच (Fig 5)

उपरोक्त वोल्टमीटर/एमीटर सैलेक्टर के अतिरिक्त, 4-स्थिति वातानुकुलित स्विच भी उपलब्ध है।

स्थिति (Position): रोटरी प्रकार के सेलैक्टर स्विच दो (Fig 2) तीन (Figs 1, 3 and 4) और चार स्थितियों में उपलब्ध है। ये (क्षणिक) स्प्रिंग रिटर्न व बनाए रखे हुए कंट्रोल ऑपरेशन उपलब्ध कराते है। दो स्थिति व तीन स्थिति स्विच या तो बने रहते है या स्प्रिंग रिटर्न प्रकार की हो सकती है जबकि चार स्थिति वाले स्विच सभी चारों अवस्थाओं में बने रहते है।

Fig 2



आरोहण प्रकार (Mounting type): निम्नलिखित आरोहरण प्रकार मे से हम किसी एक को आवश्यकता अनुसार चुन सकते है।

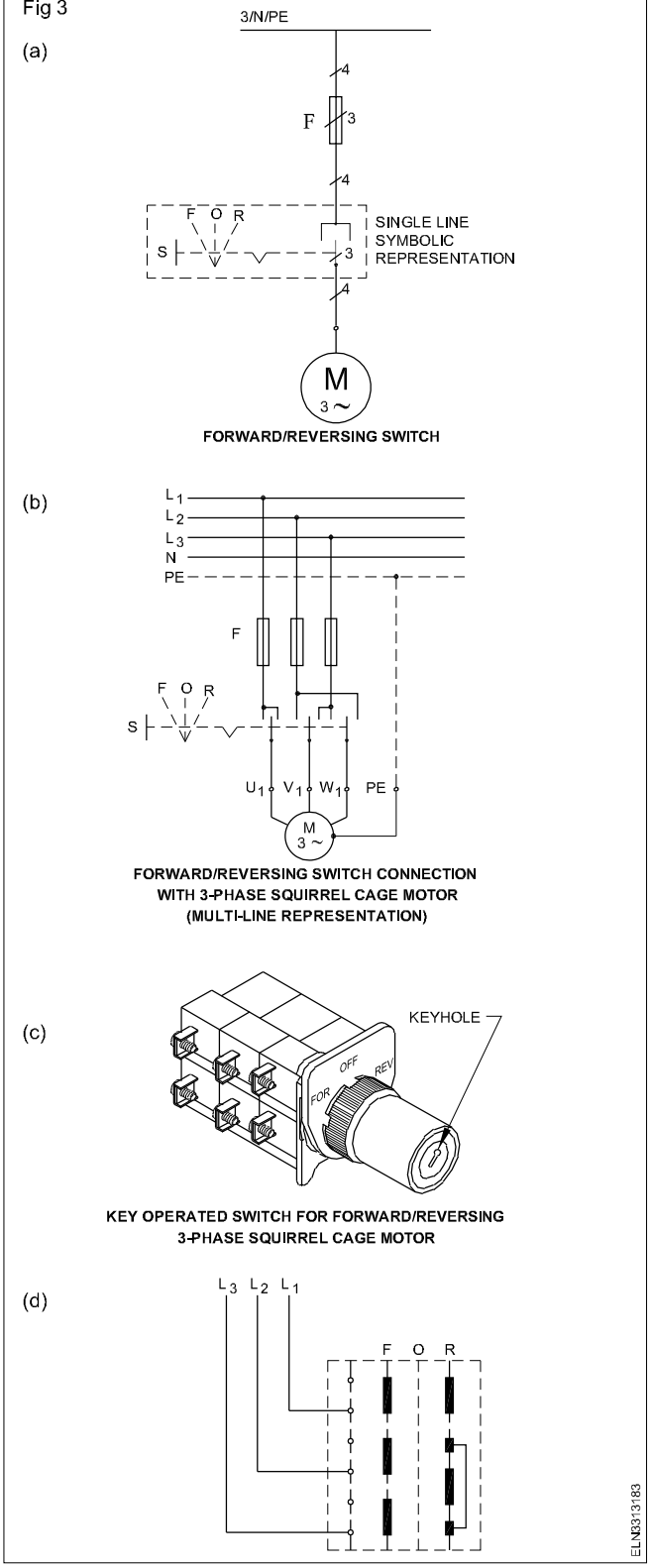
- सतही आरोहण प्रकार (Surface mounting type)
- फ्लश आरोहण प्रकार (Flush mounting type) (Fig 1)
- बॉक्स आरोहण प्रकार (Box mounting type) (Fig 4)

हैण्डल का डिजाइन (Handle design): परिचालन प्रकृति के अनुसार इसे निम्नलिखित द्वारा किया जा सकता है

- नॉब (Fig 2c)
- लीवर (Fig 5d)
- सिक्के का खांचा (Fig 1)
- चाबी परिचालन (Fig 3c)

परिचालन आवृत्ति (Frequency of operation): इन स्विचों का प्रति घण्टा प्रचालन की संख्या को B.I.S. 10118 (Part II) 1982 में निर्दिष्ट किया गया है। नीचे दी गई जानकारी को B.I.S. के सन्दर्भ से लिया गया है।

Fig 3



क्र. सं.	विवरण	प्रति घण्टा प्रचालन
1	ऑन-ऑफ और सैलेक्टर पद्धति	150 बार तक
2	पोल परिवर्ती स्विच	150 बार तक
3	मैनुअल स्टार-डेल्टा स्विच	30 बार तक
4	गति नियंत्रण स्विच	150 बार तक

विशिष्टताएं (Specification): बाजार से उपलब्ध करने के लिए रोटरी स्विच की विशिष्टताएं निम्नलिखित सूचना देती है।

- कार्यकारी वोल्टता और प्रचालन का प्रकार - AC अथवा DC
- लोड धारा
- पोल
- फंक्शन
- ऑपरेशन की स्थिति
- आरोहण का प्रकार
- वांछित हैण्डल का प्रकार
- प्रचालन की आवृत्ति
- स्वीकार्य अधिकतम माप
- आवरण का प्रकार

रोटरी स्विचों का schematic आरेख (Schematic diagram of rotary switches)

ऑन/ऑफ स्विच (ON/OFF switch): ये स्विच 3-फेज गिलहरी पिंजरा मोटर को डायरेक्ट स्टार्ट करने के लिए उपयोग किये जाते है, जिसे Fig 2a में संकेतात्मक रूप में दर्शाया गया है। Fig 2b और Fig 2c में पूर्ण संयोजन आरेखा दिखाया गया है। इन चित्रों में इस प्रकार के स्विच का सामान्य प्रदर्शित आकार है, के साथ नॉब प्रकार हैण्डल है जो एक आरोहरण प्रकार की काय के साथ है।

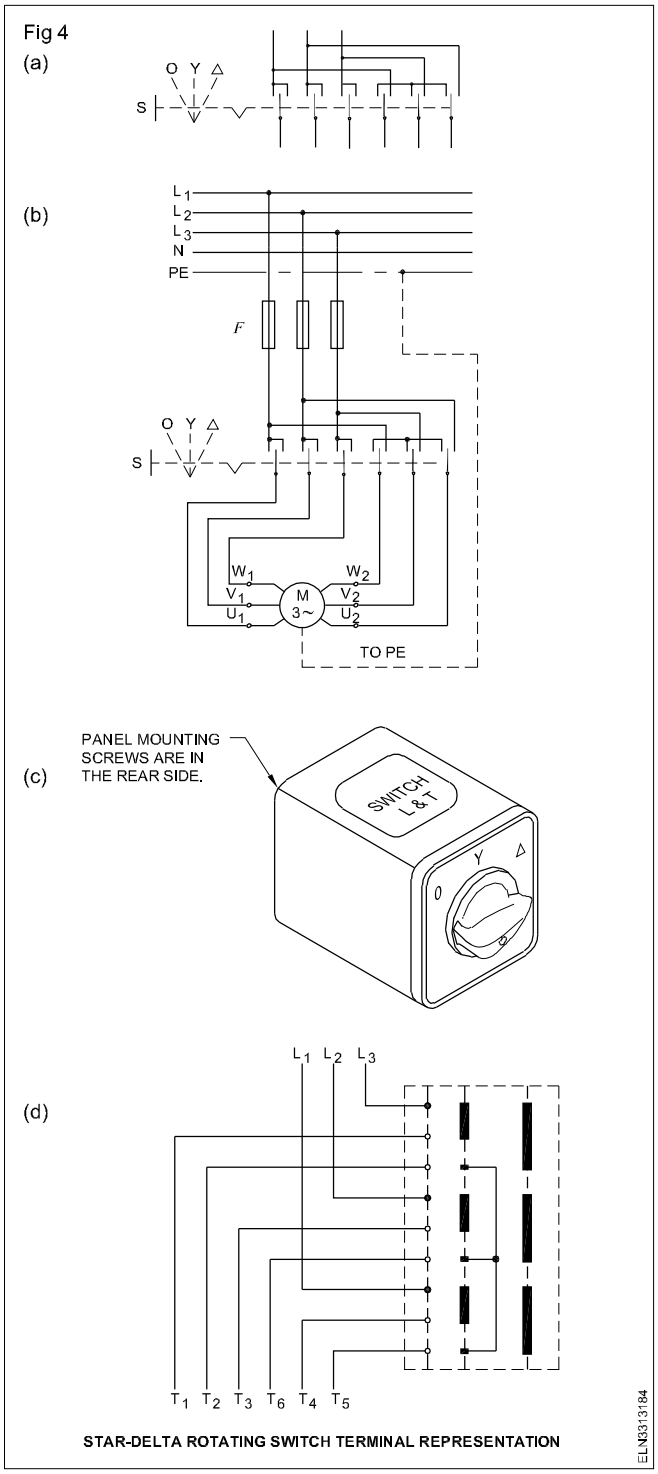
Fig 2d में ऑन/आफ स्विच को निर्माता के सूची पत्र (catalogue) के अनुसार दर्शाया गया है।

मैनुअल फारवर्ड/रिवर्सिंग स्विच (Manual forward/reversing switch): ये स्विच गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर को सीधी व ऊल्टी दिशा में चलाने के परिचालन में उपयोग किये जाते है। Fig 3a में इसे लाक्षणिक संकेत रूप में प्रदर्शित किया गया है। Fig 3b और Fig 3c में इस प्रकार के स्विच का समान्य रूप दिखाया गया है जो कि चाबी द्वारा परिचालित प्रकार का स्विच है, यह बॉक्स प्रकार आरोहण द्वारा आवेशित है।

Fig 3d निर्माता को केटेलॉग प्रदर्शन है जिसमें फारवर्ड/रिवर्सिंग रोटरी प्रकार का स्विच है।

मैनुअल स्टार डेल्टा स्टार्टर स्विच (Manual star-delta starter switch): इन स्विचों का उपयोग 3-फेज गिलहरी पिंजरा मोटर को स्टार में आरम्भ करने व डेल्टा स्थिति में चालू रखने के लिए किया जाता है।

Fig 4a में स्टार डेल्टा मैनुअल स्विच का लाक्षणिक संकेत दर्शाया गया है। Fig 4b में 3-फेज प्रेरण मोटर का सम्पूर्ण संयोजन आरेख दर्शाया गया है और Fig 4c मे इस प्रकार के स्टार्टर स्विच का सामान्य रूप दिखाया गया है जो कि एक बॉक्स प्रकार की काय में नॉब द्वारा परिचालित है। Fig 4d में निर्माता के सूची पत्र द्वारा प्रदर्शित मैनुअल स्टार-डेल्टा रोटरी स्विच को दिखाया गया है।



ध्रूव-परिवर्तित रोटरी स्विच (Pole-changing rotary switch): इस का उपयोग तीन फेज गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर की गति बदलने के लिए किया जाता है। इसमें गति का परिवर्तन एक गति से दूसरी गति मे करने के लिए या तो दो पृथक वाइंडिंग या श्रेणी में जुड़ी छः वाइन्डिंग की सहायता से किया जाता है। इन वाइन्डिंग मे श्रेणी डेल्टा (निम्न चाल) या समानांतर स्टार (उच्च चाल) के लिए प्रबन्ध किया हुआ होता है। (Fig 5)

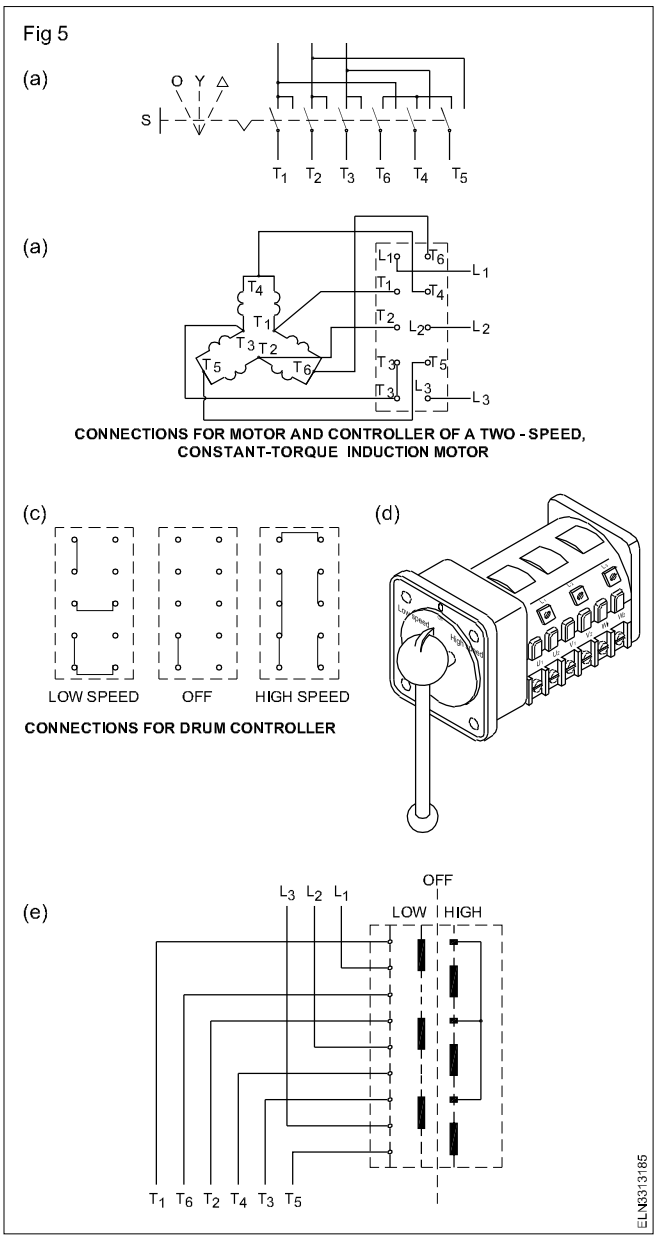


Fig 5a में ध्रुव परिवर्तित रोटरी स्विच का लाक्षणिक प्रदर्शन है। Figs 5b और 5c मोटर संयोजन के साथ ध्रुव परिवर्तन स्विच का सम्पूर्ण आरेख दिखाया गया है और Fig 5d में इस प्रकार के स्विच का लीवर के साथ परिचालन का सामान्य प्रदर्शन दिखाया गया है।

Fig 5e में निर्माता केटेलॉग का प्रदर्शन दिखाया गया है जिसमें पोल परिवर्ती रोटरी स्विच को Figs 5a,b और c में दिखाया गया है।

हस्त-प्रचालित स्टार-डेल्टा स्टार्टर (Manual star-delta starter)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **3-फेज गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर के लिए स्टार डेल्टा स्टार्टर की आवश्यकता बताना**
- **स्टार डेल्टा स्विच व स्टार्टर की संरचना, संयोजन व कार्य प्रणाली का वर्णन करना**
- **मोटर सर्किट में फ्यूज की बैक-अप क्षमता की विशिष्टता बताना।**

3-फेज गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर के लिए स्टार डेल्टा स्टार्टर की आवश्यकता (Necessity of star-delta starter for 3-phase squirrel cage motor): यदि 3-फेज गिलहरी पिंजरा मोटर को सीधा स्टार्ट किया जाये तो यह कुछ सैकिण्ड तक अपनी पूर्णलोड धारा से 5-6 गुणा अधिक करंट लेती है और जब मोटर अपनी सामान्य मान की गति प्राप्त कर लेती है तब धारा सामान्य मान तक कम हो जाती है। चूंकि मोटर की संरचना रूक्ष (rugged) प्रकार की होती है और आरम्भन धारा कुछ सैकण्ड तक रहती है, इसलिए इस उच्च धारा के कारण गिलहरी पिंजरा मोटर क्षतिग्रस्त नही होती।

फिर भी उच्च क्षमता की मोटरों में प्रारम्भिक धारा पावर लाइन में बहूत अधिक उतार-चढाव उत्पन्न करगी और अन्य लोड में विघन (disturb) पैदा करेगी। दूसरी और पावर लाइन से जुड़ी गिलहरी पिंजरा मोटरों को एक साथ स्टार्ट किया जाये तो ये पावर लाइन, ट्रांसफार्मर और यहाँ तक कि आल्टरनाटरों को भी क्षणिक रूप में ओवर लोड कर देगी।

इन कारणों की वजह से गिलहरी पिंजरा मोटर को स्टार्ट करते समय प्रदाय वोल्टेज को कम करने की आवश्यकता होती है और मोटर जब अपनी गति प्राप्त कर लेती है तब सामान्य वोल्टेज देनी पड़ती है।

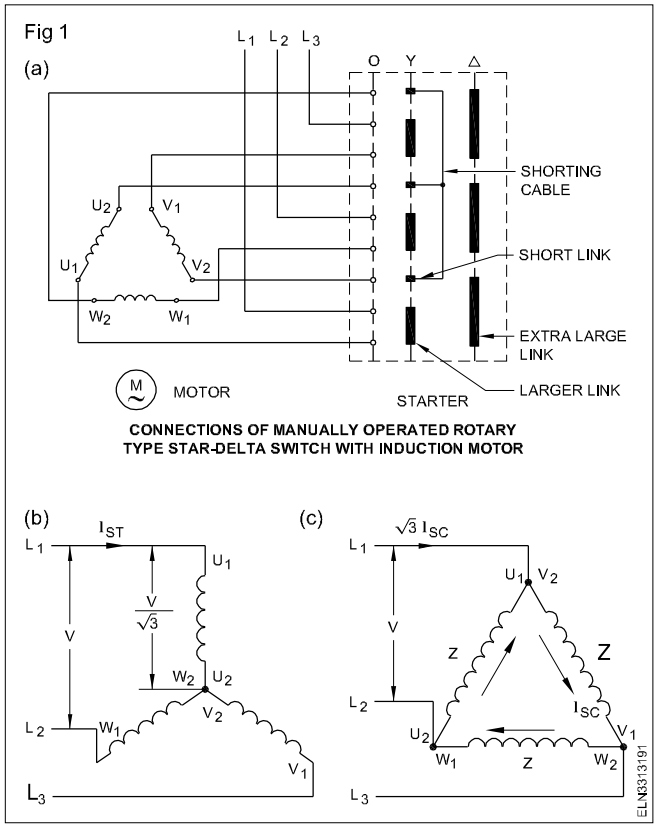
प्रारम्भन के समय गिलहरी पिंजरा मोटरों मे प्रदाय वोल्टेज कम करने के लिए निम्नलिखित विधियाँ है।

- स्टार डेल्टा स्विच व स्टार्टर
- ऑटो ट्रांसफार्मर स्टार्टर
- स्टैप डाउन ट्रांसफार्मर स्टार्टर

स्टार-डेल्टा स्विच (star-delta starter): स्टार डेल्टा स्विच एक कैम स्विच की सरल व्यवस्था है जिसमें कोई अतिरिक्त सुरक्षात्मक युक्ति जैसे ओवरलोड याअण्डर वोल्टेज रिले नहीं होती, केवल फ्यूज परिपथ में फ्यूज सुरक्षा होती है। जबकि स्टार डेल्टा स्टार्टर मे फ्यूज सुरक्षा के अतिरिक्त ओवरलोड रिले और अण्डर वोल्टेज सुरक्षा होती है। स्टार डेल्टा स्टार्टर/स्विच में आरम्भन के समय गिलहरी पिंजरा मोटर में संयोजित होती है जिससे केज वोल्टेज लाइन वोल्टेज से $1/\sqrt{3}$ गुणा कम हो जाती है, और जब मोटर अपनी गति पकड़ती है, तो वाइंडिंग डेल्टा में जुड़ जाती है। स्टार डेल्टा स्टार्टर/स्विच को 3-फेज गिलहरी पिंजरा मोटर से संयोजित करने के लिए तीन केज वाइंडिंग के सभी छः टर्मिनल उपलब्ध होने चाहिए।

जैसा कि Fig 1a, में दर्शाया गया है स्टार डेल्टा स्विच संयोजन गिलहरी पिंजरा मोटर की 3 वाइंडिंग को स्टार में और फिर डेल्टा में संयोजित करने में सक्षम है। स्टार स्थिति में लाइन प्रदाय L_1, L_2 और L_3 वाइन्डिंग के शुरू के सिरों क्रमशः U_1, W_1 और V_1 के साथ बड़े लिंक के साथ जुड़ते है। लघु लिंक जैसे V_2 U_2 और W_2 से जुड़े है जो लघु पथित केबल से लघुपथित shorted होते है और स्टार बिन्दू बनाते हैं। यह संयोजन schematic आरेख (Fig 1b) में दर्शाये गये है।

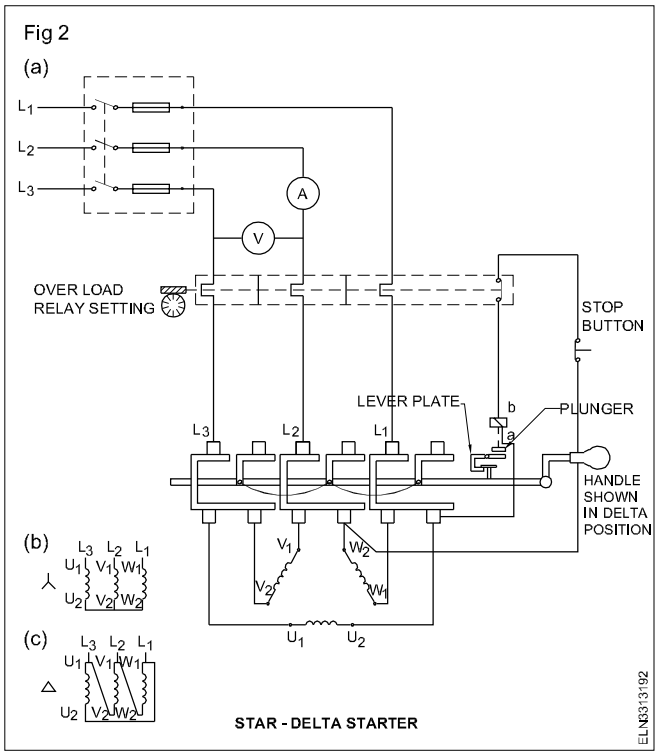
जब स्विच हैण्डल को डेल्टा स्थिति में बदला जाता है तब लाइन प्रदाय L_1, L_2 और L_3 क्रमशः U_1 V_2, W_1 U_2 और V_1 W_2 टर्मिनलों से संयोजित होती है जो अतिरिक्त बडे लिंक से डेल्टा संयोजन बनाते है। (Fig 1c)



हस्त-प्रचालित स्टार-डेल्टा स्टार्टर (Manual star-delta starter): Fig 2 में एक परम्परागत मैनुअल स्टार डेल्टा स्टार्टर दिखाया गया है जैसा कि इन्सुलेटिड हैण्डल स्प्रिंग द्वारा भारित है, यह जब तक नो वोल्ट क्वाइल ऊर्जित नही होती है तब तक यह हैण्डल को किसी भी स्थिति से ऑफ स्थिति मे रखता है। जब U_2 व W_2 से प्रदाय ले कर होल्ड ऑन क्वाइल सर्किट पूरा होता है तो कुण्डली ऊर्जित हो जाती है और प्लंजर को पकड़ लेती है और इस स्थिति में हैण्डल लीवर प्लेट यन्त्रावली द्वारा स्प्रिंग तनाव की विपरीत डेल्टा स्थिति मे रूका रहता है। जब होल्ड ऑन क्वाइल ऊर्जा हीन होती है प्लंजर गिर जाता है और लीवर प्लेट यन्त्रावली इस प्रकार परिचालित होती है कि यह हैण्डल को ऑफ स्थिति की ओर फैंक देती है जो स्प्रिंग तनाव के कारण होता है। हैण्डल के साथ एक यन्त्रावली होती है। (Fig में दिखाई नही गई है) जो ऑपरेटर को प्रथम बार मे हैण्डल को डेल्टा स्थिति में करने से असम्भव बना देती है। यह तभी होगा जब हैण्डल को प्रथम स्थिति में स्टार स्थिति में लाया जाये, और जब मोटर गति प्राप्त कर लेती है तो हैण्डल डेल्टा स्थिति में धकेला जाता है।

हैण्डल के साथ चल संपर्क टुकडे होते है जो आपस में व हैण्डल से इन्सुलेटिड होते है। जब हैण्डल को स्टार स्थिति में फेंका जाता है तो चल सम्पर्क टुकडे प्रदाय लाइन L_1, L_2 और L_3 को क्रमशः 3-फेज वाइंडिंग के शुरू के सिरे W_1, V_1 व U1 से जोड देते है। इसी समय छोटे चल भाग V_2, W_2 व U_2 से जुड़ जाते है जो लघुपथित केबल से जुडे होते है ये स्टार बिन्दु बनाते है। (Fig 2b)

जब हैण्डल डेल्टा स्थिति की ओर फेंका जाता है तो बडे चल भाग के सिरे मुख्य प्रदाय लाइन L_1, L_2 व L_3 से जुड़ जाते है जो क्रमशः वाइन्डिंग टर्मिनल W_1U_2, V_1W_2 और U_1V_2 को जोड़ कर डेल्टा संयोजन बनाते है।(Fig 2c)



इन्सुलेटिड रॉड के वर्म गियर यन्त्रावली द्वारा ओवर लोड रिले की करंट सेटिंग का समायोजन किया जाता है। जब लोड धारा निर्धारित मान से अधिक होती है तो रिले के हीटर एलीमेन्ट मे ऊष्मा उत्पन्न होती है जो रॉड को दबाकर होल्ड ऑनक्वाइल का सर्किट खोल देती है, इस प्रकार क्वाइल ऊर्जा हीन हो जाती है और स्प्रिंग तनाव के कारण हैण्डल ऑफ स्थिति में वापिस आ जाती है।

बैक-अप फ्यूज सुरक्षा (Back-up fuse protection): लघु पथन से बचने के लिए स्टार डेल्टा स्टार्टर मोटर सर्किट में फ्यूज सुरक्षा आवश्यक है। सामान्य व्यवहार के नियम अनुसार 415V, 3-फेज गिलहरी पिंजरा मोटरें अपनी H.P. क्षमता से पूर्ण लोड का 1.5 गुणा करंट लेती है। उदहारण के लिए एक 10 HP 3-फेज 415V मोटर का पूर्ण लोड करंट लगभग 15 एम्पियर होता है।

बार बार फ्यूज के पिघलने को रोकने के लिए और उचित सुरक्षा के लिए फ्यूज तार की क्षमता मोटर के पूर्ण लोड करंट क्षमता से 1.5 गुणा होनी चाहिए। इस प्रकार 10 HP, 15 एम्पियर पूर्ण लोड करंट लेती है, की फ्यूज क्षमता 23 एम्पियर होगी या 25 एम्पियर कहलायेगी।

स्टार और डेल्टा संबंधों की सघन तुलना (Comparison of impact of star and delta connections) बैक-अप फ्यूज सुरक्षा (Back-up fuse protection): लघु पथन से बचने के लिए स्टार डेल्टा स्टार्टर मोटर सर्किट में फ्यूज सुरक्षा आवश्यक है। सामान्य व्यवहार के नियम अनुसार 415V, 3-फेज गिलहरी पिंजरा मोटरें अपनी H.P. क्षमता से पूर्ण लोड का 1.5 गुणा करंट लेती है। उदहारण के लिए एक 10 HP 3-फेज 415V मोटर का पूर्ण लोड करंट लगभग 15 एम्पियर होता है।

बार बार फ्यूज के पिघलने को रोकने के लिए और उचित सुरक्षा के लिए फ्यूज तार की क्षमता मोटर के पूर्ण लोड करंट क्षमता से 1.5 गुणा होनी चाहिए। इस प्रकार 10 HP, 15 एम्पियर पूर्ण लोड करंट लेती है, की फ्यूज क्षमता 23 एम्पियर होगी या 25 एम्पियर कहलायेगी।

प्रेरण मोटर की आरम्भन धारा और बलघूर्ण की स्टार-डेल्टा संयोजन के संघट की तुलना (Comparison of impact of star and delta connections on starting current and torque of the induction motor): गिलहरी पिंजरा मोटर की तीन फेज कुण्डलें, स्टार्टर द्वारा स्टार में संयोजित होती है, प्रत्येक वाइंडिंग के पार्श्व में फेज वोल्टता लाईन वोल्टता की $1/\sqrt{3}$ या (58%), हो जाती है, और इस कारण आरम्भन धारा 1/3 गुणा कम हो जाती है यह उस धारा का 1/3 वां भाग है जब मोटर को सीधा डेल्टा में जोड़ा जाये। आरम्भन धारा का इस प्रकार कम होने से आरम्भिक बलघूर्ण (starting torque) भी 1/3 गुणा कम हो जाता है यह 1/3 वां भाग उस आरम्भिक टार्क का है जब मोटर को सीधा डेल्टा मे प्रारम्भ किया जाता ।

उपरोक्त कथन को निम्न उदाहरण से वर्णन समझा जा सकता है।

उदाहरण

एक गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर की तीन समान कुण्डलियाँ प्रत्येक 20 ओह्म और प्रारम्भिक प्रतिघात15 ओह्म है, ये (a) स्टार (b) डेल्टा में स्टार डेल्टा स्टार्टर द्वारा 3-फेज 400V 50 Hz प्रदाय मुख्य से संयोजित की गई।

प्रत्येक स्थिति में लाइन करंट व खर्च की गई शक्ति की गणना कीजिए। प्रत्येक स्थिति में विकसित बलघूर्ण की तुलना कीजिए।

हल

प्रति फेज प्रतिबाधा

$$Z_{ph} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$= \sqrt{20^2 + 15^2}$$

स्टार संयोजन में

$$E_{Ph} = \frac{E_L}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 231 \text{ volts}$$

$$I_{Ph} = \frac{E_{ph}}{Z_{ph}} = \frac{231}{25} = 9.24 \text{amps}$$

$$I_L = I_{sh} = 9.24 \text{amps.}$$

खर्च हुई शक्ति = $\sqrt{3}\, E_L\, I_L \cos\theta$

$= \sqrt{3}$ x 400 x 9.24 x 1

Assuming PF = 1, we have = 6401 watts.

डेल्टा संयोजन में

$E_{ph} = E_L = 400V$

$I_{Ph} = \frac{E_{ph}}{Z_{ph}} = \frac{400}{25} = 16A$

$I_L = \sqrt{3}\ I_{ph} = 1.732 \times 16 = 27.7\ A$

खर्च हुई शक्ति = $\sqrt{3}\ E_L I_L \cos\theta$

(assume PF = 1)

$= \sqrt{3} \times 400 \times 27.7 \times 1$

$= 19190\ W.$

विकसित होनेवाला बलघूर्ण वाइंडिंग के पार्श्व में आरोपित वोल्टेज के वर्ग के समानुपाती होता है।

स्टार स्थिति में, वाइंडिंग के पार्श्व में वोल्टता E_{ph}

$E_{ph} = \frac{E_L}{\sqrt{3}}$

$= \frac{E^2_L}{\sqrt{3}} K$ in star

डेल्टा स्थिति में वाइंडिंग केपार्श्व में वोल्टता E_{ph}

$E_{ph} = E_L.$

अतः बलघूर्ण

$(E_L)^2 K = E^2_L K.$

तुलना करने पर स्टार संयोजन में विकसित होने वाला बलघूर्ण प्रारम्भन के समय, रनिंग में डेल्टा संयोजन की अपेक्षा 1/3 गुणा कम होता है।

स्टार संयोजन के कारण आरम्भन में बलघूर्ण 3 गुणा कम होता है, यदि इस प्रकार की मोटर को हेवी लोड के साथ आरम्भ किया जाये तो स्टार डेल्टा स्टार्टर का उपयोग नहीं किया जाता है। इसकी अपेक्षा ऑटो-ट्रांसफार्मर या स्टैप-डाउन ट्रांसफार्मर स्टार्टर का उपयोग होना चाहिए। चूंकि इन स्टार्टर मेंवोल्टता टेपिंग लाइन वोल्टता का 58% से अधिक ले सकते है जो बलघूर्ण की आवश्यकता के लिए उपयुक्त रहती है।

सेमी-ऑटोमैटिक स्टार-डेल्टा स्टार्टर (Semi-automatic star-delta starter)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **सेमी-ऑटोमैटिक स्टार डेल्टा स्टार्टर की वायरिंग का वर्णन करना**
- **सेमी-ऑटोमैटिक स्टार डेल्टर स्टार्टर के परिचालन की व्याख्या करना।**

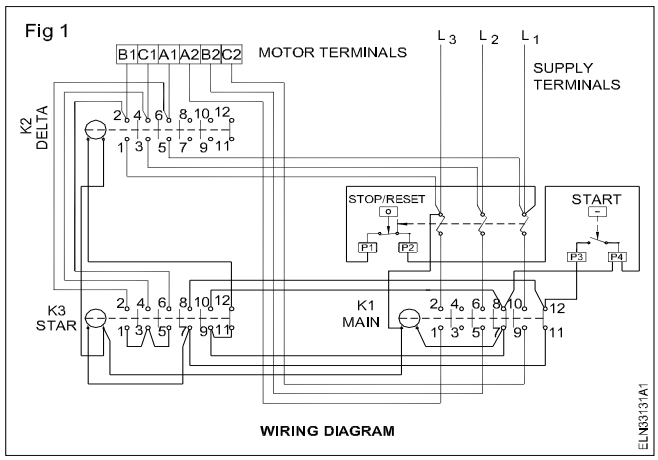
मानक गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर जिसकी तीनों वाइन्डिंग में प्रत्येक के दोनो सिरे (छः टर्मिनल) बाहर निकले होते है, स्टार डेल्टा मोटरें कहलाती है। यदि आवश्यक संख्या व उचित प्रकार से वायरिंग युक्त कॉन्टैक्टर स्टार्टर उपयोग किया जाये तो मोटर को स्टार में आरम्भ करके डेल्टा में चालू रख सकते है।

मैनुअल स्टार डेल्टा स्टार्टर के उचित उपयोग के लिए व रखरखाव के लिए विशेष कौशल की जरूरत पड़ती है । मैनुअल लीव को धीमा ऑपरेट करने से कई बार चल व स्थिर सम्पर्क, मैनुअल स्टार डेल्टा स्टार्टर में क्षतिग्रस्त हो जाते है।

मुख्य लाइन के साथ संयोजन बनाने व विच्छेदन के लिए कॉन्टैक्टरों का उपयोग किया जाता है। Fig 1 में वायरिंग आरेख व Fig 2 पावर सर्किट व कंट्रोल सर्किट का लाइन आरेख दर्शा रहे है।

परिचालक **Operation:** Fig 2 में पावर सर्किट औरकंट्रोल सर्किट को ध्यान से देखें। जब स्टार्ट बटन S_2 को दबाते है तो कॉटैक्टर K_3 की क्वाइल P_4, P_3 के माध्यम से व नारमली क्लोज्ड कॉन्टैक्ट K_1 के 12 व 11 के माध्यम

Fig 1



से ऊर्जित हो जाती है। जब कॉन्टैक्टर K_3 का सर्किट क्लोज्ड होता है तो इसके एग्लीलरी सम्पर्क K_3 ,11 व 12 के बीच नारमली क्लोज्ड से खुल जाते है व K_3 के सम्पर्क 10 व 9 के बीच निर्मित हो जाते है। मुख्य कॉन्टैक्टर K_1 बिन्दू P_4 K_3 के 10 व 9 के माध्यम से ऊर्जित हो जाता है। जब एक बार कॉन्टैक्टर K_1 ऊर्जित हो जाता है तो K_1 के नो सम्पर्क, बिन्दु 8 व 7 एग्लीलरी सम्पर्क K_3 के 10 व 9 टर्मिनल के समानांतर में स्थापित हो जाते है।

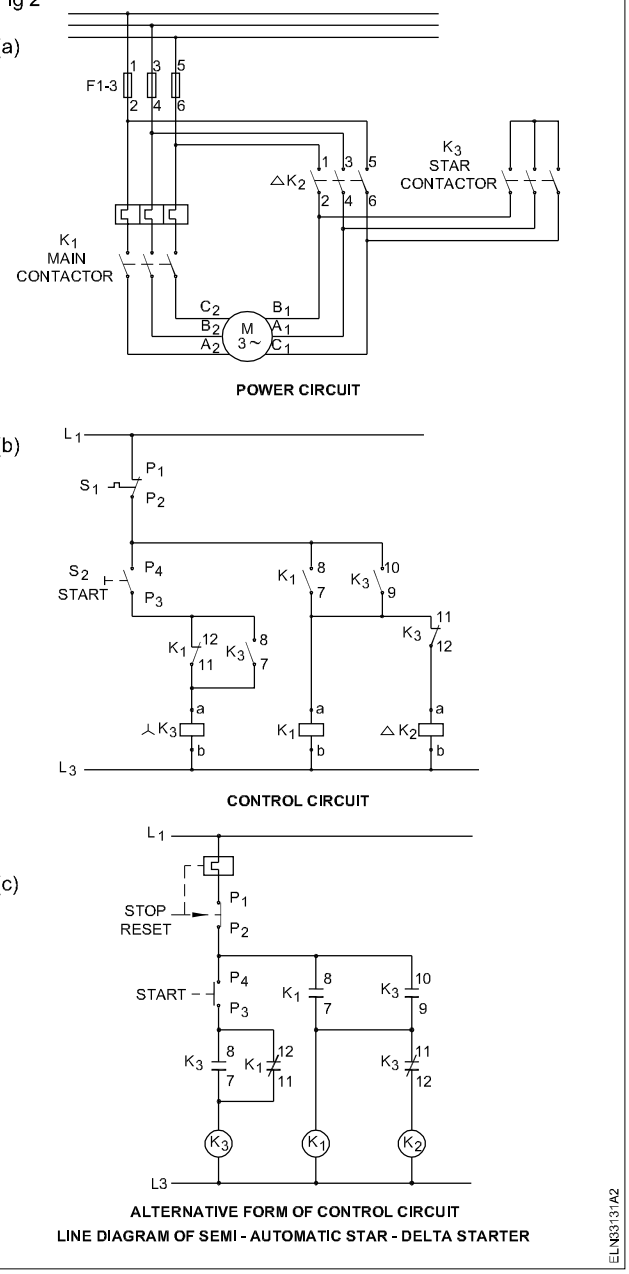
जब तक स्टार्ट बटन को दबाये रखेंगे तब तक स्टार कॉन्टैक्टर K_3 ऊर्जित रहेगा। एक बार स्टार्ट बटन को छोड़ देने से K_3 की कुण्डली ऊर्जा हीन हो जायेगी। K_3 सम्पर्क परिचालित नही हो सकता क्योंकि नारमली क्लोज्ड कॉन्टैक्ट टर्मिनल 12 व 11 बीच इलैक्ट्रिकल इन्टरलॉक है।

जब कॉन्टैक्टर K_3 ऊर्जा हीन हो जाता है तो सम्पर्क K_3 टर्मिनल 11 व 12 के बीच नारमली क्लोज्ड रूप में स्थापित होता है और कॉन्टेक्टर K_2 - की कुण्डली परिपथ भी स्थापित हो जाता है। डेल्टा कॉन्टैक्टर K_2 क्लोज हो जाता है।

प्रेरण मोटर के संतोषजनक आरम्भन औरचलने के लिए ऑपरेटर को मोटर के आरम्भ और तुल्यकालिक गति के 70% तक पहुँचने तक अवलोकन करना चाहिए।

Fig 2(c) में कंट्रोल सर्किट को बताने के लिए विकल्प दिया गया है।

Fig 2



स्वचालित स्टार-डेल्टा स्टार्टर (Automatic star-delta starter)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **स्वचालित स्टार-डेल्टा स्टार्टर व ओवर लोड रिले की सेटिंग के अनुप्रयोगों को बताना**
- **स्वचालित स्टार-डेल्टा स्टार्टर के परिचालन का वर्णन करना।**

अनुप्रयोग (Applications) : स्टार डेल्टा मोटरे प्राथमिक रूप से बड़े केन्द्रीय वातानुकुलित इकाई को चलाने वाले अपकेन्द्री चिलर (entrifugal chillers) पंखे, बलोअर व पम्प का चलाने के लिए उपयोग में लाई जाती है, और ऐसी परिस्थिति जहाँ पर कम प्रारम्भन बलघूर्ण की आवश्यकता पड़ती है। जहाँ पर कम आरम्भन धारा चाहिए वहाँ परभी स्टार डेल्टा संयोजित मोटरें उपयोग में लाई जाती है।

स्टार डेल्टा मोटरों में सारी वाइंडिंग उपयोग होती है और प्रतिरोधक या ऑटो ट्रांसफार्मर जैसे नियन्त्रक युक्तियाँ नही होते है। स्टार-डेल्टा मोटरें इस प्रकार के लोडों पर अधिक की जाती है जहाँ पर उच्च जडत्व और लम्बी त्वरण अवधि होती है।

ओवरलोड रिले की सेटिंग (Overload relay settings) : स्टार डेल्टा स्टार्टर में तीन अधिलोड रिले उपलब्ध रहते है। ये रिले इसलिए लगाई जाती है कि ये मोटर वाइन्डिंग धारा को वहन कर सके। इसका अर्थ यह है कि रिले यूनिट का चयन इस प्रकार होता है कि यह वाइन्डिंग धारा वहन कर सके, और न कि डेल्टा संयोजित पूर्ण लोड धारा। मोटर पर अंकित नेम प्लेट में डेल्टा संयोजित पूर्ण लोड धारा होती है, वाइन्डिंग धारा ज्ञात करने के लिए इसे 1.73 से भाग दें। इस वाइन्डिंग धारा को आधार बना कर मोटर वाइन्डिंग सुरक्षा रिले की सेटिंग व चयन करना चाहिए।

परिचालन (Operation) : Fig 1 में स्वचालित स्टार डेल्टा स्टार्टर का पावर व कन्ट्रोल सर्किट का लाइन आरेख दिखाया गया है। स्टार्ट बटन S- को दबाने से स्टार कान्टैक्टर K_3 ऊर्जित हो जाता है (करंट K_4T NC के टर्मिनल 15 & 16 और K_2 और NC टर्मिनल 11 & 12 के माध्यम से प्रवाहित होती है।) एक बार K_3 के ऊर्जित होने K_3 के NO कॉन्टैक्ट बन्द हो जाते है। (टर्मिनल 23 & 24) और कॉन्टैक्टर K_1 को बन्द करने के लिए धारा के लिए मार्ग प्रदान करते है। K_1 के बन्द होने पर स्टार्ट बटन के समानांतर में लगे K_1 के NO टर्मिनल्स 23 & 24 के द्वारा मार्ग स्थापित हो जाता है।

Fig 1

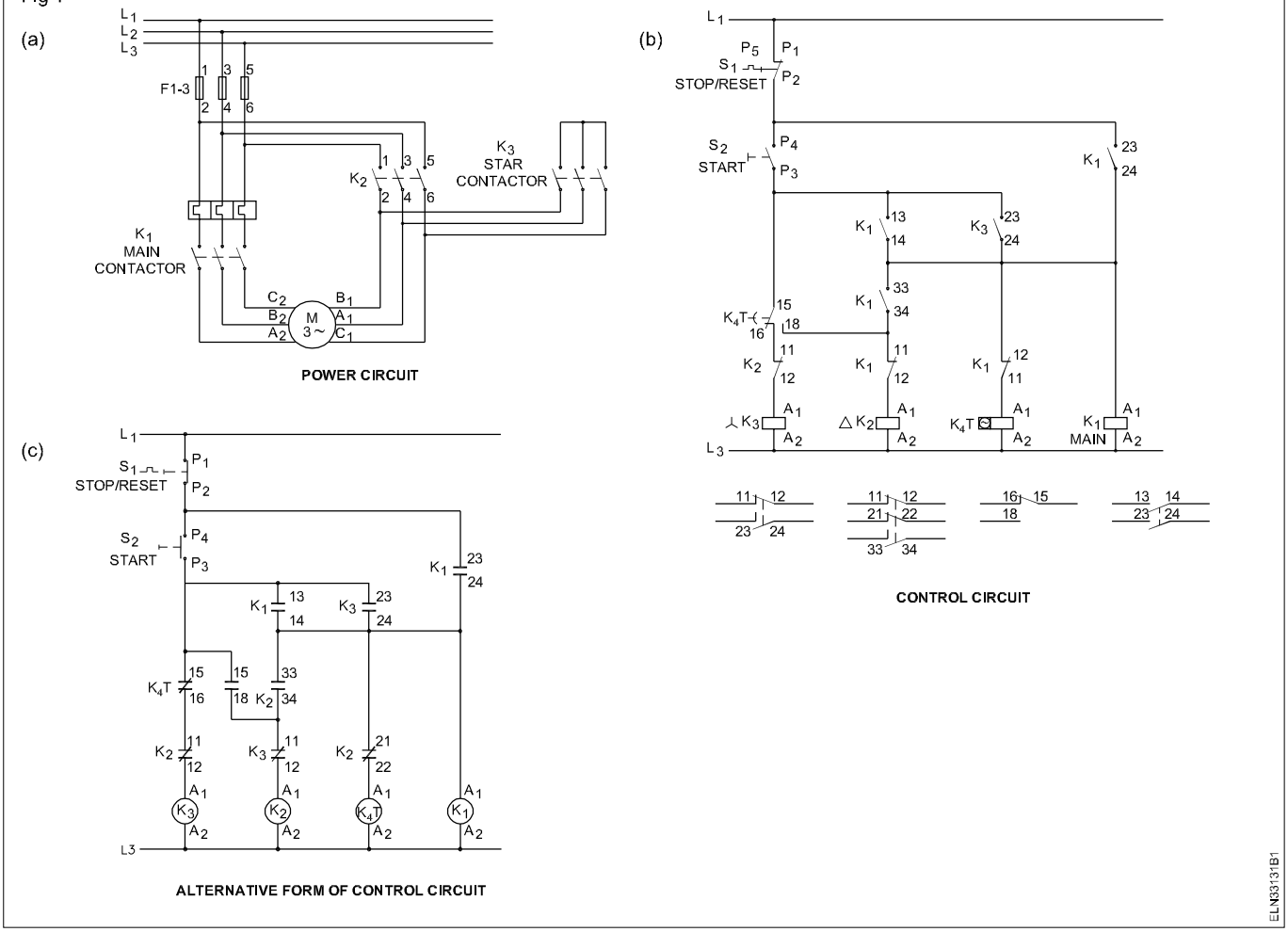


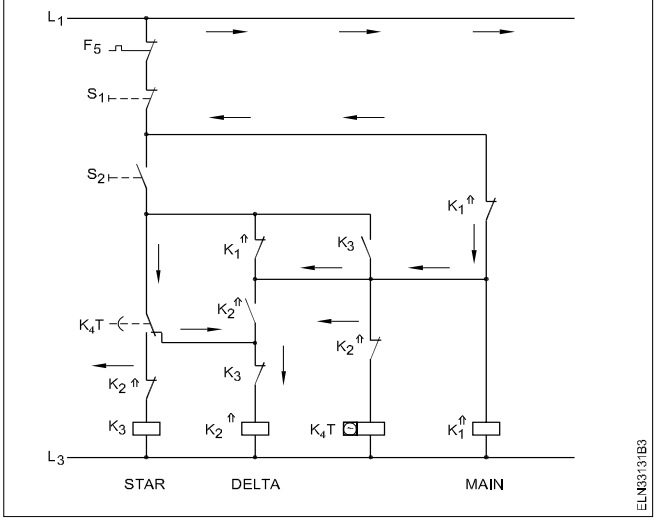
Fig 2 में उपरोक्त वर्णन अनुसार धारा की दिशा व कॉन्टैक्ट के बन्द होने का वर्णन दर्शाया गया है।

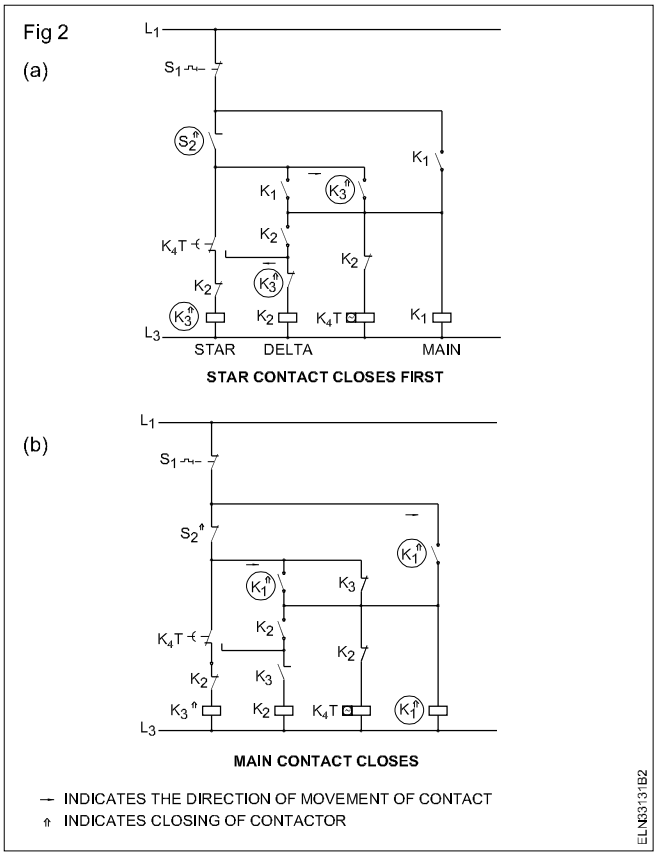
इसी प्रकार Fig 3 में टाइमर रिले द्वारा परिचालित कॉन्टैक्ट K_4T की क्रिया दर्शायी गई है।

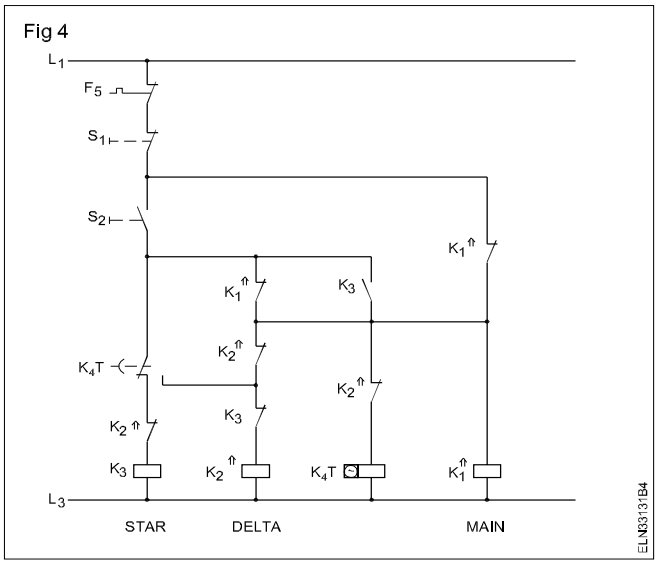
टाइम रिले कॉन्टैक्ट बदल कर स्टार कॉन्टैक्ट को खोल देते है।

Fig 4 में दर्शाया गया है कि कॉन्टैक्टर K_1 और K_2 क्लोज्ड होने पर संयोजन बनने के बाद मोटर डेल्टा में चल रही है।

Fig 3





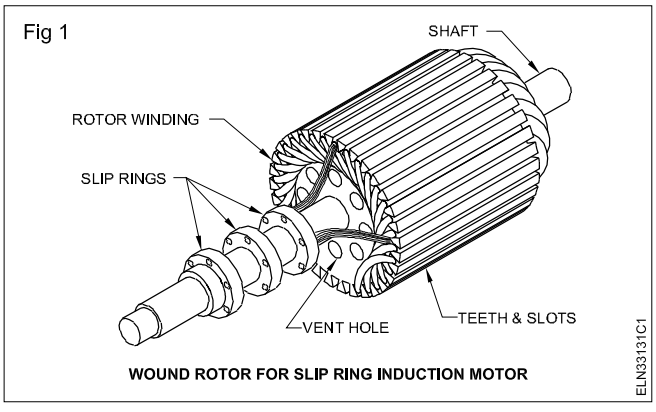


तीन-फेज, स्लिप-रिंग प्रेरण मोटर (Three-phase, slip-ring induction motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **तीन फेज, स्लिप-रिंग प्रेरण मोटर की संरचना और कार्य प्रणाली का वर्णन करना**
- **रोटर प्रतिरोध को लगाने से किस प्रकार स्टार्टिंग टार्क उच्च हो जाता है इसका वर्णन करना**
- **स्लिप रिंग प्रेरण मोटर के अभिलक्षणों को बताना**
- **स्लिप रिंग प्रेरण मोटर की गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर से तुलना करना।**

संरचना (Construction) : स्लिप रिंग प्रेरण मोटरें उन औद्योगिक प्रचालन में उपयोग हो सकती है जहाँ पर पविर्तित चाल व स्टार्टिंग टॉर्क की आवश्यकता अधिक होती है। स्लिप रिंग प्रेरण मोटर का स्टेटर, गिलहरी पिंजरा मोटर के जैसा ही होता है, परन्तु इसके रोटर की बनावट में बहुत अंतर होता है। स्टेटर वाइन्डिंग डिजाइन पर निर्भर होती है जो स्टार या डेल्टा संयोजित होती है। रोटर में तीन फेज वाइन्डिंग इस प्रकार होती है कि यह स्टेटर से समान ही ध्रुवों की संख्या बनाती है। रोटर वाइन्डिंग स्टार में जुड़ी होती है और इसके खुले सिरे तीन स्लिप रिंगों के साथ जुड़े रहते है जो कि Fig 1 के अनुसार रोटर शाफ्ट के साथ जुड़े होते है।Fig 2 में दर्शाये अनुसार रोटर सर्किट बाद में बाहरी स्टार संयोजित प्रतिरोधों से ब्रुशों द्वारा जुड़ा होता है।



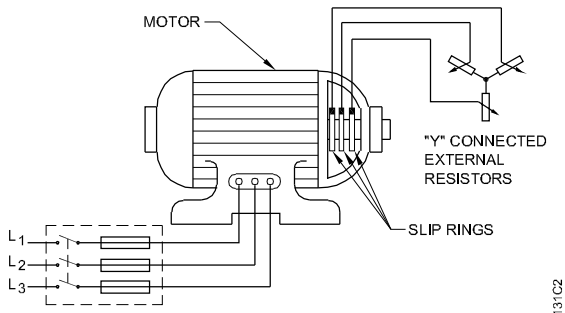
कार्य प्रणाली (Working) : जब स्लिप रिंग मोटर की स्टेटर वाइन्डिंग तीन फेज प्रदाय से जोड़ी होती है, तो यह गिलहरी पिजंरा मोटर की तरह रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है। यह रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र रोटर वाइन्डिंग में वोल्टेज उत्पन्न कर देता है और रोटर करंट,रोटर वाइन्डिंग द्वारा बने क्लोज्ड परिपथ में, स्लिप रिंग में, ब्रुशों में और स्टार संयोजित बाहरी प्रतिरोधकों में प्रवाहित होता है।

Fig 1

WOUND ROTOR FOR SLIP RING INDUCTION MOTOR

प्रारम्भ के समय बाहरी प्रतिरोध इनके उच्चतम मान पर सेट किये जाते है इससे रोटर प्रतिरोध उच्च होता है जो आरम्भन धारा को कम करने में योग्य होता है। इसके साथ ही रोटर सर्किट का उच्च प्रतिरोध, रोटर शक्ति गुणक को भ बढ़ाता है और इस कारण प्रारम्भ में विकसित होने वाला बलाघूर्ण भी अधिक होता है जो कि गिलहरी पिंजरा मोटरों से अधिक होता है।

Fig 2



CIRCUIT FOR A WOUND - ROTOR INDUCTION MOTOR

जैसे ही मोटर की चाल बढ़ती है तो बाहरी प्रतिरोध का धीरे धीरे कम किया जाता है और स्लिपरिंगों के सिरों पर रोटर वाइन्डिंग लघु पथित हो जाती है रोटर प्रतिरोध कम होने पर मोटर निम्न सरकन (low slip) व उच्च दक्षता पर परिचालित होती है। मोटर उच्च लोड पर उच्च प्रतिरोध के साथ स्टार्ट होनी चाहिए या इसके विपरीत अर्थात (निम्न लोड निम्न प्रतिरोध पर)इस प्रकार जहॉ रोटर प्रतिरोध बढता है, मोटर की स्लिप अधिक होगी, गति नियमन कमजोर होता है जो इसकी दक्षता घटा देगा। बाहरी परिपथ में प्रतिरोध इस प्रकार से डिजाइन किये जाते है कि इनके द्वारा स्लिपरिंग मोटर की गति को निर्धारित गति से 50 से 100 प्रतिशत तक परिवर्तित किया जा सके। इसलिए प्रतिरोध बढने से मोटर में ताम्र हानियाँ I^2R अवश्य होती है।

प्रारम्भिक बलघूर्ण (Starting torque) : आरम्भन के क्षणों में मोटर द्वारा विकसित किया गय बलघूर्ण, प्रारम्भिक बलघूर्ण कहलाता है। कुछ स्थितियों में यह सामान्य रनिंग बलघूर्ण से अधिक होता है और कुछ स्थितियों मेंयह कुछ कम होता है।

माना E_2 स्थिर अवस्था में प्रतिरोध रोटर emf बल है

X_2 स्थिर अवस्था में प्रति फेजरोटर का प्रतिघात है

और R_2 प्रतिफेज रोटर प्रतिरोध है

इसलिए $Z_2 = \sqrt{(R_2)^2 + (X_2)^2}$ = स्थिर अवस्था में प्रतिरोध रोटर प्रतिबाधा

$$\text{Then } I_2 = \frac{E_2}{Z_2}, \cos\theta_2 = \frac{R_2}{Z_2}$$

स्थिर अवस्था में आरम्भन बलघूर्ण $T_{st} = K_1 E_2 I_2 \cos\theta_2$ or

$$T_{st} = K_1 E_2 = \frac{E_2}{\sqrt{(R_2)^2 + (X_2)^2}} \times \frac{R_2}{\sqrt{(R_2)^2 + (X_2)^2}}$$

यदि प्रदाय वोल्टता V स्थिर है तब फ्लक्स ϕ और E_2 भी स्थिर रहेंगें,

इसलिए $T_{st} = K_2 \frac{R_2}{Z_2}$ जहाँ K_2 अन्य स्थिरांक है।

इस प्रकार की मोटर का प्रारम्भिक बलघूर्ण रोटर परिपथ में प्रतिरोध जोड कर बढाया जाता है । जैसे जैसे मोटर अपनी गति प्राप्त कर लेती है, प्रतिरोध का क्रम से काटते जाते है।

चालू स्थिति में रोटर वि०वा० बल व प्रतिघात जब रोटर स्थिर अवस्था में होता है अर्थात $S = 1$, है, रोटर वि० वा० बल की आवृत्ति स्टेटर प्रदाय आवृत्ति वि० वा० बल का मान उच्चतम होता है क्योंकि रोटर और घूर्णमान स्टेटर फ्लक्स के मध्य सापेक्ष गति उच्चतम होता है।

जब रोटर घूमना शूरू करता है तो रोटर व घूर्णमान स्टेटर फ्लक्स के बी सापेक्ष गति घटने लगता है और इसलिए रोटर मे उत्पन्न वि० वा० बल भी घटने लगता है। यदि रोटर की गति स्टेटर के घूर्णमान फ्लक्स के बराबर हो जाये तो रोटर वि०वा० बल शून्य हो जायेगी।

इसलिए स्लिप (s) के लिए, प्रारम्भिक स्थिर स्थिति में रोटर मेंउत्पन्न वि० वा० बल s गुणा होगा।

इसलिए चालू स्थिति में $E_r = sE_2$.

इसी प्रकार उत्पन्न वि० वा० बल की आवृत्ति $f_r = sf_2$ होगी जहाँ f_2 स्थिर स्थिति में रोटर धारा आवृत्ति है।

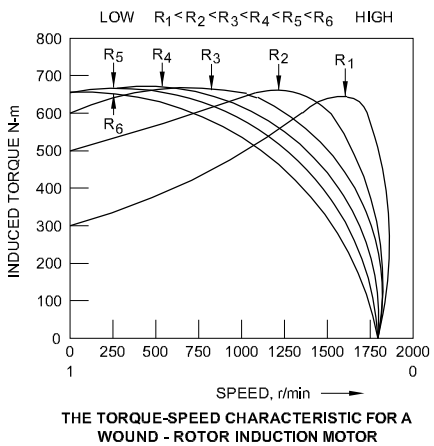
रोटर वि०वा० बल की आवृत्ति कम होने से रोटर प्रतिघात भी कम होने लगेगा

इसलिए $X_r = sX_2$.

स्लिपरिंग प्रेरण मोटर के अनुप्रयोग व अभिलक्षण (Characteristic and application of slip-ring induction motor): बलघूर्ण चाल अभिलक्षण को Fig 3 में दर्शाया गया है, कि बाहरी प्रतिरोध को जोडकर प्रारम्भिक बलाघूर्ण को बदला जाता है।

रोटर प्रतिरोध का उचित मान प्रवेश करा कर, प्रतिरोध में शक्ति शून्य होने पर भी स्लिपरिंग मोटर की चाल को नियन्त्रित किया जा सकता है।

Fig 3



THE TORQUE-SPEED CHARACTERISTIC FOR A WOUND - ROTOR INDUCTION MOTOR

जैसा कि वक्र में दिखाया गया है कि उच्च बाहरी प्रतिरोध प्रारम्भिक बलघूर्ण को उच्चतर मान तक सुधार होता है। फिर भी रोटर प्रतिरोध में परिवर्तन से उच्चतम बलघूर्ण स्थिर रहता है।

इनवक्रों के अनुसार यह स्पष्ट होता है कि स्लिपरिंग मोटर काउपयोग लोडी लोड को स्टार्ट करने के लिए इसके रोटर में उच्च प्रतिरोध प्रवेश करा कर उच्च स्टार्ट बलघूर्ण प्राप्त करने की सुविधा होती है। इसी समय जब मोटर अपनी उच्चतम चाल प्राप्त कर लेती है तो चालू स्थिति में उच्च दक्षता प्राप्त करने के लिए बाहरी प्रतिरोध को लघुपथत कर दिया जाता है।

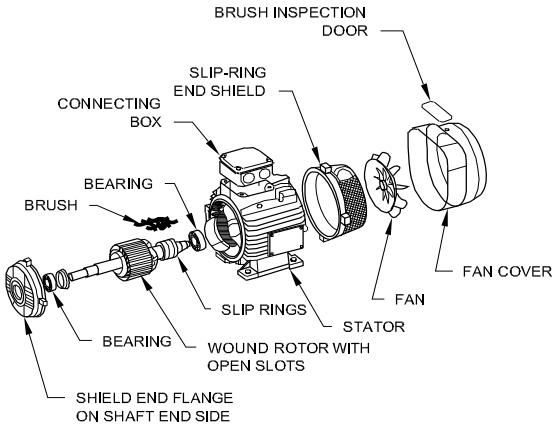
इस मोटर का उपयोग उच्च आरम्भिक बलघूर्ण प्राप्त करने के लिए व परिवर्तित चाल नियंत्रण के लिए किया जाता है जैसे कम्प्रेशर, कनवेयर, क्रेन, hoist, स्टील मिल और प्रिंटिग प्रैस में किया जाता है।

गिलहरी पिंजरा और स्लिपरिंग प्रेरण मोटर के बीच की तुलना की तालिका निम्न प्रकार है:

क्र० सं०	विशेषता	गिलहरी पिंजरा	स्लिप-रिंग मोटर
1	रोटर संरचना	रोटर में छड़ें उपयोग है। रोटर बहुत सरल, रूक्ष व दीर्घ कालिक होते है। इनमें स्लिप रिंग नहीं होते।	वाइन्डिंग तार उपयोग होती है कुण्डलित कीआवश्यकता होती है। स्लिप रिंग और ब्रुश गियर को बार बार देखभाल करनी पड़ती है
2	प्रारम्भन	यह DOL,स्टार डेल्टा व ऑटो ट्रांसफार्मर स्टार्टर से स्टार्ट की जाती है।	रोटर प्रतिरोध स्टार्टर की आवश्यकता होती है।
3	प्रारम्भिक बलाघूर्ण	निम्न	बहुत उच्च
4	प्रारम्भिक धारा	उच्च	निम्न
5	चाल परिवर्तन	आसान नही है परन्तु पोल परिवर्तित करके बडे पर्दों व थाइरेस्टर से या आवृत्ति परिवर्तक से छोटे क्रमिक पदों में में चाल परिवर्तित की जा सकती है।	चाल परिवर्ति करना आसान है परन्त पोल परवर्तित करके चाल बदलना सम्भव नहीं है।
6	लोड पर त्वरण	बस संतोषजनक	बहुत अच्छा
7	अनुरक्षण	नगण्य	बार बार अनुरक्षण की आवश्यकता पड़ती है।
8	मूल्य	निम्न	तुल्नात्मक उच्च

निम्न Fig 4 मे स्लिप रिंग प्रेरण मोटर का खुला हुआ रूप दिखाया गया है।

Fig 4



PARTS OF 3 PHASE SLIP RING INDUCTION MOTOR

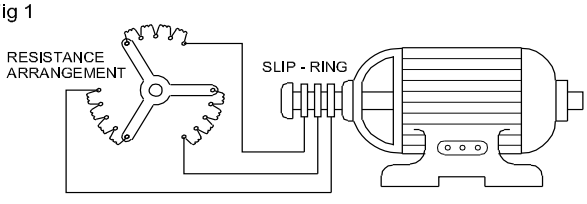
3-फेज स्लिप रिंग प्रेरण मोटर के लिए प्रतिरोध स्टार्टर (Resistance starter for 3-phase, slip-ring induction motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **3-फेज, स्लिप रिंग प्रेरण मोटर के लिए रोटर प्रतिरोध स्टार्टर का वर्णन करना।**

स्लिप रिंग प्रेरण मोटरें, स्टेटर वाइन्डिंग के आर पार पूर्ण लाइन वोल्टेज के साथ प्रारम्भ होती है। फिर भी प्रारम्भ में अत्यधिक धारा को कम करने के लिए एक स्टार संयोजित बाहरी प्रतिरोध Fig 1 के अनुसार रोटर प्रतिरोध में जोड़ा जाता है, और जब मोटर अपनी पूर्ण चाल प्राप्त कर लेती है तो रोटर वाइन्डिंग के सिरे लघुपथित हो जाते है।

Fig 1



SLIP RING INDUCTION MOTOR WITH RESISTANCE STARTER

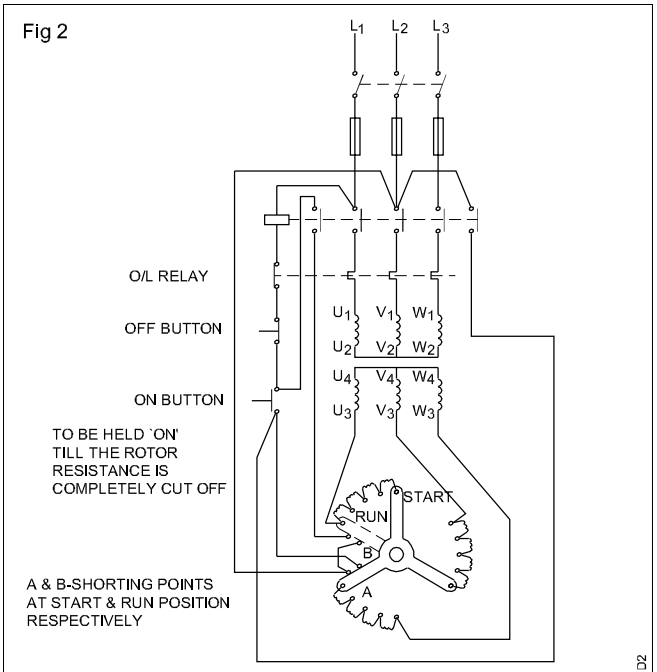
यदि इस प्रकार के हस्त परिचालित स्टार्टर उपयोग किये जायें, तब यह सम्भावना रहती है कि कोई व्यक्ति जब रोटर प्रतिरोध पूर्णतया कटी हुई अवस्था में होता है तो स्टेटर को पूर्ण वोल्टेज दे सकता है जिसके परिणामस्वरूप प्रारम्भ में उच्च धारा प्रवाहित होती है और प्रारम्भन बलघूर्ण कम हो जाता है। इससे बचने के लिए प्रतिरोध स्टार्टर में एक सुरक्षात्मक परिपथ का उपयोग किया जाता है। इससे मोटर को तब तक प्रारम्भ नही किया जा सकता जब तक कि रोटर वाइन्डिंग मे पूर्ण प्रतिरोध जुड़ न जायें। इस प्रकार का अर्द्ध स्वचालित स्टार्टर Fig 2 में दिखाया गया है।

'ऑन' बटन को दबाने पर, कॉन्टैक्टर क्लोज हो जाता है, यह केवल तभी होगा जब रोटर प्रतिरोध का बिन्दु 'A' लघु पथ होकर क्लोज स्थिति में होगा। यह केवल तभी सम्भव है जब हैण्डल प्रारम्भ की स्थिति में है। एक बार मोटर चलना शूरू करती है तो रोटर प्रतिरोध का हैण्डल run स्थिति में आ जाना चाहिए जिससे रोटर प्रतिरोध कट जाये।

प्रारम्भ स्थिति में हैण्डल की स्थिति से स्पष्ट होता है कि सम्पर्क 'A' क्लोज्ड स्थिति में है और चालू स्थिति में सम्पर्क 'B' क्लोज्ड स्थिति में है, परन्तु दोनों एक समय में एक साथ क्लोज नही हो सकते। 'ऑन' पुश बटन को तब तक दबाये रखने की आवश्यकता है जब तक कि हैण्डल रन स्थिति में न आ जायें। रन स्थिति में हैण्डल सम्पर्क 'B' को दबा कर नो वोल्ट क्वाइल सर्किट को क्लोज कर देता है और अब 'ऑन' बटन से दबाव हटाया जा सकता है।

सामान्यतया, छोटी मशीनों में, रोटर प्रतिरोध वायु द्वारा ठण्डा होने वाला होता है जो प्रारम्भन के समय उत्पन्न होने वाले ताप को कम करता है। बड़ी मशीनों में रोटर प्रतिरोध को ठण्डा करने के लिए इसे इन्सुलेटिंग तेल के टैंक में रखा जाता है। Fig 2 में दिखाया गया स्टार्टर केवल मोटर को स्टार्ट करने के लिए उपयोग होता है। रोटर प्रतिरोध द्वारा चाल नियंत्रण के लिए माध्य में सम्पर्क स्थिति चाहिए इसके के लिए विशेष प्रकार के डिजाईन होते हे जो हमेंशा तेल द्वारा शीतलित होते है।

Fig 2



ROTOR RESISTANCE STARTER FOR SLIP RING INDUCTION MOTOR

प्रेरण मोटर की सरकन मापने की विधि (Method of measurement of slip in induction motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **वास्तविक मोटर की गति द्वारा सरकन मापने की विधि का वर्णन करना**
- **मोटर और प्रवर्तक आवृत्तियों की तुलना द्वारा सरकन मापने की विधि का वर्णन करना**
- **स्ट्रोबोस्कोप विधि (stroboscope method) द्वारा सरकन मापने की विधि का वर्णन करना।**

सरकन का माप (Measurement of slip)

एक प्रेरण मोटर की सरकन ज्ञात करने के लिए निम्नलिखित विधियाँ उपयोग होती है।

(i) मोटर की वास्वविक गति माप कर (By actual measurement of motor speed): इस विधि में मोटर की वास्तविक गति N गणना को मापने की आवश्यकता होती है और तुल्यकालिक गति N_s गणना द्वारा ज्ञात की जाती है। N को मापने के लिए स्पिडोमीटर की सहायता ली जाती है और N_s की प्रदाय आवृत्ति और ज्ञात मोटर पोल की संख्या से गणना की जा सकती है (चूंकि प्रेरण मोटर के पोल सेलियन्ट प्रकार के नहीं होते हैं, इसलिए शून्य लोड गति से पोलों की संख्या का अनुमान लगाया जाता है या मोटर की निर्धारित गति से) तब निम्न समीकरण का उपयोग करके सरकन की गणना की जाती है।

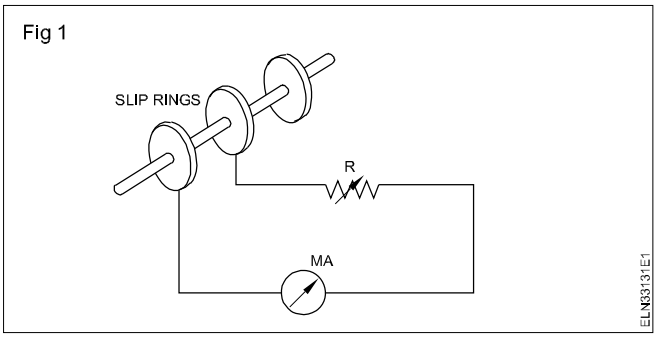
$S = (N_s - N) \times 100 / N_s$

(ii) रोटर व स्टेट प्रदाय आवृत्तियों की तुलना करके (By comparing rotor and stator supply frequencies): यह विधि इस तथ्य पर आधारित है कि $s = f_r/f$ चूंकि f सामान्यतया ज्ञात होती है। यदि किसी विधि द्वारा रोटर करंट आवृत्ति ज्ञात हो जाये तो s की गणना की सकती है। किसी विशेष परिस्थिति में जहाँ f का मान 50 Hz, है वहाँ f_r का मान इतना कम होगा कि विशप साइकल को आसानी से गिना जा सकता है। इस उद्देश्य के लिए एक DC मूविंग क्वाईल मिली-वोल्टमीटर, यदि सेन्टर जाये हो तो उसे वरीयता दी जाती है, को निम्न प्रकार से कार्य में लिया जाता है।

(a) स्लिप रिंग मोटर की स्थिति में, सेन्टर जीरों मिली-एमीटर के सिरे पास-पास के स्लिपरिंगों से जोड दिये जाते हे। जैसा कि (Fig 1) में दिखाया गया है। सामान्यतया ब्रुशों में पर्याप्त वोल्टेज ड्राप होता है और उनके लघुपथ स्ट्रैप (strap) मिलि-एमीटर में विक्षेप प्रदान कर देते है। मिलि एमीटर में धारा रोटर धारा में परिवर्तन का अनुसरण करती है, इस कारण मीटर की सुई इसकी सैकण्ड में पूर्ण किये गये साईकल की संख्या को आसानी से गिना जा सकता है। (यह ध्यान में रखना चाहिए कि सुई द्वारा शून्य से उच्चतम वापिस शून्य और बाईं तरफ शून्य से उच्चतम और वापिस शून्य होने पर एक साइकल बनता है।)

उदाहरण के लिए, एक 4-पोल मोटर 50-Hz प्रदाय से रेटेड है और 1,425 rpm परचल रही है। यद्यपि N_s = 1,500 rpm है, इसकी सरकन 5% या 0.05 है। रोटर करंट की आवृत्ति $f_r = S_f$ = 0.05 x 50 = 2.5 Hz होगी (जो करंट कम है) इसकी आसानी से गणना की जा सकती है।

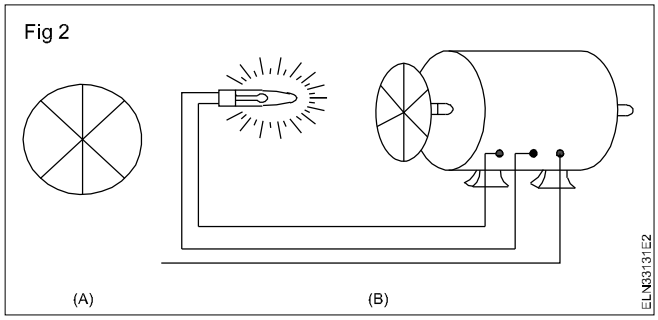
Fig 1



(b) गिलहरी पिंजरा मोटरों (जिनमें स्लिपरिंग नही होते) में मिली-एमीटर को लागू करना सम्भव नहीं होता है।

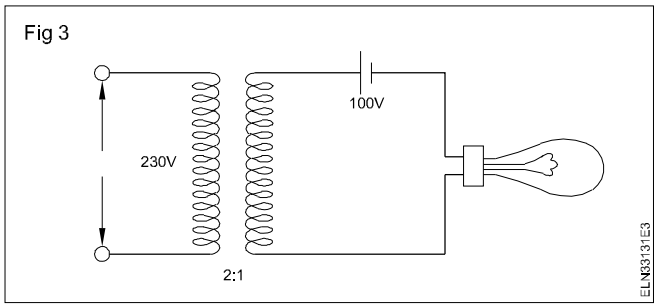
(iii) स्ट्रोबोस्कोपिक विधि द्वारा (By Stroboscopic Method): इस विधि में एक धातु की वृत्ताकार डिस्क लेकर उस पर एक के बाद एक करके काले व सफेद रंग से खण्ड बनाये जाते है। कुल खण्डों की संख्या मोटर की पोलों की संख्या के बराबर रखी जाती है। एक 6-पोल मोटर के लिए कुछ छः खण्ड होंगें जिनमें तीन काले व तीन सफेद होंगे। जैसा कि Fig 2 (a) में दिखाया गया है।

Fig 2



पेन्ट की गई डिस्क शाफ्ट के एक सिरे से जुडी होती है और इस पर न्योन गैस पूरित स्ट्रोबोस्कोपिक लैम्प द्वारा रोशनी फैंकी जाती है। यह लैम्प d.c. व a.c. सप्लाई पर कार्यशाला में होना चाहिए यद्यपि केवल a.c. प्रदाय से इसे जोड़ा जाता है। (जब सामुहिक d.c. व a.c. प्रदाय उपयोग की जाती है, लैम्प को इस प्रकार से दोनों तरीके से परीक्षित की जा सके। सामुहिक प्रदाय वाले संयोजन Fig 3 में दिखाये गये है जबकि Fig 2 (b) में केवल प्रदाय के संयोजन दर्शाये गये है । यह ध्यान देना चाहिए कि सामुहित d.c. व a.c. प्रदाय पर, लैम्प एक साइकल में एक बार फ्लैश करता है। (जब दो वोल्टेज सहयोगी होती हैतो लैम्प फ्लैश करता है और विरोधी होती है तो लैम्प बुझ जाता है) परन्तु a.c. प्रदाय पर यह एक साइकल में दोबार फ्लैश करता है।

Fig 3



इस स्थिति मेंध्यान दें, जब लैम्प की फ्लैश रोशनी में घूमती हुई डिस्क दिखाई देती है जो प्रदाय मिश्रित d.c.और a.c. होती है।

यदि डिस्क तुल्यकालिक गति पर घूमती है तो यह स्थिर दिखाई देती है। जबकि वास्तविक अभ्यास में इसकी गति तुल्यकालिक गति से कुछ कम होती है, यह लैम्प की रोशनी में धीरे-धीरे उल्टी दिशा में घूमती नजर आती है।

प्रेरण मोटर का दक्षता- वैशिष्ठ्य - शून्य लोड परीक्षण - ब्लोक्ड रोटर परीक्षण (Efficiency - Characteristics of induction motor- No load test - Blocked rotor test)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **हानियाँ को संकेत करते हुए एक प्रेरण मोटर के शक्ति प्रवाह आरेखा का वर्णन करने में**
- **दिये गये डाटा से दक्षता ज्ञात करना।**

जब तीन फेज प्रेरण मोटर शून्य लोड पर चल रही होती है, तो सरकन का मान शून्य के लगभग होता है । रोटर मे उत्पन्न बलघूर्ण घूर्णन हानियॉ जैसे घर्षण व वायु घर्षण हानियों की पूर्ति करने में खर्च होता है। इनपुट पावर से स्टेटर लोह हानियाँ और ताम्र हानियाँ की पूर्ति होती है । स्टेटर लोह हानियाँ (इसमें सम्मिलित है भंवर धारा और हिस्टेरेसिस हानियाँ) प्रदाय आवृत्ति लोह क्रोड में फ्लक्स घनत्व पर निर्भर करती है। व्यावहारिक रूप में ये स्थिर होती है। स्टेटर में लोह हानियाँ लगभग नगण्य होती है क्योंकि सामान्य स्थिति में रोटर धाराओं की आवृत्ति हमेशा न्यून होती है।

यदि मोटर शाफ्ट पर यान्त्रिक लोड डाला जाये तो शाफ्ट लोड की तुरन्त होने वाली प्रतिक्रिया के कारण मोटर की गति थोड़ी कम हो जाती है, इसलिए सरकन बढ जाती है। बढी हुई सरकन के कारण I_2 कामान इतना बढ जाता है जिसको बलघूर्ण समीकरण की गणना करने में सम्मिलित किया जाता है (i.e $T = K\phi_s I_2 \cos \phi_s$), फलस्वरूप लोड को सन्तुलित शक्ति उपलबध कराने के लिए पर्याप्त बलघूर्ण देता है। इस प्रकार एक संतुलन स्थापित होता है और एक निश्चित मान की सरकन पर परिचालन आगे होता रहता है। वास्तव में लोड अश्व शक्ति के आवश्यक मान के लिए स्लिप का मान भिन्न भिन्न होता है। एक बार स्लिप निर्धारित होने से तबइनपुट शक्ति, रोटर धारा,

विकसित बलघूर्ण, निर्गत शक्ति और दक्षता येसभी ज्ञात की जा सकती है। Fig 1 में शक्ति प्रवाह आरेख को कथन के रूप में दर्शाया गया है। यह नोट करें कि हानि वाली मात्राओं को प्रवाह बिन्दु के बाईं तरफ रखा गया है। Fig 2 वही समान शक्ति प्रवाह आरेख है परन्तु अब यह उन उपयुक्त सम्बन्धों के साथ व्यक्त किया गया है जो कार्य की गणना के लिए आवश्यक है।

Fig 1

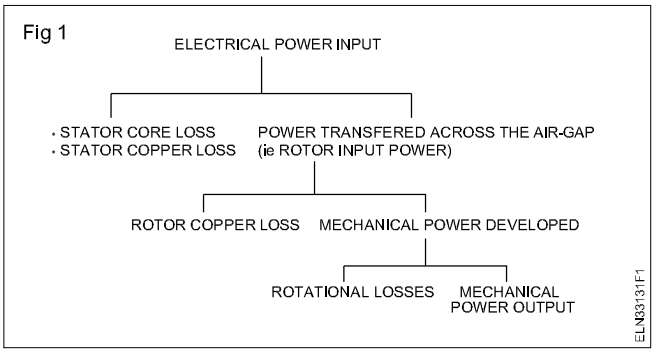
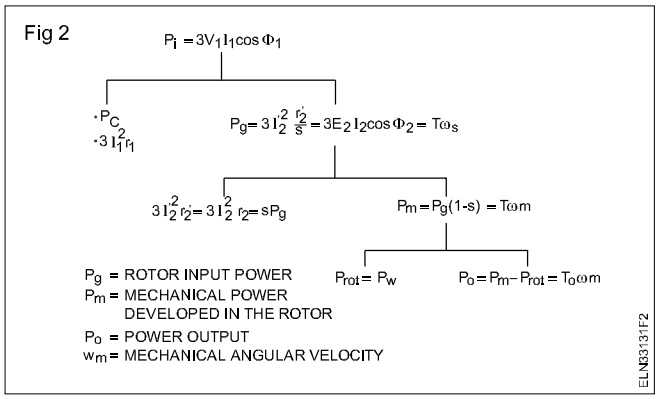


Fig 2



बलघूर्ण, यान्त्रिक शक्ति, और रोटर निर्गत (Torque, Mechanical power and Rotor output) : स्टेटर निर्विष्ट P_i = स्टेटर निर्गत + स्टेटर हानियाँ

स्टेटर का निर्गत पूर्णतया प्रेरण द्वारा रोटर परिपथ को स्थानातरित होता है।

अतः रोटर निर्विष्ट P_g = स्टेटर निर्गत

रोटर का कुल निर्गत, P_m = रोटर इनपुट P_g = रोटर ताम्र हानियां

यह रोटर निर्गत यान्त्रिक ऊर्जा में बदल जाती है और कुल बलाघूर्ण T में वृद्धि करती है। इस प्रकार विकसित हुआ कुल बलाघूर्ण है और शेष उपयोगी बलघूर्ण T_o प्राप्त होता है।

माना n r.p.s रोटर की वास्तविक गति है औरयह बलघूर्ण Nm में है तब

T x 2πn = रोटर का कुल निर्गत वाट में, P_m.

अतः

कुल बलघूर्ण का kg.m में मान दिया है

यदि रोटर मे कोई ताम्र हानियाँ न हों, तो रोटर निर्गत रोटर इनपुट के बराबर होगा और रोटर तुल्यकालिक चाल पर चलेगा।

अतः

उपरोक्त दो समीकरणों से हम ज्ञात करन सकते है,

रोटर का कुल निर्गत = $P_m = T\omega = T \times 2\pi n$

रोटर निर्विष्ट = $P_g = T\omega_s = T \times 2\pi n_s$

इन दोनों टार्क के अन्तर के तुल्य रोटर ताम्र हानियाँ होगीं

इसलिए, रोटर ताम्र हानि = s x रोटर निर्विष्ट

= s x वायु अन्तराल केपार्श्व में शक्ति

= sP_g.

$$\text{Also rotor input, } P_g = \frac{\text{rotor copper loss}}{s}$$

रोटन का कुल निर्गत P_m = निविष्ट P_g - रोटर ताम्र हानि

= (1 - s) P_g

$$\text{or } \frac{\text{rotor gross output, } p_m}{\text{rotor input, } p_g} = 1 - s$$

रोटर कुल निर्गत Pm = (1 - s)P_g

$$\text{Therefore rotor efficiency} = \frac{n}{n_s}$$

उदाहरण

एक 4-पोल, 3-फेज, 50 Hz प्रेरण मोटर की इनपुट शक्ति 5% स्लिप पर 50kW, है। स्टेटर हानियाँ 1.2 kW और वायु घर्षण व घर्षण हानियाँ 1.8 kW है। ज्ञात करें (i) रोटर की गति, (ii) रोटर ताम्र हानियाँ (iii) दक्षता।

दिया है

पोलों की संख्या	P = 4
आवृत्ति	f = 50 Hz
फेज	= 3
इनपुट kW	= 50
स्लिप	s = 5%
स्टेटर हानियाँ	= 1.2 kW

घर्षण व वायु घर्षण हानियाँ = 1.8 kW

ज्ञात करना है:

रोटर स्पीड	= N
रोटर ताम्र हानियाँ	= s x रोटर की इनपुट शक्ति
दक्षता	= η

हल

$$\text{Synchronous speed} = N_s = \frac{120f}{p} = \frac{6000}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

$$\text{Fractional slip} = s = \frac{N_s - N_r}{N_s}$$

$$\frac{5}{100} = \frac{1500 - N_r}{1500}$$

$$75 = 1500 - N_r$$

इसलिए रोटर चाल, Nr = 1500 - 75 = 1425 rpm.

रोटर की इनपुट शक्ति = (50 - 1.2)kW

रोटर ताम्र हानि = s x रोटर इनपुट शक्ति

= 0.05 x 48.8

= 2.44 kW.

रोटर निर्गत = रोटर इनपुट - (घर्षण व वायु घर्षण हानि + रोटर ताम्र हानि)

= 48.8 - (1.8 + 2.44)

= 44.56 kW

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{44.56 \times 100}{50} = 89.12\%.$$

गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर के अभिलक्षण (Characteristics of squirrel cage induction motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

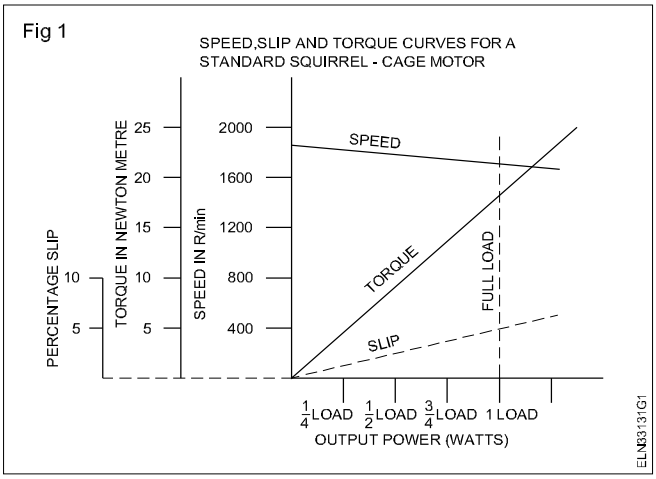
• 3-फेज गिलहरी पिंजरा प्रेरणमोटर के अभिलक्षण व अनुप्रयोग का वर्णन करना।

प्रेरण मोटर की सबसे महत्वपूर्ण अभिलक्षण चाल बलाघूर्ण अभिलक्षण है जो कि यान्त्रिक अभिलक्षण भी कहलाते है। इन अभिलक्षण के अध्ययन से मोटर का लोड की स्थिति परव्यवहार का पता चलता है। चूंकि मोटर का बलघूर्ण स्लिप पर भी निर्भर करता है। गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर के लोड, चाल, बलघूर्ण व स्लिप के बीच सम्बन्ध ज्ञात करने के लिए किया गया अध्ययन रूचिकर होता है।

चाल, बलघूर्ण और स्लिप अभिलक्षण (Speed, torque and slip characteristics): यह पहले ही स्पष्ट किया गया है कि गिलहरी पिंजरा मोटर के रोटर के गति हमेशा स्टेटर में चुम्बकीय क्षेत्र की तुल्यकालिक गति से पीछे रहती है मोटर मे टॉर्क उत्पन्न करने के लिए आवश्यक रोटर धारा प्राप्त करने के रोटर स्लिप आवश्यक है।शून्य लोड पर, मोटर की यान्त्रिक हानियाँ की पूर्ति के लिए केवल थोड़ा सा टॉर्क चाहिए और रोटर स्लिप बहुत कम होती है जो कि लगभग दो प्रतिशत होती है जैसे ही यान्त्रिक लोड बढ़ता है तो रोटर चाल बढती है और इस प्रकार स्लिप में वृद्धि होती है। स्लिप में इस वृद्धि से पैदा रोटर करंट बढता है, जिसके कारण बढे हुए लोड की पूर्ति के लिए उच्च टॉर्क उत्पन्न होता है।

एक मानक गिलहरी पिंजरा मोटर के विशेष चाल बलघूर्ण और स्लिप अभिलक्षण वक्र Fig 1 में दिखाये गये है। चाल वक्र से स्पष्ट होता है कि एक मानक गिलहरी पिंजरा शून्य लोड से पूर्ण लोड तक अपेक्षाकृत स्थिर चाल पर परिचालित होती है।

Fig 1



चूंकि गिलहरी पिंजरा रोटर की संरचना मूलतः बडे आकार वाले तांबे या एल्यूमीनियम छड़ों से बनी होती है, जो दो या एण्ड रिंगों द्वारा लघू पथित होते हैं, इसलिए रोटर प्रतिबाधा निम्न होगी औररोटर में उत्पन्न वोल्टेज में थोडी सी वृद्धि होने पर तुलनात्मक रूप में रोटर धारो में बहुत अधिक वृद्धि होती है। इसलिए जैसे ही गिलहरी पिंजरा मोटर पर शून्य लोड सेपूर्ण लोड तक लोड बढ़ता है, चाल में थोड़ी से कमी रोटर करंट बढाने के लिए आवश्यक होती है। इस कारण गिलहरी पिंजरा मोटर का नियमन बहुत अच्छा रहता है । परन्तु मोटर प्रायः स्थिर चाल मशीन कहलाती है।

स्लिप वक्र से प्रदर्शित होता है कि 5% लोड स्लिप पर वक्र एक सीधी रेखा जैसा है।

इसलिए टॉर्क लगभग रोटर स्लिप के समानुपाती बढता है, टॉर्क ग्राफ, स्लिप ग्राफ के समान है जो कि Fig 1 में दर्शाये अनुसार एक सीधी अभिलक्षण रेखा है।

बलघूर्ण, स्लिप, रोटर प्रतिरोध और रोटर प्रेरणिक प्रतिघात के बीच सम्बन्ध (Relationship between torque, slip rotor resistance and rotor inductive reactance): पूर्व में कथन किया गया है कि एक प्रेरण मोटर मेंउत्पन्न टार्क स्टेटर व रोटर की प्रतिक्रिया स्वरूप होता है। पैदा हुआ टार्क का मान इन दो क्षेत्रों की सामर्थ्य व इनके बीच कला सम्बन्ध (phase relation) पर निर्भर करता है। यह निम्न प्रकार गणितीय रूप से प्रदर्शित किया जाता है।

$T = K \phi_s I_R \text{Cos}\phi$

जहाँ T = टार्क न्यूटन मीटर में

K = स्थिरांक

ϕ_s = स्टेटर फ्लक्स वेबर में

I_R = रोटर धारा एम्पियर में

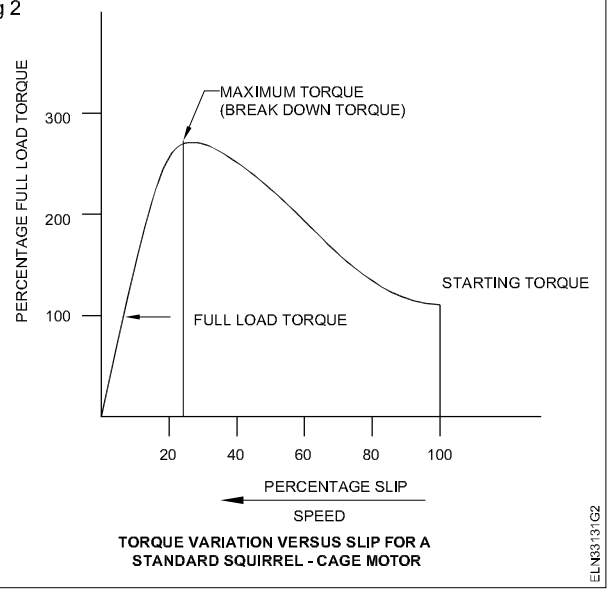
Cos ϕ = रोटर शक्ति गुणक

शून्य लोड से पूर्ण लोड तक, टॉर्क स्थिरांक (K), स्टेटर फ्लक्स (ϕ_s) और रोटर शक्ति गुणक (Cos ϕ) गिलहरी पिंजरा मोटर के लिए व्यावहारिक रूप में स्थिर रहते है। इस प्रकार मोटर का बलघूर्ण उत्पन्न रोटर धारा (I_R) के समानुपाती होगा और रोटर करंट स्लिप हमेशा समानुपाती रहता है। गिलहरी पिंजरा मोटर के टार्क में परिवर्तन को प्रायः रोटर स्लिप के विरूद्ध स्थापित किया जाता है जैसा कि Fig 2 में दिखाया गया है।

रोटर करंट में वृद्धि होने पर रोटर टॉर्क बढ़ता है और किसी दिये हुए लोड पर रोटर स्लिप में वृद्धि रोटर शक्ति गुणक पर निर्भर करती है। एक गिलहरी पिंजरा मोटर के लिए रोटर प्रतिरोध स्थिर रहता है। इस प्रकार स्लिप में वृद्धि से रोटर आवृत्ति में वृद्धि होगी, और परिणाम स्वरूप रोटर प्रेरणिक प्रतिघात में भी वृद्धि होगी। शून्य लोड से पूर्ण लोड तक और यहाँ तक कि पूर्ण लोड के 125 प्रतिशत पर एक मानक गिलहरी पिंजरा मोटर की रोटर स्लिप तुलनात्मक रूप में कम होती है और रोटर आवृत्ति कभी कभी 2 से 5 Hz तक होगी। इस प्रकार लोड की उपरोक्त परास के अनुसार, आवृत्ति मेंपरिवर्तन का प्रभाव प्रतिबाधा पर नगण्य पड़ता है जैसा कि Fig 2, में दिखाया गया है। रनिंग टार्क को स्लिप के सम्बन्ध में एक सीधी सरल रेखा द्वारा दर्शाया गया है।

10 से 25 प्रतिशत स्लिप के बीच गिलहरी पिंजरा मोटर अपनाउच्चतम सम्भावित टॉर्क प्राप्त कर लेगी। यह टॉर्क उच्चतम भंजन बलघूर्ण कहलाता है,और यह निर्धारित बलघूर्ण के 200 से 300 प्रतिशत के बीच पहुंच जाता है। जैसा कि Fig 2 में दिखाया गया है। उच्चतम बलाघूर्ण पर रोटर का प्रेरणिक प्रतिघात इसके प्रतिरोध के तुल्य होगा।

Fig 2



TORQUE VARIATION VERSUS SLIP FOR A STANDARD SQUIRREL - CAGE MOTOR

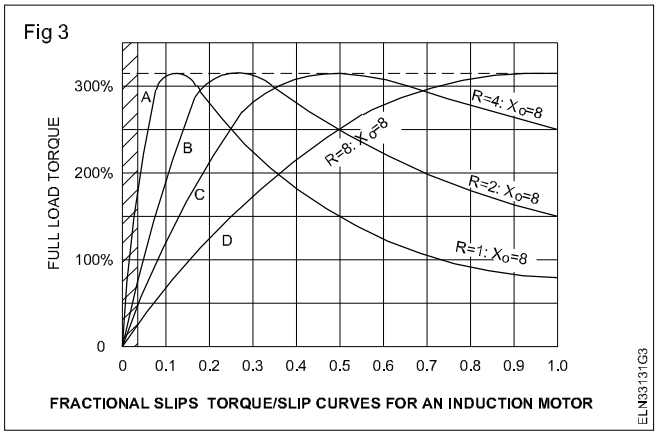
अतः जब लोड व परिणामी स्लिप में वृद्धि होती है यदि यह निर्धारित पूर्ण लोड मान से अधिक है, तो रोटर आवृत्ति मेंवृद्धि होगी, और इस प्रकार रोटर प्रतिघात व प्रतिबाधा में भी वृद्धि होगी और इस प्रकार रोटर प्रतिघात व प्रति बाधा में भी वृद्धि सराहनीय होगी। इस रोटर प्रेरणिक घात में वृद्धि से, परिणामस्वरूप रोटर शक्ति गुणक में कमी होगी जिसके दो प्रभाव होंगें, प्रथम प्रतिबाधा में वृद्धि से फ्लक्स परिवर्तन दर घटेगी जिससे रोटर करंट बढेगा जिसका अर्थ है रोटर फ्लक्स अपना उच्चतम मान पर पहुंच जायेगा, इसके कुछ समय पश्चात स्टेटर फ्लक्स को इसके द्वारा swept किया जायेगा/ इन दो चुम्बकीय क्षेत्रो के आउट ऑफ फेज सम्बन्ध से परस्पर प्रतिक्रिया कम होगी और परिणामी टॉर्क कम होगा। इस प्रकार यदि मोटर पर लोड को इसके कंपन बलघूर्ण मान से अधिक बढाया जाये, तो टार्क शीघ्रता से गिरता है जिसका कारण उपरोक्त दो प्रभाव है इस कारण मोटर परिचालन अस्थिर हो जाता है और मोटर रूकने की कोशिश करेगा।

रोटर प्रतिरोध का टॉर्क/स्लिप सम्बन्ध पर प्रभाव (Effect of rotor resistance upon the torque/slip relationship): जब रोटर प्रतिरोध मेंपरिवर्तन किया जाता है तब टार्क व स्लिप के बीच सम्बन्ध को Fig 3 में दर्शाया गया है। वक्र का छायादार भाग वास्तविक परिचालन क्षेत्र दर्शाता है। निम्न प्रतिरोध जैसे 1 ohm, के लिए प्रेरण मोटर का वक्र A है, 2 ohm के लिए वक्र B 4 ohm के लिए वक्र C व 8 ohm के लिए वक्र D है।

भंजन बलघूर्ण (Breakdown torque) : उपरोक्त सभी स्थितियों में प्रारम्भिक स्थिर अवस्था में रोटर का प्रेरणिक प्रतिघात समान रहता है जिसे 8 ohm कहा जा सकता है। वक्र से यह स्पष्ट है कि प्रतिरोध R के चारों मानों पर उच्चतम बलघूर्ण समान रहता है। आगे यह ओर भी स्पष्ट हो जाता है कि उच्च प्रतिरोध पर उच्च सरकन पर उच्चतम बलघूर्ण प्राप्त होता है।

प्रारम्भिक बलघूर्ण (Starting torque) : प्रारम्भ के समय भिन्नात्मक सरकन (fractional slip) का मान 1 होता है और प्रारम्भन बलघूर्ण पूर्ण लोड बलघूर्ण का 300% होता है, जब रोटर का प्रतिरोध उच्चतम होता है जैसा कि Fig 3 में दिखाया गया है और उसी समय जब रोटरप्रतिरोध निम्न होता है तो यह पूर्ण लोड बलघूर्ण का 75% बलघूर्ण उत्पन्न करता है जैसा कि Fig 3 में वक्र A द्वारा दर्शाया गया है। इसलिए हम कह सकते है कि एक प्रेरण मोटर जिसके रोटर का प्रतिरोध उच्च होता है, प्रारम्भ के समय उच्च बलघूर्ण उत्पन्न करती है।

Fig 3



FRACTIONAL SLIPS TORQUE/SLIP CURVES FOR AN INDUCTION MOTOR

रनिंग बलघूर्ण (Running torque) : जब ग्राफ के छायांकित की ओर देखा जाये तो सामान्य परिचालन में यह पता लगात है कि निम्न प्रतिरोध रोटर वाली मोटरों का रनिंग स्थिति में बलघूर्ण अच्छा होता है जबकि उच्च प्रतिरोध वाली रोटर वाली मोटरों का कम होगा।

चूंकि गिलहरी पिंजरा मोटरों के रोटर प्रतिरोध का मान कम होगा, तो इनका स्टार्टिंग बलघूर्ण निम्न परन्तु रनिंग बलघूर्ण अपेक्षाकृत संतोषजनक होता है। इस कमी को कुछ हद तक दोहरी पिंजरा गिलहरी मोटर पुरा करती है जो उच्च प्रारम्भिक व सामान्य रनिंग टार्क उत्पन्न करती है। दूसरी अवस्था में स्लिपरिंग प्रेरण मोटर का रोटर कुण्डलित होने के कारण, इसमें प्रतिरोध जोड़ने की सम्भावना रहती है जो प्रारम्भ के समय जोड़ा जाता है,रनिंग के दौरान बाहरी प्रतिरोध कम किया जाता है।

गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर के उपयोग (Application of squirrel cage induction motor) : जहाँ पर एक निश्चित स्थिर चाल की आवश्यकता होती है, जैसे औद्योगिक स्तर पर या सिंचाई पम्प मे वहाँ पर एकल गिलहरी पिंजरा मोटरों का उपयोग बहुतायत रूप से किया जाता है। यह मोटर बनावट मे रूक्ष है, इसकी दक्षता बहुत अधिक है व मूल्य कम है। टैक्सटाइल मिल व धातु कटिंग टूल के परिचालन में जहाँ पर प्रारम्भिक बलघूर्ण अधिक चाहिए वहाँ, पर दोहरी गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटरें उपयोग की जाती है।

प्रेरण मोटर का शून्य लोड परीक्षण (No-load test of induction motor)

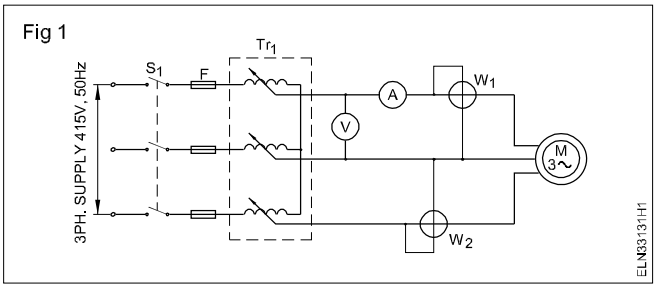
उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **शून्य लोड परीक्षण से इंडक्शन मोटर का (यान्त्रिक व लौह हानियों का) constant ज्ञात करना**
- **प्रति फेज तुल्यांक प्रतिरोध की गणना करना।**

शून्य लोड परीक्षण (No-load test)

इस परीक्षण में प्रेरण मोटर तीन फेज ऑटो ट्रांसफार्मर के द्वारा जुड़ी हुई है जैसा कि (Fig 1) में दिखाया गया है। प्रारम्भ के समय 3-फेज ऑटोट्रांसफार्मर से कम वोल्टेज देकर स्टार्टिंग करंट को कन्ट्रोल किया जाता है, उसके बाद धीरे-धीरे वोल्टेज बढाते है। मोटर के विवरण अनुसार एमीटर व वोल्टमीटर का चयन किया जाता है। मोटर की शून्य लोड धारा बहुत कम होगी जो कि पूर्ण लोड का 30% होगा।

Fig 1



शून्य लोड पर मोटर का शक्ति गुणक बहुत कम होता है जो कि 0.1 से 0.2, की परास मेंहोता है। इसलिए वाट मीटर का चयन इस प्रकार किया जाता है कि यह कम शक्ति गुणक पर धारा प्रवाहित करके पाठ्यांक दर्शा सके। वाटमीटर की पूर्ण विक्षेप रीडिंग वोल्टमीटर व एम्मीयर की पूर्ण विक्षेप रीडिंग के गुणनफल के बराबर होगी।

प्रेरण मोटर के स्थिर हानियाँ ज्ञात करने के लिए निम्नानुसार गणना की जानी चाहिए।

शून्य लोड पर मोटर द्वारा दी गई आउटपुट शून्य होती है। रोटर मे विकसित सारी यान्त्रिक शक्ति का उपयोग रोटर की निर्धारित गति पर घुमाने के लिए होता है। इसलिए शून्य लोड ताम्र हानियाँ, लोह हानियाँ और यान्त्रिक हानियाँ का योग इनपुट शक्ति के तुल्य होता है।

गणना

V_{NL} is $\rightarrow$ स्टेटर लाइन वोल्टेज है

I_{NL} is $\rightarrow$ लाइन करंट है

P_{NL} is $\rightarrow$ इनपुट तीन फेज शक्ति

इनपुट शक्ति में क्रोड हानियाँ P_c, घर्षण व वायु घर्षण हानियाँ $P_{(rot)}$, और स्टेटर कॉपर लॉस सम्मिलित है।

$$P_{NL} = P_c + P_{rot} + 3\, I^2_{NL}\, R_S$$

इससे घूर्णन हानियों का योग ज्ञात किया जा सकता है।

$$P_{rot + C} = P_{NL} - 3\, I^2_{NL}\, R_S$$

स्टेटर टर्मिनल पर प्रतिफेज प्रतिरोध माप कर, स्टेटर प्रतिरोध मापा जा सकता है।

स्टार संयोजन में $R_S = R/2$.

डेल्टा संयोजन में $R_S = 2/3\ R$.

ब्लॉक्ड रोटर टेस्ट (Blocked rotor test)

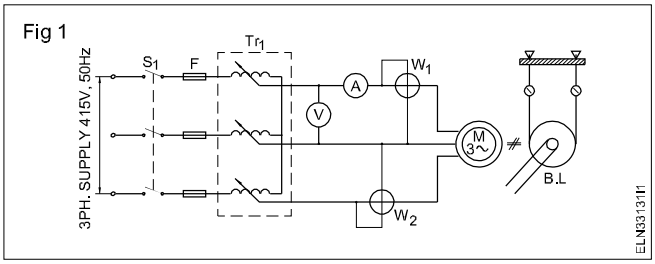
उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **ब्लॉक्ड रोटर परीक्षण द्वारा एक 3-फेज प्रेरण मोटर के पूर्ण लोड पर ताम्र हानियाँ ज्ञात करना**
- **प्रति फेज तुल्यमान प्रतिरोध व दक्षता ज्ञात करना।**

इस परीक्षण के संयोजन शून्य परीक्षण की तरह ही होते है। इस स्थिति में एमीटर का चयन मोटर कीपूर्ण लोड धारा अनुसार किया जाता है। वाटमीटर की क्षमता उपयुक्त परास अनुसार होनी चाहिए, जिसका शक्ति गुणक 0.5 से इकाई तक हो।

निर्धारित वोल्टता का कुछ प्रतिशत वोल्टता प्राप्त करने के लिए एक ऑटों ट्रांसफार्मर का प्रयोग किया जाता है। रोटर का उपयुक्त प्रबन्ध से लॉक करना चाहिए, ताकि मोटर को प्रदाय मिलने के बाद भी यह चल न सके। इस प्रकार का एक प्रबन्ध Fig 1 में दर्शाया गया है। मोटर को घूमने से रोकने के लिए पुली पर बेल्ट को मजबूती से कसा जाता है।

Fig 1



जैसे ही रोटर को लॉक किया जाता है तो यह एक ट्रांसफार्मर की लघुपरिपथ सैकेण्ड्री वाइडिंग की तरह कार्य करता है। इस प्रकार रोटर की पिंजरा वाइंडिंग में थोडी वोल्टता उत्पन्न होता है, परन्तु यह थोडी सी वोल्टेज मोटर के रोटर की पिंजरा वाइन्डिंग में पर्याप्त करंट प्रवाह करने में योग्य होती है।

यह बहुत आवश्यक है कि प्रदाय वोल्टेज को प्रारम्भ के समय 5% सेभी कम रखा जाये और बाद में इसे मोटर के पूर्ण लोड पर प्रवाहित होने वाले धारा के बराबर धारा प्रवाहित होने तक धीरे-धीरे बढ़ायें। स्टेटर प्रदाय आवृत्ति को सामान्य रेटेड प्रदाय आवृत्ति के बराबर रखें।

ताम्र हानियाँ परिणाम ज्ञात करने के लिए विधि निम्न उदाहरण द्वारा ज्ञात की गई है।

उदाहरण

एक 5 HP 400V, 50 Hz, चार पोल, तीन फेज प्रेरण मोटर पर परीक्षण किया गया और निम्नलिखित आँकडे प्राप्त हुए।

ब्लाक्ड रोटर टेस्टः V_s = 54. P_s = 430, I_s = 7.5 A.

स्टेटर वाइंडिंग के प्रतिरोध में धारा प्रवाहित होने पर 4 V ड्राप वाइंडिंग में होते है।

लघु परिपथ पर शक्ति गुणक R_e व X_e ज्ञात करें व पूर्ण लोड पर ताम्र हानियाँ ज्ञात करें।

दिया है

निर्गत	= 5 HP
वोल्टता	= 400 V
आवृत्ति	= 50 Hz.
ब्लाक्ड रोटर वोल्टेज, V_S	= 54 V
शक्ति P_S,	= 430 W
धारा, I_S	= 7.5 A

ज्ञात करना है

लघु परिपथ पर शक्ति गुणक	= Cos θ_S
तुल्यामान प्रतिरोध, R_e/phase	
तुल्यमान प्रतिघात X_e/phase	
पूर्ण लोड ताम्र हानियाँ	= $3I^2R_e$.

ज्ञात हैः

$$W_S = \sqrt{3}\, V_S I_S \ \ \text{Cos} \varnothing_S$$

$$\text{Equivalent impedance } Z_e = \frac{V_s}{\sqrt{3} I_S} = \sqrt{R_e^2 + X_e^2}$$

$$R_e = \text{equivalent resistance} = \frac{P_s}{3I_s^2}$$

$$X_e = \text{equivalent reactance} = \sqrt{Z_e^2 - R_e^2}$$

हल :

$$W_S = \sqrt{3}\, V_S I_S \ \ \text{Cos} \varnothing_S$$

$$\text{Cos}\phi_s = \frac{W_s}{\sqrt{3}\, V_s I_s}$$

$$\text{Cos } \phi_S = \frac{430}{1.72 \times 54 \times 7.5} = \frac{430}{696.6} = 0.61$$

$$\text{Equivalent resistance } R_e/\text{phase} = \frac{P_s}{3 \times I_S^2} = \frac{430}{3 \times (7.5)^2} = \frac{430}{168.75} = 2.5\Omega$$

$$X_e = \text{equivalent reactance/phase} = \sqrt{Z_e^2 - R_e^2}$$

$$Z_e = \frac{54}{\sqrt{3} \times 7.5} = \frac{54}{12.90} = 4.1$$

$$X_e = \sqrt{4.1^2 - 2.5^2} = \sqrt{16.81 - 6.25} = \sqrt{10.56} = 3.4\Omega.$$

पूर्ण लोड ताम्र हानियाँ $= 3\, I^2 R_e$

$= 3 \times 7.5^2 \times 2.5 = 421.875$ watts

उत्तर

i cos ϕ_s = 0.61

ii प्रतिरोध तुल्यमान प्रतिरोध R_e /phase = 2.5 Ω

iii प्रतिफेज तुल्यमान प्रतिघात X_e/phase = 3.25 Ω

iv पूर्णलोड ताम्र हानियाँ = 421.875 watts

शून्य लोड व ब्लाक्ड रोटर परीक्षण से दक्षता (Efficiency from no-load and blocked rotor test)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

• पूर्ण लोड पर दक्षता ज्ञात करना।

उदाहरण

एक 5 HP 220V, 50 Hz चार पोल, तीन फेज प्रेरण मोटर का परीक्षण किया गया और निम्नलिखित आंकडे प्राप्त हुए।

शून्य लोड परीक्षण = V_{NL} = 220V, P_{NL} = 340 W, I_{NL} = 6.2 A

ब्लॉक्ड रोटर टेस्ट = V_{BR} = 54V, P_{BR} = 430W,

I_{BR} = 15.2 A

(स्टार संयोजन मानते हुए) स्टेटर के दो टर्मिनलों के पार्श्व में 4V DC देने पर निर्धारित करंट प्रवाहित होने लगा तो पूर्ण लोड पर दक्षता ज्ञात करें।

मान लें स्टार संयोजन में प्रति फेज DC प्रतिरोध/फेज = R/2

हल:

$R_1 + R_2$ = 4/15.2 = 0.263 W

प्रतिरोध/फेज = 0.263/2 = 0.1315 W

प्रभाविक AC प्रतिरोध $R_s = 1.4\ R_{ph}$

$= 1.4 \times 0.1315$

$= 0.1841\ \Omega$

$R_{(rot + c)} = P_{NL} - 3I^2_{NL} R_s$

$= 340 - 3 \times 6.2^2 \times 0.1841$

$= 340 - 21.23$

$= 318.77$ W(constant loss)

ताम्र हानियाँ $= 3I^2 R_e = 430$ W

निर्गत $= 5 \times 735.5 = 3677.5$

$$\text{Efficiency} = \frac{3677.5}{3677.5 + 318.77 + 430} = \frac{3677.5}{4426.2}$$

$= 0.830$

% दक्षता = 0.830×100

अर्थात = 83%.

स्लिप रिंग मोटर के रोटर परिपथ में बाह्य प्रतिरोध का प्रभाव (Effect of external resistance in slip ring motor rotor circuit)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

• प्रेरण मोटर के रोटर के अतिरिक्त प्रतिरोध का प्रवेश कराने पर पडने वाले प्रभाव का वर्णन करना।

हम देख चुके हैं कि स्लिपरिंग प्रेरण मोटर को इसके रोटर के साथ जुडे स्टार संयोजित प्रतिरोध को नियन्त्रित करके स्टार्ट कर सकते है। प्रारम्भ में रोटर प्रतिरोध में वृद्धि करके रोटर करंट को कम किया जा सकता है। इस प्रकार स्टार्टिंग करंट भी कम हो जाता है। रोटर सर्किट गुणक में सुधार होन से स्टार्टिंग टॉर्क भी उच्च होता है।

रोटर प्ररिपथ मं बाहरी प्रतिरोध को जोड़ना केवल स्लिपरिंग मोटरों में सम्भव है। रोटर परिपथ में बाहरी प्रतिरोध जोडकर मोटर की चाल कम की जा सकती है।

हम जानते है कि रनिंग अवस्था में टार्क

$T \alpha E_r I_r \cos \phi_2$

or $T \alpha \phi I_r \cos \phi_2$ क्योंकि $E_r \alpha \phi$

जहाँ E_r = रनिंग अवस्था में प्रति फेज रोटर वि०वा० बल

I_r = रनिंग अवस्था में प्रति फेज रोटर करंट

$E_r = s E_2$

इसलिए

सामान्य चाल लगभग तुल्यकालिक चाल के बराबर होती है, sX_2 न्यून होती है और यह R_2 के मान की अपेक्षा नगण्य होती है।

अतः $T \alpha s/R_2$

किसी दिये हुए बलपूर्ण के लिए यह निश्चित है, कि स्लिप को बढाया जा सकता है, रोटर प्रतिरोध बढा कर चाल को घटाया जा सकता है। इस विधि का उपयोग स्लिपरिंग मोटरकी चाल को नियंत्रित करने में किया जाता है।

चाल नियंत्रण की इस विधि की विशेष हानि यह है कि रोटर परिपथ में प्रतिरोध बढाने से, ताम्र हानियाँ I^2R भी बढ जाते है। इस प्रकार मोटर की परिचालन दक्षता भी घट जाती है। चाल परिवर्तन की यह विधि केवल वहाँ ही उपयोगी है जहाँ पर थोडे समय के लिए चाल में परिवर्तन चाहिए।

स्लिप रिंग प्रेरण मोटर की अभिलक्षणों के लिए सम्बन्धित सिद्धांत का अभ्यास 3.1.08 व 3.1.09 को पढें।

ऑटो-ट्रांसफार्मर स्टार्टर (Auto-transformer starter)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **ऑटो-ट्रांसफार्मर स्टार्टर की संरचना व परिचालन का वर्णन करना**
- **ऑटो-ट्रांसफार्मर स्टार्टर के पावर और कंट्रोल सर्किट का वर्णन करना।**

ऑटो-ट्रांसफार्मर स्टार्टर (Auto-transformer starter)

मोटर लीड के साथ श्रेणी प्रतिरोधों को जोड़कर कम वोल्टेज प्राप्त की जाती है। यह सरल व सस्ती विधि है परन्तु बाहरी श्रेणी प्रतिरोधों में अधिक शक्ति व्यय हो जाती है।

ऑटो ट्रांसफार्मर द्वारा प्रारम्भ विधि में तीन फेज ऑटो-ट्रांसफार्मर की वाइन्डिंग मे उपयुक्त बिन्दुओं से टेपिंग ली जाती है जैसा कि Fig 1 में दिखाया गया है। ऑटो-ट्रांसफार्मर से प्रायः 55, 65, 75 प्रतिशत बिन्दुओं से टेपिंग ली जाती है ताकि इन वोल्टेज पर उपयुक्त स्टार्टिंग टॉर्क की आवश्यकता के लिए समंजन adjustment किया जा सक, चूंकि अधिक धारा मान पर बार-बार सम्पर्क टुटने से उच्च आर्क बनती है इसलिए कई बार इसे प्रभाविक रूप से बुझाने के लिए ऑटो ट्रांसफार्मर की कुण्डलियाँ तेल में डुबी रहती है।

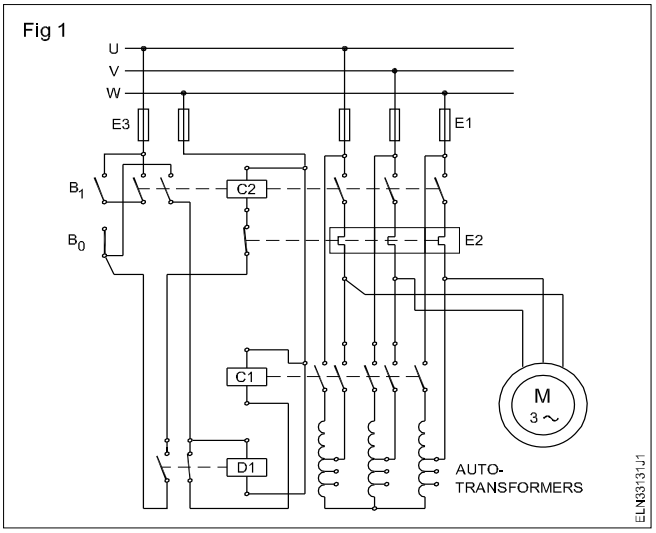


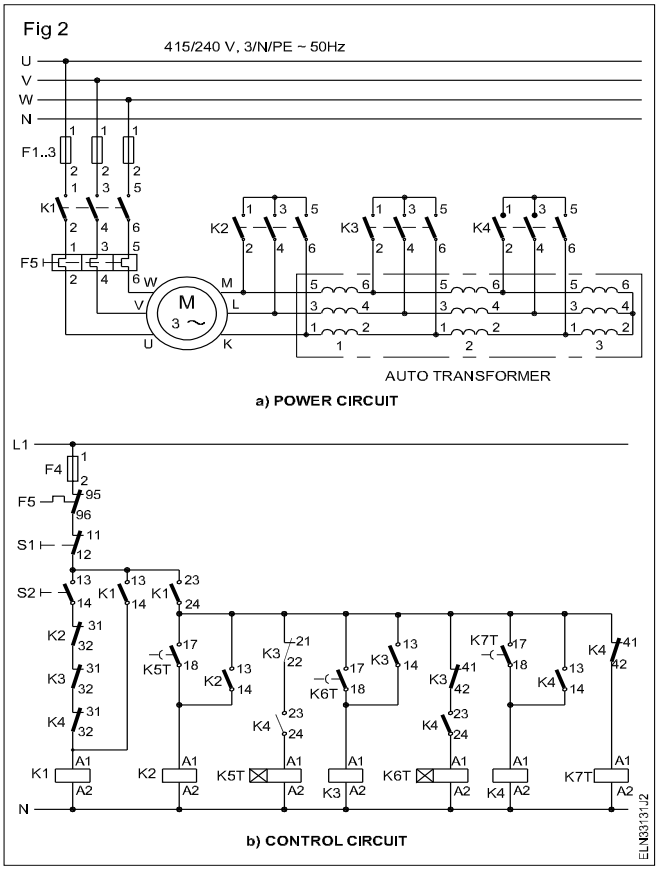
Fig 2(a) में ऑटो ट्रांसफार्मर स्टार्टर का पावर सर्किट व Fig 2(b) में ऑटो ट्रांसफार्मर स्टार्टर का कन्ट्रोल सर्किट दर्शाया गया है।

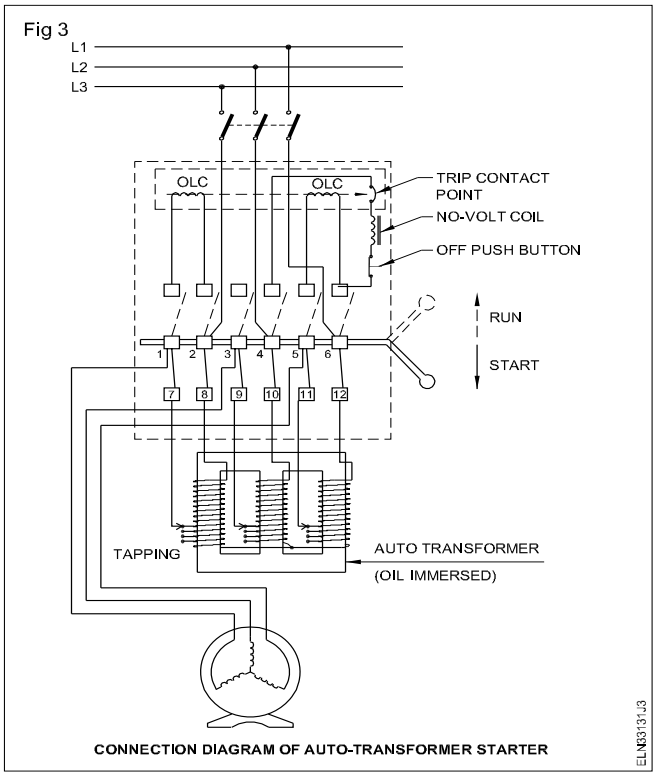
ऑटो-ट्रांसफार्मर स्टार्टर-परिचालन (Auto-transformer starter - Operation)

इस प्रकार के स्टार्टर में मोटर को स्टार्ट करने के लिए वोल्टेज कम करने के लिए तीन फेज स्टार संयोजित ऑटो ट्रांसफार्मर का उपयोग किया जाता है। स्टार्टिंग के समय ऑटो ट्रांसफार्मर की उपयुक्त टेपिंग से वोल्टेज को कम किया जाता है। एक बार जब मोटर अपनी सिन्क्रोनस चाल की 75% चाल पर घूमने लगती है तो मोटर को पूर्ण वोल्टेज आरोपित किये जाते है और मोटर सर्किट से ऑटो-ट्रांसफार्मर को हटा दिया जाता है।

Fig 3 में एक ऑटो-ट्रांसफार्मर स्टार्टर के संयोजन दर्शाये गये है। मोटर को स्टार्ट करने के लिए, स्टार्टर के हैण्डल को नीचे की ओर दबाया जाता है और मोटर ऑटो ट्रांसफार्मर टेपिंग से घटी हुई वोल्टेज प्राप्त करती है। जब मोटर अपनी निर्धारित चाल की 75% चाल प्राप्त कर लेती है तो स्टार्टर के हैण्डल को ऊपर की ओर उठाया जाता है और मोटर पूर्ण वोल्टेज प्राप्त कर लेती है। मोटर सर्किट से ऑटों ट्रांसफार्मर विसंयोजित हो जाता है।

हस्त परिचालित ऑटो-ट्रांसफार्मर 20 से 150 hp तक की मोटरो के लिए उपयुक्त है, जबकि स्वचालित ऑटो ट्रांसफार्मर स्टार्टर उच्च अश्व शक्ति मोटरों अर्थात 425 hp तक के लिए उपयोग होते है।





सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर/फेज फैलियर रिले (Single phasing preventer / phase failure relay)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **सिंगल फेजिंग को परिभाषित करना**
- **सिंगल फेजिंग के प्रभाव का वर्णन करना**
- **सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर की आवश्यकता का वर्णन करना**
- **सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर का वर्गीकरण करना**
- **स्थापना विधि का वर्णन करना**
- **सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर की सर्विस करना, खराबी का पता लगाने की विधि का वर्णन करना।**

सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर/फेज फैलियर रिले (Single phasing preventer/ phase failure relay) : जब तीन फेज सप्लाई पद्धति में तीन लाइनों में से एक लाइन फेल हो जाये या ओपन हो जाये, तो लोड दूसरे दो लाइनों के बीच प्रवाहित होने लगती है, इस प्रकार के दोष को सिंगल फेजिंग होते है।

सिंगल फेजिंग का प्रभाव (Effect of single phasing): विभिन्न प्रकार के लोडों पर सिंगल फेजिंग का प्रभाव अलग-अलग होता है जो कि निम्न प्रकार है।

- 3-फेज के ऊष्मा उत्पन्न करने वाले लोडों में, उत्पन्न होने वाली ऊष्मा 50%; तक कम होने लगती है, इस अवस्था में इससे उपकरण को कोई हानि नही होती।
- तीन फेज मोटरों में विभिन्न परिस्थितियों में विभिन्न प्रकार का प्रभाव पड़ता है i) प्रारम्भन के समय यदि सिंगल फेजिंग हो जाये, तो मोटर स्टार्ट होने में असफल हो जाती है या जाम हो जाती है क्योंकि उपयुक्त रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र विकसित नहीं होती है। परन्तु मोटर अधिक करंट लेने लगती है औरमोटर वाइन्डिंग गर्म हो जाती है। ii) रनिंग अवस्था में, यदि सिंगल फेजिंग हो जाये तो मोटर चलती रहती है या नहीं चलती जो कि लोड की स्थिति पर निर्भर करता है और जिन लाइनों में फेज उपलब्ध रहता है उनमें बहुत अधिक करंट प्रवाहित होगा और अधिक ऊष्मा उत्पन्न होने से वाइन्डिंग जल सकती है।

सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर व फेज फैलियर रिले की आवश्यकता (Necessity of single phasing preventor / phase failure relay): तीन फेज प्रेरण मोटर के तीन फेज में से यदि दो फेज आपस मे बदल दिये जाये तो मोटर के घूमने की दिशा बदल जाती है । यह क्रिया औद्योगिक अनुप्रयोगो में फेज रिवर्सल के परिणामस्वरूप उपकरणों में बड़ी हानि हो जाती है और उपकरण का प्रयोग करने वाले व्यक्ति घायल हो जाते है। दुसरी परिस्थिति में यदि फ्यूज पिघल जाये तो मोटर से जुड़ी तार चलते समय टूट जाये तो मोटर दो फेजों पर लगातार चलती रहेगी परन्तु खतरनाक रूप से गर्म होने लगेगी। इन परिस्थितियों से बचने के लिए सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर का उपयोग किया जाता है।

प्रिवेन्टरों का प्रकार (Types of preventors): सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर तीन प्रकार के उपलब्ध है।

- यान्त्रिक (Mechanical)
- धारा संवेदी (Current sensing)
- वोल्टता संवेदी (Voltage sensing)

यान्त्रिक प्रकार सिंगल-फेजिंग प्रिवेन्टर (Single phasing preventor - Mechanical type) : यह एक प्रकार का सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर है जो द्विधातु रिले की तरह व्यवहार करता है जो कि सामान्य OLR की तरह NVC परिपथ को खोल देता है। इस प्रकार का सिंगल फेजिंग प्रिवेन्ट परिचालन में धीमा, पूर्ण विश्वसनीय नहीं, इसलिए आजकल उपयोग नहीं किया जाता है।

दूसरे प्रकार की फेज फेलर (phase failure) यान्त्रिक रिले में दो लाइनों के साथ कुण्डलियाँ, तीन फेज सप्लाई में जुड़ी रहती है। इन कुण्डलियों मेंधारा रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र स्थापित कर देती है जो ताम्र डिस्क को क्लॉक वाइज दिशा में घुमाने का प्रयत्न करता है। वास्तव में यह क्लाक वाइज टॉर्क उन दो टॉर्क का परिणामी है जो विपरीत दिशा में आरोपित होते है। दो टॉर्क को निर्गत एक बहुफेज टार्क डिस्क का क्लॉक वाईज दिशा में घुमाने का प्रयत्न करता है और एक सिंगल फेज टॉर्क डिस्क का वामावृत दिशा में घुमाने का प्रयत्न करता है।

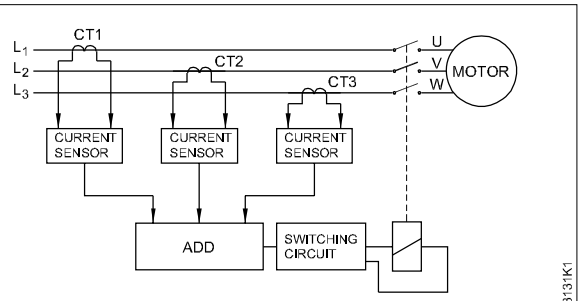
एक रोक के विपरीत उभरा हुआ भाग इस प्रकार टिका रहता है कि यह डिस्क को दक्षिणावृत anti clockwise दिशा में घूमने से रोकता है। इसप्रकार यदि डिस्क वामावृत दिशा में घूमना शुरू करती है तो उभरी हुई भुजा एक टोगल (toggle) मैकेनिज्म को चला कर स्टार्टर को खोल देती है। फेज के ऊल्टा होने पर बहुकला (poly-phase) टॉर्क, एक फेज टॉर्क की मदद करके डिस्क को वामावृत दिशा में घुमा देता है और पुनः मोटर लाईन से विसंयोजित (disconnected) हो जाती है।

धारा संवेदी सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर (Single phasing preventers -Current sensing) : यह इस सिद्धांत पर कार्य करता है कि सन्तुलित लोड पर समान धारा प्रवाहित होती है जो करंट ट्रांसफार्मर की द्वितीयक वाइंडिंग में वोल्टेज उत्पन्न करती है। ये द्वितीयक वोल्टतायें इस प्रकार जोडी जाती है कि इनकी कुल वोल्टेज अलग-अलग वोल्टेज का योग हो और योगात्मक वोल्टेज को रेक्टीफाई किया जाता है, फिल्टर किया जाता है और सेन्सड किया जाता है और रिले का ऑपरेट करने के लिए रिले को प्रदान कर दिया जाता है। यह रिले परिचालित होकर स्टार्टर की NVC को क्लोज कर देती है।

धारा संवेदी सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर का ब्लॉक डायाग्राम Fig 1 में दिखाया गया है।

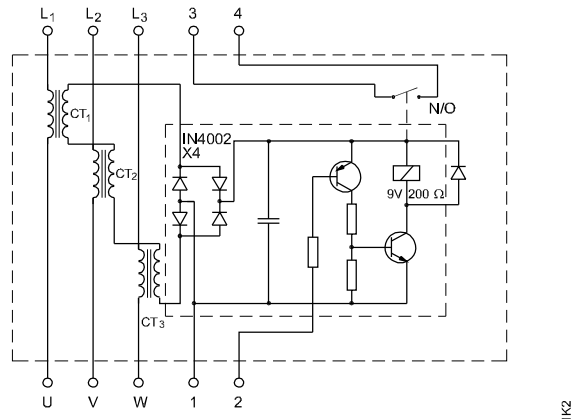
Fig 2 में धारा संवेदी सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर का विस्तृत परिपथ आरेख दिखाया गया है। टर्मिनल 1 व 2 का प्रयोग टाईम डिले सर्किट उपलब्ध होने पर किया जाता है। अन्यथा इन्हें लघुपथ किया जाता है।

Fig 1



SINGLE PHASING PREVENTOR

Fig 2



TYPICAL CIRCUIT DIAGRAM OF CURRENT SENSING SINGLE PHASING PREVENTOR

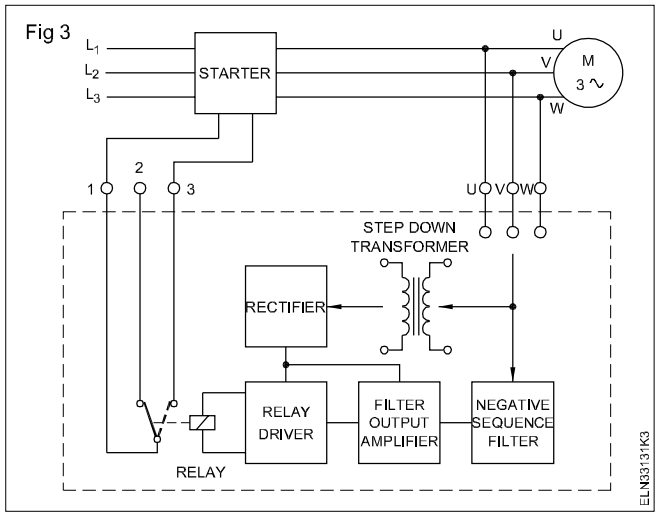
टर्मिनल 3 व 4 स्टार्टर की NVC के श्रेणी में जोड़ा जाता है यदि मोटर किसी फेज में एक विशिष्ट मान से कम की धारा का संवेदन करेगी तो रिले प्रचालन नहीं होगा या परिपथ असन्तुलित हो जायेगा और मोटर सर्किट ऑफ हो जायेगा।

इस प्रकार के सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर केवल वहाँ पर उपयुक्त होते है जहाँ पर मोटर स्थिर लोड के साथ चलती है जैसे कि पम्प मोटर व कम्प्रैशर मोटर इत्यादि। यह वहाँ भी सेवा करती है जहाँ पर मोटर पम्प में पानी सुख जाता है व मोटर पर लोड नहीं होता वहाँ लोड करंट कम होने लगता है और परिपथ कम धारा को संवेद करके मोटर परिपथ को ट्रिप कर देता है।

वोल्टता संवेदी सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर (Single phasing preventer - Voltage sensing) : AC तीन फेज सप्लाई में तीन फेज वोल्टताएँ जिस क्रम से अपने उच्चतम मान पर पहुँचती है वह क्रम फेज अनुक्रम कहलाता है। जब फेज वोल्टताएँ अपने उच्चतम मान पर परस्पर 120° के अन्दर पर क्लॉकवाइज दिशा में पहुँचती है तो फेज अनुक्रम धनात्मक फेज अनुक्रम कहलाता है और एन्टीक्लॉक वाइज दिशा में ऋणात्मक फेज अनुक्रम कहलाता है। फेज रिवर्स होने पर, या वोल्टेज के असन्तुलित होने पर या लाईन में वोल्टेज शून्य होने पर परिणामस्वरूप यह ऋणात्मक फेज अनुक्रम की ओरआरूढ हो जाती है जो कि सामान्य सप्लाई वोल्टताओं के धनात्मक फेज अनुक्रम के विपरीत होता है । यह ऋणात्मक अनुक्रम प्रतिरोध संधारित्र याप्रतिरोध, संधारित्र और प्रेरकत्व नेटवर्क द्वारा फिल्टर होकर वोल्टेज संवेदी सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर की रिले को ऊर्जा रहित कर देता है।

Fig 3 व Fig 4 में एक विशेष संवेदी सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर का ब्लॉक डायग्राम व सर्किट डायग्राम दिखाया गया है। इसमें ऋणात्मक फेज अनुक्रम को संवेदन करने के लिए प्रतिरोध व कैपसिटैंस नेटवर्क का उपयोग किया जाता है। जब फेज अनुक्रम व वोल्टेज सही होगी तो फिल्टर आउटपुट अर्थात कैपेसिटर केपार्श्व मे कोई वोल्टेज उत्पन्न नही होगी। सर्किट में कैपेसिटर C_4 जो ट्रांजिस्टर Q_1 को ड्राइव करता है, रिले को ड्राइव करने के लिए ट्रांजिस्टर Q_2 को कट ऑफ कर देता है।

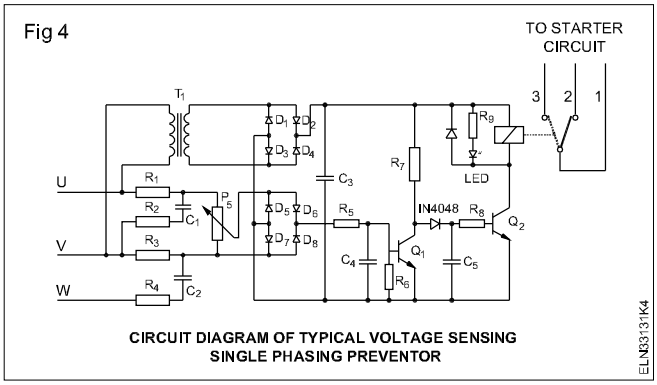
Fig 3



जब फेज उल्ट होने या सप्लाई वोल्टेज में असन्तुलन होने पर ऋणात्मक फेज अनुक्रम पैदा होता है तो कैपेसिटर C_4 के पार्श्व में वोल्टेज उत्पन्न होती है जो ट्रांजिस्टर Q_1 को ड्राइव करके सैचुरेटशन तक ले आती है और ट्रांजिस्टर Q_2 को कट ऑफ करती है। इसके परिणाम स्वरूप रिले सर्किट स्विच ऑफ हो जाता है।

कुछ प्रकार के सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टरों में असन्तुलन सैटिंग को एडजस्ट करने की सुविधा होती है। उदाहरण के लिए जब रिले एकसैट की गई वैल्यू के बाद, बार बार ऑपरेट होती है, तब असन्तुलित प्रि-सैट को बदलने के लिए प्रिसैट P_5 को परिचालित करके बदला जा सकता है जैसा Fig 4 में दर्शाया गया है।

Fig 4

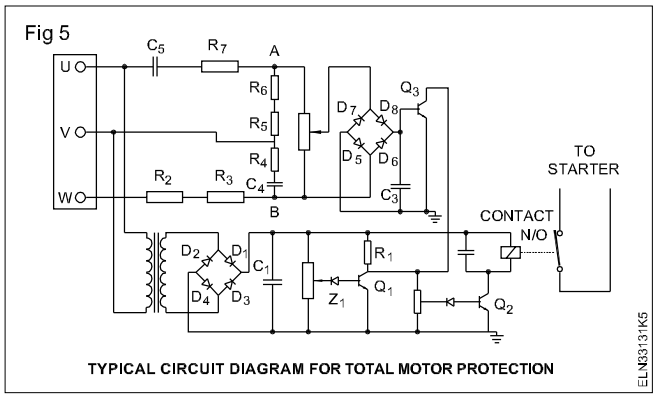


CIRCUIT DIAGRAM OF TYPICAL VOLTAGE SENSING SINGLE PHASING PREVENTOR

ओवर वोल्टेज और अण्डर वोल्टेज कट ऑफ फेजिंग प्रिवेन्टर (Single phasing preventor with over-voltage and under voltage cut off) (Total motor protection) : जब एक मोटर को कमवोल्टेज दी जाती है तो मोटर अधिक करंट लेती है जब यह लोड का चलाती है और यदि अधिक वोल्टेज दी जाती है तब भी यह अधिक करंट लेती है मोटर को अण्डर वोल्टेज व ओवर वोल्टेज व सिंगल फेजिंग से बचाने के लिए यह प्रिवेन्टर उपयोग किया जाता है जो मोटर को ओवर वोल्टेज व अण्डर वोल्टेज से सुरक्षा देते हुए पूर्ण रूप से मोटर की सुरक्षा करता है।

Fig 5 में एक ऐसा प्रबन्ध दिखाया गया है जिसमें ओवर वोल्टेज और अण्डर वोल्टेज कट ऑफ सर्किट के साथ सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर भी है।

Fig 5



TYPICAL CIRCUIT DIAGRAM FOR TOTAL MOTOR PROTECTION

परिपथ में ट्रांजिस्टर Q_1 ओवर वोल्टेज कट ऑफ के रूप में कार्य करता है, ट्रांजिस्टर Q_2 अण्डर वोल्टेज कट ऑफ जबकि ट्रांजिस्टर Q_3 सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर का कार्य करता है।

सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर की स्थापना (Installation of single phasing preventor) : सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर की स्थापना व संयोजन निर्माता के निर्देशों के अनुसार करना चाहिए। वरीयता की दृष्टि से सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर उपकरण के पास स्थापित करना चाहिए और यह असामान्य कम्पन्न से दूर करना चाहिए। वरीयता की दृष्टि से सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर उपकरण के पास स्थापित करना चाहिए और यह असामान्य कम्पन्न से दूर रहना चाहिए।

ध्यान देना चाहिए कि यह इकाई ऊष्मा उत्पन्न करने वाले स्त्रोत से दूर हों जैसे कि ओवन व फरनेश इत्यादि।

एक सिंगल फेज प्रिवेन्टर, सप्लाई लाइन व स्टार्टर के साथ उपयुक्त टर्मिनल व सर्किट के साथ जोड़ना चाहिए।

आपकी जानकारी के लिए कुछ सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर जो कॉमन है, को स्टार्टर संयोजन के साथ Figs 6 & 7 के साथ दिखाया गया है।

सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर में खराबियां व उनका अनुरक्षण (Trouble-shooting and maintenance of single phasing preventor) : पुर्जों का प्रबन्ध और उनके परिपथ सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टरों में विभिन्न निर्माताओं के भिन्न-भिन्न होते है। और उनके प्रकार भी अलग-अलग होते है।

Fig 6

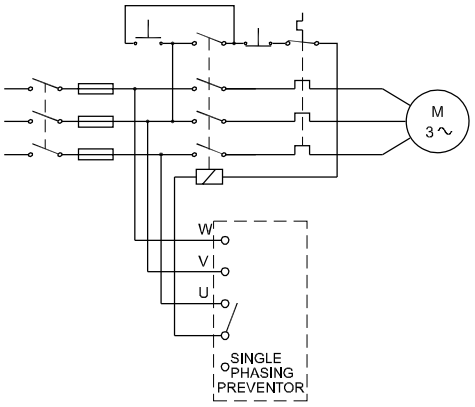
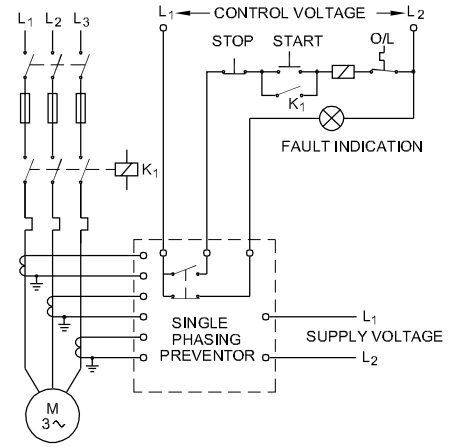


Fig 7



सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर में होने वाली खराबियाँ व उनकी देखभाल के लिए निर्माताओं द्वारा निर्देशों की पालना करनी चाहिए। सिंगल फेजिंग प्रिवेन्टर में होने वाली कुछ सामान्य दिशा निर्देश निम्निलिखित टेबल में दिये गये है।

क्र. सं.	लक्षण	सम्भावित कारण	उपचार
1.	सिंगल फेज प्रिवेन्टर के साथ स्टार्टर, स्टार्ट नही हो रहा।	सप्लाई न होना	चेक करे व सप्लाई चालू करायें
		सप्लाई वोल्टेज कम होना	परीक्षण करें व वोल्टेज सही करें
		लाइन वोल्टेज में असन्तुलन	परीक्षण कर ठीक करें
		फेज अनुक्रम का उचित न होना	इनकमिंग लाइन में कोई दो आपस में बदल कर फेज अनुक्रम बदलें
		सिंगल फेजिंग	परीक्षण करके ठीक करें
		कन्ट्रोल सर्किट में वोल्टेज का न होना	परीक्षण कर ठीक करें

क्र. सं.	लक्षण	सम्भावित कारण	उपचार
2.	सिंगल फेज प्रिवेन्टर के साथ स्टार्टर होल्ड नहीं हो रहा है।	सप्लाई वोल्टेज कम होना	परीक्षण कर ठीक करें
		असन्तुलित लाइन वोल्टेज	परीक्षण कर ठीक करें
		सिंगल फेजिंग	परीक्षण कर ठीक करें
		फेज अनुक्रम का उचित न होना	फेज अनक्रम बदल दें
		सिंगल फेज प्रिवेन्टर के इलैक्ट्रानिक्स परिपथ में दोष	चेक करें, मरम्मत करें या बदल दें
		सिंगल दोष प्रिवेन्टर की रिले ऊर्जित नही हो रही है।	चेक करें, ठीक करें या बदल दें
		रिले सम्पर्कों का कार्य ठीक न होना	चेक करें, ठीक करें या बदल दें
		होल्डिंग सर्किट मे खुला परिपथ होना	चेक करें व ठीक करें
3.	सिंगल फेज प्रिवेन्टर के साथ स्टार्टर का बार बार ट्रिप होना	लाइन वोल्टेज में असामान्य उतार चढाव	चेक करें व ठीक करें
		गलत सैटिंग या असन्तुलित सैटिंग	असन्तुलित सेटिंग को एडजस्ट करें
		सप्लाई लाइन में सम्पर्को में ढीलापन या कन्ट्रोल सर्किट में ढीला कनेक्शन	चेक करें व ठीक करें

मोटरों की अवरूद्ध प्रणाली (Braking system of motors)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **मोटरों के ब्रेकिंग प्रणाली के आवश्यकता को बताना**
- **प्रत्येक प्रकार की ब्रेकिंग प्रणली की सूची बनाना और वर्णन करना।**

ब्रेकिंग प्रणाली की आवश्यकता (Necessity of braking system)

ब्रेकिंग शब्द की उत्पत्ति ब्रेकशब्द से हुई है। ब्रेक एक ऐसा उपकरण है जो किसी चलने वाले या घूर्णन करने वाले उपकरण की गति को कम करता है जैसे वाहन यातायात के साधन आदि। ब्रेक की उपयोग करने की प्रक्रिया को ब्रेकिंग के रूप में लिखा जा सकता है।

ब्रेकिंग के दो भाग हैं- **i) यांत्रिक ब्रेकिंग (Mechanical braking) ii) वैद्युतिक ब्रेकिंग (Electrical braking)** यांत्रिक ब्रेकिंग में मशीन की गति केवल यांत्रिक प्रक्रियाओं से कम की जाती है लेकिन वैद्युतिक ब्रेकिंग में पूरी प्रक्रिया फलक्स और घुमाव बल (टार्क) की दिशा पर निर्भर करता है। प्रत्येक प्रकार का वैद्युतिक ब्रेकिंग फलक्स के दिशा का उल्टा होता है। **ब्रेकिंग** किसी घूर्णन करने वाली मशीन के गति को कम करने की प्रक्रिया है। ब्रेकिंग का अनुप्रयोग फैक्ट्रियों, औद्योगिक क्षेत्रों में या यातायात साधनों या वाहनों में होता है। सभी जगह यांत्रिक एवं वैद्युतिक ब्रेक अपरिहार्य है।

ब्रेकिंग के प्रकार (Types of braking)

ब्रेक का उपयोग मोटर की गति कम करने या रोकने के लिए किया जाता है। विभिन्न प्रकार मोटर (डी सी मोटर, प्रेरण मोटर, सिंक्रोनस मोटर, सिंगल फेज मोटर आदि) उपलब्ध है, और इन मोटरों की विशेषताएँ एवं गुण एक दूसरे से अलग होते है, अतः इनका ब्रेकिंग विधि भी एक दूसरे से भिन्न होता है। ब्रेकिंग को प्रमुखतः तीन विधियों में विभाजित किया जा सकता है , जो लगभग सभी प्रकार के मोटरों में प्रयुक्त करने योग्य है।

1 प्लगिंग प्रकार ब्रेकिंग (Plugging type braking)

2 पुर्नयोजी प्रकार ब्रेकिंग (Regenerative Braking)

3 गतिज ब्रेकिंग (Dynamic braking)

1 प्लनिंग टाइप ब्रेकिंग (Plugging type braking): इस विधि में सप्लाई टर्मिनल उलट दिया जाता है जिससे मोटर का टार्क दिशा भी उलट जाता है। मोटर के सामान्य घूर्णन का विरोध करता है और इसके परिणाम स्वरूप गति घट जाती है। प्लगिंग के दौरान परिपथ में प्रवाहित धारा को सीमित करने के लिए बाह्य प्रतिरोध भी लगाया जाता है। इस विधि का मुख्य हानि यह है कि इसमें शक्ति का अपव्यय होता है।

2 पुर्नयोजी प्रकार ब्रेकिंग (Regenerative braking): पुर्नयोजी ब्रेकिंग तब होता है जब मोटर की गति सिंक्रोनस गति से अधिक हो जाती है। यह विधि पुर्नयोजी विधि कहलाती है क्योंकि इसमें मोटर, जनरेटर की तरह कार्य करता है और स्वयं को शक्ति आपूर्ति लोड या मोटर से देता है। पुर्नयोजी ब्रेकिंग के लिए मुख्य मापदंड यह है कि रोटर सिंक्रोनस गति से अधिक गति पर घूर्णन करें। केवल तभी

मोटर एक जनरेटर की तरह कार्य करेगा और सर्किट में प्रवाहित होने वाली करंट की दिशा और टार्क की दिशा बदल जाएगी और ब्रेकिंग होगा। इस विधि में हानि केवल यह है कि मोटर को सुपर सिंक्रोनस गति पर चलाना पड़ता है जो कि मोटर को यांत्रिक एवं वैद्युतिक रूप से क्षति पहुँचा सकते हैं लेकिन पुर्नयोजी ब्रेकिंग उप सिंक्रोजस गति पर हो सकता है यदि परिवर्तनशील आवृत्ति का सप्लाई स्त्रोत उपलब्ध हो।

3 **गतिज ब्रेकिंग (Dynamic braking):** टार्क की दिशा बदलने और मोटर के ब्रेकिंग की एक और अन्य विधि गतिज ब्रेकिंग है। इस मोटर के ब्रेकिंग विधि में मोटर जो कि चल रही है उसे आपूर्ति स्त्रोत अलग कर दिया जाता है और एक प्रतिरोध से जोड़ दिया जाता है। रोटर अपने आघूर्ण के कारण घूमता रहता है और एक स्व उत्तेजित जरनेटर की तरह कार्य करता है। जब मोटर एक जनरेटर की तरह कार्य करता है तो धारा प्रवाह की दिशा और टार्क उलट जाता है।

3 फेज प्रेरण मोटर की चाल नियन्त्रण विधि (Method of speed control of 3 pahse induction motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **स्टेटर व रोटर की ओर से चाल नियन्त्रण विधि के प्रकार की सूची बनाना**
- **3 फेज प्रेरण मोटर की चाल नियन्त्रण विधियों का वर्णन करना।**

3 फेज प्रेरण मोटर में चाल को स्टेटर व रोटर की ओर से नियन्त्रित किया जा सकता है

1 स्टेटर की ओर से चाल नियन्त्रण की विधियाँ
   - प्रदाय वोल्टता बदल कर
   - प्रदाय आवृत्ति बदल कर
   - स्टेटर पोलों की संख्या बदल कर
2 रोटर की ओर से चाल नियन्त्रण
   - रोटर रिओस्टेट नियन्त्रण
   - केस केउ परिचालन
   - रोटर परिपथ में EMF प्रवेश करा कर

1. स्टेटर की तरफ से चाल नियन्त्रण (Speed Control From Stator Side)

a) प्रदाय वोल्टेज बदल कर (By changing the applied voltage): प्रेरण मोटर के बलघूर्ण समीकरण है

$$T = \frac{k_1 \, sE_2^2 \, R_2}{\sqrt{R_2^2 + (s\,X_2)^2}}$$

$$= \frac{3}{2\pi N_s} \frac{sE_2^2 R_2}{\sqrt{R_2^2 + (s\,X_2)^2}}$$

रोटर प्रतिरोध R_2 स्थिर है और यदि स्लिप s, sX_2 से इतनी छोटी है कि इसे नगण्य मान लें। इसलिए, $T \alpha sE_2^2$ जहाँ E_2 रोटर में उत्पन्न emf है और $E_2 \alpha V$

और इसलिए $T \alpha V^2$, इस प्रकार यदि प्रदाय वोल्टेज को कम कर दिया जाये तो टार्क घटेगा और चाल भी घटेगी।

यह विधि सरल व सस्ती है , फिर भी बहुत कम उपयोग की जाती है, क्योंकि-

1 चाल में थोडा सा परिवर्तन करने के लिए प्रदाय वोल्टेज में अधिक परिवर्तन करना पड़ता है।

2 प्रदाय वोल्टेज में बड़ा परिवर्तन करने से, फ्लक्स घनत्व में बड़ा परिवर्तन होता है, इस प्रकार मोटर की चुम्बकीय अवस्था गडबडा जाती है।

b) प्रदाय आवृत्ति में बदलाव करना (By changing the applied frequency): प्रेरण मोटर की रोटेटिंग चुम्बकीय फ्लक्स की तुल्यकालिक चाल (N_s) को दर्शाया गया है,

$$N_s = \frac{120f}{P} \text{ rpm}$$

जहाँ, f = प्रदाय की आवृत्ति और P = स्टेटर में पोलों की संख्या

इस प्रकार प्रदाय आवृत्ति में परिवर्तन से तुल्यकालिक चाल बदलती है और रनिंग चाल भी बदल जाती है, इस प्रकार यह विधि अधिक उपयोग नहीं होती है। यह विधि वहाँ पर उपयोग होती है जहाँ पर प्रेरण मोटर को जनित्र से सीधा प्रदाय मिल रहा है (ताकि प्राईम मूवर की चाल नियन्त्रित करके आसानी से आवृत्ति में परिवर्तन किया जा सके)।

c) स्टेटर पोलों की संख्या बदल कर (Changing the number of stator poles): उपरोक्त समीकरण से यह स्पष्ट दिखता है कि तुल्यकालिक चाल (और इसी तरह रनिंग चाल) को स्टेटर के पोलों की संख्या बदल कर बदला जा सकता है। यह विधि सामान्यतया गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटरों में उपयोग की जाती है, चूंकि गिलहरी पिंजरा रोटर कोई भी स्टेटर, पोलों की संख्या अनुसार अपने आप को समायोजित कर लेता हे। स्टेटर पोलों में परिवर्तन तभी किया जा सकता है जब स्टेटर में दो या अधिक स्वतंत्र वाइंडिंग हो, जो एक ही स्टेटर में भिन्न-भिन्न पोलों की संख्या के अनुसार कुण्डलित है।

उदाहरण के लिए, एक स्टेटर में दो तीन वाइंडिंग (windings) एक 4 पोल के लिए व दूसरी 6 पोल के लिए कुण्डलित हो

प्रदाय आवृत्त 50 Hz हो

i) 4 पोल वाइन्डिंग युक्त मोटर की तुल्यकालिक चाल, Ns = 120 x (50/4) = 1500 RPM

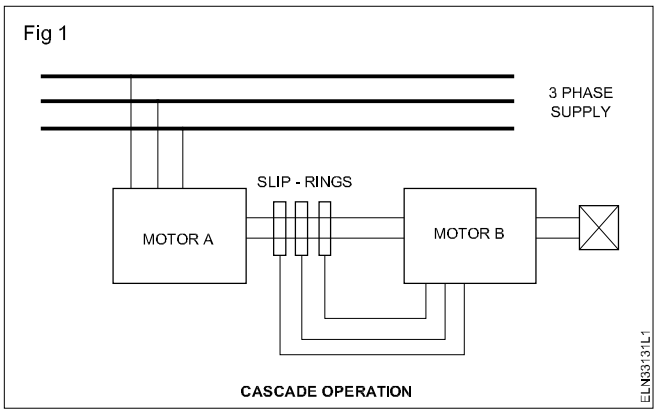
ii) 6 पोल के लिए कुण्डलित मोटर की तुल्यकालिक चाल, Ns = 120 x (50/6) = 1000 RPM

2 रोटर की तरफ से चाल नियन्त्रण (Speed Control From Rotor Side):

a) रोटर रिओस्टेट कन्ट्रोल (Rotor rheostat control): यह विधि DC शन्ट मोटर में आर्मेचर रिओस्टेट कन्ट्रोल विधि के समान है। परन्तु यह विधि केवल स्लिप रिंग मोटर के लिए लागू होती है, जो कि रोटर परिपथ में बाहरी प्रतिरोध जोड़कर की जाती है जो गिलहरी पिंजरा मोटरों में सम्भव नहीं है।

b) केसकेड परिचालन (Cascade operation): चाल नियन्त्रण की इस विधि में दो मोटरें उपयोग की जाती है। दोनों एक ही शाफ्ट के साथ माउण्ट होती है ताकि दोनों एकही चाल पर चल सके। एक मोटर को तीन फेज सप्लाई से जोड़ा जाता है और दूसरी मोटर को पहली मोटर में उत्पन्न वि० वा० बल से जोड़ा जाता है जो स्लिप रिंग के माध्यम से किया जाता है। यह प्रबन्ध Fig 1 में दर्शाया गया है।

Fig 1



CASCADE OPERATION

मोटर A मुख्य मोटर और मोटर B एग्लीलरी मोटर कहलाती है।

माना, N_{s1} = मोटर A की आवृत्ति

N_{s2} = मोटर B की आवृत्ति

P_1 = मोटर A के स्टेटर के पोलों की संख्या

P_2 = मोटर B के स्टेटर के पोलों की संख्या

N = सैट या दोनों मोटरों की समान चाल

f = प्रदाय आवृत्ति

अब मोटर A की स्लिप, $S_1 = (N_{s1} - N) / N_{s1}$.

मोटर A में उत्पन्न emf की आवृत्ति $f_1 = S_1 f$ अब एग्लीलरी मोटर B को रोटर में उत्पन्न वि० वा० बल से सप्लाई दी गई इसलिए, $N_{s2} = (120f_1) / P_2 = (120S_1 f) / P_2$. अब $S_1 = (N_{s1} - N) / N_{s1}$ का मान रखने पर

$$N_{s2} = \frac{120f\,(N_{s1} - N)}{P_2 N_{s1}}$$

शून्य लोड पर एग्लीलरी रोटर की चाल लगभग तुल्यकालिक चाल के बराबर होती है, जैसे $N = N_{s2}$ । उपरोक्त समीकरण से यह इस प्रकार प्राप्त की जा सकती है।

$$N = \frac{120f}{P_1 + P_2}$$

इस विधि से, चार विभिन्न चाल प्राप्त की जात सकती है।

1 जब केवल मोटर A कार्य करती है तो उससे सम्बन्धित चाल = $N_{s1} = 120f / P_1$

2 जब केवल मोटर B कार्य करती है तो उससे सम्बन्धित चाल = $N_{s2} = 120f / P_2$

3 यदि मिश्रित केसकेड कार्य करे तो सैट की चाल = $N = 120f / (P_1 + P_2)$

4 यदि डिफरैंशियल केश केडिंग अपनाया जाये तो सैट की चाल होगी = $N = 120f (P_1 - P_2)$

c) रोटर परिपथ में EMF प्रवेश कराने से (By injecting EMF in rotor circuit): इस विधि में रोटर परिपथ में कुछ वोल्टेज प्रवेश कराके प्रेरण मोटर की चाल नियन्त्रित की जाती है। इसमें यह आवश्यक है कि रोटर में प्रवेश कराने वाली वोल्टेज की आवृत्ति स्लिप आवृत्ति के बराबर होनी चाहिए। अतः प्रवेशित वि०वा० बल के फेजों की संख्या के लिए कोई प्रतिबंध नही है। यदि हम रोटर में उत्पन्न emf के फेज की कला में emf प्रवेश कराते है तो रोटर प्रतिरोध घटेगा। अतः प्रवेशित emf के फेज में परिवर्तन से चाल को नियन्त्रित किया जा सकता है। इस विधि का मुख्य लाभ यह है कि चाल को बडी परास में चाल को नियन्त्रित कर सकते है (सामान्य से अधिक व सामान्य से कम)। वि० वा० बल का प्रवेश कराने के लिए कई विधि कार्य में ली जाती है जैसे कि क्रामेर (Kramer) सिस्टम, सेक्रेबियस (Scherbius) सिस्टम इत्यादि।

AC वाइन्डिंग में प्रयुक्त होने वाली मूलभूत शब्दावली (Fundamental terms used in AC winding)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

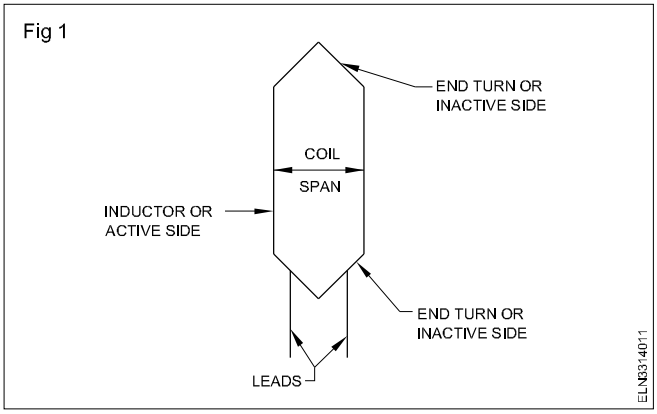
- **AC वाइन्डिंग में प्रयुक्त शर्तों की व्याख्या करना**
- **AC वाइन्डिंग के विभिन्न प्रकारों को स्पष्ट करना ।**

AC वाइन्डिंग में प्रयुक्त होने वाले मूलभूत शब्दावली (Fundamental terms used in AC Winding): AC वाइन्डिंग करने से पूर्व प्रशिक्षणार्थियों को AC वाइन्डिंग की परिभाषाओं से परिचित होना चाहिए, जो कि निम्नलिखित अनुच्छेदों में व्यक्त की गई है।

क्वायल (Coil) : श्रेणी में जुडे टर्न (turns) की संख्या को क्वायल (coil) कहते है। एक क्वायल की दो एक्टिव व दो इनेक्टिव भुजा होती है।

टर्न (Turn): यह चालक का बन्द परिपथ होता है जो कि उन दो इंडक्टर (inductors) से बनता है जो विभिन्न पोल N और S में रखे होते है। (Fig 1)

Fig 1

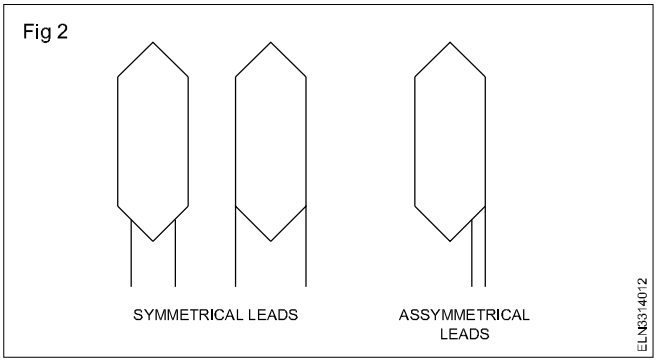


क्वायल की क्रियाशील भाग (Active side of a coil) : यह क्वायल का वह भाग होता है, जो क्रोड के स्लॉट में पड़ा होता है। Fig 1 मे यह इंडक्टर के नाम से भी जाना जाता है।

क्वायल का निष्क्रिय भाग (Inactive side of a coil) : यह क्वायल का वह भाग है जो दो क्रियाशील भुजाओं को जोड़ता है। (Fig 1)

क्वायल की लीड (Leads of a coil) : ये एक क्वायल के दो सिरे होते है, जिनको संयोजन के लिए उपयोग किया जाता है, लीडस को जम्पर (jumpers) भी कहा जाता है जो कि Fig 2 में दर्शाये अनुसार समरूप या असमद्रूप हो सकती है।

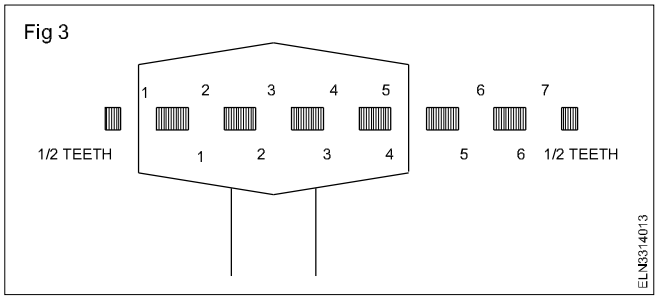
Fig 2



पोल पिच (Pole pitch) : दो संगत विपरीत पोल के केन्द्र के बीच की दूरी पोल पिच कहलाती है। पोल पिच स्लॉट या क्वायल साइड (coil sides) के पदों में मापी जाती है।

क्वायल पिच/विस्तार और क्वायल थ्रो (Coil pitch/span and coil throw) : किसी एक क्वायल की दो क्रियाशील भुजाएँ (active) जो पास पास वाले विपरीत पोलों में पड़ी होती है, उनके बीच के अन्तर को क्वायल पिच कहते है। Fig 3 में क्वायल पिच विस्तार और क्वायल थ्रो को दिखाया गया है (अर्थात क्वायल पिच/विस्तार = 4 और क्वायल थ्रो 1-5 है)

Fig 3



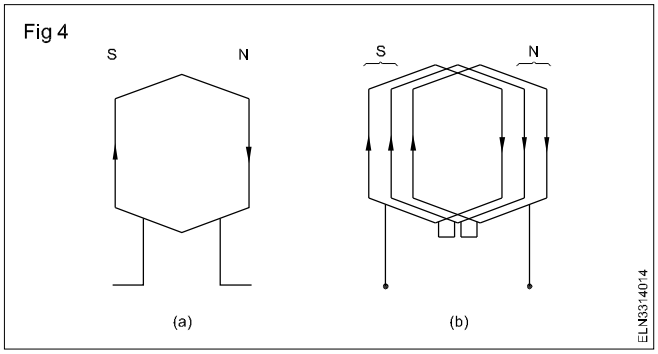
पिच गुणक (Pitch factor) : यह आवश्यक नही है कि वाइन्डिंग पिच पोल के बराबर हो। यदि पोल पिच व वाइन्डिंग पिच बराबर हो तो वाइन्डिंग पूर्ण (full) पिच वाइन्डिंग कहलाती है। यदि वाइन्डिंग पिच पोल पिच से कम होती है तब वाइन्डिंग लघु (short) पिच कहलाती है या भिन्नात्मक (fractional) पिच कहलाती है। पुनः वाइंडिंग करते समय मूल वाइन्डिंग पिच को बदलना नही चाहिए। मशीन द्वारा अच्छा प्रदर्शन करने के लिए मशीन डिजाईन करने वाले व्यक्ति एक ऐसा पिच गुणक (factor) का चयन करते है, जो विभिन्न प्रभावों को सम्मिलित करके चुना जाता है। मशीन की मूल वाइन्डिंग पिच में कोई परिवर्तन करने से, मशीन के प्रदर्शन (performance) पर प्रभाव पड़ता है। यदि वाइन्डिंग पिच 4 ली जाये तो क्वायल प्रक्षेप (coil throw) 1 से 5 होगा और क्वायल की एक भुजा स्लाट संख्या 1 में रखी गई हो तो दूसरी भुजा स्लाट संख्या 5 में प्रवेश कराई जाती है जैसा कि Fig 3 में दिखाया गया है। तब वाइन्डिंग पिच 5-1 = 4 होगी। वाइन्डिंग पिच च पोल पिच के अनुपात को पिच गुणक (factor) कहते है।

परिवर्तीय गति मोटर (variable speed motor) के अतिरिक्त लगभग सभी मशीनों में लघु (short) पिच वाइन्डिंग प्रयोग की जाती है। लघु (short) पिच वाइन्डिंग को अपनाने के निम्नलिखित कारण नीचे दिए गए है।

1 वाइंडिंग में कम ताँबे की आवश्यकता होती है
2 ताम्र क्षति कम होती है।
3 मशीन की दक्षता बढ जाती है।
4 वाइन्डिंग कम स्थान घेरती है।
5 आल्टरनेटर में वाइन्डिंग कसमान साइन वेव उत्पन्न करती है।

क्वायल ग्रुप (Coil group) : जब आप किसी वाइंडिंग में धारा प्रवाह की दिशा का अवलोकन करेंगें, तो आप देखेंगें कि क्वायल की दोनों साइडों में धारा की दिशा विपरीत होगी, जैसा कि Fig 4(a) में दिखाया गया है।

यथानुसार एक सिंगल क्वायल में धारा दो भिन्न प्रकार के पोल उत्पन्न करती है। एक सामान्य वाइन्डिंग में डिजाईन के अनुसार एक या अधिक क्वायल, एक ग्रुप बनाने के लिए श्रेणी में जोडी जाती है जैसा कि Fig 4(b) में दिखाया गया है। (एक ग्रुप में तीन क्वायलें है) एक वाइन्डिंग में कुल क्वायल ग्रुपों की संख्या फेजों की संख्या तथा पोलों की संख्या के गुणनकल के बराबर होती है।



$$\text{क्वायल ग्रुप की संख्या} = \frac{\text{फेजों की संख्या}}{\text{पोलों की संख्या}}$$

$$\text{Coil group per phase per pole} = \frac{\text{Total No. of coil groups}}{\text{No. of phases x No. of poles}}$$

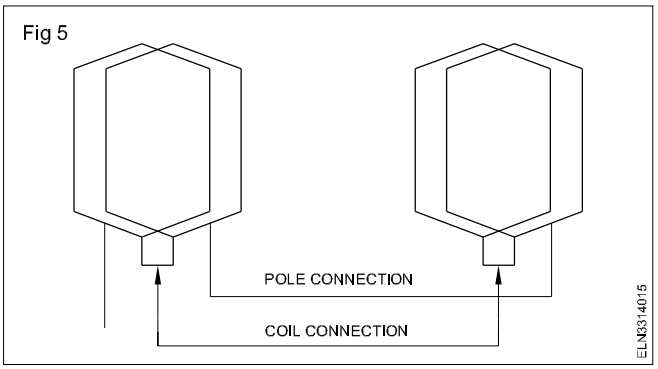
और प्रति फेस प्रति पोल एक वर्ग में कॉइलों की संख्या

$$= \frac{\text{Total number of coils}}{\text{No. of phases x No. of poles}}$$

$$= \frac{\text{Total number of coils}}{\text{Total number of groups}}$$

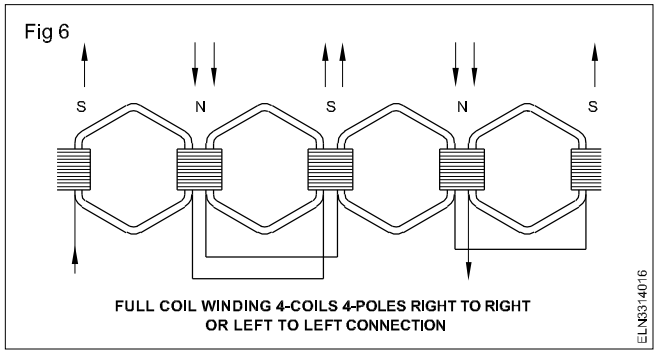
और प्रति फेस प्रति पोल एक वर्ग में कॉइलों की संख्या

क्वायल संयोजन (Coil connections): संयोजन जो एक वाइंडिंग के एक सिरे को, दूसरी क्वायल के सिरे के साथ एक ही समूह मे जोडे जाते है वे क्वायल संयोजन कहलाते है और Fig 5 में दिखाये गये है।

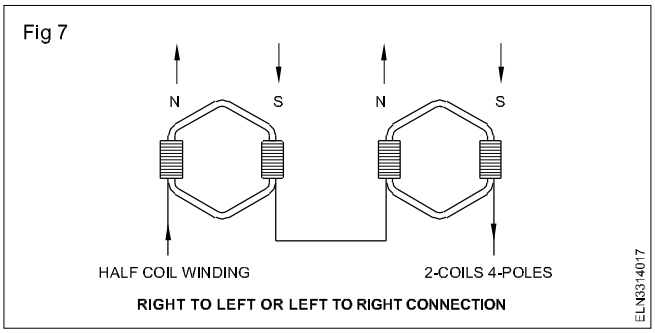


पोल संयोजन (Pole connection) : जब एक ही फेज में एक ग्रुप के संयोजन दूसरे ग्रुप के साथ किये जाते है वे पोल संयोजन या समूह संयोजन कहलाते है, और इन्हें Fig 5 में दिखाया गया है।

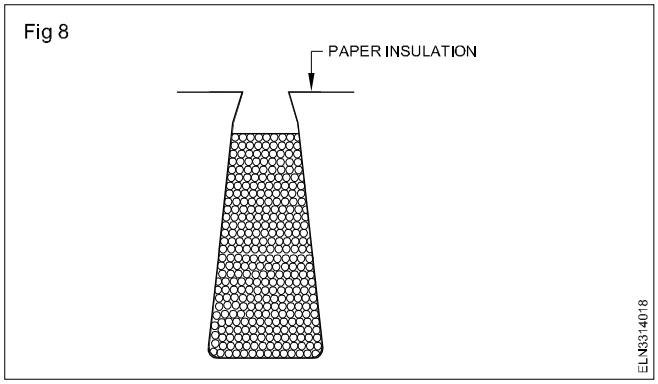
सम्पूर्ण-क्वायल वाइन्डिंग (Whole-coil winding): जिस वाइंडिंग में प्रति फेज क्वायल समूह की संख्या मशीन के पोलों की संख्या के बराबर होती है वह सम्पूर्ण-क्वायल वाइंडिंग कहलाती है। Fig 6 को देखें।



हाफ क्वायल वाइन्डिंग (Half coil winding) : जिस वाइंडिंग में प्रति फेज क्वायल ग्रुप की संख्या मशीन के पोलों की संख्या से आधी होती है वह हाफ क्वायल वाइंडिंग कहलाती है। हाफ क्वायल वाइंडिंग प्रायः छत के पंखों, दो गुनों स्पीड वाली मोटरों व सबमर्सिबल मोटरों में की जाती है। Fig 7 देखें।

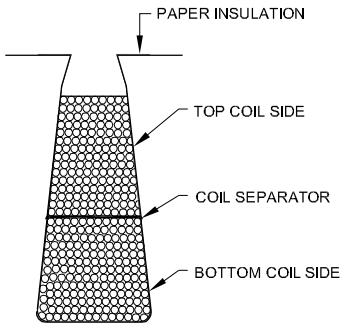


सिंगल लेयर वाइन्डिंग (Single layer winding) : एक परत वाइंडिंग में प्रत्येक स्लाट मे केवल एक क्वायल भुजा रहती है जैसा कि Fig 8 में दिखाया गया है और मशीन के खाँचों या आर्मेचर में क्वाइलों की संख्या, खाँचों slots की संख्या से आधी होती है। एकल परत वाइंडिंग में क्वायल पिच प्रायः विषम संख्या में ली जाती है।



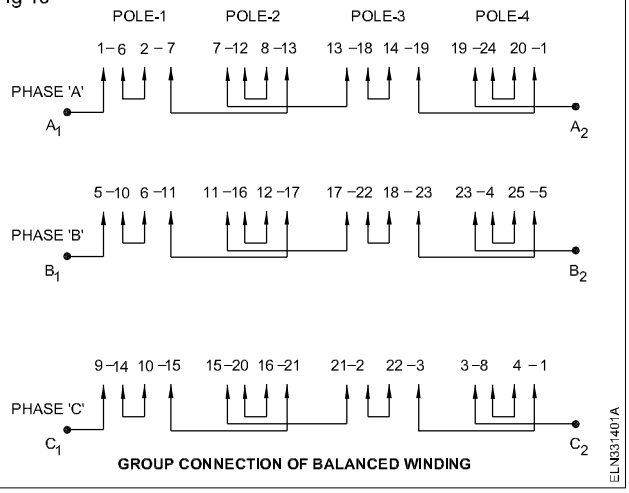
डबल लेयर वाइन्डिंग (Double layer winding) : डबल लेयर वाइन्डिंग में प्रत्येक स्लॉट में दो क्वायल साइड होती है (अर्थात एक ऊपरी तथा एक निचली) जैसा कि Fig 9 में दिखाया गया है और क्वाइलों की संख्या स्टेटर में स्लाटों की संख्या के तुल्य होती है।

Fig 9



सन्तुलित वाइन्डिंग (Balanced winding) : जब प्रति फेज प्रति पोल क्वायल समूह के प्रत्येक समूह में क्वाइलों की संख्या बराबर हो तो वाइंडिंग सन्तुलित वाइंडिंग ('balanced winding') कहलाती है। यह सम ('Even') समूह वाइंडिंग भी कहलाती है और इसे Fig 10 में देखें।

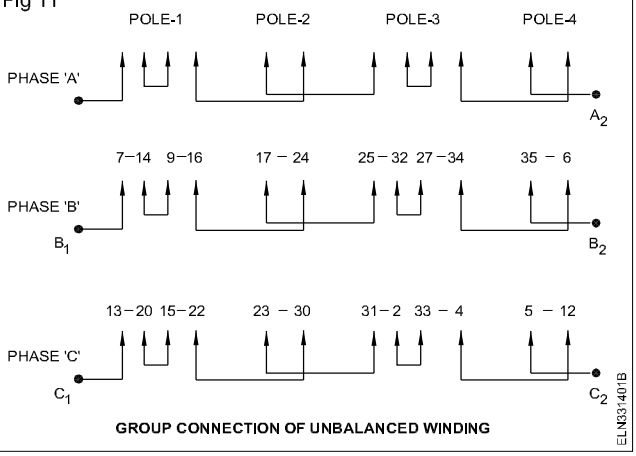
Fig 10



असन्तुलित वाइन्डिंग (Unbalanced winding) : यदि प्रति फेज प्रति पोल क्वायल समूह के प्रत्येक समूह में क्वाइलों की संख्या असमान होती है तो इस प्रकार की क्वाइल असन्तुलित वाइंडिंग कहलाती है। इसे कई बार 'विषम ग्रुप' भी कहते है और इसे Fig 11 में दिखाया गया है।

यह महत्वपूर्ण होता है कि प्रत्यके फेज में क्वाइलों की संख्या बराबर होनी चाहिए चाहे वाइंडिंग सन्तुलित हो या असन्तुलित जैसा कि Fig 10 व 11 में दिखाया गया है।

Fig 11



सकेन्द्रिय वाइन्डिंग (Concentrated winding) : जब किसी वाइंडिंग में प्रति पोल प्रति फेज क्वाइलों की संख्या एक होती है, तब वाइंडिंग सकेन्द्रिय'(concentrated winding') वाइंडिंग कहलाती है। इस प्रकार की वाइन्डिंग में प्रत्येक क्वायल भुजा एक स्लाट हो घेरती है।

वितरित वाइन्डिंग (Distributed winding) : इस वाइंडिंग में प्रति फेज प्रति पोल क्वाइलों की संख्या एक से अधिक होती है और कई स्लाटों में व्यवस्थित होती है । इस स्थिति में प्रत्येक क्वायल की समान पोल पिच होती है।

आंशिक रूप से वितरित वाइन्डिंग (Partially distributed winding): इस प्रकार की वाइन्डिंग में क्वायल की भुजा, सभी खाँचों को नही घेरती है, परन्तु कुछ स्लाट खाली रहते है और वे खाँचे रिक्त (dummy) खाँचे कहलाते है।

पूर्ण वितरित वाइन्डिंग (Fully distributed winding) : यह वह वाइंडिंग होती है जिसमें एक भी खांचा रिक्त नही रहता है।

विभिन्न प्रकार की AC वाइन्डिंग (Different types of AC Windings)

वाइंडिंग आकार के अनुसार निम्नलिखित प्रकार की होती है।

a बास्केट वाइन्डिंग (Basket winding)

b कान्सैन्ट्रिक वाइंडिंग (Concentric winding)

c स्कीन वाइंडिंग (Skein winding)

d फ्लैट लूप नान-ओवर लैप्ड वाइंडिंग (Flat loop Non-overlapped winding)

e फ्लैट लूप ओवर लैप्ड या चेन वाइंडिंग (Flat loop overlapped or chain winding)

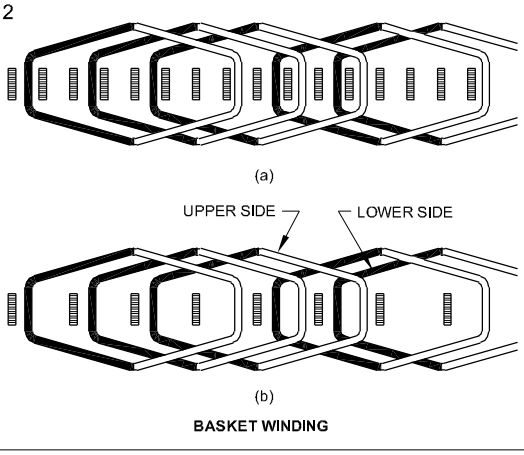
f स्क्यू वाइंडिंग (Skew winding)

g डायमण्ड क्वायल वाइंडिंग (Diamond coil winding)

h इन्वोल्यूट क्वायल वाइंडिंग (Involute coil winding)

टोकरी वाइन्डिंग (Basket winding) : इस वाइंडिंग में, वाइंडिंग पूर्ण होने के पश्चात, वाइंडिंग के सिरे टोकरी की बुनाई की तरह दिखाई देती है, इसलिए इसे बास्केट वाइंडिंग कहते है। a) सिंगल लेयर (Single layer) बास्केट वाइंडिंग Fig 12a में, और डबल लेयर (double layer) बास्केट वाइंडिंग Fig 12b में दिखाई गई है।

Fig 12

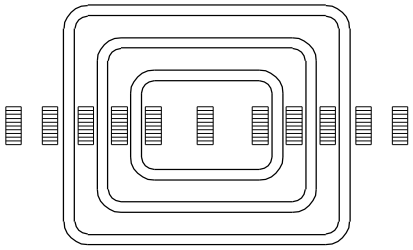


कान्सेन्ट्रिक (या बॉक्स) वाइन्डिंग (Concentric (or box type) winding): इस प्रकार की वाइंडिंग में, एक ग्रुप में दो या दो से अधिक क्वाइलों होती है और प्रत्येक ग्रुप में प्रत्येक वाइंडिंग का केन्द्र भी एक होता

है। प्रत्येक ग्रुप में, क्वायल पिच बराबर नही होती है और इसलिए ये एक दूसरे को ओवरलैप नही करती है।

इस वाइंडिंग में क्वाइलों की पिच समान नही होती है और ग्रुप की प्रत्येक क्वायल की पिच में 2 का अन्तर होता है। इसलिए विभिन्न क्वायल स्पैन होने के कारण क्वाइलों को खाँचों में डालने में अधिक श्रम लगता है, फिर भी इस डिजाईन में क्वाइलों के शीतलन (cooling) के लिए अधिक स्थान मिल जाता है। यह वाइंडिंग प्रायः एकल कला (single phase) मोटरों की वाइंडिंग में अपनाई जाती है। इसे Fig 13 में दिखाया गया है।

Fig 13

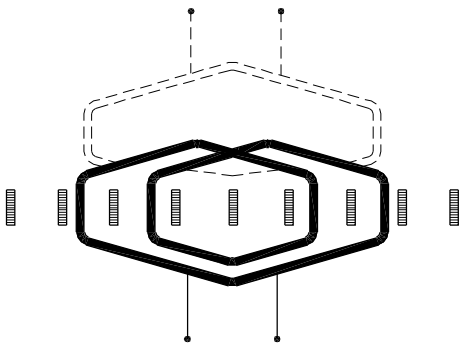


CONCENTRIC WINDING

ELN331401D

लच्छी वाइन्डिंग (Skein winding) : लच्छी वाइंडिंग में, सबसे पहले एक पर्याप्त लम्बाई की लम्बी क्वायल, कुण्डलित की जाती है और इसके बाद इसे एक स्लाट में डाला जाता है, बची हुई लम्बाई को मोडकर संगत खाँचों में डाला जाता है जैसा कि Fig 14 में दर्शाया गया है।

Fig 14

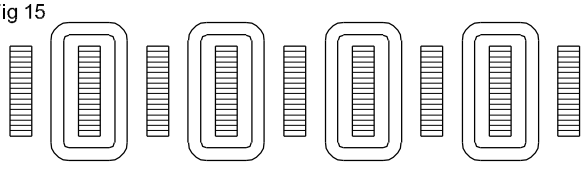


SKEIN WINDING

ELN331401E

फ्लैप लूप नान-ओवर लैप्ड वाइन्डिंग (Flat loop non-overlapped winding) : इस वाइंडिंग में क्वायल एक दुसरे को ओवरलैप्ड नही करती है और इसलिए यह फ्लैट लूप नान आवेरलैप वाइंडिंग कहलाती है। इस प्रकार की वाइंडिंग में प्रत्येक ग्रुप में केवल एक क्वायल होती है। इसे Fig 15 मे दिखाया गया है।

Fig 15

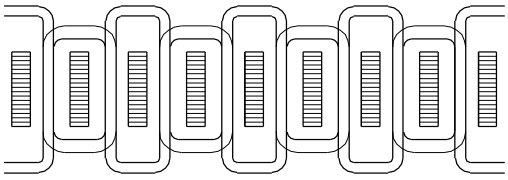


FLAT LOOP NON-OVER LAPPED WINDING

ELN331401F

फ्लैप लूप ओवरलैप्ड या चेन वाइन्डिंग (Flat loop overlapped or chain winding) : इस वाइन्डिंग में प्रति फेज प्रति पोल क्वायल की संख्या एक से अधिक होती है और पिच भी भिन्न-भिन्न होती है, और चेन की तरह क्वायल एक दूसरे को ओवर लैप करती है। Fig 16 में इस वाइन्डिंग के रूप में दिखाया गया है।

Fig 16

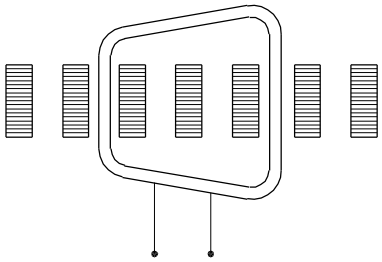


FLAT LOOP OVERLAPPED WINDING OR CHAIN WINDING

ELN331401G

स्क्यू वाइन्डिंग (Skew winding) : इस वाइंडिंग में क्वायल की भुजा असमान होती है, जिससे ऊष्मा के निष्कासन के लिए अधिक स्थान मिलता है। इस वाइन्डिंग को Fig 17 द्वारा दिखाया गया है।

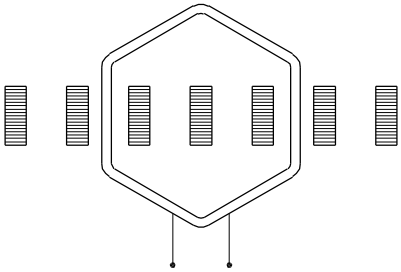
Fig 17



ELN331401H

डायमण्ड क्वायल वाइन्डिंग (Diamond coil winding) : इस वाइंडिंग मे उपयोग होने वाली क्वायल का आकार डायमण्ड के जैसा होता है, यह क्वायल अधिक स्थान घेरती है। इसे Fig 18 में दिखाया गया है।

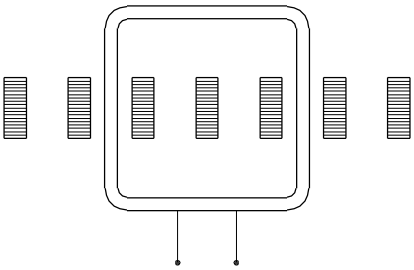
Fig 18



ELN331401I

इनवोल्यूट क्वायल वाइन्डिंग (Involute coil winding) : इस प्रकार की क्वायल पहले तो डायमण्ड के आकार में बनाई जाती है और बाद में इसकी अक्रियाशील भुजा को दबा कर क्वायल का आकार इनवोल्यूट क्वायल का बन जाता है जिसे Fig 19 में दिखाया गया है।

Fig 19



ELN331401J

वैद्युतिक अंश (Electrical degrees): एक पोल युग्म में 360° वैद्युतिक अंश होती है। इसका अर्थ है प्रत्येक पोल में 180° वैद्युत होती है। इसलिए मोटर में वैद्युतिक अंश पोलों की संख्या पर निर्भर करती है।

2 पोल के लिए - 360° वैद्युतिक अंश

4 पोल के लिए - 720° वैद्युतिक अंश

6 पोल के लिए - 1080° वैद्युतिक अंश

खाँचे के कोण को निम्नलिखित सूत्र से ज्ञात कर सकते है

$$\text{स्लॉट कोण} = \frac{180^0 \times \text{पोलों की संख्या}}{\text{स्लॉटो की कुल संख्या}}$$

या

$$\text{स्लॉट कोण} = \frac{360^0 \times \text{पोलों की संख्या}}{\text{स्लॉटो की कुल संख्या}}$$

फेज विस्थापन (Phase dispalcement) : एक फेज के लिए स्टार्टिंग (starting) व रनिंग (running) वाइंडिंग 90^o से विस्थापित होनी चाहिए। उदाहरण के लिए यदि स्लाट कोण 30^o है तो यदि रनिंग वाइंडिंग स्लाट संख्या से शुरू होती है तो स्टार्टिंग वाइंडिंग स्लाट संख्या 4 से शुरू होनी चाहिए।

उदाहरण : 'B' क्लास मोटर के लिए इंसुलेशन का विवरण नीचे है।

आंतरिक स्लाट (Slot liner) : 0.175 mm मोटा प्रेस पेपर का एक पर्त के साथ 0.25 mm मोटे फाइबर ग्लास जिसके पीछे माइका लगा हो का उपयोग आंतरिक स्लाट के रूप में किया जाता है। यह कोर के सिरों के बाहर 10 mm होना चाहिए।

क्वाइल सेपरेटर (Coil separator) : मल्टी लेयर वाइंडिंग की स्थिति में 0.375 mm मोटे प्रेस पेपर और फाइबर गलास माइका संयुक्त रूप में प्रयोग किए जाते है और इसे प्रत्येक कोर के सिरों पर 10 mm बड़ा होना चाहिए।

वेज सेपरेटर या पैकिंग स्ट्रिप (Wedge separator/packing strip): 0.375 mm मोटे मेलानेक्स का उपयोग आंतरिक स्लाट और वेज के बीच किया जाता है। इसे प्रत्येक कोर पर 10 mm बड़ा होना चाहिए।

वेज (Wedge) : 2 mm या 3 mm वल्केनाइज्ड फाइबर उपयोग किए जाते हैं। इसे प्रत्येक कोर के सिरों पर 6 mm बड़ा होना चाहिए।

ओवर हैंग इंटर-फेज इंसुलेशन (Over hang inter-phase insulation): अर्ध चंद्रकार रूप में 0.25 mm वार्निश किया हुआ फाइबर ग्लास क्लाथ अलग-अलग फेजों के क्वाइल्स के बीच फेज अंतर इंसुलेशन के लिए उपयोग किया जाता है। इंसुलेशन के बाद सेपरेटर को 0.15 mm वर्निश किए गए फाइबर ग्लास क्लाथ, द्वारा क्वाइल्स के साथ बांधा जाना चाहिए।

हैण्ड वाइंडिंग प्रक्रिया (Hand winding process)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **हैण्ड वाइंडिंग के लाभ बताना**
- **हैण्ड वाइंडिंग की विधि का वर्णन करना।**

हैण्ड वाइंडिंग (Hand winding) मोटरों में स्टार्टिंग व रनिंग दोनों वाइंडिंग के लिए हैण्ड वाइंडिंग का उपयोग किया जा सकता है। इस विधि में, एक एक टर्न करके वाइन्डिंग तार स्लाटों में डाली जाती है, इसे आन्तरिक क्वायल से प्रारम्भ करके वाइन्डिंग प्रक्रिया पूरी होने तक जारी रखा जाता है।

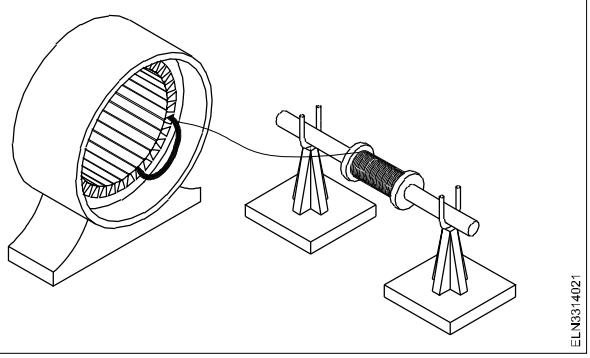
इस वाइन्डिंग विधि से दो मुख्य लाभ है।

1 जहाँ स्लाट में स्थान सीमित हो, वहाँ कसी हुई (tight) वाइन्डिंग करना सम्भव है।

2 इसमें वाइन्डिंग फार्मा की आवश्यकता नही होती है।

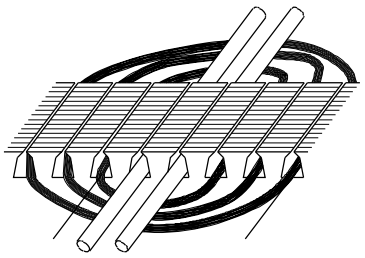
वाइंडिंग किये जाने वाले स्टेटर और वाइन्डिंग तार की बॉबिन (spool) की व्यवस्था Fig 1 में दिखाई गई है।

Fig 1



मान लें कि स्लॉट उचित प्रकार से इन्सुलेटिड किये गये है, स्टेटर की वह साइड जिधर संयोजन सिरे निकाले जाते है, को ज्ञात कर लिया गया है और सम्बन्धित स्लाटों में गाइड कागज डाल दिया गया है।

Fig 2



हैण्ड वाइंडिंग की विधि निम्न प्रकार से वर्णित की गई है।

1 चयन किया गया वाइन्डिंग के रोल को, रोल पैक पर उचित तनाव युक्ति के साथ सैट करें।

2 आन्तरिक क्वायल की छोटी पिच के साथ वाइन्डिंग तार को स्लॉट मे डालें और वाइन्डिंग शुरू करें।

3 तनाव को बनाये रखते हुए, डाटा के अनुसार पहचाने गये स्लाट में वाइन्डिंग तार को डालें।

4 प्रथम क्वायल में निश्चित टर्नों के साथ वाइन्डिंग करने के बाद, अगली बडी क्वायल की वाइन्डिग को चयन की गई पोल पिच के अनुसार जारी रखें।

5 दूसरी क्वायल की निर्धारित टर्नों से वाइन्डिंग के बाद, अगली बडी क्वायल की पोल पिच के अनुसार वाइन्डिंग जारी रखें।

सम्पूर्ण पोल वाइन्डिंग को पूरा करें और अन्त संयोजन को बाहर निकालें।

6 वाइन्डिंग के दौरान, क्वायल को सही स्थिति में रखने के लिए खाली स्लॉटों में Fig 2 के अनुसार लकड़ी के टुकडे रखें।

7 यदि स्लॉट में केवल एक क्वायल साइड ही आनी हो, तो तार को काट दें औरवाइन्डिंग को स्थायी करने के लिए रोक (wedge) को लगा दें।

8 यदि डबल लेयर वाइंडिंग के लिए, स्लाट में पहले केवल निचली क्वाइल साइड डाली गई हो, तो इसे लकडी या फाईबर की रोक (wedge) से ढीली फिटिंग रखते प्रत्येक स्लाट में दबाये जब तक कि स्टेटर वाइंडिंग पूर्ण न हो।

9 गिट्टी (dowels) को निकाल दें।

10 2 से 9 तक के स्टैपों को प्रत्येक पोल के लिए जारी रखें, जब तक कि निचली (मुख्य) वाइन्डिंग स्टेटर में पूर्ण हो।

11 ऊपरी अर्थात (starting) वाइन्डिंग के लिए आवश्यक साईज की वाइन्डिग तार वाली रोल को सैट करें।

12 उपरोक्त पदों (steps) का अनुसरण करते हुए, चयनित डाटाअनुसार स्टार्टिंग वाइन्डिंग की पुनः वाइंडिंग के लिए आगे बढें।

3 फेज स्क्विरल केज इंण्डकेश्न मोटर वाइंडिंग (सिंगल लेयर डिस्ट्रीबुटेड वाइंडिंग) 3 phase squirrel cage induction motor winding (single layer distributed winding)

Objectives: At the end of this lesson you shall be able to

- **सिंगल लेयर डिस्ट्रीब्यूटेड वाइंडिंग से संबंधित गणना एवं वाइंडिंग संबंधित अभ्यास की व्याख्या करना**
- **सिस्ते एवं क्वायल कनेक्शन डायग्राम कैसे बनायें की व्याख्या करना**
- **रिंग व विकसित आरेख कैसे बनाया जाता है, यह बताना।**

डिस्ट्रीब्युटेड प्रकार का वाइंडिंग (Distributed type winding): तीन फेज मोटरों में पाई जाने वाली सबसे लोकप्रिय प्रकार की वाइंडिंग वितरक प्रकार की वाइंडिंग है। वितरित प्रकार की वाइंडिंग वह वाइंडिंग है, जिसमें सभी क्वाइलों कासाइज, क्वायल पिच और आकार समान होते है और ये क्वाइलों सामान्यतया फर्मे पर कुण्डलित होती है खाँचों मे क्वाइलों की व्यवस्था के अनुसार, ये क्वाइलों एक दूसरे को ओवर लैप करती है। वितरित प्रकार की वाइंडिंग एकल परत व दोहरी परत प्रकार की है।

सिंगल लेयर वाइंडिंग (Single layer winding) : सिंगल लेयर वाइंडिंग वह वाइंडिंग है जिसमें क्वाइलों की संख्या, स्लॉटों की संख्या से आधी होती है। उदाहरण के लिए 12 स्लॉट में 6 क्वाइलों, 24 स्लॉट में 12 क्वाइलों और 36 स्लॉट में 18 क्वाइलों और इसी प्रकार आगे संक्षेप मेंप्रत्येक स्लाट में एक क्वायल साइड होती है।

सिंगल लेयर डिस्ट्रीब्युटेड वाइंडिंग के लिए गणना (Calculation for single layer distributed winding) : वितरित एकल परत वाइंडिंग के लिए वाइंडिंग आंकडा (winding data) निम्नलिखित सीमाओं के अन्दर हैं- (उदाहरण में 3- फेज, 24 स्लॉट, 12 क्वायल, 4 पोल को निम्न दिखाया गया है)

I समूहन (Grouping)

$$\text{i) No. of coils/phase} = \frac{\text{Total No. of coils}}{\text{No. of phases}}$$

उदाहरण में

प्रति फेज क्वाइलों की संख्या = 12/3 = 4 क्वायल/फेज

ii सम्पूर्ण क्वायल संयोजन के लिए

$$\text{No. of coils/phase/pole} = \frac{\text{Total No. of coils}}{\text{No. of phases x No. of poles}}$$

उदाहरण में

$$\text{No. of coils/phase/pole} = \frac{12}{3 \times 4} = 1 \text{ coil/phase/pole}$$

iii) अर्द्ध क्वायल संयोजन के लिए

$$\text{No. of coils/phase/pair of poles} = \frac{\text{Total No. of coils}}{\text{No. of phases x pair of poles}}$$

उदाहरण के लिए

$$\text{For each phase and pair of poles} = \frac{12}{3 \times 2} = 2 \text{ coils / phase / pair of poles}$$

लिये गये उदाहरण में, अर्द्ध क्वायल संयोजन तभी सम्भव है जब वितरित वाइंडिंग में पूर्ण पिच ली जाये और क्वाइलों को दो-दो स्लाट के बाद डाला जाये , परन्तु यह व्यवहारिक नही है। अतः उदाहरण में सम्पूर्ण कुण्डली संयोजन को लिया गया है।

II पिच (Pitch)

$$\text{Pole pitch} = \frac{\text{Total No. of slots}}{\text{No. of poles}}$$

इस उदाहरण में, पोल पिच = 24/4 = 6 स्लॉट

ii) क्वायल पिच (Coil pitch)

AC वाइंडिंग में क्वायल पिच और पोल पिच में निम्न प्रकार से सम्बन्ध है।

a) क्वायल पिच = पोल पिच — तब वाइंडिंग पूर्ण पिच वाइंडिंग कहलाता है।

b) क्वायल पिच < पोल पिच — तब वाइंडिंग fraction पिच या इंसर्ट पिच वाइंडिंग कहलाती है।

c) क्वायल पिच > पोल पिच तब वाइंडिंग भिन्नात्मक या लांग पिच (long pitch) वाइंडिंग कहलाती है।

आगे, यदि वाइंडिंग दोहरी परत वाली है, तो उपरोक्त 'a', 'b' व 'c' सभी सम्भव है। परन्तु एकल परत विपरीत वाइंडिंग में क्वाइलों को एक स्लाट छोड कर डाली जाती है और क्वायल पिच केवल विषम संख्या में ली जाती है।

इस उदाहरण में, क्वायल पिच = पोल पिच = 24/4 = 6 slots.

यहाँ 6 एक सम संख्या है और वाइन्डिंग पूर्ण पिच नहीं की जा सकती है, इसलिए अगला विकल्प भिन्नात्मक (fractions) पिच को चयन करने का है। इसलिए क्वायल पिच 5 या 7 ली जा सकती है। प्रायः AC वाइंडिंग को या तो पूर्ण पिच या शार्ट कौर्डेड (short chorded) भिन्नात्मक (fractions) पिच होना चाहिए। इसलिए उपयुक्त पिच 5 ली जा सकती है।

iii) क्वायल पिच (Coil throw)

इस उदाहरण में क्वायल पिच '5' लेने के बाद क्वायल थ्रो 1 - 6 लेने पर

III विद्युतिक अंश (Electrical degrees)

i) कुल विद्युत अंश = 180° x पोलों की संख्या

(पोलों की बीच दूरी 180° होती है)

ii)

उदाहरण में स्लॉट दूरी = (180x4)/24 = 30°

IV फेज विस्थापन (Phase displacement)

i) तीन-फेज वाइंडिंग में एक फेज के शुरू का सिरा व दूसरे फेज के शूरू के सिरे के बीच दूरी 120° वैद्युत डिग्री होनी चाहिए। इसलिए वाइंडिंग को इस प्रकार व्यवस्थित करना चाहिए।

ii) ɪ Phase displacement in terms of slots = 120°/slot distance

As in the example, 120°/30° = 4 slots

V वाइंडिंग अनुक्रम (Winding sequence)

तीन फेज वाइंडिंग में एक फेज के आरंभिक सिरे और दूसरे फेस के आरंभिक सिरे के बीच 120° वैद्युतिक कोण होना चाहिए। अतः हमें वाइंडिंग को इस प्रकार व्यवस्थित करना चाहिए कि

'A' फेज, स्लॉट 1 से शूरू होता है

'B' फेज, स्लॉट संख्या 1st slot + 120° and

'C' फेज, स्लॉट संख्या 1 + 120° + 120° से शूरू होता है।

इस प्रकार उपरोक्त उदाहरण के लिए फेज 'A' स्लॉट 1 से शूरू होता है

'B' फेज स्लॉट 1+4 = 5 वें स्लॉट से शूरू होगा

'C' फेज स्लॉट 1+4+4 = 9वें स्लॉट से शुरू होगा।

VI कुण्डलयों की व्यवस्था (Arrangement of coils)

वाइंडिंग सिंगल लेयर है, इसलिए क्वाइलों एक स्लाट छोड कर डाली जायेगी। यदि क्वायल संख्या 1 की पहली भुजा स्लाट संख्या 1 डाली जाये, जो कि विषम संख्या है, तो क्वायल संख्या 1 की दूसरी भुजा सम संख्या स्लॉट में डाली जानी चाहिए। अतः क्वाइलों को स्लॉट संख्या 1,3,5,7,9 और आगे इसी प्रकार से रखा जाना चाहिए और इन क्वाइलों की दूसरी भुजायें स्लॉट संख्या 2,4,6,8 और इसी प्रकार से सम संख्या वाले स्लॉट में डालनी चाहिए।

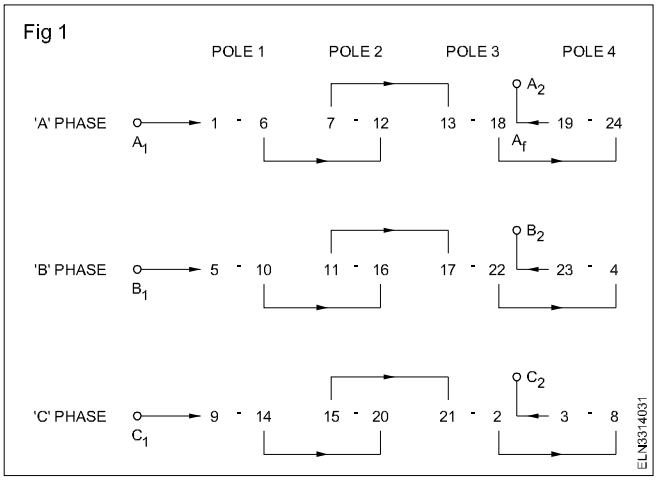
इस प्रकार इस उदाहरण में 12 क्वाइलों इन स्लॉटों में डाली जाती है (पिच = 5 स्लॉट)

1-6, 3-8, 5-10, 7-12, 9-14, 11-16, 13-18, 15-20, 17-22, 19-24, 21-26(2), 23-28(4).

VII सिरों के संयोजन (End connections)

जैसा कि वर्णन किया जा चुका है कि सामान्य अभ्यास में क्वायल ग्रुप के संयोजन, सम्पूर्ण कुण्डली संयोजन की तरह होने चाहिए जैसा कि उदाहरण के लिए Fig 1.

Fig 1



VIII क्वायल संयोजन (Coil connections)

सम्पूर्ण क्वायल संयोजन में, क्वायल समूह के संयोजन अन्त सिरे से अन्त के साथ व शुरू के सिरे को शूरू के साथ जोडना चाहिए।

समूहों में क्वाइलों को जोडने के कई तरीके है, जिनमें Fig 2 एक विधि को दर्शाता है और Fig 3 अन्य विधि को दर्शा रहा है। फिर भी आपकों सलाह दी जाती है कि पोल सही बन रहे हैं, इसकी जाँच रिंग डायग्राम (ring diagram) और घड़ी के नियम से करें। इसकी विधि का आगे आने वाले अनुच्छेदों में वर्णन किया गया है।

Fig 2

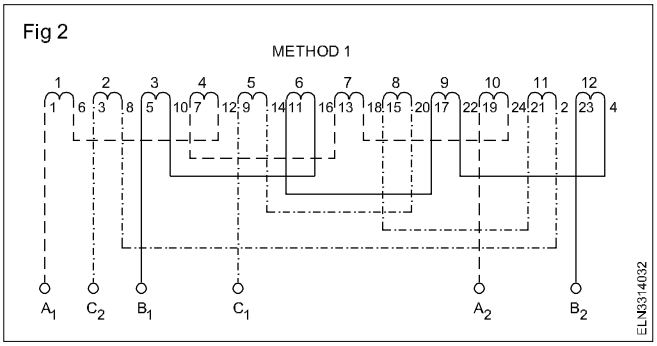
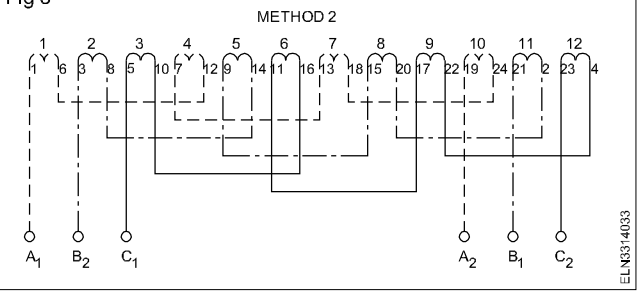


Fig 3

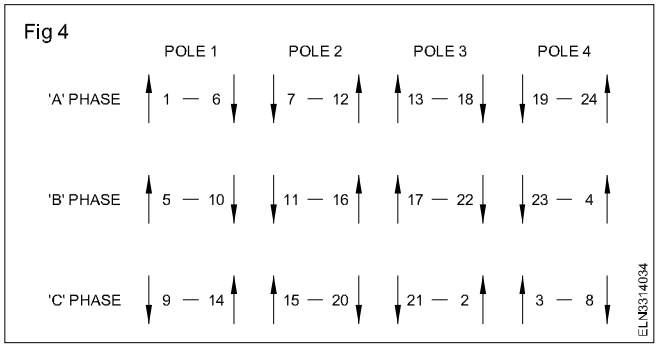


XI रिंग डायग्राम (Ring diagram)

अन्तिम सिरों के संयोजनों की जाँच निम्न प्रकार से करें। अन्त सिरे संयोजन की सारणी 1 में लिखें और घडी के नियम अनुसार धारा की दिशा का चिन्ह अंकित करें। यह नोट करें कि जब तीन फेज सप्लाई वाइंडिंग को दिया जायेगा, और यदि दो फेज में धारा की दिशा अन्दर की ओर है, तो तीसरे फेज में धारा की दिशा बाहर की तरफ होगी।

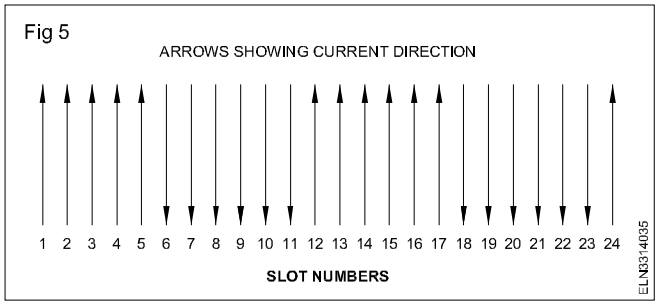
विधि 1 के अनुसार Fig 2, में दर्शाये अनुसार, क्वाइलों में धारा की दिशा Fig 4 में दर्शाये अनुसार चिन्हों से होनी चाहिए।

Fig 4



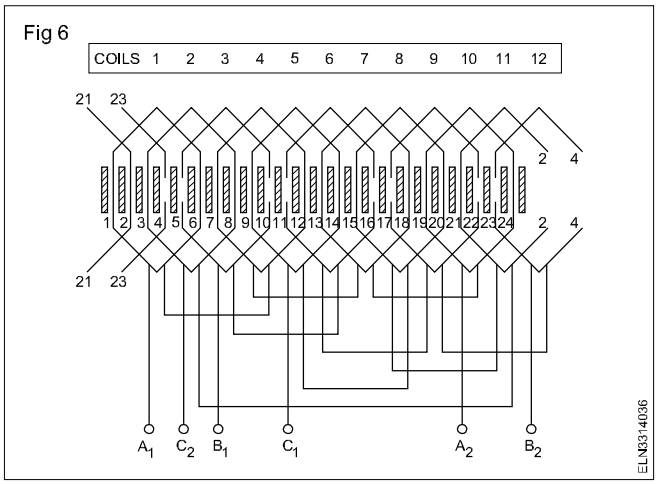
अब स्लॉट को क्रमानुगत क्रम से व्यवस्थित करें और स्लॉटों में धारा की दिशा तीर की दिशा के अनुसार निर्धारित करें, स्लॉट मे यह धारा की दिशा ही अन्त में पोलों की दिशा व संख्या को प्रदर्शित करती है, जैसा कि Fig 5 में दिखाया गया है।

Fig 5



विकसित वाइंडिंग आरेख (Developed winding diagram): वाइंडिंग का विकसित आरेख उपयुक्त स्लाट समूहन में क्वायल साइड, क्वायल के सिरों के संयोजन और लीड संयोजन के सिरों की स्पष्ट तस्वीर प्रस्तुत करता है। आपके मार्गदर्शन के लिए Fig 6 में एक 24 स्लॉट, 12 क्वाइलों, 4 पोल, 3 फेज, एकल परत, वितरित प्रकार वाइंडिंग का विकसित आरेख दर्शाया गया है।

Fig 6



बास्केट या डिस्ट्रीब्युटेड वाइंडिंग में क्वायल को स्थापित करने की विधि (Method of placing coils in a basket or distributed winding)

Objectives: At the end of this lesson you shall be able to

- **बास्केटों के समूह या गैंग तैयार करने के लिए अपनाई जाने वाली विभिन्न विधियों को बताना**
- **सिंगल लेयर बास्केट वाइंडिंग में क्वायल रखने की विधि का वर्णन करना**
- **डबल लेयर बास्केट वाइंडिंग में क्वायल रखने की विधि का वर्णन करना।**

जो विधि नीचे दी गई है यह एक फेज व तीन फेज वितरित प्रकार की वाइंडिंग के लिए सामान्य है। इसलिए इस प्रकार की बास्केट (डिस्ट्रोब्युटेड) वाइंडिंग तीन फेज मोटरों में बहुत लोकप्रिय है।

क्वायल को केवल एक फर्मा पर वाइंडिंग किया जा सकता है और फिर Fig 1 के अनुसार वाइंडिंग को आपस में जोड़ा जाता है। बहुत बड़ी मोटरों को छोड़ कर अधिकतर तीन फेज मोटरों में फर्मे पर क्वाइलों तैयार करके Fig 2 अनुसार क्वायल समूह बनाये जाते है।

प्रत्येक समूह में क्वाइलों की संख्या फेजों की संख्या व पोलों की संख्या पर निर्भर करती है।

Fig 1

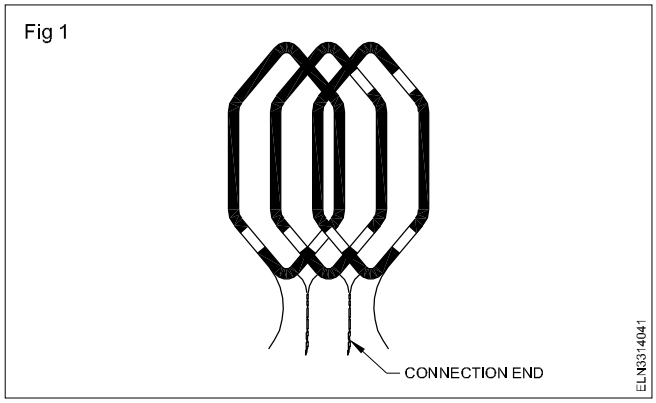
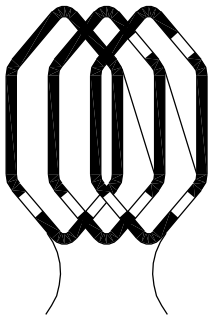


Fig 2

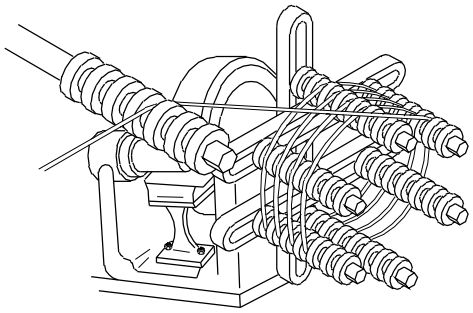


ELN3314042

ग्रुप वाइंडिंग में, तार को काटने से पूर्व कई क्वाइलों बना ली जाती हैं। इससे अनावश्यक क्वाइलों के जोड़ से छुटकारा मिलता है, और एक दूसरे के जोड़ को सोल्डर करना और उन्हे इन्सुलेट करने में जो अतिरिक्त समय लगता है उसमें बचत होती है।

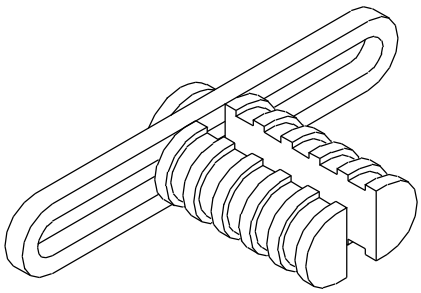
Fig 3 में एक बैंच प्रकार क्वाइल ड्राइव दिखाया गया है जो कि एक बैंच पर कसा हुआ वाइन्डिंग हैड (winding head) के साथ दिखाई दे रहा है। एक शाफ्ट के साथ कसे हुए छः पहियों पर तार पर लपेटा जाता है। अन्य प्रकार का फर्मा भी उपयोग किया जाता है। Fig 4 में एक क्वायल, कुण्डलित करने वाला फर्मा दिखाया गया है जो कि अण्डाकार या गोल आकार की क्वाइलों बनाता है।

Fig 3



ELN3314043

Fig 4

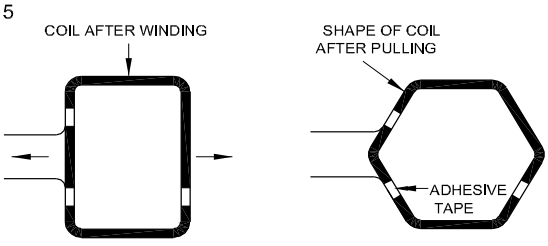


ELN3314044

छोटी मोटरो के लिए आयताकार आकार होती है और Fig 5 के अनुसार दो भुजाओं को केन्द्र से खींच कर डायमण्ड आकार की क्वायल का रूप बना दिया जाता है। फर्मे पर बनी अलग अलग क्वाइलों को सिंगल लेयर बास्केट वाइंडिंग के लिए स्लॉटों में डाला जाता है।

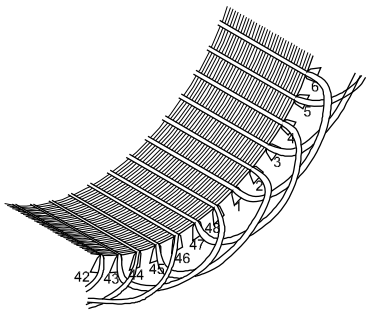
सिंगल लेयर वाइंडिंग में क्वाइलों की संख्या स्लॉट की संख्या से आधी होती है। उदाहरण के लिए एक मशीन जिसमें 12 क्वाइलों व 24 स्लॉट है, वह सिंगल लेयर वाइंडिंग होगी। Fig 6 में एकल परत वाइंडिंग को प्रदर्शित किया गया है, जिसमें क्वायल पिच 1-6 है। जब सिंगल लेयर में क्वाइलों रखनी हो तो हम क्वायल साइड को एक स्लॉट छोड कर रखते है।

Fig 5



ELN3314045

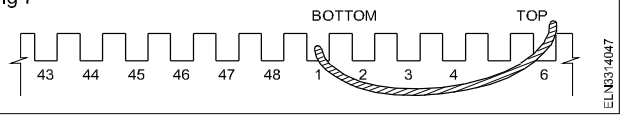
Fig 6



ELN3314046

आइये एक उदाहरण लें जिसमें स्लॉट की संख्या 48 क्वाइलों 24 व 8 पोल है, इस मोटर में क्वायल पिच1 से 6 है। Fig 7 एकल परत वाइंडिंग में स्लाट में क्वायल को डालने के विधि दिखा रहा है। इस आरेख से यह स्पष्ट होता है कि प्रति स्लाट में क्वायल की केवल एक ही साइड है। Fig 7 में दिखाया गया है कि प्रथम क्वायल की एक भाग स्लॉट संख्या 1 में रखी गयी है।

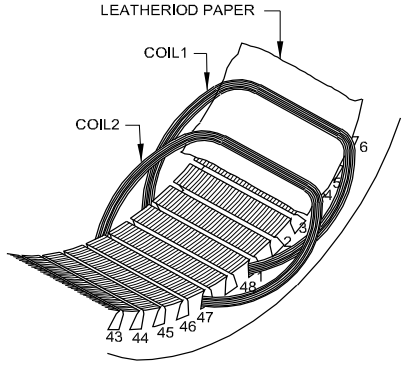
Fig 7



ELN3314047

सामान्य रूप में किसी भी स्लॉट को संख्या एक मान कर उस पर चॉक यापेन्ट से निशान लगा दें। इसी क्वायल की दूसरी भुजा क्रोड से बाहर निकाल ली जाती है। क्वायल की यह क्रिया क्वायल थ्रो (coil throw) कहलाती है। शेष बची क्वायल साइड दांयी तरफ और कुछ बांयी तरफ रहती है। जैसा कि Fig 7 में दिखाया है। मूलतः यह मूल वाइंडिंग के प्रारूप पर निर्भर करता है। क्वायल के ओवर हैन्ग (overhanging) सिरों को कुल लम्बाई का 2/3 भाग को 0.175 mm मोटी सूती टेप से लपेट देना चाहिए। स्लॉट में डली हुई क्वायल साइड बाहर न आ जाये, जब दूसरी क्वायल को स्लॉट में डाला जा रहा हो, उस समय अस्थायी रोक (wedge) स्लॉट में डाल देनी चाहिए। (कौशल सूचना 1203) यह कार्य क्वायल को स्लॉट मे डालने के तुरन्त बाद करना चाहिए। सिंगल लेयर वाइंडिंग में Fig 8 के अनुसार दर्शाये अनुसार, क्वायल साइड एक स्लॉट छोड़ कर डालनी चाहिए।

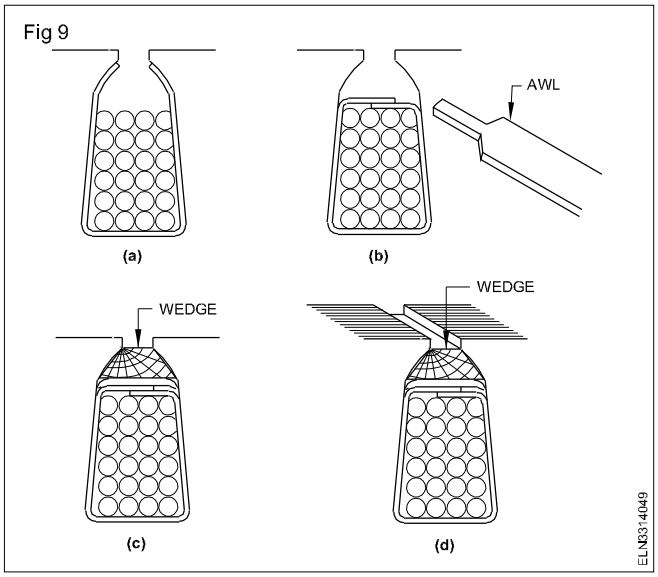
Fig 8



ELN3314048

Fig 8 में क्वायल 1 जो कि स्लॉट संख्या 1 में डाली गई है , की दूसरी क्वायल साइड क्रोड के पट्टलों पर रखी हुई है, शेष बची क्वायल साइड के इन्सुलेशन को क्षति से बचाने के लिए, एक लेदराइड पेपर जिसकी चौडाई क्रोड की चौडाई से अधिक हो, को क्रोड व क्वायल के बीच रखा जाता है जैसा कि Fig 8 में दिखाया गया है। क्वायल साइड को स्लॉट में रखने के बाद, स्लॉट में इन्सुलेशन पेपर (स्लाट लाइनर) को मोडने के लिए अवल (awl) नुकीली बास का उपयोग करें। इन्सुलेशन पेपर की एक साइड पर दूसरी साइड को मोड कर एक पृथक्कारी पेपर मुडे हुए सिरों पर सरका दें, और उसके ऊपर फाइबर या बाँस की पच्चड (रोक) को क्वायल ऊपरी सिरे पर फंसा दें। पच्चड (रोक) स्लाट लाइनर से 3 से 6 mm आगे तक निकली होनी चाहिए। इस विध को Fig 9 में दिखाया गया है।

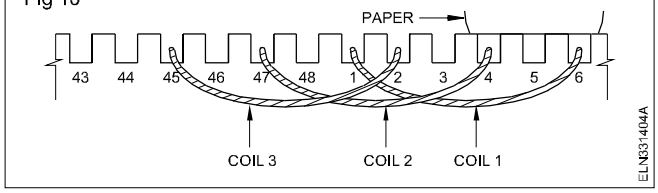
Fig 9



कुछ लोग जब तक सभी क्वाइलों खांचों मे न डल जाए और अर्थ की टेस्ट न हो जाये तब तक खाँचों में अस्थायी पच्चड (रोक) डालने को प्राथमिकता देते है। एक बार परीक्षण ठीक होने पर, उसके बाद स्थायी पच्चड (रोक) डाल दी जाती है।

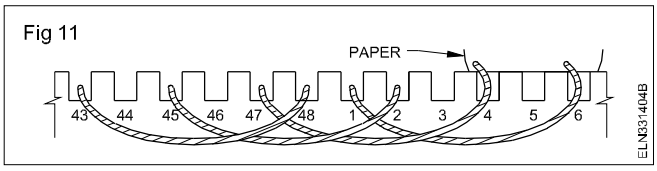
अगले चरण में क्वायल 2 की बांई भुजा को स्लॉट संख्या 47 में डाला जाता है (स्लॉट संख्या 48 को छोडते हुए जो स्लॉट संख्या के संगत में है) (Fig 8) इसके बाद क्वायल 3 की बांई भुजा को स्लॉट संख्या 45 में डाला जाता है और उसी दांयी भुजा को क्रोड के ऊपर छोड़ दिया जाता है। क्रोड व क्वायल के बीच लेदराइड पेपर इन्सुलेशन को बढाने का लगातार ध्यान रखें। परीक्षण करके यह मालूम करना होगा कि क्वायल संख्या 3 की शेष सही भुजा (दांयी), जिसकी बाई क्वायल भुजा 45 अनुसार प्रवेश हो जानी चाहिए। अब शेष रही क्वायल संख्या 3 की दांयी भुजा को स्लॉट संख्या 2 में डाल दें जैसा कि Fig 10 में दिखाया गया है।

Fig 10



सामान्यतः जब तक शेष रही क्वायल की कोई साइड, स्लॉट से बाहर रहती है, निर्धारित पिच के अनुसार तो आगे वाली क्वायल की एक ही भुजा स्लॉट में डाली जाती है। आगे बढते हुए क्वायल 4 की बाई क्वायल भुजा, स्लॉट संख्या 43 में डाल दें और क्वायल 4 की दांयी भुजा स्लाट संख्या 48 में Fig 11 के अनुसार डाल कर आगे बढें।

Fig 11



इसी प्रकार स्लॉटों को भरते हुए आगे बढें और स्लॉटों में क्वाइलों डालने का कार्य पुरा करें।

डबल लेयर (लैप) वाइंडिंग में क्वायल को प्रवेश करना (Insertion of coils in double layer (lap) winding)

आइये हम एक 3-फेज मशीन जिसमें 24 स्लॉट, 24 क्वाइलों, 4 पोल है और स्लॉट पिच 1-6 है और क्वायल साइड के शब्दों में क्वायल पिच 1-12 है, पर विचार करते है।

पुर्वानुमानः फर्म पर अलग-अलग करके बनाई गई 24 क्वाइलों तैयार रखी गई है। नीचे दी गई विधि Fig 12 में दिखाये गये विकसित आरेख के लिए है।

Fig 12

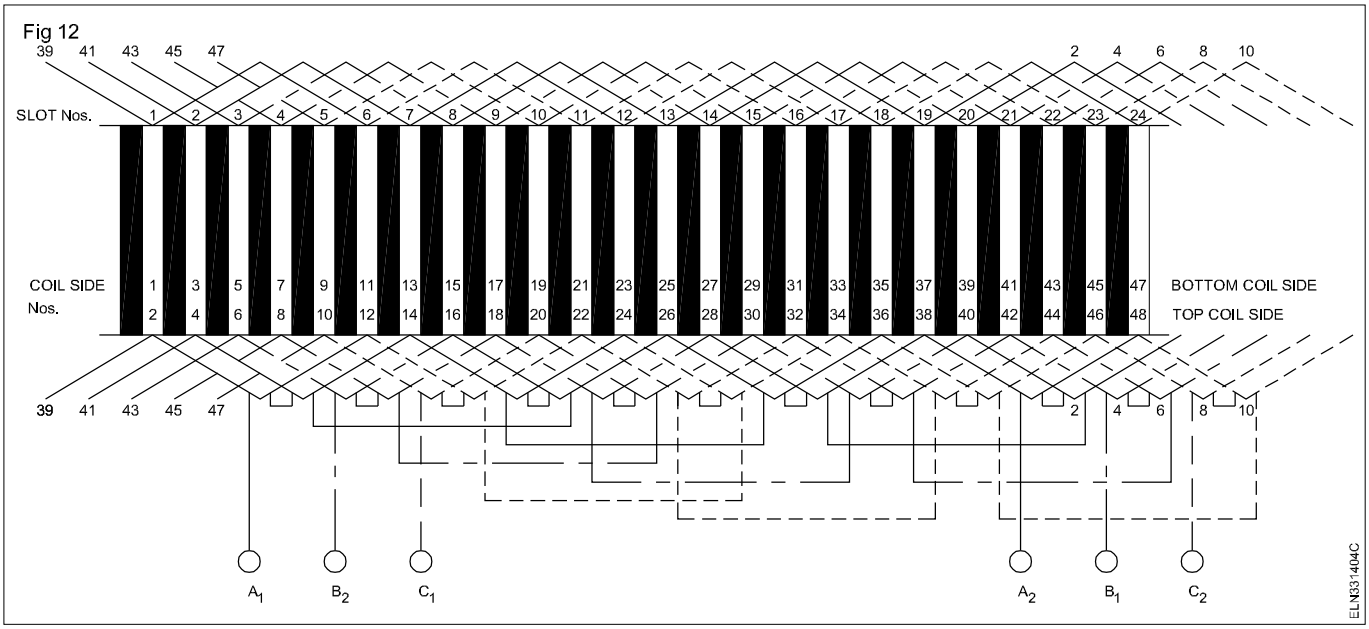
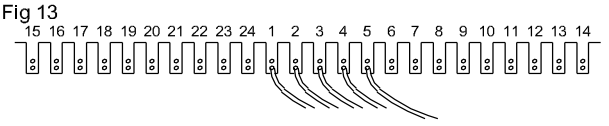


Fig 13 के अनुसार स्लॉटों की संख्या को दर्शाया गया है। सारणी 1 स्लॉट में क्वायल साइड की स्थिति दर्शाती है। स्लॉट में नीचे वाली क्वायल भुजा विषम संख्या में है और ऊपर वाली क्वायल भुजा की संख्या सम (even) संख्या में है।

Fig 13



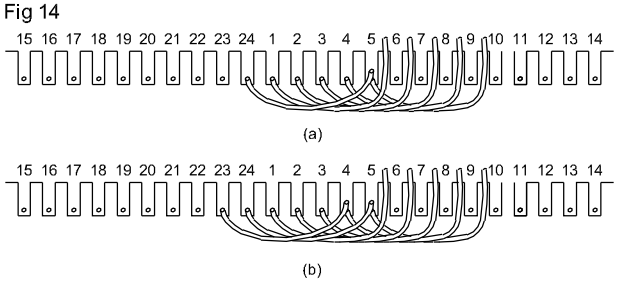
टेबल 1

स्लॉट	तला	ऊपरी हिस्सा
1	1	2
2	3	4
3	5	6
4	7	8
5	9	10
6	11	12
7	13	14
8	15	16
9	17	18
10	19	20
11	21	22
12	23	24
13	25	26
14	27	28
15	29	30
16	31	32
17	33	34
18	35	36
19	37	38
20	39	40
21	41	42
22	43	44
23	45	46
24	47	48

वाइंडिंग को इस प्रकार से व्यवस्थिति किया गया है कि जब इसे संयोजन सिरे के तरफ से देखा जाये तो, क्वायल की निचली भुजा बांई तरफ और ऊपर वाली भुजा दांई तरफ है जैसा कि Figs 13 व 14 में दिखाया गया है।

आगे टर्मिनल बॉक्स के सन्दर्भ में डाटा से स्टेटर में वाइन्डिंग सिरों के संयोजनों को पहचाना जाना होगा।

Fig 14



विकसित आरेख (Fig 12) को सन्दर्भ मानते हुए और सारणी 1 से यदि स्लॉट 1 में क्वायल 1 की निचली भुजा डाली गई है, तो इसी क्वायल की दूसरी भुजा 12 स्लॉट संख्या 6 में डाली जानी चाहिए जो कि ऊपर वाली भुजा होगी। इस प्रकार की यह वाइंडिंग आरम्भ करने की सर्वमान्य विधि होनी चाहिए।

इस प्रकार आगे बढें, सर्वप्रथम स्लॉट संख्या 5 में क्वायल की एक भुजा डालें और दूसरी भुजा को क्रोड पर छोड दें। वाइंडिंग को सुरक्षित रखने के लिए स्लॉट पाँच में एक उपयुक्त फाईबर का फुट या पच्चड (रोक) का प्रयोग करें। (Fig 15) वाइंडिंग की प्रक्रिया में इन्सुलेशन को क्षतिग्रस्त होने से रोकने के लिए एक मोटा लेदराइड को पेपर जिसकी चौडाई क्रोड की चौडाई से अधिक हो, को क्रोड व शेष उठी हुई क्वायल साइड के बीच फंसा देना चाहिए, जैसा कि Fig 8 में दिखाया गया है। लेदराइड पेपर की लम्बाई इतनी पर्याप्त होनी चाहिए कि यह 5 क्वायल भुजाओं को ढक सके।

Fig 15

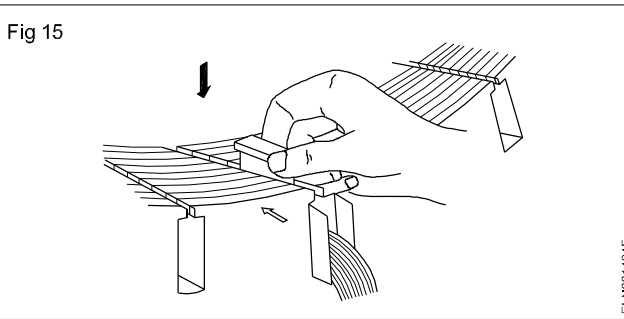
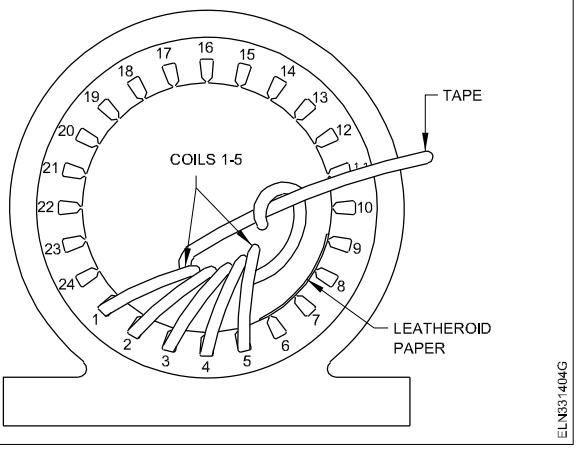


Fig 13 में दिखाये अनुसार क्वाइलों को क्रमानुसार स्लॉट संख्या 4,3,2 और 1 में प्रवेश करायें और Fig 15 की तरह इनमें अस्थाई पच्चड (रोक) डालें। अन्य क्वायल साइड को लेदराइड पेपर को क्वायल साइड व क्रोड के बीच डालकर सुरक्षित सुरक्षित करते हुए क्रोड पर पड़ा रहने दें। ये क्वाइलों थ्रो क्वायल (throw coils) कहलाती है। थ्रो क्वायल्स के इन्सुलेशन को सुरक्षित करने के लिए, आप क्वाइलों के बण्डल को एक साथ सूती टेप से बांध सकते है और सभी क्वाइलों को एक साथ स्टेटर से बांध सकते है जैसा कि Fig 16 में दिखाया गया है। यह लगातार ध्यान में रखा जाये कि लेदराइड पेपर क्वाइलों के गुच्छे व क्रोड के बीच अच्छी प्रकार से रखा रहे।

क्वायल पृथक्करण का उपयोग (Use of coil separation) : एक ही स्लाट में क्वायल की ऊपरी भुजा को, क्वायल की निचली भुजा के ऊपर रखने से पहले, स्लॉट के अन्दर क्वायल साइड को इन्सुलेट करना जरूरी हो जाता है जिसके लिए क्वायल सेपरेटर उपयोग किये जाते है। यह इसलिए जरूरी हो जात है क्योंकि एक ही स्लॉट में क्वायल साइड अलग-अलग फेज की हो सकती है और उनके बीच वोल्टेज भी अधिक हो सकती है।

Fig 16



एक ही स्लॉट में क्वायल साइड को एक दूसरे से इन्सुलेट करने के लिए Fig 17 में दिखायी गई विधि का पालन करें। यह दोनों प्रकार के खुले व अर्द्ध खुले स्लॉट के लिए है। स्लॉट में ऊपरी व निचली क्वायल साइड के बीच इन्सुलेशन के लिए एक क्रिज (creased) किया हुआ इन्सुलेशन पेपर जो उचित चौडाई, लम्बाई व मोटाई (प्रायः 0.25 से 0.375 mm) का हो, उपयोग किया जाता है। Fig 18a में दिखाये अनुसार क्वायल की निचली भुजा (awl) को सरकायें और इससे निचली भुजा को दबायें और सुजा के नीचे से सेपरेटर को Fig 18b अनुसार अन्दर की ओर सरकायें। सेपरेटर को क्रोड की दोनों साइड में 10mm तक आगे बढा हुआ होना चाहिए।

Fig 17

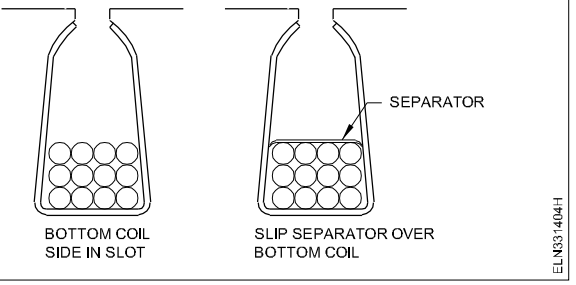
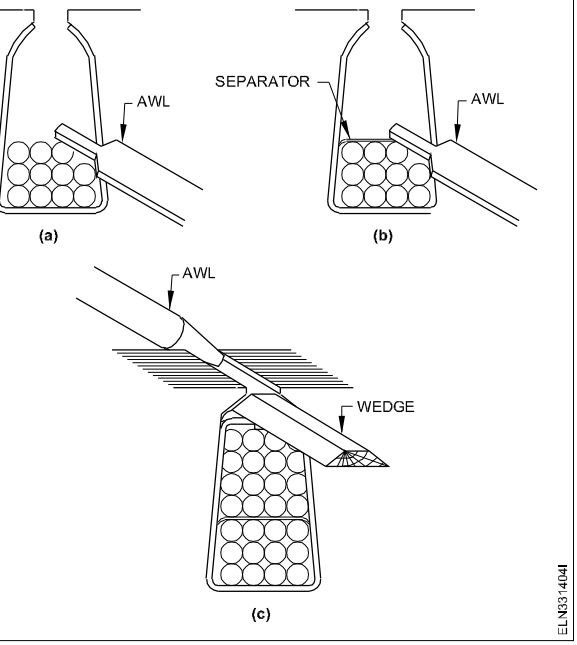
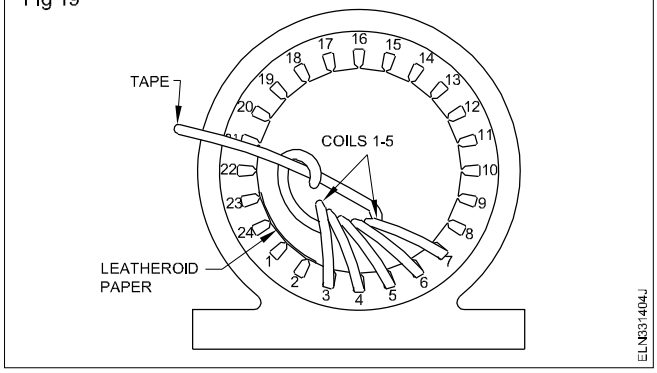


Fig 18



ओवरलैपिंग की विधि (Method of overlapping) : अब एक क्वायल साइड (coil side 47) को स्लॉट संख्या 24 में डालें और उसी क्वायल की दूसरी साइड (क्वायल साइड 10) को स्लॉट संख्या 5 मेंऊपरी क्वायल को निचली क्वायल साइड 9 के ऊपर डालें। इसी प्रकार दूसरी क्वायल की क्वायल साइड 45 को स्लॉट संख्या 23 में डालें और उसी क्वायल की दूसरी साइड 7 को, स्लॉट संख्या 4 में डालें। यह प्रक्रिया तब तक जारी रखें जब तक कि आप स्लॉट संख्या 6 पर पहुँच जायें। इस प्रक्रिया के दौरान जेसे ही आप 10 वें स्लॉट के पास पहुँचते है आप थ्रो क्वायल्स की अवरोध (hindrance) को अनुभव करेंगें जो कि स्टेटर से बंधी है। इस समय स्टैटर से सूती टेप को खोल दें और स्टेटर की दूसरी तरफ इस गुच्छे को बांध दें जैसा कि Fig 19 में दिखाया गया है। इस समय भी लेदराइड पेपर, क्वाइलों व क्रोड के बीच बँधा होना चाहिए।

Fig 19



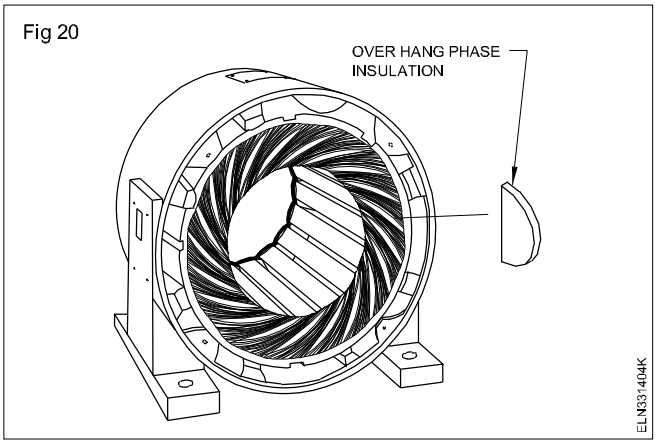
जब आप विपरीत दिशा में सूती टेप को बाँधते है तो स्लॉट संख्या 6 आसानी से आपकी पहुँच में आ जाती है। स्लॉट संख्या 6 में निचली क्वायल साइड 11 डालने के बाद, उससे सम्बन्धित क्वायल साइड 22 को स्लॉट 11 मे ऊपरी साइड के रूप में डालें। ऊपरी क्वायल साइड डालने के बाद, स्लॉट लाइनर की एक साइड को दूसरी साईड के ऊपर मोड़ दें, सेपरेटर को और फिर पच्चड़ (रोक) को प्रवेश करायें।

अब थ्रो क्वायल गुच्छे को खोल दें और क्वायल के खुले सिरे को स्लॉट संख्या 5 में डालें और इसी की ऊपरी क्वायल साइड को स्लॉट 10 में डालें। स्लॉट संख्या 4,3,2 और 1 से संगत स्लॉट में क्वाइलों को प्रवेश करायें और इसी प्रकार आगे बढें।

ओवरहेन्ग इन्सुलेशन (Overhang Insulation) : ओवरहेन्ग क्वाइलों में फेजों के बीच इन्सुलेशन देने के लिए, मूल वाइन्डिंग के आकार जैसा अर्द्धचन्द्र नुमा लेदराइड पेपर को काट कर तैयार करें। विकसित आरेख के अनुसार क्वायल साइड1 व 3 पहला फेज, 5 और 7 दूसरा फेज और 9 व 11 तीसरे फेज से है। इन क्वाइलों की पहचान करें और 3 व 5 और 7 व 9 के बीच लेदराइड पेपर को डालना शूरू करें।

इस प्रकार पूरी वाइंडिंग के लिए जैसा कि Fig 20 में दिखाया गया है फेज इन्सुलेशन को डालने का कार्य करें। यदि आप यह अनुभव करें कि इन क्वाइलों के बीच स्थान कम है, इसके लिए आप फाईबर से बनी पच्चड (रोक) का उपयोग करके क्वाइलों के बीच स्थान को चौडा कर सकते हे और फिरलेदराइड पेपर डालने में सुविधा हो जाती है। इस कार्य में बहुत अधिक बल का प्रयोग न करें जिससे स्लॉट लाइनर इन्सुलेशन में दरार आ जायें, जिसके फलस्वरूप स्टेटर क्रोड के साथ क्वाइलों अर्थ हो सकती है।

Fig 20



सिरों का संयोजन (End connections) : तीन प्रकार के संयोजन बनाने पडते है, प्रथम संयोजन क्वायल समूह संयोजन, द्वितीय संयोजन में एक फेज में क्वायल समूहों के संयोजन और तीसरे संयोजन में लीड तारों को जोड़ना होता है। उपरोक्त क्रमानुसार एक के बाद एक संयोजन को बेहतर तरीके से आगे बढाया जा सकता है। वाइंडिंग में किसी भी संयोजन को करने के लिए तारों को क्वायल सिरों से उचित प्रकार से पहचान करने के लिए निशान लगा लेने चाहिए। एक वाइंडिंग में शुरूआत करने वाले को विकसित आरेख, संयोजन आरेख और वास्तविक को एक साथ रख कर जांच करते रहना चाहिए ताकि कोई संदेह पैदा न हो।

जोडों को मरोडने , जोड लगाने, सोल्डर करने व इन्सुलेट करने के लिए अभ्यास 3.2.03 से मार्ग दर्शन लें।

तीन-फेज इन्डक्शन मोटर वाइंडिंग (सिंगल लेयर - कान्सैन्ट्रिक टाइप - हॉफ क्वायल कनेक्शन) (Three-phase induction motor winding (single layer - concentric type - half coil connection)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **तीन फेज मोटरों में कान्सैन्ट्रिक वाइंडिंग के लिए सामान्य आवश्यकतायें को बताना**
- **कान्सैन्ट्रिक प्रकार के वाइंडिंग के लाभ व हानियाँ बताना**
- **कान्सैन्ट्रिक प्रकार के वाइंडिंग की वाइंडिंग तालिका तैयार करने का वर्णन करना**
- **अन्त और क्वायल संयोजन आरेख किस प्रकार बनता है, यह स्पष्ट करना**
- **विकसित आरेख और रिंग आरेख किस प्रकार बनते है, इसका वर्णन करना।**

3-फेज कान्सैन्ट्रिक वाइंडिंग (3-phase concentric winding) : सामान्यतः कान्सैन्ट्रिक वाइंडिंग एक फेज मोटरों में पायी जाती है, और कहीं-कहीं यह 3-फेज मोटरों की वाइंडिंग में भी उपयोग की जाती है।

इस कान्सैन्ट्रिक वाइंडिंग में, एक समूह में दो या अधिक क्वाइलों ं होती है जिनकी पिचें अलग-अलग होती है। आगे 3-फेज कान्सैन्ट्रिक वाइंडिंग में, सभी फेजों में क्वाइलों ं की संख्या समान होती है, और विधि कान्सैन्ट्रिक पोलों के समान होती है। कान्सैन्ट्रिक वाइंडिंग की क्वाइलों ँ तैयार करने के लिए खिसकने वाले फर्मे (Stepped formers) उपयोग किये जाते है।

कान्सैन्ट्रिक वाइंडिंग के लाभ व हानियाँ (Merits and Demerits of concentric winding): इस प्रकार की वाइंडिंग के कुछ लाभ व कुछ हानियाँ भी है।

लाभ (Merits)

1 इस प्रकार की वाइंडिंग के लिए अधिक शीतलन स्थान मिल जाता है।

2 वाइंडिंग के दौरान किसी क्वायल साइड को छोड़ने के लिए, क्वाइलों को उठाने की आवश्यकता नहीं होती है।

3 इससे क्वाइलों को समान रूप से आकार देना सरल हाता है।

4 ताँबे में बचत सम्भव है, क्योंकि वितरक प्रकार की वाइंडिंग मे सभी क्वाइलों ँ समान साइज की होती है, दूसरी तरफ संकेन्द्रित वाइंडिंग में केवल क्वायल समूह समान तरह के होते है परन्तु प्रत्येक ग्रुप में क्वाइलों की पिचें कान्सैन्ट्रिक रूप से भिन्न-भिन्न उपयोग की जाती है।

5 चूंकि क्वायल साइड को बीच-बीच में छोडन नही पडता है, इससे वाइंडिंग मशीन द्वारा किया जा सकता है जिससे उत्पादन में तेजी आती है।

6 सिरों का संयोजन (end connection) बनाना सरल होता है।

7 चूंकि क्वाइलों ं एक दूसरे के ऊपर नही चढती है (no overlapping) इसलिए वाइंडिंग करना सरल होता है।

हानियाँ (Demerits)

1 स्लॉटों में क्वाइलों को डालने के लिए कुशल कारीगर की आवश्यकता होती है।

2 खिसकने वाला फार्मा (stepped former) की आवश्यकता होती है।

3 बास्केट वाइंडिंग की तरह दक्ष नही है।

1 समूहन (Grouping)

नीचे दिया गया उदाहरण निम्नलिखित स्पष्ट करता है:

a क्या किसी दिये गये स्टेटर में कान्सैन्ट्रिक प्रकार की वाइंडिंग सम्भव है

b यदि हाँ, तो क्या यह हाफ क्वायल होगी या सम्पूर्ण क्वायल कनेक्टेड क्वायल होगी।

उदाहरण (Example)

3-फेज प्रेरण मोटर में 36 स्लॉट 12 क्वाइलों 4 पोल का स्टेटर है

हमारे पास है

$$\text{No. of coils per phase} = \frac{\text{Total No. of coils}}{\text{No. of phases}}$$
$$= \frac{12}{3} = 4 \text{ coils/phase}$$

सम्पूर्ण क्वायल संयोजन के लिए

$$\text{No. of coils/phase/pole} = \frac{\text{No. of coils/phase}}{\text{No. of poles}}$$
$$= \frac{4}{4} = 1 \text{ coils/phase/pole}$$

इस स्थिति में प्रति समूह में एक ही क्वायल है। परन्तु कान्सैन्ट्रिक क्वायल में एक समूह में दो या अधिक क्वाइलों होती है। इस स्थिति में कान्सैन्ट्रिक वाइंडिंग सम्भव नही है। हाफ क्वायल कनेक्शन के लिए एक के बाद दूसरा फिर पहला (Alternatively) समूहन करने पड़ते है। जैसे

$$\text{No. of coils/phase/pair of poles} = \frac{\text{Total No. of coils}}{\text{No. of phase x No. of pair of poles}}$$
$$\text{As per the example } \frac{12}{3 \text{ x } 2} = 2 \text{ coils}$$

अर्थात 2 क्वायल/फेज/पोल युग्म

उपरोक्त उदाहरण अनुसार, केवल हाफ-क्वायल कनेक्टेड कान्सैन्ट्रिक वाइंडिंग निम्न उदाहरण द्वारा सम्भव है जिसमें 48 स्लॉट, 24 क्वाइलों, 4-पोल, 3-फेज स्टेटर वाइंडिंग में दोनों में सम्पूर्ण क्वायल व हाफ क्वायल कनेक्शन सम्भव है अत: यह अति आवश्यक है कि वाइन्डिंग खोलने से पूर्व सावधानी के साथ संयोजन को ज्ञात करें, जिससे ज्ञान हो सके कि वाइंडिंग सम्पूर्ण वाइंडिंग है या हाफ क्वायल है।

2 पिच (Pitch)

1 $\text{Pole pitch} = \frac{\text{No. of slots}}{\text{No. of poles}}$

$\text{As per the example } \frac{24}{4} = 6 \text{ slots}$

चूंकि वाइंडिंग कान्सैन्ट्रिक है, इसलिए 2 या अधिक पिचें होना सामान्य है। उपरोक्त उदाहरण के अनुसार हाफ-क्वायल संयोजन के लिए 2 पिचें होनी आवश्यक है।

आगे यह भी आवश्यक होता है कि औसत पिच पोल पिच के बराबर हो।

(अर्थात), क्वायल पिच = पोल पिच ± 1

उदाहरण के अनुसार क्वायल पिच 6 ± 1 है।

इसलिए बाहरी क्वायल पिच = 6 + 1 = 7

और आन्तरिक क्वायल पिच होगी = 6 - 1 = 5

(अर्थात) क्वायल थ्रो = 1 - 8 और 1 - 6 होगा जो कि अभ्यास में 1 - 8 और 2 - 7 लिखा जात है।

3 वैद्युत डिग्री (Electrical degrees)

i कुल वैद्युत डिग्री = 180° x पोलों की संख्या

उदाहरण के अनुसार = 180° x 4 = 720°.

ii डिग्री में स्लॉट दूरी $= \frac{180^0 \text{ x } 4}{\text{No. of slots}}$

$$= \frac{180^0 \text{ x } 4}{24} = 30^0$$

4 फेज विस्थापन (Phase displacement)

i तीन-फेज वाइंडिंग में फेज विस्थापन 120° होना चाहिए

ii स्लॉट के पदों मे फेज विस्थापन

$$= \frac{120^0}{\text{slot distance in degrees}}$$

$$\text{As per the example } = \frac{120^0}{30^0} = 4 \text{ slots}$$

5 वाइंडिंग अनुक्रम (Winding sequence)

उदाहरण के अनुसार

A 1st स्लाट से शूरू होगा

B 1+4 = 5वें स्लाट से शूरू होगा और

C 1+4+4 = 9वें स्लॉट से शुरू होगा

6 क्वाइलों की व्यवस्था (Arrangement of coils)

उदाहरण में 12 क्वाइलों में पिच है 7 & 5 स्लॉट

1-8,2-7; 5-12, 6-11; 9-16, 10-15; 13-20, 14-19; 17-24, 18-23; 21-4, 22-3.

क्वाइलों का समूहन (Grouping of coils)

क्वायल प्रत्येक 2 स्लॉट के बाद शूरू होती है (i.e.) 2 स्लॉट ऊपरी साइड के लिए और दो स्लॉट निचली बगलों के लिए। उदाहरण के अनुसार, क्वायल 1&2, 5&6, 9&10, 13&14, 17&18, 21&22 से शूरू होती है।

चूंकि संयोजन हाफ-क्वायल प्रकार है, तो एक क्वायल समूह से 2 पोल उत्पन्न करने की आवश्यकता है। अत: समूह इस प्रकार है:

A	B	C
1-8, 2-7 13-20, 14-19	5-12, 6-11 17-24, 18-23	9-16, 10-15 21-4, 22-3

सम्पूर्ण क्वायल संयोजन में, प्रारम्भिक सिरों के संयोजन एक के बाद दूसरा alternative समूह बनाते है (i.e.) यदि प्रथम ग्रुप से 'A' स्टार्ट होता है, 'B' तीसरे ग्रुप से और 'C' पाँचवे ग्रुप से शूरू होता है जबकि हाफ क्वाइल कनेक्शन में, प्रारम्भिक सिरे लगातार समूह से बनते है, यदि प्रथम ग्रुप से सिरा 'A' शूरू होता है, दूसरे ग्रुप से 'B' और तीसरे ग्रुप से 'C' शूरू होता है। इसे Fig 3 में दिए गए विकसित आरेख से देखें।

7 सिरों का संयोजन (End connections) (Fig 1): हॉफ-क्वायल कनेक्शन (अन्तिम से प्रारम्भ और प्रारम्भ से अन्त)

क्वायल कनेक्शन (Coil connections) : हॉफ क्वायल कनेक्शन (Fig 2)

अर्द्ध क्वायल कनेक्शन में क्वायल समूह के संयोजन अन्तिम सिरे से प्रारम्भिक सिरे के साथ और फिर प्रारम्भिक सिरे से अन्तिम सिरे को जोडा जाना चाहिए। ये क्वायल ग्रुप Fig 2 में दिखाये गये है।

विकसित आरेख (Development diagram) : क्वायल ग्रुप और सिरों के संयोजन को दर्शाते हुए विकसित आरेख बनाइये। उदाहरण के लिए Fig 3 में एक विकसित आरेख को दिखाया गया है।

10 रिंग आरेख (Ring diagram)

नीचे वर्णन किये गये रिंग आरेख की सहायता से सिरों के संयोजनों को एक दूसरे के साथ जाँच करें। सिरों के संयोजन को तालिक में लिखें और घड़ी के नियम अनुसार धारा की दिशा के लिए चिन्ह लगायें। यह नोट करें कि, जिसे क्षण वाइंडिंग को तीन फेज प्रदाय किया जाता है, और यदि दो फेजों में धारा की दिशा एक समान है तो तीसरे फेज में धारा की दिशा इनके विपरीत है जैसा कि Fig 4 में दिखाया गया है।

Fig 1

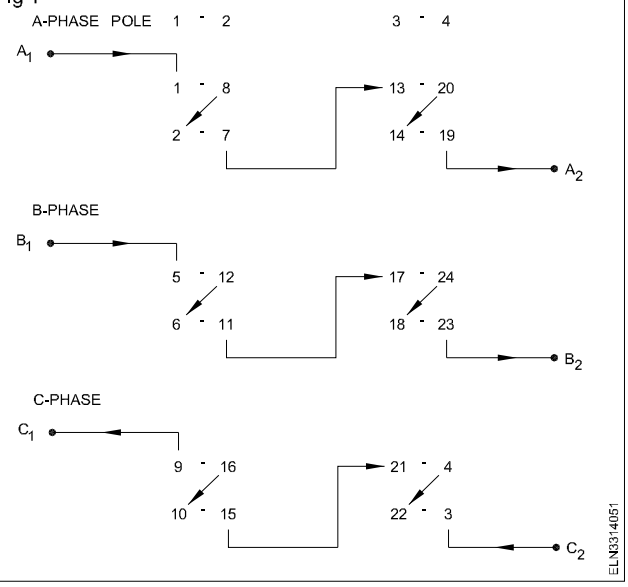


Fig 2

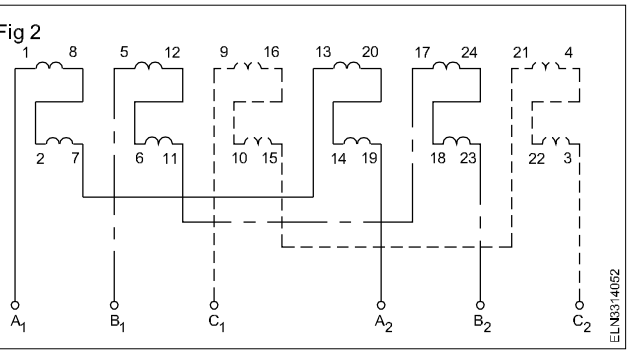
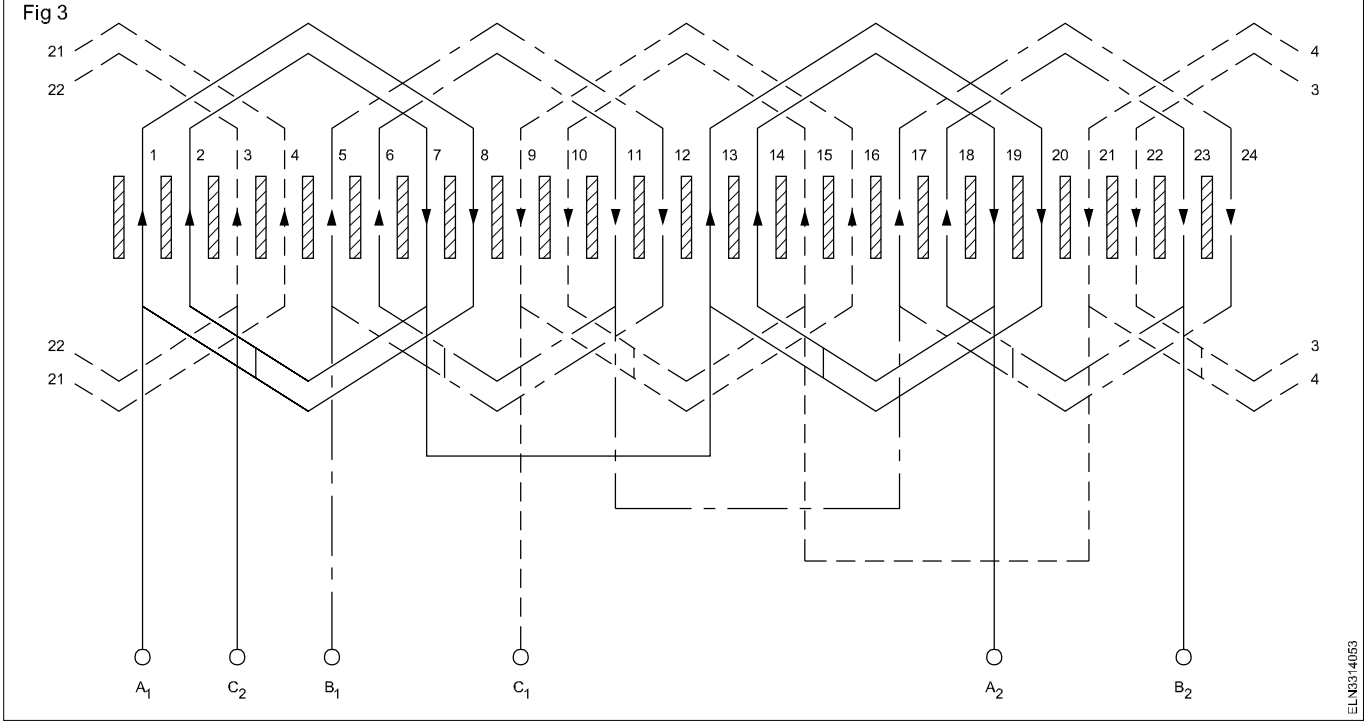


Fig 3



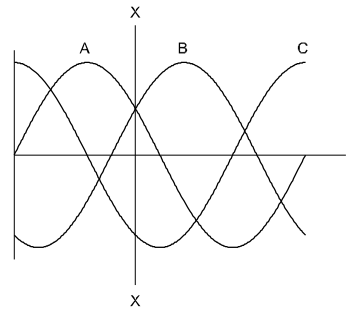
फेज	P_1 & P_2	P_3 & P_4
A फेज	↑1 - 8↓	↑13 - 20↓
	↑2 - 7↓	↑14 - 19↓
B फेज	↑5 - 12↓	↑17 - 24↓
	↑6 - 11↓	↑18 - 23↓
C फेज	↓9 - 16↑	↓21 - 4↑
	↓10-15↑	↓22 - 3↑

Fig 4 को देखने पर x-x स्थिति पर क्षणिक रूप में फेज A और B धनात्मक पोलता वाले फेज है और फेज C ऋणात्मक पोलता वाला फेज है।

स्लॉट में करंट की दिशा को चिन्ह लगा दें और यह नीचे दिये गये उदाहरण के अनुसार उत्पन्न आवश्यक पोलों की संख्या को दर्शायेगा।

जब कभी आपको 3-फेज प्रेरण मोटर में सिंगल लेयर काकेन्द्रिक टाइप क्वाइल वाइंडिंग करना हो, तो ऊपर वर्णन किये गये विधि का पालन करें और वाइंडिंग तालिका बनायें। इसका साथ ही सिरों के संयोजन, विकसित आरेख व रिंग आरेख को बनायें।

Fig 4



↑ 1	↑ 2	↑ 3	↑ 4	↑ 5	↑ 6	↓ 7	↓ 8	↓ 9	↓ 10	↓ 11	↓ 12	↑ 13	↑ 14	↑ 15	↑ 16	↑ 17	↑ 18	↓ 19	↓ 20	↓ 21	↓ 22	↓ 23	↓ 24
N						S						N						S					

3 फेज स्क्विरल केज इन्डक्शन मोटर - डबल लेयर डिस्ट्रीब्युटेड प्रकार की वाइंडिंग (3 phase squirrel cage induction motor - double layer distributed type winding)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **डबल लेयर अर्थ स्पष्ट करना**
- **डबल लेयर वितरित प्रकार के वाइंडिंग से सम्बन्धित गणनायें व वाइंडिंग शब्दावली स्पष्ट करना**
- **सिरे व क्वायल संयोजन आरेख बनाना**
- **रिंग व विकसित आरेख को बनाना।**

3-फेज AC मोटरों में विभिन्न प्रकार की वाइंडिंग उपयोग की जाती है। 3-फेज वाइंडिंगों से कुछ दोहरी परत वाली है, अर्थात जितने स्लाट की संख्या होती है इसमें उतनी ही संख्या में क्वाइलों (coils) होती है। उदाहरण के लिए 12 क्वाइलों, 12 स्लॉट की स्थिति में 24 क्वाइलों, 36 स्लॉट की स्थिति में 36 क्वाइलों और 48 स्लॉट की स्थिति में 48 क्वाइलों होती है आगे वितरित वाइंडिंग की स्थिति में सभी क्वाइलों के साईज, पिच और आकार समान होंगें, क्योंकि ये क्वाइलों फर्मे पर लपेट कर बनी होती है। स्लॉट में क्वाइलों की व्यवस्था के अनुरूप ये एक बनी हुई टोकरी की तरह, एक दूसरे को ओवर लैप (overlap) करती है। यह भी एक वितरित प्रकार की वाइंडिंग का प्रकार है।

दोहरी परत वाइंडिंग में, प्रत्येक स्लॉट में दो क्वायल साइड होती है अर्थात नीचे के आधे भाग में क्वायल साइड की बांई साइड, जबकि ऊपरी आधे भाग में दूसरी क्वायल की दांयी भुजा होती है।

डबल लेयर डिस्ट्रीब्युटेड वाइंडिंग के लिए गणना (Calculations for double layer distributed winding) : डबल लेयर डिस्ट्रीब्युटेड वाइंडिंग का वाइंडिंग डाटा निम्नलिखित सीमाओं के अन्दर होगा। उदाहरण के लिए एक प्रेरण मोटर में 3-फेज डबल लेयर वितरक वाइंडिंग में 36 स्लॉट, 36 क्वायल 4 पोल है। इस डाटा का वर्णन नीचे है।

I समूहन (Grouping)

$$1.\ \text{No. of coils/phase} = \frac{\text{Total No. of coils}}{\text{No. of phase}}$$

As per the example,

$$\text{No. of coils/phase} = \frac{36}{3} = 12 \text{ coils per phase.}$$

$$2.\ \text{No. of coils/phase/per pole} = \frac{\text{Total no. of coils}}{\text{No. of phase x No. of poles}}$$

$$\text{No. of coils/phase/pole} = \frac{36}{3 \times 4} = 3 \text{ coils/phase/pole}$$

II पिच (Pitch)

$$1.\ \text{Pole pitch} = \frac{\text{Total No. of slots}}{\text{No. of poles}}$$

As per the example, pole pitch $= \frac{36}{4} = 9$ slots.

2 क्वायल पिच (Coil pitch) : एकल परत वाइंडिंग की तरह इसकी क्वायल पिच शार्ट-कोडेड (short-chorded), लांग-कोडेड (long-chorded) या पोल पिच के बराबर हो सकती है। डबल लेयर वितरित वाइंडिंग की पिच विषम या सम संख्या में हो सकती है। उदाहरण के अनुसार, पोल पिच 36/4 = 9 के तुल्य है और प्रति ग्रुप क्वाइलों की संख्या 3 है। इसलिए क्वायल पिच 9 ± 3 के अनुसार परिवर्तित हो सकती है, जो कि 6,7 या 8 शार्ट पिच की स्थिति में, पूर्ण पिच की स्थिति में 9 और लांग जीव वाइंडिंग की स्थिति में 10,11 व 12 हो सकती है। अतः सम्भावित क्वायल को निम्न प्रकार से लिये जा सकते है

1 से 7 और 1 से 8 शार्ट कोर्डेड वाइंडिंग के लिए

1 से 9 और 1 से 10 फुल पिच वाइंडिंग के लिए

1 से 11, 1 से 12 और 1 से 13 लांग पिच वाइंडिंग के लिए

सामान्यतः वाइंडिंग को शार्ट कोर्डेड या पूर्ण पिच के लिए डिजाइन किया जाता है। कभी कभी दो गति वाली वाइंडिंग के लिए डिजाइनर लांग कोर्ड (long chord) को करते है। लांग कोर्ड वाइंडिंग का उपयोग नहीं करने का कारण यह है कि इसमें कोर्डेड की लम्बाई अधिक लेनी पड़ती है जिससे अधिक तांबा की आवश्यकता पडती है और परिणामस्वरूप ऊष्मा हानियाँ में भी वृद्धि हो जाती है।

3 क्वायल प्रक्षेप (Coil throw) : उपरोक्त उदाहरण के लिए क्वायल पिच 8 लेने पर क्वायल प्रेक्षप 1-9 होगा।

III वैद्युत डिग्रीयाँ (Electrical degrees):

कुल वैद्युत डिग्री = 180° x पोलों की संख्या

[180° पोलों की बीच की दूरी]

$$\text{Slot distance in degrees} = \frac{\text{Total electrical degrees}}{\text{No. of slots}}$$

$$= \frac{180^0 \times \text{No. of poles}}{\text{No. of slots}}$$

उदाहरण के अनुसार $= \frac{180 \times 4}{36} = 20^0$

IV फेज विस्थापन (Phase displacement)

i. तीन-फेज वाइंडिंग के लिए प्रत्येक फेज 120 वैद्युत डिग्री से विस्थापित होना चाहिए।

ii. स्लॉट के शब्दों में फेज विस्थापन =

$$\frac{120^0 \text{ (Electrical)}}{\text{Slot distance in degrees}}$$

As per the example $\frac{120^0}{20^0} = 6$ slots

V वाइंडिंग अनुक्रम (Winding sequence) : तीन-फेज वाइंडिंग में एक फेज वाइंडिंग का प्रारम्भिक सिरो, दूसरे फेज की वाइन्डिंग के प्रारम्भिक सिरे से 120 वैद्युत डिग्री से दूरी पर होना चाहिए।

अतः यदि फेज 'A' स्लॉट संख्या 1 से शूरू होता है, तब फेज 'B' प्रथम स्लॉट +120° से शूरू होना चाहिए।

आगे फेज 'C' प्रथम स्लॉट +120°+120° होना चाहिए।

उदाहरण में माना फेज 'A' प्रथम स्लॉट से शूरू होता है तो

फेज 'B' 1+ 6 = 7वें स्लॉट से शूरू होगा

फेज 'C' 1+ 6 + 6 = 13वें स्लॉट से शूरू होगा

VI दोहरी परत वाइंडिंग में क्वाइलों को रखना (Placing of the coils in double layer winding): चूंकि वाइंडिंग दोहरी परत में है, इसलिए क्वाइलों को डालने का कार्य समीप वाले स्लॉट में होना चाहिए।

अर्थात क्वाइलों को स्लॉट संख्या 1, स्लॉट 2, स्लॉट 3 में और इसी प्रकार आगे निकटवर्ती खाँचों में भरना चाहिए। विस्तृत विवरण के लिए अभ्यास 3.2.08 को देखें।

उपरोक्त उदाहरण में पिच 8 को चयन करके क्वाइलों को नीचे दिये अनुसार व्यवस्थित करना चाहिए।

भिन्नात्मक (Fraction) पिच शार्ट वायर वाइंडिंग

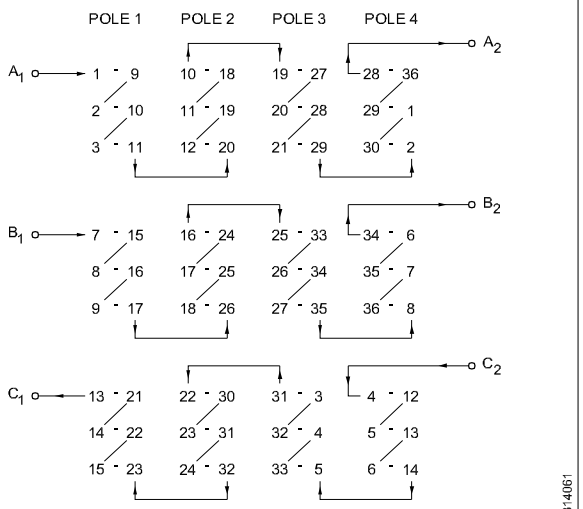
पिच 8 क्वायल प्रक्षेप 1-9

पोल	A-समूह	C-समूह	B-समूह
P1	1-9, 2-10, 3-11	4-12, 5-13, 6-14	7-15, 8-16, 9-17
P2	10-18, 11-9, 12-20	13-21,14-22,15-23	16-24,17-25,18-26
P3	19-27, 20-28,21-29	22-30,23-31,24-32	25-33,26-34, 27-35
P4	28-36, 29-1, 30-2	31-3, 32-4, 33-5	34-6, 35-7, 36-8

यद्यपि सम्भावित पिच 6,7,8,9,10,11 व 12 ली जा सकती है, परन्तु उपरोक्त उदाहरण में वाइंडिंग पिच केवल 8 ली गई है। प्रशिक्षणार्थियों को यह सलाह दी जाती है कि वाइंडिंग को अच्छी प्रकार से समझने के लिए अन्य पिचों के लिए सारणी लिखें।

VII सिरें के संयोजन (End connections) : Fig 1 के अनुसार सिरों के संयोजन बनायें।

Fig 1

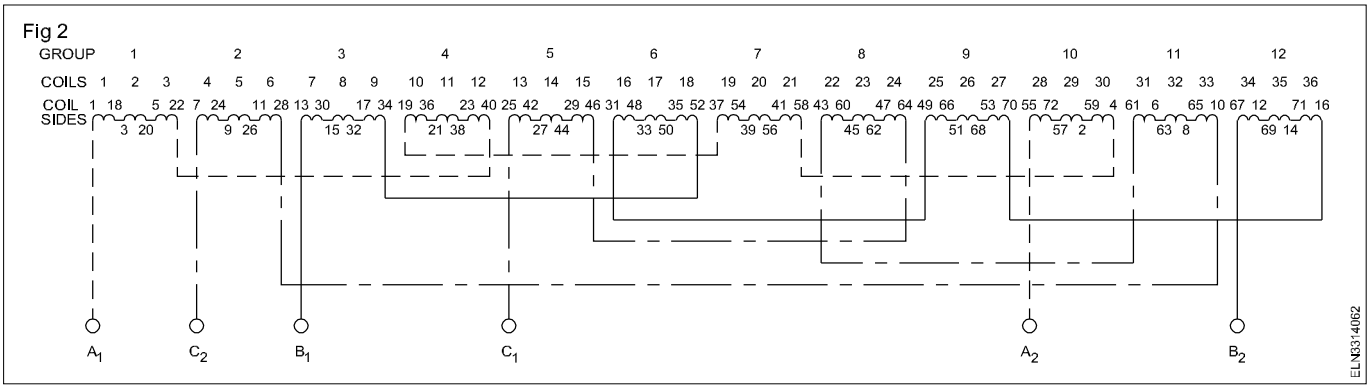


GROUP AND PHASE CONNECTION OF WINDING

VIII क्वायल संयोजन (Coil connections) : सम्पूर्ण क्वायल संयोजनों में, क्वायल समूहों के संयोजनों अन्त सिरें से अन्त सिरे तक व प्रारम्भ सिरे का प्रारम्भ सिरे तक किये जाते है, जो कि एक ही फेज में क्वायल समूह संयोजन होते है। निम्न दो विधियाँ जो Fig 2 और 3 में दर्शायी गई है इनमें से किसी एक के अनुसार संयोजन किये जा सकते है।

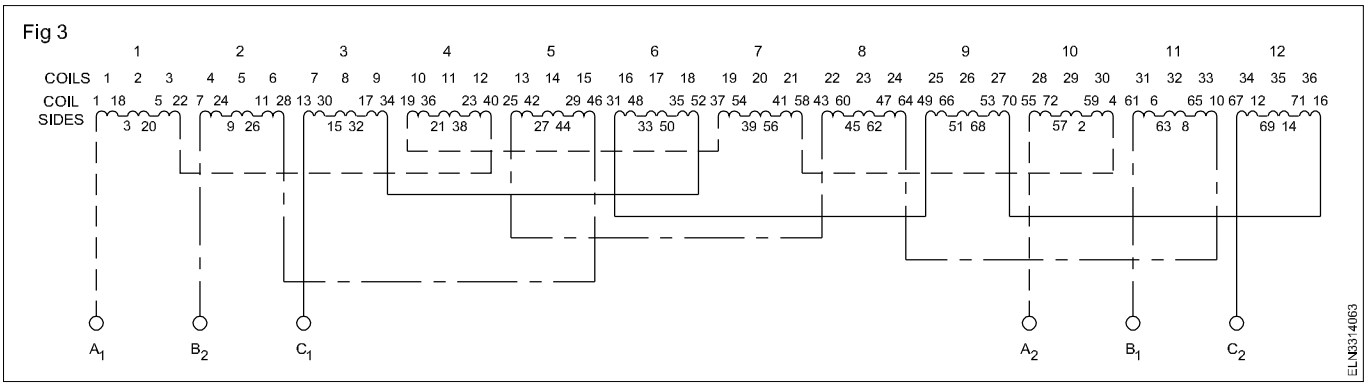
विधि 1

Fig 2



विधि 2

Fig 3



IX संयोजनों की जाँच दर जाँच (Cross check the end connections): सिरों के संयोजन की सारणी को नीचे दी गई Fig 4 के अनुसार लिख दें। घडी के नियम अनुसार करंट की दिशा के चिन्ह लगा दें।

जब 3-फेज वाइंडिंग को तीन फेज सप्लाई दी जाती है, तो यदि दो फेजों में धारा की दिशा अन्दर की ओर है तो तीसरे फेज में धारा की दिशा बाहर की ओर होगी।

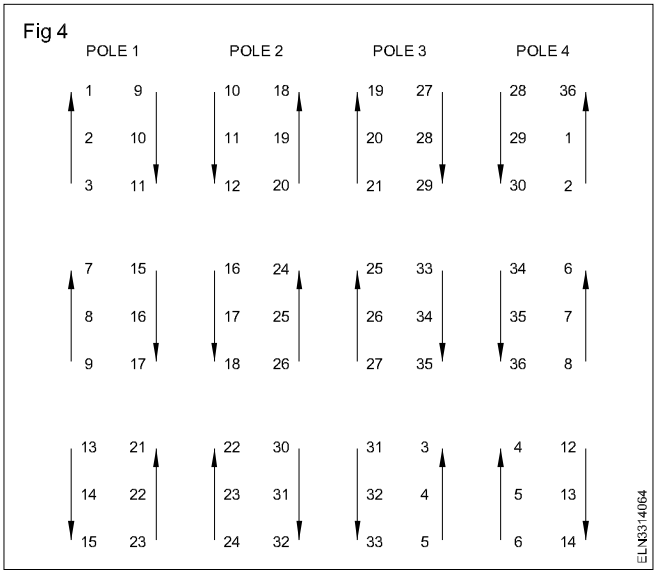
X रिंग आरेख (Ring diagram)

सम्बन्धित स्लॉट में धारा की दिशा का चिन्ह लगा दें और तब उत्पन्नहुए आवश्यक पोलों की संख्या की जाँच निम्न दिखाये गये रिंग आरेख (Fig 5) से करें।

उपरोक्त रिंग आरेख में सभी 4 पोल उत्पन्न हुए है। प्रत्येक आठ स्लॉटों द्वारा प्राप्त क्षेत्रफल से एक पोल उत्पन्न हुआ है। स्लॉट संख्या 9,18,27 और 36 में भरी हुई क्वाइलों की भुजाओं में धारा की दिशा एक दूसरे के विपरीत है, इसलिए इन स्लॉटों में उत्पन्न फ्लक्स उदासीन (neutralized) हो जाता है। यह शार्ट कोर्डेड वाइंडिंग में होता है। उपरोक्त सूचना के आधार पर विकसित आरेख बनाइये।

XI विकसित आरेख (Developed diagram)

Fig 2 को देखते हुए विधि 1 से Fig 6 दिखाये अनुसार एक विकसित आरेख बनाईये जिसमें संयोजन Fig 2 के अनुसार है।



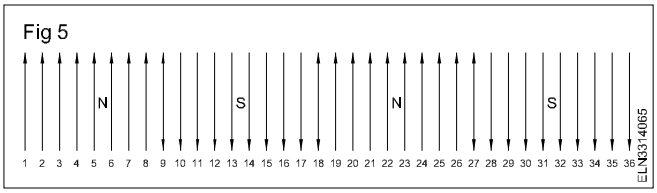


Fig 4

Fig 5

XII भिन्नात्मक पिचें (Fractional pitches)

समूह और लीड संयोजन के बाद, स्लिप जोडों को ओवर हैन्ग के साथ, सूती धागों से बांध दिया जाता है। इस कार्य को पूर्ण करने के लिए अभ्यास 3.2.03 के निर्देशों की पालना करें।

तब वाइंडिंग की जाँच करके और अभ्यास संख्या 3.2.03 में दिये निर्देशों के अनुसार वर्निश करें।

इसके बाद मोटर को असेम्बल (assembled) करके टेस्ट करें और फिर, शून्य लोड पर लगभग आठ घन्टे तक चला कर इसकी कार्यक्षमता की जाँच करें। जहाँ भार डालने की सुविधा उपलब्ध हो वहाँ नई कुण्डलित की गई मोटर को लोड पर कार्यक्षमता की जाँच की जा सकती है।

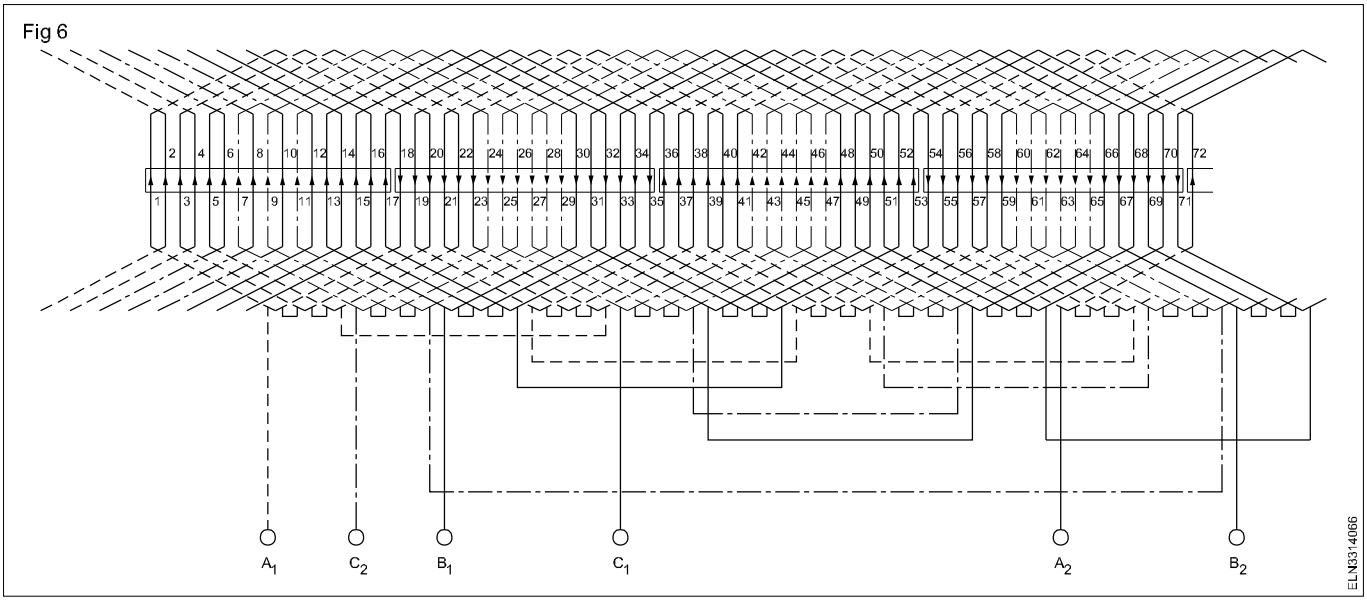


Fig 6

वाइंडिंग का परीक्षण (Testing of windings)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **रिवाइंडिंग मोटर की निरन्तरता (continuity) और क्वायल प्रतिरोध मापने का परीक्षण करना**
- **आन्तरिक ग्राऊलर और वोल्टमीटर व ओह्म मीटर के उपयोग से वाइंडिंग की क्वायल का शार्ट सर्किट परीक्षण करना**
- **वाइंडिंग का भूसम्पर्कन (ground) व इन्सुलेशन प्रतिरोध का परीक्षण करना**
- **चुम्बकीय सूई या पेंचकस या सर्च क्वायल द्वारा वाइंडिंग की सही चुम्बकीय पोलता का परीक्षण करना**
- **3-फेज वाइंडिंग में प्रत्येक फेज में धारा के समान मान का होने की परीक्षण करना**
- **नो लोड पर नई कुण्डलित मोटर का परीक्षण करना।**

मोटर को रिवाइंडिंग होने के बाद, वाइंडिंग में निम्नलिखित परीक्षण किये जाते है।

1 निरन्तरता परीक्षण/प्रतिरोध परीक्षण

2 लघु परिपथ परीक्षण/ग्राऊलर परीक्षण

3 इन्सुलेशन प्रतिरोध परीक्षण

4 पोलता परीक्षण

5 असन्तुलित धारा परीक्षण 3-फेज वाइंडिंग के लिए

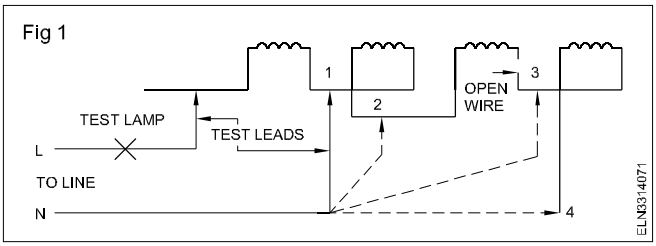
6 शून्य-लोड परीक्षण

निरन्तरता परीक्षण/प्रतिरोध परीक्षण (Continuity test/resistance test): यह परीक्षण प्रत्येक वाइंडिंग की निरन्तरता (continuity) की परीक्षण के लिए किया जाता है। यदि वाइंडिंग में कोई खुला परिपथ हो, तो इसे सुधारना चाहिए।

वाइंडिंग में खुला परिपथ दोष होने का सामान्य कारण, संयोजन का ढीला होना या तार का टूट जाना होता है। ओपन सर्किट की जाँच के लिए टेस्ट लैम्प का एक सिरा वाइंडिंग के एक सिरे के साथ जोडा जाता है और टेस्ट लैम्प का दूसरा सिरा, उसी फेज की वाइन्डिंग की प्रत्येक क्वायल के सिरे के साथ क्रमानुसार स्पर्श किया जाता है।

Fig 1 को देखते हुए यदि बिन्दु 1 लैम्प प्रकाशित नही होता है परन्तु बिन्दु 2 पर प्रकाशित होता है तब तीसरी क्वायल दोषयुक्त है। यदि लैम्प 2 और 3 पर प्रकाशित होता है परन्तु 4 पर नहीं तब चतुर्थ क्वायल दोषयुक्त होगी। इस प्रक्रिया का दोहरा कर जिस क्वायल में खुला परिपथ है उस को पहचाना जा सकता है।

Fig 1



इसी प्रकार, अन्य वाइंडिंगों को भी खुला परिपथ (open circuit) के लिए टेस्ट किया जा सकता है।

एक निम्न परास (range) वाले ओह्म मीटर से प्रत्येक क्वायल का प्रतिरोध मापा जा सकता है। प्रत्येक क्वायल का प्रतिरोध समान होना चाहिए। उच्च प्रतिरोध मान या अनन्त मान वाइंडिंग में खुला (open) होने के संकेत होता है।

यदि किसी क्वायल में खुला (open) हो, तो वाइन्डिंग की कडी में इस क्वायल को बाईपास किया जा सकता है या छोड दिया जाता है, फिर मोटर चल सकती है। परन्तु यदि एक से अधिक क्वाइलों में खुला पथ होने पर क्वाइलों का बाई पास करना सम्भव नही होता । इस प्रकार की मरम्मत उन छोटी क्षमता की मोटरों में सम्भव है जिसकी वाइंडिंग में क्वाइलों की संख्या अधिक होती है। उदाहरण के लिए छत का पंखा। परन्तु यह विधि यथा सम्भव रोकनी चाहिए।

यदि कई पोल वाले पंखे की मोटर में एक या दो क्वाइलों की पोलता बदल जाये तो पंखा धीरे चलेगा और अधिक ऊष्मा उत्पन्न करेगा।

लघु परिपथ परीक्षण/ग्राऊलर परीक्षण (Short circuit test/growler test) : जब क्वायल के दो या अधिक टर्न विद्युतीय रूप से एक दूसरे को छू जाये तो यह वाइंडिंग में लघु परिपथ होगा। मशीन के परिचालन के समय इस लघुपथन के कारण अत्याधिक ऊष्मा उत्पन्न होगी।

निम्नलिखित विधियों से लघु परिपथ को ज्ञात किया जा सकता है।

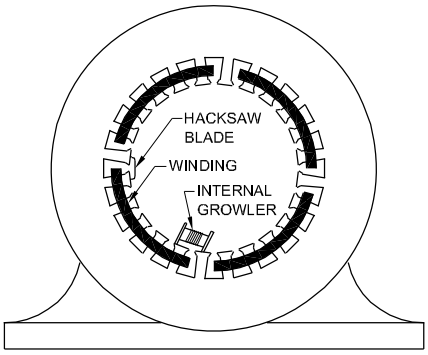
a आन्तरिक ग्राऊलर विधि (Internal growler method)

b वोल्टेज ड्राप परीक्षण (Voltage drop test)

c ओह्मीटर विधि (Ohmmeter method)

आन्तरिक ग्राउलर विधि (Internal growler method) : आन्तरिक ग्राउलर में एक लेमिनेटेड लोह क्रोड पर वाइंडिंग की हुई क्वायल होती है और यह 240V AC प्रदाय से जुडी होती है। स्टेटर को निकालने के बाद, ग्राउलर को स्टेटर क्रोड के अन्दर रखा जाता है और Fig 2 के अनुसार एक स्लॉट से दसरे स्लॉट की ओर सरकाया जाता है। ग्राउलर के साथ लगा हुआ धातु ब्लेड जब तीव्रता से कम्पन्न करने लगता है और कुछ प्रकार के आन्तरिक ग्राउलरों में जब ग्राउलर (short circuit) के साथ लगा नियान लैम्प प्रकाशित हो जाये तो ये क्वायल में लघुपरिपथ होने के संकेत होते है।

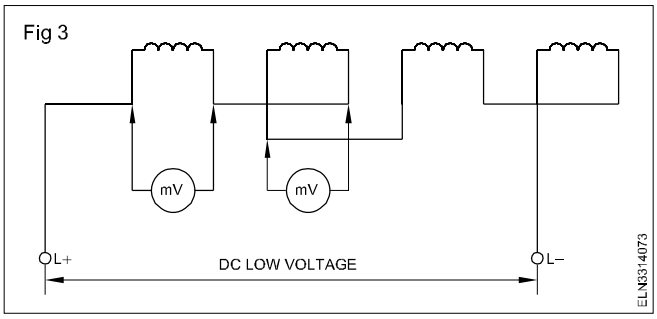
Fig 2



THE GROWLER METHOD OF TESTING FOR SHORTS IN THE STATOR

वोल्टेज ड्राप विधि (Voltage drop method) : इस विधि में वाइंडिंग को Fig 3 के अनुसार निम्न वोल्टेज DC प्रदाय से जोडा जाता है और प्रत्येक क्वायल के आर-पार में मिली वोल्टमीटर से वोल्टता को मापा जाता है। अच्छी क्वाइलों के आर-पारमे वोल्टेज ड्राप समान होगा परन्तु लघुपरिपथ क्वायल के आर-पार में कम होगा।

Fig 3



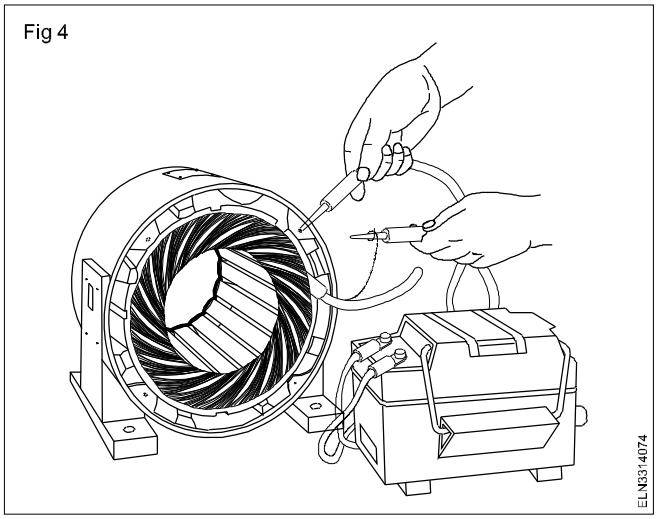
ओह्म मीटर विधि (Ohmmeter method) : इस विधि में प्रत्येक क्वायल का प्रतिरोध निम्न परास (range) ओह्म मीटर या केल्विन ब्रिज या पोस्ट ऑफिस बॉक्स द्वारा मापा जाता है। सभी क्वाइलों केप्रतिरोध का मान समान पाठ्यांक में होना चाहिए। जो क्वायल अन्य क्वायल से कम प्रतिरोध से दर्शाये या जो क्वायल शून्य पाठ्यांक दर्शाये उसे लघुपरिपथ (short circuit) मानना चाहिए और उसको बदलने की आवश्यकता है। दूसरी तरफ जो क्वायल, अपने समान क्वाइलों की अपेक्षा अधिक प्रतिरोध दर्शाये या प्रतिरोध का मान अनन्त दिखाये, उस विशेष क्वायल में खुला परिपथ (open circuit) होगा।

भू सम्पर्क परीक्षण और इन्सुलेशन/रैजिस्टेंस परीक्षण (Ground test and insulation/resistance test) : भू सम्पर्कन वाइंडिंग के कारण फ्यूज पिघल सकता है या इसके कारण वाइंडिंग धुआं दे सकता है, जो कि भू सम्पर्कन की सीमा पर निर्भर करता है। जो फ्रेम उचित प्रकार से भू सम्पर्कन नही होता है, जब उसके सम्पर्क में कोई व्यक्ति आ जाए तो उसे आघात लगा सकता है।

इस परीक्षण का उद्देश्य वाइन्डिंग व अर्थ के बीच किसी सीध सम्पर्क का पता लगाना है। इसके लिए सप्लाई का न्यूट्रल मशीन की बॉडी के साथ जोडा जाता है और फेज तार एक श्रेणी लैम्प के माध्यम से जोडा जाता है। टेस्ट लैम्प को खुला सिरा, क्रमानुसार वाइन्डिंग के प्रत्येक सिरे के साथ सम्पर्क किया जाता है। यदि लैम्प बुझा हुआ रहता है तो इसका अर्थ है कि वाइंडिंग अर्थ नही है और यदि यह रोशनी देने लगता है तो वाइंडिंग अर्थ है। यह तीव्र, रफ (rough) व व्यावहारिक विधि है।

यदि भू सम्पर्कित वाइंडिंग के परीक्षण के लिए मैगर का उपयोग किया जाता है मैगर का एक सिरा बाडी के साथ और दूसरा सिरा Fig 4 अनुसार वाइंडिंग के साथ जोडा जाता है। यदि मैगर का संकेतक अनन्त की तरफ प्रदर्शन करता हैतो वाइंडिंग सही है और तब वाइंडिंग व मशीन की बॉडी के बीच कोई सम्बंधन नही है। मशीन की बॉडी व वाइंडिंग के बीच इन्सुलेशन मापा जाने वाला प्रतिरोध 500 वोल्ट मैगर से मापा जाता है और यह पाठ्यांक जो 3-फेज और एक फेज मोटरों को मापा जाता है किसी भी प्रकार से 1 मेगाओह्म से कम नही होना चाहिए। अतिरिक्त सुरक्षा के लिए छत के पंखे व मेज पंखे की स्थिति में यह 2 मेगा ओह्म होना चाहिए।

Fig 4



पोलता परीक्षण (Polarity Test) : वाइंडिंग में सही क्वायल समूह संयोजन, सही पोलता को सुनिश्चित करते है। यदि क्वायल समूह संयोजन में कोई संदेह हो, तो उचित पोलता की जाँच करने के लिए पोलता परीक्षण करना आवश्यक होता है।

इसके लिए निम्नलिखित तीन विधियों की अनुशंसा की जाती है।

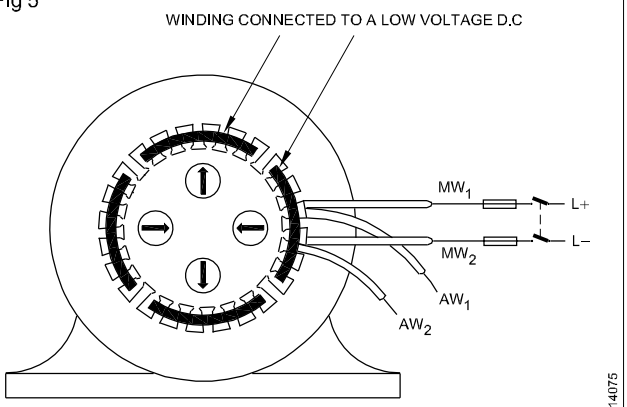
a चुम्बकीय सूई विधि

b दो पेंचकस विधि

c सर्च क्वायल विधि

चुम्बकीय सूई विधि (Magnetic compass method) : इस विधि में स्टेटर को क्षैतिज स्थिति मे रखा जाता है और वाइंडिंग को निम्न DC वोल्टता दी जाती है। कम्पास सूई स्टेटर के अन्दर रखी जाती है और धीरे धीरे इसे एक पोल क्षेत्र से दूसरे पोल क्षेत्र में Fig 5 के अनुसार सरकाया जाता है। कम्पास सूई प्रत्येक पोल पर अपनी स्थिति को अपने आप परिवर्तित कर लेती है तो समझना चाहिए कि वाइंडिंग सही जुडी है। यदि दो पास-पास वाले पोलों के बीच कम्पास सूई की दिशा समान रहती है तो यह संकेत है कि पोल गलत जुडे है।

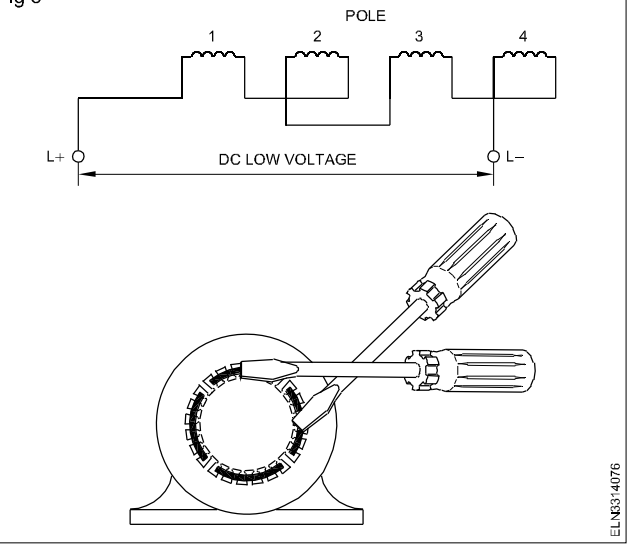
Fig 5



THE COMPASS METHOD OF TESTING FOR REVERSED POLES

दो पेचकस विधि (Two screwdrivers method) : इस विधि में, स्टेटर को ऊर्ध्वाधर स्थिति में रखा जाता है और 3-फेज की स्थिति में प्रत्येक फेज वाइन्डिंग को निम्न वोल्टेज दी जाती है। एक पोल के क्षेत्र के केन्द्र पर एक पेचकस को क्रोड पर रखा जाता है, और दूसरे पेचकस को अगले पोल क्षेत्र के केन्द्र पर रखा जाता है। यदि पासपास वाले पोलों में पोलता सही है तो पेचकस Fig 6 के अनुसार एक दूसरे की ओर आकर्षित होंगें। यदि पोलता गलत है तो पेचकस एक दूसरे को विकर्षित करेंगें। यदि यह पाया जाता है कि एक पोल की पोलता गलत है, तो इसे ठीक करने के लिए उस क्वायल समूह की दो लीड को ऊल्टा जोडा जा सकता है।

Fig 6



सर्च क्वायल विधि (Polarity test by search coil method) (Fig 7) : सर्च क्वायल में एक 1000 से 2000 -टर्न वाली क्वायल होती है। इसकी लोह क्रोड का एक सिरा गोल होना चाहिए। इस क्वायल को पुनः कुण्डलित किये गये स्टेटर के पोलों की पोलता ज्ञात करने के लिए उपयोग किया जाता है।

सबसे विश्वसनीय विधि में सर्च क्वायल को शून्य केन्द्र वाले वोल्टमीटर या गैल्वनोमीटर के साथ उपयोग की जाती है। (Fig 8) यदि सर्च क्वायल को इस प्रकार बनाया जाये कि इसकी क्रोड का एक सिरा, इसकी वाइन्डिंग से उभरा हुआ हो, तो इसे इसके उभरे हुए भाग को प्रत्येक पोल पर रख कर इससे बहुत छोटे स्टेटर की पोलता भी ज्ञात कर सकते है, इसकी क्वायल को स्टेटर में प्रवेश कराने की आवश्यकता नही पडेगी।

Fig 7

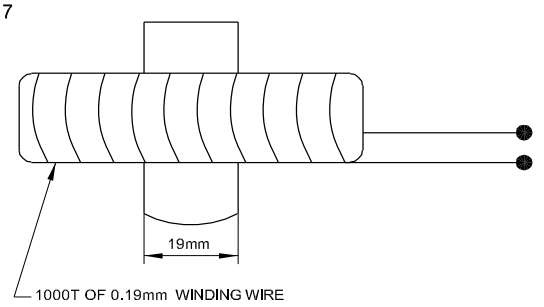
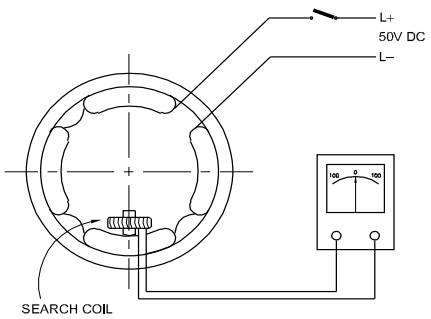


Fig 8

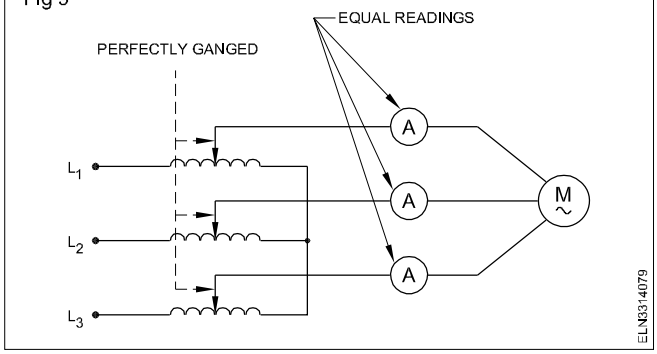


जैसे ही सर्च क्वायल की क्रोड पोल के साथ सम्पर्क करती है, स्विच ऑन करने पर (Fig 8) गैल्वनोमीटर दांये याबाई तरफ की स्थिति को चॉक से पोल पर चिन्ह लगा दें।

इस तरह से मीटर की सूई के विक्षेप की दिशा अनुसार अगले पोल पर चिन्ह लगा दें। इस बात पर जोर देना चाहिए कि सभी पाठ्यांक तब नोट करें जब स्विच ऑन किया जाये, क्योंकि स्विच ऑफ करते ही मीटर की सूई विपरीत दिशा में संकेत करती है।

असन्तुलित धारा का परीक्षण (Unbalanced current test): तीन फेज वाइंडिंग की स्थिति में, स्टेटर को 3-फेज ऑटो ट्रांसफार्मर से कम वोल्टेज दी जाती है ताकि Fig 9 के अनुसार पूर्ण लोड धारा प्रवाहित होसके। इस परीक्षण में सभी तीन फेज की मापी गई धारा समान होनी चाहिए। वाइंडिंग अच्छी होने पर भी ±3% का धारा परिवर्तन स्वीकार्य है।

Fig 9



नो-लोड परीक्षण (No-load test) : मोटर की वाइंडिंग से संसेचन (impregnation) और असेम्बली (assembly) के पश्चात, रोटर को मुक्त रूप से घूमने के लिए जाँच करें। मोटर को निर्धारित सप्लाई वोल्टेज से जोड दें। शून्य लोड पर मोटर को चलायें और शून्य लोड पर, नो-लोड वोल्टेज (no-load voltage), करंट और मोटर की गति को दर्ज करें। किसी भी स्थिति में ये पाठ्यांक, नेम प्लेट मानों से अधिक नहीं होने चाहिए। बियरिंग की आवाज और कम्पन्न का निरीक्षण करें। बिना कम्पन्न की सामान्य आवाज अच्छे कार्य को प्रदर्शित करते हैं। फिर भी लोड परीक्षण के द्वारा ही वाइंडिंग के कार्य की पूर्णता को सुनिश्चित किया जा सकता है।

विद्युत मोटरों में इन्सुलेटिंग वार्निश और वार्निश करने की प्रक्रिया (Insulating varnish and varnishing process in electric machines)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **मशीन की वाइंडिंग को वार्निश करने के महत्व का वर्णन**
- **वार्निश के प्रकार, उनके अभिलक्षण और उपयोगों का वर्णन**
- **थीनर का उपयोग बताना**
- **वाइंडिंग के पूर्व में गर्म करने के लिए अपनाई जाने वाली विधियों का वर्णन करना**
- **वाइंडिंग को वार्निश करने की प्रक्रिया का वर्णन करना।**

विद्युत मशीनों में इन्सुलेटिंग वार्निश का महत्व (Importance of insulating varnish to the electrical machines) : सामान्य इन्सुलेशन में उपयोग होने वाले ठोस इन्सुलेटिंग पदार्थों में आर्द्रता ग्राही (नमी ग्रहण करना) गुण को निष्क्रिय करने के लिए वार्निश से संसेचित (impregnation) किया जाता है। वार्निश वाइन्डिंग की परतों के अन्दर नमी का प्रवेश रोकने के लिए एक आवरण का निर्माण कर देती है और कई स्थितियों में यह तेल, अम्ल, क्षार तथा ऊष्मा के विरूद्ध कार्य करती है। घूमने वाली मशीनों में विशेषकर वार्निश चालकों को एक साथ बाँधने के लिए भी आवश्यक होती है। चालकों को एक साथ बांधने के लिए भी आवश्यक होती है। चालकों के बीच ठोस वार्निश द्वारा वाइंडिंग से ऊष्मा को निकालने के लिए वायु के विस्थापन होने से सुधारा जा सकता है।

वार्निश के प्रकार (Types of Varnish): विद्युतीय वाइंडिंग के साथ उपयोग करने के लिए सामान्यतः चार प्रकार की वार्निश उपयोग होती है। ये है:

1 एयर ड्राइंग वार्निश (air-drying varnishes)

2 बेकिंग वार्निश (baking varnishes)

3 धर्मोसेटिंग वार्निश (thermosetting varnishes)

4 साल्वेन्टलेस वार्निश (solventless varnishes)

वायु शुष्क वार्निश (Air drying varnish) : इस वर्निश में ठोस कण व विलायक (solvent) होता है। वार्निश को बिना गर्म करके सोलवेन्ट को वाष्पित करके सुखाया जाता है। बेकिंग वार्निश की तुलना में वायु शुष्क वार्निश निम्न सामर्थ्य वाली व उच्च सरन्ध्रता (बहुत अधिक छिद्र युक्त) वाली होती है क्योंकि सोलवेन्ट के सुखने के बाद बनने वाली रिक्त (अन्तराल) को सील करने के लिए उनकी फिल्म पर्याप्त रूप से प्रवाह (flow) नहीं होती है। आगे, यह डुबोने वाले टैंक में तथा भंडारन के समय शीघ्रता से खराब होती है। शीघ्रता से सुखने वाली वार्निश में चपड़ी (shellac) स्प्रिट युक्त होती है और यह साफ व काले रंग की हो सकती है। ये वार्निश आपातकाल मरम्मत कार्य व टच-अप (touch-up) कार्य में उपयोग होती है। काली ऐस्फाल्ट-आधार वाली वार्निश उपलब्ध है, परन्तु ये केवल तेल के प्रति स्पष्ट प्रतिरोध उत्पन्न करती है।

अनेक प्रकार की ओलीआरसेनीयस (oleoresinous) जो (तेल व रेजिन युक्त) (oil and resin base) वाली है, कई प्रकार की वार्निश बाजार में काले व साफ रंग में उपलब्ध है। ये वार्निश सोलवेन्ट की हानि होने से व आक्सीकरण से सूखती है और एस्फाल्ट आधारित वार्निश की अपेक्षा अधिक तेल प्रतिरोधी होती है। कभी कभी सिंथेटिक वेल्ड एयर ड्राइंग भी उपयोग होती है।

बेकिंग वार्निश-ओलीओरेसिनीयस (Baking varnishes - oleoresinous) : बेकिंग वार्निश में भी ठोस कण व सोलवेन्ट होता है। थर्मोसैटिंग वार्निश का विकास होने से पहले इस प्रकार की वार्निश बहुत उपयोग की जाती थी । ये वार्निश आधी पालिमेराइजेशन व आधी आक्सीकरण के द्वारा सूखती है। अलसी तेल (Linseed oil) वाली वार्निश लगभग पूर्णतः आक्सीकरण से सूखती है जबकि तंग-तेल (tung-oil) वाली वार्निश दोनों (आक्सीकरण व पोलिमेराइजेशन) (polymerization) से सूखती है आक्सीकरण केकारण सूखने से सतह कठोर बन जाती है जबकि नीचे की वार्निश अभी भी गीली होती है। विशेषकर नीचली क्वायल में इस प्रकार की हानि होती है।

थर्मामोसेटिंग वार्निश (Thermosetting varnishes) : ये ऊष्मा से कठोर होने वाली, साफ, कृत्रिम वार्निश होती है, जो कि साधारण बेकिंग वार्निश की अपेक्षा अधिक सुधरी हुई होती है, जो कि कठोरीकरण के लिए आक्सीकरण पर निर्भर करती है। ये वार्निश वर्ग B या तो वर्ग E के इन्सुलेशन के लिए उचित रहती है।

विलायकहीन वार्निश (Solventless varnishes) : आधुनिक विकास यह संकेत देता है कि कुछ वर्षों मे सोलवेन्ट रहित (100 प्रतिशत ठोस) वार्निश व्यापारिक रूप में उपलब्ध हो जायेगी, और ये वार्निश कम आयु अभिलक्षणों से मुक्त होगी, और सोल्वेन्ट रहित वार्निश के टैंक (डिब्बो) में खराब होने से भी बचेगी।

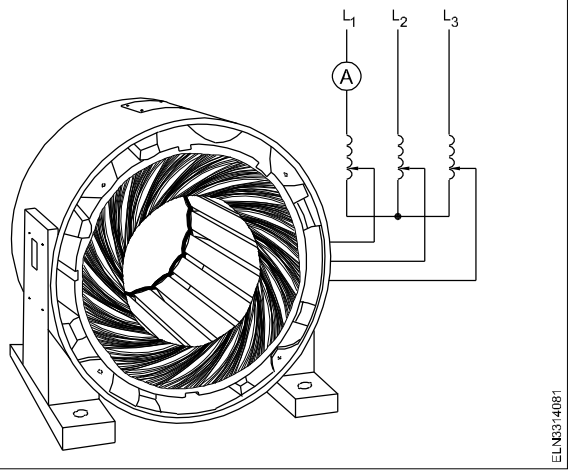
थीनर वार्निश (Varnish thinners) : थीनर का उपयोग वार्निश की श्यानता (viscosity) ठोस भाग को आवश्यक मात्रा में समायोजित करने के लिए किया जाता है। पूर्णतया मिश्रण बना कर प्राप्त करने के लिए, वार्निश को शीघ्र घोलने के साथ, थीनर को धीरे-धीरे मिलाना चाहिए। थीनर का चयन करने के लिए, वार्निश के निर्माता से विशेष प्रकार की वार्निश के लिए विशिष्ट अनुशंसा प्राप्त करनी चाहिए । वार्निश में थीनर की मात्रा 60% से अधिक नहीं होनी चाहिए।

पूर्व तापन (Preheating) : वार्निश करने से पूर्व वाइन्डिंग परतों के बीच से नमी को बाहर निकालना पूर्व तापन कहलाता है।

वार्निश लगाने से पूर्व वाइन्डिंग को सम्पूर्णता से सुखाने के लिए निम्नलिखित विधियों में से एक को अपनाया जाता है।

1 एक 3-फेज ऑटो ट्रांसफार्मर को Fig 1 के अनुसार स्टेटर टर्मिनलों से जोड़कर कुल लाइन वोल्टेज को 20% निम्न वोल्टेज स्टेटर में दिया जाता है, यह इस प्रकार है कि वाइन्डिंग में प्रवाहित होने वाला करंट, पूर्ण लोड करंट से अधिक नहीं होता है। मोटर को 8 से 10 घण्टे तक गर्म किया जाता है।

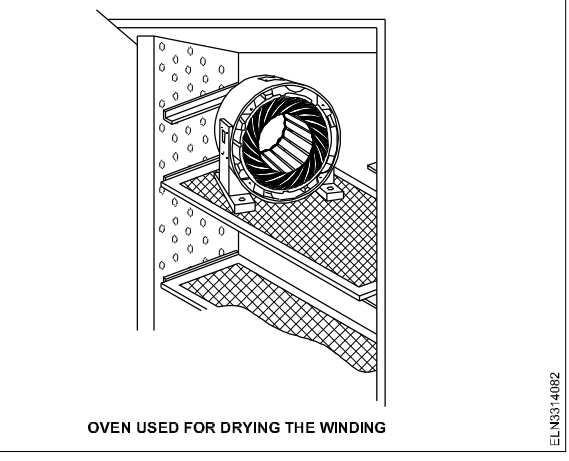
Fig 1



इस विधि में सूक्ष्मता से निरीक्षण करना आवश्यक होता है क्योंकि वाइन्डिंग द्वारा उत्पन्न ऊष्मा सरलता से बाहर नहीं निकलता है।

2 मोटर को Fig 2 के अनुसार भट्टी (Oven) में रखा जा सकता है, परन्तु तापमान 90°C से अधिक नहीं होने देना चाहिए।

Fig 2



OVEN USED FOR DRYING THE WINDING

3 वाइंडिंगों के बीच गर्म हवा को प्रवाहित किया जाता है, जो कि एक बन्द चैम्बर में जैसा कि Fig 3 में दिखाया गया है, में रखी जाती है परन्तु वायु साफ व शुष्क होनी चाहिए और इसका तापमान 90°C से अधिक नही होना चाहिए।

4 जैसा कि Fig 4 में दिखाया गया है, मशीन के चारों ओर कोयले की अंगीठी या इलैक्ट्रिक रेडियेटर को रखा जा सकता है।

Fig 3

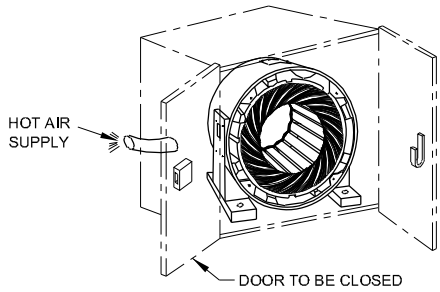
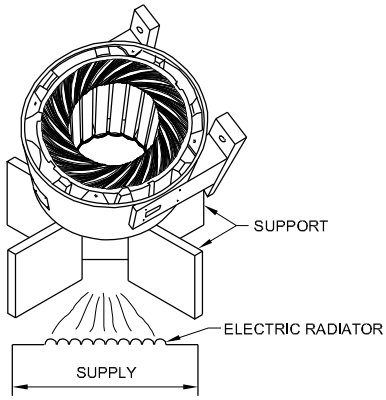
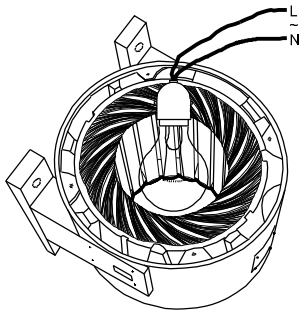


Fig 4



5 Fig 5 में दिखाये अनुसार मशीन के अन्दर कार्बन फिलामेन्ट को रख कर इसका उपयोग सन्तोषजनक रूप में किया जा सकता है, परन्तु यह ध्यान रखना पड़ेगा कि गर्म वाइन्डिंग के किसी भाग के साथ सम्पर्क में न आये। यदि इस प्रकार से पर्याप्त उच्च तापमान प्राप्त नही हो रहे हो तो स्टेटर को तिरपाल से ढककर वेन्टीलेशन (ventilation) को कम किया जा सकता है।

Fig 5



सुखाने के लिए उपयोग की गई तापन विधि का लगातार जारी रखना चाहिए तथा प्रयुक्त विधि को सावधानीपूर्वक देखने रहना चाहिए और यह सुनिश्चित करना चाहिए कि वाइंडिंग (winding) का तापमान इतना अधिक न हो जाये कि इससे इन्सुलेशन को क्षति हो जाये। थर्मामीटर द्वारा मापा जाने वाला वाइंडिंग को सुरक्षित उच्चतम ताप 90°C होता है। इसी समय यह भी ध्यान दिया जाना चाहिए कि तापमान इतना कम भी न हो जाये कि नमी का प्रवेश पुनः हो जाये।

जैसे जैसे मोटर गर्म होने लगती है, तो इन्सुलेशन प्रतिरोध विचारणीय रूप से कम होने लगता है और इन्सुलेशन प्रतिरोध न्यूनतम तक पहुँच जाता है, और इसके कुछ समय बाद तक स्थिर रहता है जो कि मशीन में नमी के ऊपर निर्भर रहता है। जैसे जैसे शुष्कन प्रक्रिया आगे बढती है, तो इन्सुलेशन प्रतिरोध क्रमिक रूप से बढने लगता है। इन्सुलेशन प्रतिरोध के बढने तक शुष्कन प्रक्रिया लगातार होनी चाहिए या जब तक कि यह 75°C पर एक एक मेगा ओप्ल प्रति 1000 वोल्ट तक न पहुँच जाये।

यह देखने के लिए कि शुष्कन किस तरह से प्रगति कर रहा है, शुष्कन काल के समय, ताप तथा इन्सुलेशन प्रतिरोध का पाठ्यांक कम से कम 1 घण्टे में एक बार लेना चाहिए। जहाँ तक सम्भव हो, मोटर के ताप को स्थिर रखना चाहिए, अन्यथा पाठ्यांक में भ्रम उत्पन्न हो सकता है।

वाइंडिंग के पूर्व तापन के बाद, मशीन को वार्निश करने से पूर्व 60°C तक ठण्डा करें। इसका महत्व इसलिए है क्योंकि उच्च तापमान वार्निश परत के साथ बाहरी तरफ को सील करने का प्रयास करेगा।

वार्निश करने की प्रक्रिया (Varnishing process) : वाइंडिंग की वार्निश करने के लिए या तो सम्पूर्ण (वाउण्ड) स्टेटर को वार्निश टैंक मे डुबोकर या वाइंडिंग पर वार्निश डाल कर वार्निश की जाती है। कुछ स्थितियों में पेन्ट करने वाले ब्रुश से भी वार्निश लगाई जाती है।

वायु-शुष्कन वार्निश प्राकृतिक रूप से सूखने वाली वार्निश होती है, इसलिए जॉब job को सामान्य ताप पर 6 घंटे के लिए सूखने दें।

संसेचन (Impregnation) : संसेचन के लिए वार्निश निर्माता के निर्देशों के अनुसार वार्निश विधि की अनुपालना करनी चाहिए।

संसेचन विधि (Impregnation process) : वर्ग E की मोटरों के लिए E वर्ग का संसेचन उपयोग करें, निम्नलिखित प्रक्रिया द्वारा संसेचन किया जा सकता है।

1 जॉब को आठ घण्टे तक भट्टी (oven) में 85-100°C तक पूर्व तापन (preheating) करें और इन्सुलेशन प्रतिरोध को मापें। यदि इन्सुलेशन प्रतिरोध अनन्त से कम हो तो पूर्व तापन प्रक्रिया को लगातार जारी रखें, जब तक कि इंसुलेशन प्रतिरोध अनन्त तक न हो जाय।

2 पूर्व तापन के बाद जॉब को 60°C तक ठण्डा करें और इसे वार्निश टैंक में डूबो दें। गर्म वाइंडिंग को ऊर्ध्वाधर स्थिति में वार्निश में एक घण्टे तक डुबो कर रखें या तब तक डुबो कर रखे जब तक कि सभी वायु के बुलबुले बाहर न आ जाये।

3 जॉब को टैंक से उठाकर टैंक पर लगे क्रेडल (cradle) पर लगभग एक घण्टे तक रखें जब तक कि वार्निश पूरी तरह से सुख (drains) न जाये।

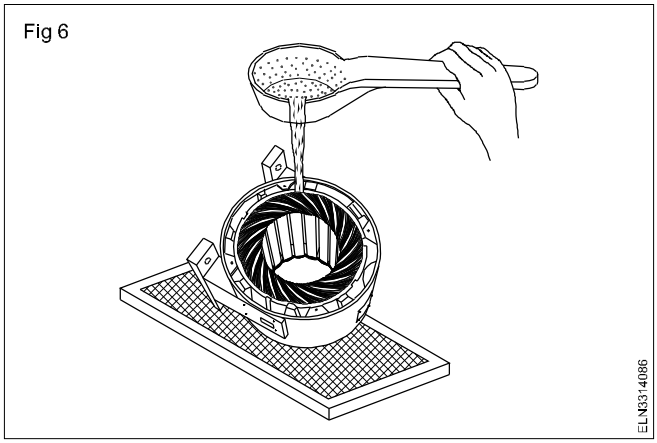
4 वार्निश निचुडने के पश्चात जॉब को 120°C पर दो घण्टे तक गर्मकरें और140°C पर कम से कम दस घण्टे तक गर्म करें।

5 वार्निश सुखाने के तुरन्त बाद इन्सुलेशन प्रतिरोध को मापें, और इसका मान 2 मेगा ओह्म से कम नही होना चाहिए।

6 दूसरी बार संसेचन करने के लिए जॉब को 70°C तक ठण्डा करें और फिर उपरोक्त 2,3 व 4 स्टैप को दोहरायें।

यदि उपयोग के लिए वार्निश टैंक न हो तो स्टेटर को वार्निश से भरे बर्तन के ऊपर रखें और Fig 6 के अनुसार इस पर चम्मच से वार्निश डालें। इस स्थिति मे स्टेटर में संयोजन (connection) की ओर से वार्निश डालें और फिर स्टेटर को पलट कर दूसरी तरफ से वार्निश डालें।

Fig 6



वार्निश हटाना (Varnish stripping) : वार्निश को डुबोने व पकाने के बाद, एयर गैप सतह पर व सिरा परिरक्षक (end-shield fits) पर जमी हुई वार्निश को हटाने की प्रायः आवश्यकता पडती है, क्योंकि ऐसे स्थानों पर वार्निश के एकत्र होने से रोकने का कोई व्यावहारिक प्रबन्ध नहीं होता है। एकत्र हुई अतिरिक्त गीली वार्निश को साफ करने के लिए खराब कपड़ों को सही सोलवेन्ट solvent के साथ उपयोग करके वार्निश को साफ किया जाता है। यदि मोटर की यह सतह वार्निश में डुबोने से पहले, उचित आवरणित कम्पाउण्ड के साथ उपचारित की गई हो तो पकी हुई वार्निश की परतों को, धातु की सतह से छीलकर आसानी से हटाया जा सकता है। इस कम्पाउण्ड को स्प्रे करने के लिए इसमें एसीटोन मिलाया जाता है। यदि इसे ब्रुश से लगाना हो तो इसका गाढापन रखने के लिए इसे अधिक मैलेसस (molasses) पर तैयार किया जाता है। आधा घण्टा तक पतली परत को सुखाने के बाद, उपकरण को सामान्य वार्निश से संसेचित (Impreganation) किया जाता है व पकाया जाता है। मासकिंग (masking) कम्पाउण्ड को पकाने के बाद, इसे धातु के नंगे सिरे की ओर से एक चाकू को प्रवेश करा कर या बारीक कील को एक बिन्दु पर रख कर, साफ किया जा सकता है। दोनों वार्निश और मॉसकिंग कम्पाउण्ड को एकल (single) फिल्म की परत को उतारते हुए हटाया जा सकता है।

सिरों के संयोजन, समूह संयोजन, टर्मिनल लीड्स संयोजन, बन्धन को जोड़ना और ओवर हैन्गस को बनाने की विधियाँ (Method of connecting end connection, group connection, terminal leads, binding and forming the overhangs)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

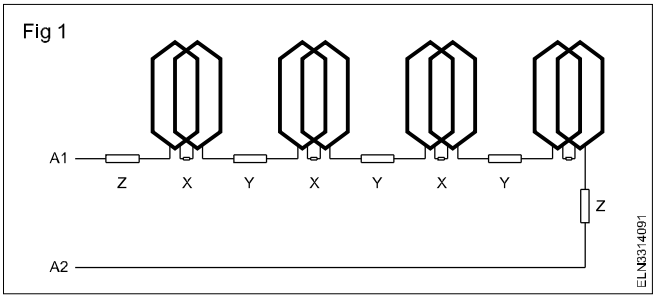
- **वाइंडिंग में संयोजनों के प्रकार बताना**
- **क्वायल के अन्त सिरे का संयोजन बनाने की विधि का वर्णन करना**
- **समूह (जम्पर) संयोजन बनाने की विधि का वर्णन करना**
- **टर्मिनल लीडस के संयोजन की विधि का वर्णन करना**
- **वाइंडिंग के साथ अन्त सिरे/टर्मिनल/लीड के संयोजनों को बाँधने की विधि का वर्णन करना**
- **ओवर हैन्ग overhangs बनाने के विधि का वर्णन करना।**

किसी भी वाइंडिंग के लिए नीचे वर्णन की गई विधि सामुहिक है।

सिरों के संयोजन (End connections) : वाइंडिंग में तीन प्रकार के संयोजन बनाये जाते है, जैसा कि Fig 1 में दिखाया गया है पहले क्वायल समूह के लिए क्वायल का संयोजन है जिसे X से दर्शाया गया है । जैसा कि X से दर्शाया गया है, दूसरा एक ही फेज में एक क्वायल समूह को दूसरे समूह से जोडने के लिए Y से दर्शाया गया है तथा तीसरा लीड तार का संयोजन है जिसे Fig 1 में Z से दर्शाया गया है। वाइंडिंग के समय ऊपर बताये गये क्रम से एक के बाद एक करके आगे बढने से कार्य अच्छा होगा।

वाइंडिंग तार में बनाये जाने वाले किसी भी संयोजन को क्वायल के सिरों को उचित पहचान के साथ शुरू करना चाहिए। जो वाइंडिंग करना सीखना चाहता है उसके लिए यह जरूरी है कि वह पहले विकसित आरेख उसके बाद संयोजन आरेख के साथ-साथ वास्तविक वाइंडिंग को भी स्वयं देखें ताकि कोई संदेह न रहे। क्वायल के सिरों की पहचान के बाद (जैसा कि Fig 2 में दिखाया गया है), अस्थायी रूप के क्वायल के सिरों को लपेट कर रख दें और विकसित आरेख व संयोजनआरेख के साथ संयोजनों की पुनः जाँच करें।

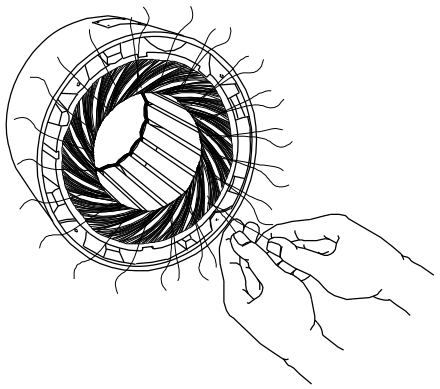
Fig 1



संयोजन सही है यह सुनिश्चित करने के बाद, रेगमाल या चाकू या वैद्युत द्वारा चलित इन्सुलेशन हटाने वाले यन्त्र से इनैमल इन्सुलेशन को हटायें। सभी विधियों में यह देखें कि तार में कहीं कोई कट या मोड़ तो नही है जो कि प्रायः तार को क्षति पहुँचाता है।

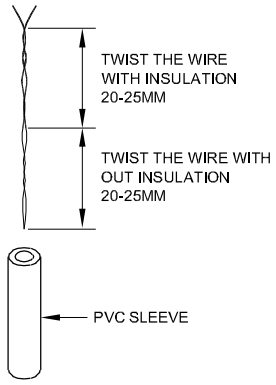
क्वायल संयोजन की विधि (Method of coil connections) : यह जाँच कर लें कि इनैमल enamel इन्सुलेशन पूर्णतः हट गया है। क्वायल सिरों की तार की 20-25 mm लम्बाई को लेकर सिरों को Fig 3 में दिखाये अनुसार लपेट दें और PVC या एम्पायर स्लीव को चढा दें। जोड को क्वायल के गुच्छे की तरफ मोडें और मोटे धागे से बाँध दें।

Fig 2



ELN3314092

Fig 3

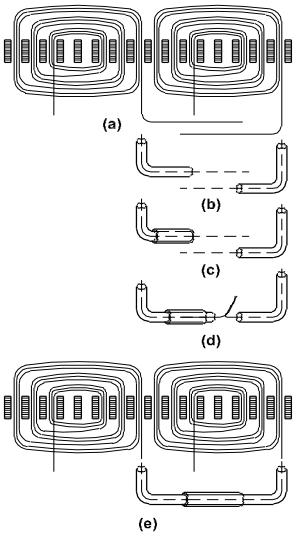


ELN3314093

समूह संयोजन (जम्पर संयोजन) की विधि (Method of group connections (jumper connections): समूह के सिरे की जो तार अगले समूह के साथ जोडी जाती है उसे 40 mm की लम्बाई तक लें। Fig 4a के अनुसार अतिरिक्त लम्बाई को काट दें। वाइंडिंग तार को 40 mm का इनैमल हटायें।

Fig 4b में दिखाये अनुसार जिन दो तार को जोडा जाता है उनके ऊपर पर्याप्त लम्बाई की उपयुक्त PVC या एम्पायर स्लिव चढा दें। Fig 4c के अनुसार एक स्लिव पर दूसरी बडे साइज वाली स्लिव चढा दें। अब इन्सुलेशन उतरी हुई तारों को एक साथ लपेट दें जैसा कि Fig 4d में दिखाया गया है। जोड को तार पर मोड दें और Fig 4e की तरह दूसरी स्लिव को जोड पर चढा दें।

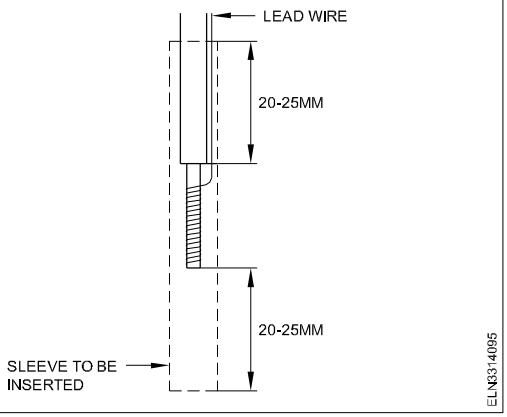
Fig 4



ELN3314094

लीड संयोजन की विधि (Method of lead connections) : लीड तार को जोडने के लिए, केबल के इन्सुलेशन को लगभग 25 mm तक हटा दें और उतनी ही लम्बाई के लिए वाइंडिंग तार से इनैमल इन्सुलेशन भी हटा लें। दोनों तारों को साफ करें तथा लीड तार पर वाइन्डिंग तार को कम से कम 10 बार कस कर लपेटें जैसा कि Fig 5 में दर्शाया गया है ।

Fig 5

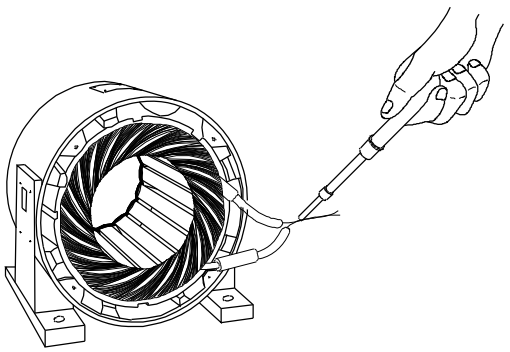


ELN3314095

जोड को इन्सुलेटिड करने के लिए Fig 5 के अनुसार PVC या एम्पायर स्लिव का उपयोग करें।

पूर्व में बताये अनुसार वाइंडिंग के सही होने की जाँच के बाद, और अभी पूर्व में बताये गये सभी संयोजनों के अन्त में उन्हें Fig 6 के अनुसार सोल्डर करना आवश्यक है और उसके बाद स्लिव से इन्सुलेटिड करें।

Fig 6

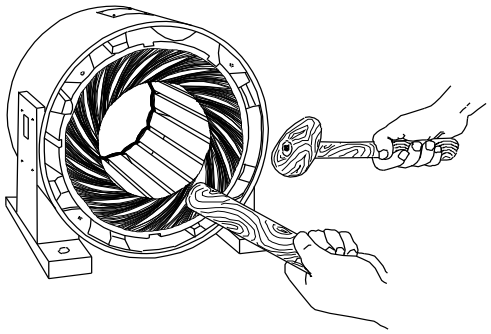


ELN3314096

ओवर हैन्ग को बांधना व आकार देना (Shaping and binding the overhangs) : सभी सिरों के संयोजन को सोल्डरिंग करने तथा स्लिव पहनाने के बाद, जम्फर तारों तथा लीड तारों को एक समान रूप से फैलाये, जिससे समरूपता बनी रहे तथा ओवर हैन्ड स्पष्ट दिखाई दें। लकडी या नाइलोन के मैलट से सकेन्द्रीय रिंग (concentric ring) में दोनों साइडों पर वाइन्डिंग के ओवर हैन्ग को धीरे धीरे चोट दें। इसके लिए लकडी या फाइबर रोलर का उपयोग करें जैसा कि Fig 7 में दिखाया गया है। थोड़े - थोड़े अन्तराल बाद पूर्व में लिए गए डाटाअनुसार ओवर हैन्ग को माप की जाँच करते रहे।

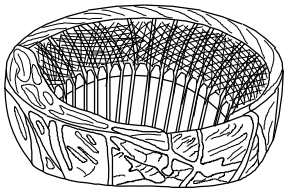
अन्त संयोजन, जम्फर और लीड संयोजनों को क्वायल के साथ मजबूती से बन्धन धागे द्वारा बाँध दें। Fig 8 के अनुसार उपयुक्त टेप को मूल रूप में बांध दें।

Fig 7



ELN3314097

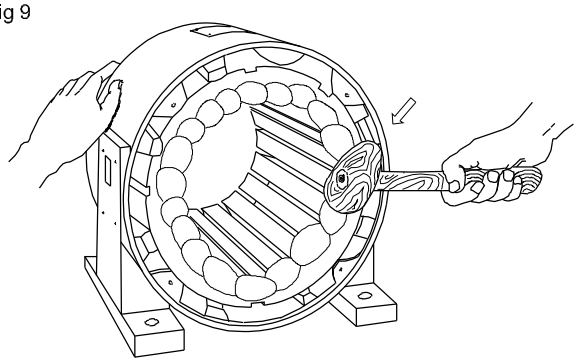
Fig 8



ELN3314098

ओवर हैन्ग के साथ, संयोजन लीड्स को बाँधने के बाद दोनों ओवर हैन्ग को सकेन्द्रिय रिंग में पुनः अंतिम आकार दें, जिससे कि वे समान रूप से फैल जायें और रोटर को स्पर्श न करें। इस प्रक्रिया के दौरान यह जाँच करते रहें कि फ्रेम और सिरे के परिक्षक (end cover) के बीच मूल की तरह पर्याप्त अंतराल रहे। (Fig 9)

Fig 9



ELN3314099

AC 3 फेज स्किवरल केज मोटर व स्टार्टर का अनुरक्षण, कार्य और दोष (Maintenance, service and troubleshooting in AC 3 phase squirrel cage induction motor and starters)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **AC 3 प्ररेण मोटर का अनुरक्षण की समय-सारणी बनाना**
- **3 फेज मोटर में सम्भावित दोष, कारण व उनके उपचारों की सूची बनाना**
- **मोटर में यान्त्रिक दोष व बियरिंग में होने वाली खराबी का वर्णन करना**
- **बियरिंग में लूब्रीकेशन तकनीकों का वर्णन करना**
- **AC मोटर स्टार्टर में दोष ज्ञात करना व अनुरक्षण का वर्णन करना।**

सामान्यतया AC स्किवरल केज इण्डेक्शन मोटर की संरचना सुदृढ होने के कारण इसे कम अनुरक्षण की आवश्यकताहोती है। फिर भी बाधा रहित सेवा के लिए और उच्चतम दक्षता प्राप्त करने के लिए, इस मोटर को एक नियमित अनुरक्षण के लिए एक शिड्चुल की आवश्यकता होती है। जैसा कि कई उद्योगों में यह पाया जाता है कि AC गिलहरी पिंजरा मोटर पिन में 24 घंटे व वर्ष भर में 365 दिन पूर्ण लोड पर चलती है/ इसलिए अनुरक्षण को एक निश्चित समय के लिए सूची बद्ध किया जाता है जैसे प्रतिदिन, साप्ताहिक, मासिक, अर्द्धवार्षिक व वार्षिक ताकि मोटर की कार्य अवधि की आयु बढाई जा सके और ब्रेक डाऊन समय को कम किया जा सके।

अनुरक्षण सूची (Maintenance schedule) : AC गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर के अनुरक्षण सूची के लिए निम्नलिखित दिशा-निर्देशों का सुझाव दिया जाता है।

प्रतिदिन अनुरक्षण (Daily maintenance)

- मोटर की लीड व अर्थ संयोजन का परीक्षण
- अधिक गर्म होने पर मोटर की वाइन्डिंग का परीक्षण (यह ध्यान रखना चाहिए कि उच्चतम स्वीकृत (permissible) तापमान वह होता है जो हस्त से सरलता से अनुभव किये गये ताप से अधिक हो)।
- नियन्त्रक उपकरणों का परीक्षण करें।

आयल रिंग लुबरीकेटिड मशीनों के क्रम में (the case of oil ring lubricated machines)

i) बियरिंग का परीक्षण करें देखें कि ऑयल रिंग कार्य कर रहे है

ii) बियरिंग के तापमान को नोट करें

iii) यदि आवश्यक हो तो तेल डालें।

iv) सिरों की प्ले की जाँच ।

साप्ताहिक अनुरक्षण (Weekly maintenance)

- बेल्ट का तनाव चैक करें। यदि यह अधिक हो तो इसे तुरन्त कम करें, यदि स्लिप प्रकार के बियरिंग हो तो रोटर व स्टेटर के बीच वायु अंतराल चैक करें।
- धूल वाले स्थानों पर लगी सुरक्षित प्रकार की मोटरों की वाइन्डिंग मे धूल को साफ करें।
- जो मोटरें बार-बार स्टार्ट व स्टॉप की जाती है, उनके स्टार्टिंग उपकरणों का परीक्षण करें कि कहीं उनके सम्पर्क (contact) जल तो नही गये है।
- ऑयल रिंग लुबरीकेटिड बियरिंग का परीक्षण करें ताकि इसमे धूल व गन्दगी न हो (यह तेल के रंग का पहचान कर अन्दाल से पहचान सकते है)।

मासिक अनुरक्षण (Monthly maintenance)

- कन्ट्रोलर की मरम्मत करें।
- तेल परिपथ वियोजक (oil circuit breaker) का परीक्षण करके साफ करें।
- नमी युक्त व धुल भरें स्थानों मे हाई स्पीड बियरिंग के तेल को बदल दें।
- स्लिप रिंग मोटरों के ब्रुशों की पकड को चेक करें और ब्रुश होल्डर को सही करें।
- ग्रीस की अवस्था को चेक करें।

अर्द्ध-वार्षिक अनुरक्षण (Half-yearly maintenance)

- मोटर वाइन्डिंग में लगने वाले जंग या इस प्रकार के अन्य तत्वों को साफ करें। यदि आवश्यक हो तो वारनिश भी करें।
- स्लिप रिंग मोटर के प्रकरण में स्लिप रिंग को चेक करें कि कहीं इनमें खांचे या असमान खरोच न हो।
- बाल या रोलर बियरिंग में ग्रीस को बदल दें।
- बियरिंगों में से सारा तेल निकाल कर मिट्टी का तेल से साफ करें, लुबरीकेटिंग तेल से फ्लश करें व साफ तेल से पुनः भर दें।

वार्षिक अनुरक्षण (Annual maintenance)

- सभी उच्च चाल बियरिंग को चेक करें यदि आवश्यक हो तो नये बदल दें।
- मोटर की वाइन्डिंग को शुष्क हवा द्वारा पूर्णतया से साफ करें। यह सुनिश्चित करें कि हवा का प्रैशर इतना अधिक न हो कि यह इन्सुलेशन को नष्ट कर दें।
- गन्दी व तेल युक्त वाइन्डिंग को साफ करें व वार्निश करें।

- जो मोटरे कठिन परिस्थितियों में परिचालित होती है उनको ओवर आयलिंग करें।
- स्लिप रिंग मोटरों के प्रकरण में, स्लिप रिंग पर गड्ढों के लिए चेक करें और ब्रुशों में दरार को चेक करें। जिन स्लिपरिंगों में गंदगी अधिक हो और ब्रुश जल गये हो उन्हें बदल दें।
- बुरी तरह गड्ढे युक्त स्विच और फ्यूज कांटेक्ट को बदल दें ।
- स्टार्टरों में तेल को बदल दें जिनमें नमी या जंग युक्त तत्व मिले होते है।
- मोटर वाइन्डिंग के फेजो, कन्ट्रोल गियर व वायरिंग से अर्थ के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध चेक करें।
- अर्थ संयोजन का प्रतिरोध चेक करें।
- वायु अन्तराल चेक करें।

रिकोर्ड (Records) : स्वतंत्र कार्ड या एक रजिस्टर का साधारण करें (ट्रेड प्रेक्टिकल में दर्शाये गये प्रतिरूप अनुसार) जिसमें प्रत्येक मशीन के लिए कुछ पृष्ठ हो और उसमे सभी महत्वपूर्ण निरीक्षण व अनुरक्षण कार्य जो समय समय पर किये गये हो को रिकार्ड रखें। इन रिकार्ड में पूर्व कार्य कुशलता, सामान्य इन्सुलेशन स्तर, अन्तराल का मापन, मरम्मत किये गये कार्य की प्रकृति और पूर्व मरम्मत में लिया गया समय, और अन्य महत्वपूर्ण सूचना जो अच्छी कार्य निष्पादन और अनुरक्षण में एग्लीलरी हो, को नोट करें।

AC 3-फेज गिलहरी पिंजरा मोटर में होने वाले दोषों को मुख्यतया दो समूहों में बांटा गया है।

वे हैं

1. विद्युत दोष (Electrical faults)
2. यान्त्रिक दोष (Mechanical faults)

अधिकतर प्रकरणों में दोनो दोषों में से एक यादोनों पैदा हो जाते है जिनमें एक प्रकार का दोष, दूसरे प्रकार के दोष को पैदा कर देता है । निम्नलिखित चार्टों में कारण, परीक्षण किया जाना व सम्भावित उपाय की सूचना दी गई है।

चार्ट 1

जब मोटर स्टार्ट नहीं होती

क्र.सं.	कारण	परीक्षण	उपाय
1	ओवरलोड रिले ट्रिप कर गई।	ओवर लोड क्वाइ को ठण्डा होने दें। यदि रिले सैट बटन अलग से दिया गया है तो इसे दबायें। कुछ स्टार्टरों में ओवरलोड रिले को रिसैट करने के लिए स्टॉप बटन दबाया जाता है।	यदि मोटर स्टार्ट बटन नही हो रही है तो मोटर परिपथ को चैक करें, इसका कोई अन्य कारण इस चार्ट में दर्शाया गया है।
2	पावर सप्लाई का फेल होना	स्टार्टर के इनकमिंग टर्मिनलों पर पावर सप्लाई टेस्ट करें।	यदि स्टार्टर के इनकमिंग टर्मिनलों पर सप्लाई उपलब्ध है, स्टार्टर को फाल्ट के लिए चेक करें। यदि नही है तो मुख्य स्विच व फ्यूज चेक करें। यदि आवश्यक हो फ्यूज बदल दें और पावर चालू करें।
3	निम्न वोल्टेज	मुख्य लाइन पर वोल्टेज मापें और नेम प्लेट क्षमता से मिलान करें।	सामान्य सप्लाई को पुनः स्थापित करें और केबल को निम्न क्षमता के लिए चेक करें।
4	गलत संयोजन	मोटर के मूल डायग्राम के साथ संयोजन की तुलना करें।	यदि फिर भी मोटर स्टार्ट नहीं होती है तो मोटर के संयोजन खोल कर पुनः संयोजन करें।
5	ओवरलोड	लोड की मांग के अनुसार स्टार्टिंग टार्क का मापन करें।	लोड कम करें, ऑटो ट्रांसफार्मर की टेपिंग बढायें, उच्च क्षमता की मोटर को स्थापित करें।
6	बियरिंग खराब होना	मोटर को खोलें और बियरिंग प्ले को चेक करें।	यदि आवश्यकता हो तो बदल दें।
7	दोषित स्टेटर वाइन्डिंग	प्रति फेज करंट मापें, यह बराबर होना चाहिए, यदि आवश्यकता हो तो प्रति फेज प्रतिरोध मापें, वाइन्डिंग व अर्थ के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध को चेक करें।	यदि सम्भव हो तो दोष की मरम्मत करें या स्टेटर को पुनः कुण्डलित करें।

क्र० सं०	कारण	परीक्षण	उपाय
8	कन्ट्रोल संयोजन गलत होना	कन्ट्रोल सर्किट को चेक करें व सर्किट डायग्राम के साथ इसकी तुलना करें।	निर्माता के परिपथ आरेख के अनुसार कन्ट्रोल सर्किट को पुनः संयोजित करें।
9	मुख्य या स्टार्टर या मोटर के टर्मिनल कनैक्शन ढीले होना	मुख्य स्विच पर टर्मिनल कनैक्शनों को चेक करें व स्टार्टर और मोटर के टर्मिनलों का रंग बदलने व नट ढीले होने पर चेक करें।	टर्मिनलों को चेक करें।
10	चलने वाली मशीन जाम है	मोटर को लोड से अलग करें।	यदि मोटर संतोषजनक रूप से स्टार्ट होती है तो चलने वाली मशीन को चेक करें और दोष का पता लगायें।
11	स्टेटर व रोटर परिपथ में खुला दोष	देख कर चेक करें और बाद में मल्टीमीटर या मैगर को चेक करें।	दोष को ठीक करं या वाइन्डिंग करें।
12	स्टेटर वाइन्डिंग में लघु परिपथ (short circuit)	ओह्ममीटर या आन्तरिक ग्राइंडर की सहायता से से फेज व क्वाइल ग्रुपों को चेक करें।	दोष को ठीक करें या वाइन्डिंग करें।
13	वाइन्डिंग अर्थ ही गई है	टेस्ट लैम्प या मैगर से टेस्ट करें।	यदि दोष ज्ञात हो जाये मरम्मत करें या वाइन्डिंग करें।
14	बियरिंग जाम है	हाथ से रोटर को घूमायें।	यदि रोटर जाम हो तो मोटर को खोल दें व दोष को ठीक करें।
15	ओवरलोड	लोड व बेल्ट की टेनसन को चेक करें।	लोड को कम करें व टाइट बेल्ट को ढीला करें।

चार्ट 2

मोटर स्टार्ट तो होती है परन्तु लोड नहीं उठाती

(लोड डालने पर धीरे चलने लगती है)

क्र. सं.	कारण	परीक्षण	उपाय
1	वोल्टेज का काफी कम होना	मोटर के टर्मिनलों पर वोल्टेज मापें और इसको नेम प्लेट से मिलान करें। (नाम पट्टिका)	खराब फ्यूजों को बदल दें, परिपथ की मरम्मत और कम वोल्टेज के कारण को हटायें जैसे कि स्टार्टर, स्विच वितरण बॉक्स के कॉन्टैक्ट ढीले होना या खराब होना।
2	खराब कनैक्शन	स्टार्टर के ढील कॉन्टैक्ट व संयोजन को चैक करें।	आवश्यकता अनुसार दोष को दूर करें।
3	ड्राइविंग बैल्ट का अधिक ढीला होना या तनाव अधिक होना	बैल्ट के तनाव का मापन करें और उसको निर्माता के निर्देशों के साथ जाँच करें।	बेल्ट के तनाव को एडजस्ट करें।
4	रोटर वाइन्डिंग में खुला दोष	रोटर छड़ों व जोडों का परीक्षण करें।	रोटर छड़ों का पुनः सोल्डर करें।
5	स्टेटर वाइन्डिंग में खुला दोष	लिकेज, लघु परिपथ (Short circuit) व कॉन्टीन्युटी की जाँच करें	यदि सम्भव हो तो सर्किट की मरम्मत करें या स्टेटर की वाइन्डिंग करें।
6	बियरिंग में खराबी	बियरिंग में प्ले की जाँच करें।	बियरिंग की मरम्मत करें।

क्र. सं.	कारण	परीक्षण	उपाय
7	लोड का बहुत अधिक होना	मोटर की लाइन करंट को मापें और इसके	मोटर से यान्त्रिक लोड को कम करें।
8	कम आवृत्ति	आवृत्ति मापी द्वारा लाइन का मापन करें।	यदि लाइन आवृत्ति कम हो, तो प्रदाय अधिकारियों को सूचित करें और इसे ठीक करवायें।

चार्ट 3

मोटर फ्यूजों को उड़ा देती है

क्र. सं.	कारण	परीक्षण	उपाय
1	कम क्षमता के फ्यूज	फ्यूज तार के साईज की जाँच करें (यह सामान्य धारा से 1½ गुणा धारा से योग्य होना चाहिए) सर्किट में एममीटर जोड कर अधिक धारा की जाँच करें।	यदिआवश्यक हो तो फ्यूज तार बदल दें। यदि स्टेटर या रोटर में विद्युत दोष हो तो मोटर की मरम्मत करें।
2	निम्न वोल्टेज	लाइन वोल्टेज का मापन करें।	कम वोल्टेज के कारण को हटायें।
3	लोड का बहुत अधिक होंना	लाइन करंट मापें और इसकी तुलना निर्धारित करंट से करें।	ओवरलोड के कारण को निराकरण करे या उच्च क्षमता की मोटर को लगायें।
4	स्टेटर वाइन्डिंग में दोष होना	जैसाकि पूर्व में वर्णन किया गया है स्टेटर में लिकेज, लघु परिपथ व खुला परिपथ की जांच करें।	दोष की मरम्मत करें, यदि सम्भव न हो तो स्टेटर को पुनः कुण्डलित करवायें।
5	स्टार्टर में ढील कनैक्शन	स्टार्टर मे ढील या गलत कनैकशन की जाँच करें, क्योंकि इसके कारण करंट में असन्तुलन हो सकता है।	स्टार्टर के सभी कान्टैक्ट बिन्दुओं के ढीला होने पर या कनैक्शन ढील होने पर कस दें या रेगमार द्वारा साफ करें और एलाइनमेंट कनैक्शन करें।
6	गलत संयोजन	मूल आरेख के साथ कनैक्शन चेक करें।	मोटर के स्टार्ट होने पर दोबारा कनैक्शन करें।

चार्ट 4

मोटर का अधिक गर्म होना

क्र. सं.	कारण	परीक्षण	उपाय
1	वोल्टेज या आवृत्ति का बहुत कम या अधिक होना	मोटर के टर्मिनलों पर वोल्टेज व आवृत्ति को मापें	परिस्थिति अनुसार वोल्टेज व आवृत्ति के कम या अधिक होने का निराकरण करें।
2	गलत संयोजन	दिये गये सर्किट डायाग्राम अनुसार कनैक्शन की जाँच करें।	यदि आवश्यकता हो तो संयोजन पुन करें।
3	रोटर में खुला परिपथ दोष	रोटर छडों में जोड ढीले होने पर अधिक ऊष्मा उत्पन्न होती है।	रोटर छड़ों के जोड़ों को पुनः सोल्डर करे या end rings को पुनः सोल्डर करें।

क्र. सं.	कारण	परीक्षण	उपाय
4	स्टेटर वाइन्डिंग में दोष	पूर्ण वर्णन अनुसार, लीकेज, लघु परिपथ (Short circuit) या खुला परिपथ (open circuit) दोष को चेक करें।	यदि सम्भव हो तो दोष दूर करें, अन्यथा स्टेटर वाइन्डिंग पुनः करें।
5	निकास नालियों में गन्दगी	निकास नालियों में धुल या गन्दगी का निरीक्षण करें।	यदि धूल या गन्दगी हो तो इसे साफ करें।
6	ओवरलोड	बेल्ट व लोड को चेक करें।	ढीली बेल्ट को कस दें या लोड कम करें। सिंगल फेजिंग दोष ठीक करें यदि चलती वाली मशीन में दोष हो तो इस मरम्मत करें। यदि बियरिंग में दोष हो तो इसकी जाँच करके मरम्मत करें या नया बदल दें।
7	विद्युत सप्लाई में असन्तुलन	सिंगल फेजिंग के लिए वोल्टेज को चैक करें। कनैक्शन व फ्यूज चैक करें।	यदि आवश्यकता हो तो जिस कार्य के लिए डिजाईन किया गया है उस प्रकार की मोटर से बदल दें।
8	चलने वाली मशीन से मोटर जाम होती है या बियरिंग टाईट है।	लोड हटायें और रोटर को फ्रि घुमा कर चैक करें।	मशीन के बियरिंग को ढीला करें या बियरिंग में ग्रीस करें या बियरिंग बदल दें।
9	जब मोटर को ऊल्टा चलाया गया तो गर्म होने लगी	संयोजन चेक करें।	निर्माता के अनुदेशों अनुसार चैक करे।

मोटर में यान्त्रिक खराबी (Mechanical problems in the motor) : सामान्यतया पाया जाता है कि गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोअर में विद्युत खराबियों की अपेक्षा यान्त्रिक खराबियां अधिक विकसित होती है। प्रत्येक इलैक्ट्रीशियन को बियरिंग व स्नेहन की पूर्ण जानकारी होना आवश्यक है। गिलहरी पिंजरा मोटर में बाद में जो दोष उत्पन्न होते है वो अधिकतर अपर्याप्त स्नेहन, बियरिंग की गलत फिटिंग व बियरिंग के गलत चुनाव के कारण विकसित होते है। एक इलैक्ट्रिशियन के लिए यह अति आवश्यक है कि उसे बियरिंग के प्रकार, फिटिंग की विधि व निकालने की विधि और मार्केट में उपलब्ध लुबरीकैंट के प्रकार की जानकारी हो जैसा कि निम्नलिखित प्रकार से वर्णन किया गया है।

बाल व रोलर बियरिंग (Ball or roller bearings): विद्युत मोटर में शाफ्ट आसानी से घूम सके, इसके लिए (Fig 1) अनुसार बाल बियरिंग और (Fig 2) अनुसार रोलर बियरिंग फिट किये गये होते है।

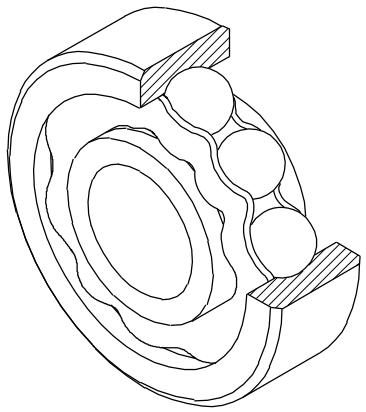
जैसा कि Figs 1 & 2 में दिखाया गया है ये बाल व रोलर बियरिंग है जो रेस के बीच घूम कर घर्षण को रोकते है।

चूंकि बियरिंग मशीन के स्थिर व चल भागों के बीच उपयोग होते है, इस प्रकार के बियरिंग में एक स्थिर रेस व एक घूमने वाली रेस होती है।

बियरिंग का रखरखाव (Handling the bearings) : बियरिंग परिशुद्ध कठोर व भंगुर पदार्थ से बने होते है। परन्तु बियरिंग की कार्यकारी सतह होन्ड honed की हुई या बहुत नरम होती है। यदि ये सतह खराब हो जाये तो बियरिंग बेकार हो जाती है, इसलिए :

- बियरिंग को सावधानीपूर्वक कार्य में लेना चाहिए ताकि खराबी से बचा जा सके।

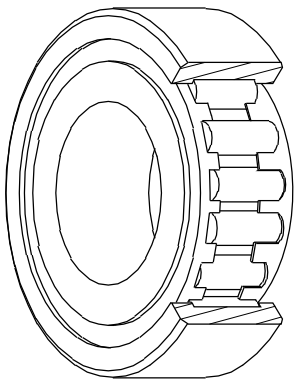
Fig 1



SINGLE ROW SNAP RING BALL BEARING

ELN3314111

Fig 2



CYLINDRICAL ROLLER BEARING

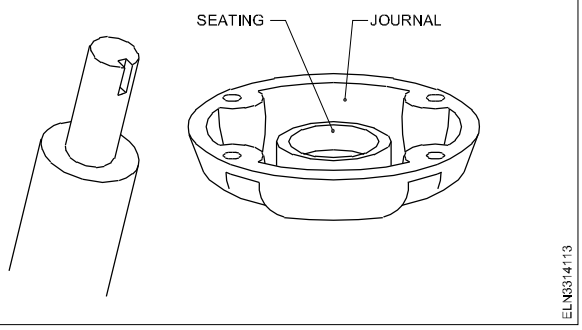
ELN3314112

- बियरिंग को फिटिंग से पूर्व लपेट कर रखा जाना चाहिए ताकि गन्दगी को बाहरी रखा जाये।
- बियरिंग को भण्डारित रखने के लिए, इसे जंग से बचाना चाहिए जैसे कि इस्पात बियरिंग में तेल डालना आवश्यक होता है।

बियरिंग स्थापना (Installing bearings) : किसी भी बियरिंग को फिट करने से पूर्व:

- मोटर के ऐंड कवर के अन्दर के भाग और बियरिंग शीट जहां बियरिंग रेस्ट करता है को अच्छी तरह साफ करें। (Fig 3)

Fig 3



- क्षतिग्रस्त सतह को निरीक्षण करें; क्षतिगत सतह पर बियिरिंग को फिट न करें।
- तब मात्र को ढँके या हाउसिंग को हल्के तेल से साफ करे।

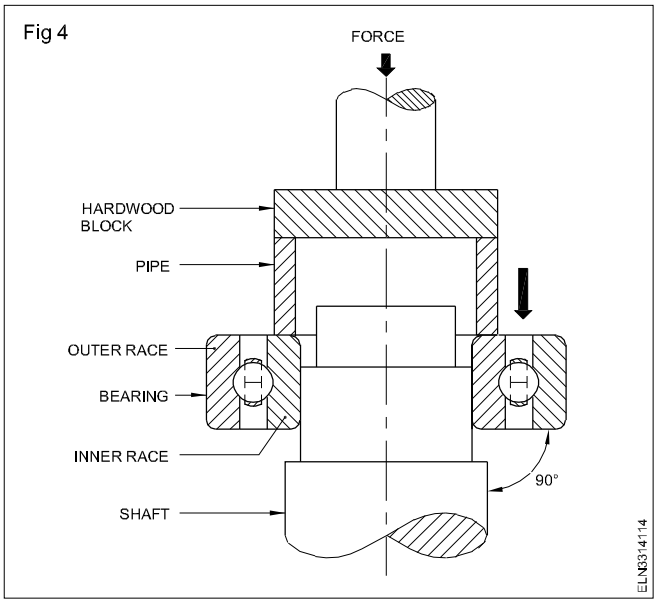
यह ध्यान रखना चाहिए कि स्लिप रिंग, ब्रुश व मोटर के कन्ट्रोल गियर कोई तेल नहीं होना चाहिए अर्थात वे तेल रहित साफ होने चाहिए।

जब शाफ्ट पर बियरिंग फिट करना होतो बियरिंग पर पर्याप्त बल लगाना चाहिए। किसी भी बियरिंग क्षति से बचने की प्रक्रिया में निम्नलिखित विधि के अनुसरण करें।

a) आरबर प्रैश द्वारा बल लगाना (Force through arbor press)

बियरिंग के आन्तरिक रेस race पर आरबर प्रैश द्वारा बल आरोपित करं जो कि Fig 4 के अनुसार हाउसिंग पर सम्पर्क कर रही है जिसमें एक ठोस लकड़ी केब्लॉक के साथ पाईप का उपयोग किया गया है।

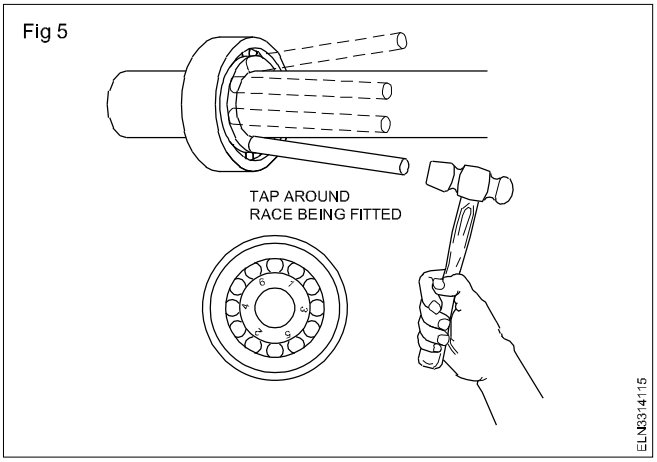
Fig 4



यह सर्वश्रेष्ठ विधि है, इस प्रकार बियरिंग इसकी सीट पर आसानी से स्थित हो जाता है।

b) ड्रिफ्ट का उपयोग करे बियरिंग को ठोकना (Fig 5)

Fig 5



जब बियरिंग को प्रैश करके अपने स्थान पर न बैठाया जा सके तब ही बियरिंग को ठोक कर अपने स्थान पर बैठाया जाता है।

रेस के चारों ओर समान रूप ठोक कर फिट करना चाहिए। ध्यान रहे कि बियरिंग अपनी जगह पर सही अवस्था मे बैठ जाये। यह विधि वहाँ उपयोग होती जहाँ पर बियरिंग शीट सीधी अवस्था में नहीं होती है। यहाँ यह भी ध्यान रखना चाहिए बियरिंग प्रवेश करते समय इसमें अन्य पदार्थ न प्रवेश करें।

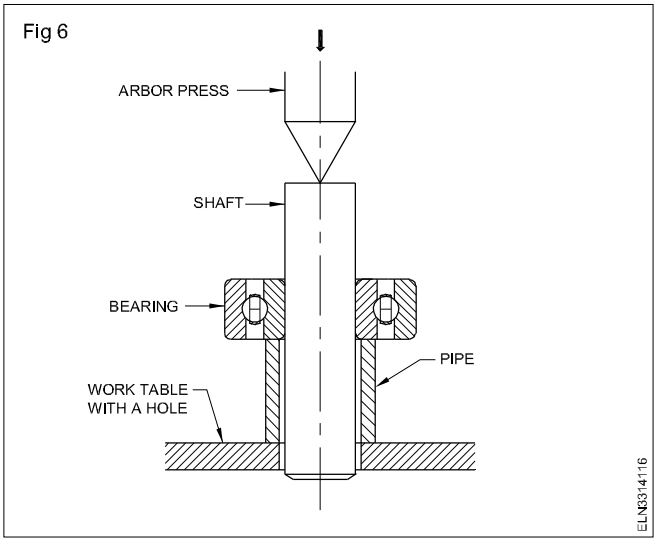
बियरिंग को धीरे धीरे ठोकते रहें, बार बार रूक कर देखें कि यह अपने स्थान पर स्थित है।

बियरिंग निकालने की विधियाँ (Bearing removal techniques)

a) आरबर प्रैस का प्रयोग करके (Using an arbor press) (Fig 6)

निश्चिय करें कि प्रेस पर जॉब को रखने का सर्वश्रेष्ठ तरीकाकौन सा है। बियरिंग निकालने के लिए समान रूप स बल आरोपित करें।

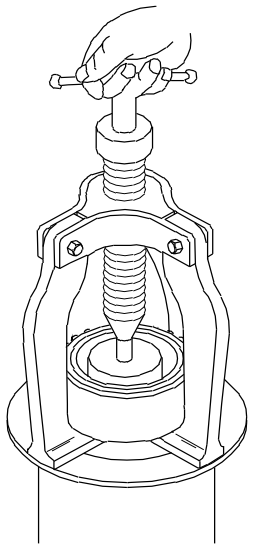
Fig 6



b) **बियरिंग पुलर का उपयोग (Using bearing puller)** (Fig 7)

जब बियरिंग पुलर का उपयोग किया जा रहा हो यह ध्यान रखें कि बियरिंग शाफ्ट पर सही अवस्था मे टिका है। अधिकतर उद्देश्यों में स्क्रू पुलर उपयुक्त होते है; यह ध्यान रखा जाये कि पेच को घुमाते समय पुलर अपनी सीधी अवस्था में लगा रहे।

Fig 7



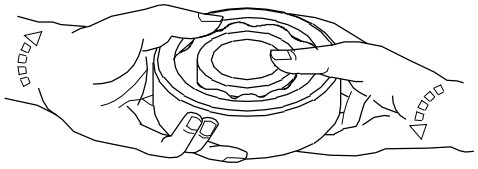
ELN3314117

बियरिंग में दोष ज्ञात करना (Locating faults in bearings) : किसी भी बियरिंग का परीक्षण करने के लिए इसे अच्छी तरह से साफ कर लेना चाहिए।

बाल बियरिंग (Ball bearings) : सामान्यतया बाल बियरिंग का सूक्षम निरीक्षण करने के लिए इसे पूरी तरह खोला नही जा सकता है।

घिसावट (Wear) : बाल बियरिंग में घिसावट के निरीक्षण के लिए, इसकी आन्तरिक रिंग को अंगूठे व प्रथम ऊंगली के बीच एक हाथ से पकडें और बाहरी रिंग को दूसरे हाथ से पकडें। बाल बियरिंग को पकडें हुए आन्तरिक रिंग को Fig 8 के अनुसार आगे पीछे सरकाने का प्रयत्न करें।

Fig 8



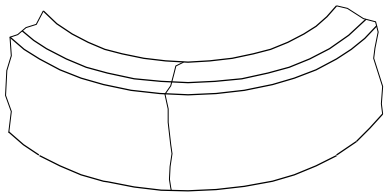
ELN3314118

यदि थोडी सी भीचाल महसूस की जाये तो इसका अर्थ है कि बियरिंग घिस गया है और समान विशिष्टताओं वाले दूसरे नये बियरिंग से बदलने की आवश्यकता है।

टूटन (Break) : बियरिंग की आन्तरिक व बाहरी रिंग में किसी भी प्रकार की दरार यदि निरीक्षण में पाई जाती है, तो यह खराब फिटिंग को प्रदर्शित करती है, अधिक लोड या गलत बियरिंग का चुनाव भी इसका कारण है। (Fig 9)

धब्बे (Stains): आन्तरिक व्यास व बाहरी सतह का निरीक्षण करने पर यदि भूरे रंग याकाले रंग के धब्बे के लक्षण दिखाई दें। (Fig 10) के अनुसार। यह चिन्ह यह संकेत देते है कि खराब फिटिंग के कारण बियरिंग, शाफ्ट या हाउसिंग में कहीं चाल है।

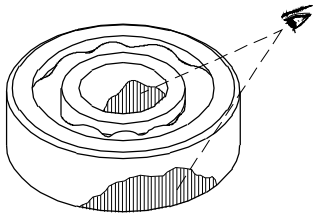
Fig 9



BROKEN RACES

ELN3314119

Fig 10



STAINS IN FITTING SURFACES

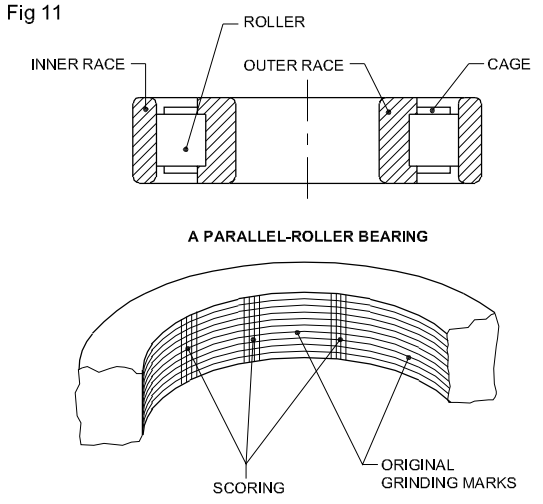
ELN3314117A

रोलर बियरिंग (Roller bearing) : बियरिंग को साफ करने के बाद बाहरी रिंग से आन्तरिक रिंग व रोलर असेम्बली को हटा दें।

बाहरी रिंग की आन्तरिक सतह को चैक करें। सतह चिकनी व पालिस की हुई होनी चाहिए। रगड़ व गड्ढों के लगातार निशान नहीं होने चाहिए।

रोलर के मार्ग में निश्चित अन्तराल में स्कोर चिह्न की उपस्थिति दर्शाती है कि प्रारम्भिक फिटिंग में दोष है Fig 11 में दर्शाया गया है।

Fig 11

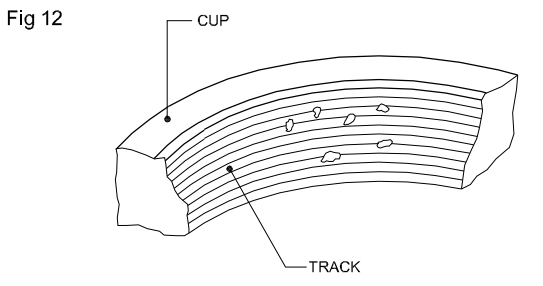


ELN3314118

जिन रोलर बियरिंग में स्कोर चिह्न होगें उनमें अत्याधिक घिसावट होगी और आवाज करेंगे।

Fig 12 में दर्शाये गये ट्रेक के बीच असामन गड्ढे असन्तुलित वाइब्रेशन व थकान के कारण घिस कर बने है। कठोर सतह नरम हो जाती है।

Fig 12



ELN3314119

बियरिंग में सामान्य घिसावट के लिए दोनों हाथों से बाल बियरिंग की तरह जाँच करें। सामान्य घिसावट के कारण कई बार ट्रेक की चमक खत्म हो जाती है, यह चमक मन्द सतह में बदल जाती है।

अधिक घिसावट ट्रेक में पूरी तरह से खांचा बना देती है।

स्थैतिक विद्युत विसर्जन सतह को काला करने, व गड्ढे बनने का कई मशीनों में कारण बनता है। जहॉ इस प्रकार की सम्भावना हो वहाँ पर रोटर अर्थिंग व्यवस्था को चैक करना चाहिए।

अपर्याप्त लुबरीकेशन या नमी युक्त परिस्थितियों में जंग लगनें के कारण भी सामान्यतया गड्ढे बनते है।

पिंजरा रिंग का परीक्षण करें कि कहीं इससे अधिक परिधि में घिसावट के निशान तो नहीं है। पीतल रिंग में घिसावट के स्थान पर चिन्हित करें जो कि पीतल का रंगट्रेक पर चढने से पहचाना जाता है क्योंकि पीतल के बारीक कण आन्तरिक सतह के साथ जम जाते है।

जला हुआ रिंग जले हुए बियरिंग का संकेत करता है, इसे बदल दें।

स्नेहन (Lubrication) : कई बार यह देखने में यह आया है कि मोटर में होने वाले यान्त्रिक दोष गलत स्नेहन के कारण होते है। एक सेवाई तकनीशियन service technician. के लिए लुबरीकेशन के बारी में सम्पूर्ण जानकारी होना आवश्यक है । मोटर के दक्ष परिचालन के लिए अधिकतर मोटर निर्माता विशेष प्रकार व ग्रेड के स्नेहक की अभिशन्सा करते है। यह सिफारिश की जाती है किमोटर से अधिकतम दक्षता प्राप्त करने के लिए समान प्रकार व ग्रेड को स्नेहक प्रयोग करना चाहिए जो दिशा निर्देश के लिए मोटर पर विशिष्ट ग्रेड के लिए पेन्ट किया जाना चाहिए।

मोटरों को स्नेहित करने के लिए कई विधियाँ अपनाई जाती है। छोटी मोटरों में स्लिब बियरिंग उपयोग किये जाते है जिनमें स्प्रिंग कवर के साथआयल होल किये जाते है । इन मोटरों में एक निश्चित समय अन्तराल में निर्माता द्वारा निर्धारित अच्छे ग्रेड वाले खनिज तेल का उपयोग किया जाना चाहिए। बडी मोटरों के बियरिंग में एक आयल रिंग का प्रावधान होता है जो बियरिंग के अन्दर खांचे में ढीला फिट होता है। रिंग के सीधे नीचे एक टैंक स्थित होता है जिसमें से यह ऑयल रिंग, ऑयल उठाता है। सामान्य परिचालन अवस्थाओं के अन्तर्गत वर्ष में एक बार मोटर में तेल को बदल देना चाहिए। जो मोटरें कठिन परिस्थितियों में परिचालित होती है उनमें जल्दी जल्दी तेल बदल देना चाहिए। सभ प्रकरणों में अधिक ऑयलिंग से बचना चाहिए; अपर्याप्त तेल बियरिंग को जाम कर सकता है परन्तु तेल की अधिकता वाइन्डिंग का इन्सुलेशन खराब कर सकती है।

बहुत सी मोटरें ग्रीस द्वारा लुब्रीकेट की जाती है। ग्रीस को निश्चित समय अन्तराल में बदलने की सिफाशि की जाती है। सामान्यतया ग्रीस तब बदला दिया जाना चाहिए तब सामान्य ओवरहाल की आवश्यकता हो और यदि मोटर कठिन परिस्थितियों में परिचालन हो रही तो जल्दी बदल देना चाहिए।

ग्रीस को हटाने के लिए हल्का खनिज तेल जो 165°F तक गर्म किया जाता है, का उपयोग किया जाता है या खाद्य तेल उपयोग किया जाता है। किसी भी प्रकार के ग्रीस हटाने वाले सोल्वेन्ट का उपयोग अच्छे हवादार कार्य क्षेत्र में करना चाहिए।

बियरिंग में होने वाली खराबियाँ और उनके यथा सम्भव होने वाले उपाय चार्ट 5 में दिये गये है। बाल बियरिंग से सम्बन्धित जो करना चाहिए और न करना चाहिए के निम्नलिखित निर्देश है । बियरिंग मे होने वाली समस्याओ से बचने के लिए इसकी पालना करें।

बाल-बियरिंग असेम्बली, अनुरक्षण, निरीक्षण व स्नेहन के लिए क्या करना और क्या न करना।

जो करना है	नही करना है
साफ औजार, स्वच्छ वातावरण व बैंच के साथ कार्य करें।	खराब औजार, रफ व गन्दे वातावरण मे कार्य न करें।
बियरिंग खोलने से पूर्व हाउसिंग से सारी गन्दगी साफ कर दें।	गन्दे, टूटे या चिप्पड औजार का उपयोग न करें।
पुराने काम मेंलिए हुए बियरिंग के लिए नये जैसा बर्ताव करना चाहिए।	बियरिंग को गन्दे व नमी युक्त हाथों से न उठायें।
स्वच्छ सोलवेन्ट और फ्लशिंग तेल का उपयोग करें।	गन्दे बियरिंग को न घूमायें।
बियरिंग को निकालकर साफ कागज पर रखें।	किसी भी बियरिंग को कम्प्रैस्ड वायु से स्पिन न करें।
खुले हुए बियरिंग को गन्दगी व नमी से सुरक्षित करें। पात्र में रखें।	साफ किये जा रहे व अन्तिम साफ किये गये बियरिंग एक ही आधार
बियरिंग को सुखाने के लिए रोये सहित कपडा का उपयोग करें।	बियरिंग सतह को न रगडें या न खुरचें।

जो करना है	नही करना है
लुबरीकेन्ट लगाते समय उसे साफ रखें और जब काम में न लें रहें हो तो कन्टेनर का ढक्कन बन्द कर दें।	नये बियरिंग से ग्रीस या तेल को न हटायें।
बियरिंग बदलते समय हाउसिंग के बाहरी भाग को साफ रखें।	गलत प्रकार और मात्रा का लुबीकेन्ट उपयोग न करें।
बियरिंग लुबरीकैन्ट साफ रखें।	हाउसिंग बोर या शाफ्ट फिट के साईज मापने के लिए बियरिंग को गेज के रूप में प्रयोग ने करें।
यह सुनिश्चित करें कि शाफ्ट का साईज किसी निर्धारित बियरिंग के विशेष टोलरेन्स में हो।	बियरिंग को ऐसी शाफ्ट पर फिट न करें जो अधिक घिस गई हो।
बियरिंग को स्थापित करने के लिए इसे मूल बिना खुले कार्टून में रखना चाहिए।	जब तक स्थान तैयार न हो तो तब तक कार्टून को खोलना नही चाहिए।
मजबूती से जुडे हुए छोटे कठोर बालों वाला साफ ब्रुश का उपयोग गन्दगी, परत व चिप्स हटाने के लिए करें।	जब तक बियरिंग को साफ नही किया जाये, तब तक बियरिंग की अवस्था का आंकलन न करें।
यह सुनिश्चित करें कि जब बियरिंग को स्थापित कियाजा रहा हो तो बियरिंग शाफ्ट सोल्जर के साथ सही टिक जाये व मजबूती से ठहर जायें।	बियरिंग या रिंग पर सीधा दबाव न डालें अन्यथा स्थापित करते समय यह शाफ्ट व बियरिंग को खराब कर सकता है।
मशीनरी के साथ प्राप्त हुए स्नेहन निर्देशों की पालना करें। जहाँ ग्रीस का वर्णन हो वहाँ पर केवल ग्रीस का उपयोग करें और जहाँ पर तेल डालने का वर्णन हो वहाँ पर केवल तेल का उपयाग करें। यह सुनिश्चित कर लें कि किस प्रकार का स्नेहक प्रयोग किया जाना है।	स्नेहन के समय अधिक स्नेहक न भरा जाये। ग्रीस व तेल की अधिकता से हाउसिंग में कीचड बन कर ओवर-फिल्ड हो जाता है, सील व हाउसिंग से निकलने लगता है और धूल इकट्ठी हो जाती है जिसके कारण समस्या उत्पन्न हो जाती है। अधिक स्नेहन के कारण अधिक ऊष्मा होती है जब विशेष कर उच्च चाल पर परिचालन होता है।
साफ पैडल या ग्रीस गन से ग्रीस करें। ग्रीस को स्वच्छ बर्तन में रखें ग्रीस बर्तन को ढक कर रखें।	किसी भी मशीन को महीनों तक बिना चलायें नही रखना चाहिए। इससे नमी प्रवेश को रोका जा सकता है क्योंकि नमी रूके हुए बियरिंग में इकट्ठी होकर जंग लगने का कारण बनती है।

बियरिंग दोषों के अतिरिक्त मोटर में कुछ और खराबियाँ उत्पन्न हो जाती है जैसे कि कम्पन्न व शोर जो कि विद्युत या यान्त्रिक दोषों के कारण उत्पन्न होती है।

यहॉ चार्ट 6 में दोष ज्ञात करने का वर्णन किया गया है जिसमें सम्भावित कारण, दोष के क्षेत्र व कम्पन औरशोर जैसे दोषों का निराकरण दिखाया गया है।

चार्ट 6

मोटरों मे कम्पन्न व शोर

क्र. सं.	कारण	परीक्षण	उपाय
1	फाउण्डेशन बोल्ट व नटों को ढीला होना	फाउण्डेशन की ढीली फिटिंग के नट व बोल्टों का निरीक्षण करें।	फाउण्डेशन नटों को कस दें।
2	कप्पलिंग की एलाइनमेंट गलत होना	स्प्रिट लेवल से एलाइनमेंट को चेक करें।	डायल टेस्ट इण्डीकेटर द्वारा कप्पलिंग प्रणाली की पुनः एलाइनमेंट करें।

क्र. सं.	कारण	परीक्षण	उपाय
3	स्टेटर व रोटर के चुम्बकीय परिपथ में दोष	प्रत्येक फेज का करंट मापें और यह बराबर होना चाहिए। प्रत्येक फेज का प्रतिरोध मापें यह बराबर होना चाहिए। वाइन्डिंग के बीच का फ्रेम के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध चैक करें। नई वाउण्ड की गई मोटर के पोल -फेज ग्रुप के संयोजन उल्टे हो सकते है जिनको कम्पास टेस्ट द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।	यदि सम्भव हो तो दोष की मरम्मत करें अन्यथा मोटर को पुनः वाउण्ड करवायें।
4	मोटर सिंगल फेजिंग पर चल रही हो।	मोटर को रोक दें, तब शुरू करने की कोशिश करें (यह एक फेज पर स्टार्ट नही होगी) लाइन या सर्किट में फेज ओपन के लिए चेक करें।	सप्लाई को ठीक करें।
5	बाल बियरिंग मेंआवाज	देख कर भागों की जाँच करें।	सभी धारक बोल्टों को कस दें।
6	पंचिंग ढीला होना या शाफ्ट पर स्टेटर ढीला होना	देख कर भागों की जांच करें।	सभी धारक बोल्टों को कस दें।
7	रोटर स्टेटर के साथ रगड़ खा रहा है।	स्टेटर व रोटर पर रगड़ के निशान चैक करें।	यदि निशान पायें जाए तो शाफ्ट को सेन्टर से एलाइनमेन्ट करें या बियरिंग को बदल दें।
8	एण्ड कवर की फिटिंग गलत होना	रोटर के ऊपर विभिन्न चार विपम अवस्थाओं में वायु अन्तरालों (air gape) को मापें।	साइड कवर के पेंच खोलें और उन्हें एक के बाद एक करके कसें। यदि अब भी खराबी मौजूद है, एण्ड कवर को हटायें, अगली पॉजिशन को बदल दें और पुनः पेंचों को कसे।
9	वायु अन्तराल (air gape) में बाहरी पदार्थ का होना	वायु अन्तराल में बाहरी का परीक्षण करें।	वायु अन्तराल को साफ करें या रेती से घिसें।
10	बियरिंग या पंखे का ढीला होना	पंखें के पेंच व बियरिंगो में ढीलापन को चैक करें।	पंखे के पेंचों को कस दें, यदि आवश्यक हो तो नया बियरिंग बदल दें।
11	शाफ्ट का बियरिंग या बियरिंग हाऊस में ढीलापन	बियरिंग को निकाल कर, इसकी रेस का निरीक्षण करें, इसमे देखें कि अन्दरूनी रेस ढीली तो नही हैं, इसके बाद बियरिंग की बाहरी रेस को बियरिंग हाऊस में ढीलापन की जाँच करें।	शाफ्ट या बियरिंग हाऊस मे ढीलेपन की मरम्मत हेतू मोटर को खराद मशीन (Lathe machine) की मरम्मत कार्यशाला में भेज दें।
12	बियरिंग की गलत फिटिंग	एण्ड कवर को खोल कर बियरिंग असेम्बली की शाफ्ट व हाउसिंग की जांच करें।	शाफ्ट या हाउसिंग में बियरिंग को पुनः फिट करें।
13	शाफ्ट में थोडा मोड़ आ जाना	खराद मशीन (Lathe machine) पर एलाइनमेन्ट को चैक करें।	मोड को दूर करें यदि आवश्यक हो तो शाफ्ट को बदल दें।

मोटर स्टार्टर के दोष निवारण (Troubleshooting of motor starters)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **D.O.L. स्टार्टर में खराबियाँ, उनके कारण व उपचार का वर्णन करना**
- **मिनी मैनुअल स्टार्टर में होने वाले खराबी का पता लगाना, उनका कारण ज्ञात करना व निवारण करना।**

परिचय (Introduction) : D.O.L. स्टार्टर में स्थिर सम्पर्क, चल सम्पर्क, नो वोल्ट क्वाइल, ओवरलोड रिले और हरे रंग का स्टार्ट बटन व लाल रंग का स्टॉप बटन लॉकिंग प्रबन्ध के साथ होते है। कार्यशाला मे उपलब्ध D.O.L. स्टार्टर का विश्लेषण करें। कॉन्टैक्टर का मुख्य कार्य मोटर सर्किट को मेक व ब्रेक करना है। कॉन्टैक्टर में ये सम्पर्क बार-बार उपयोग होने के कारण सबसे अधिक घिसते है, इसलिए इन सम्पर्कों को चांदी की मिश्र धातु के पदार्थ से बनाया जाता है।

एक नो-वोल्ट क्वाइल एक अण्डर वोल्टेज रिलिज मैकेनिज्म का कार्य करती है, जब सप्लाई वोल्टेज फेल हो जाये या निश्चित मान से कम हो जाये तो यह मोटर को सप्लाई से अलग कर देती है। इस प्रकार इन परिस्थितियों मे मोटर सप्लाई से अलग हो जाती है। नो वोल्ट क्वाइल की चुम्बकीय प्रणाली में एकपट्टलित लोह क्रोड होती है जिसके कारण हिस्टोरिसिस व भंवर धारा हानियाँ कमहो जाती है ।चुम्बकीय क्रोड के ध्रुव पटल पर एक शेडिंग रिंग चढा देता है जो हेमिंग की आवाज व चट्टरिंग को कम करता है जो कि A.C. सप्लाई के कारण होती है।

मोटर की सुरक्षा के लिए एक थर्मल ओवर लोड रिले इकाई का प्रावधान रखा गया है । इस इकाई में तीन पोल द्विधातु पत्तियाँ एक आवरण में सील हो गई होती है। इस इकाई में एक करंट सैटिंग प्रबन्ध भी रखा गया है। ओवरलोड होने पर, ट्रिप करने के बाद, स्टाप बटन को दबाने से रिले को पुनः सेट किया जाता है। रिले को तभी रिसैट किया जा सकता है जब द्विधातु पत्तियाँ पर्याप्त रूप ठण्डी हो जाती है।

यदि स्टार्ट बटन को दबाने के बाद भी मोटर स्टार्ट नहीं होती है, यह ध्यान से देखें कि स्टॉप बटन लॉक्ड तो नही है, जो कि स्टाप बटन के पास एक धातु के टूकडे को रख कर बनायाहुआ होता है। इसे हटा दें और स्टार्ट बटन को दबायें, तब मोटर की कार्यप्रणाली का अवलोकन करें। यदि अब भी मोटर स्टार्ट नही होती है तो तीन फेज सप्लाई उपलब्ध है, तब सप्लाई को स्विच ऑफ कर दें ओर स्टार्टर दोप को ठीक करें।

मान ले कि फेज सप्लाई उपलब्ध है और स्टार्टर की NVC ऊर्जित है परन्तु मोटर स्टार्ट नहीं होती, तब सम्पर्क बिन्दुओं के बीच किसी पदार्थ की जाँच करें, इसे हटाये व स्टार्टर की पुनः जाँच करें । देखकर अवलोकन करें कि क्या सम्पर्क उचित प्रकार से क्लोज्ड हो रहे है या नही।

यदि कोई सम्पर्क उचित प्रकार क्लोज्ड नहीं हो रहा है या कोई जलने का या सम्पर्क सतह पर गड्ढा बनने का चिन्ह दिखाई देता है, तब सम्पर्क पत्तियों को हटा दें। इन्हें जीरों नम्बर के रेगमाल द्वारा घिस या आवश्यक हो तो बदल दें । कुछ निर्माता यह सुझाव देते है कि चांदी की मिश्र धातु से बने सम्पर्कों को केवल कपडे से साफ करना चाहिए। इन्हें फाइल करने या रेगमाल से घिसने की आवश्यकता नही है। फिर भी यदि सम्पर्कों पर अधिक गड्ढे पायें जाये तो भी फाइलिंग और रेगमाल से घिसने के लिए संस्तुती नही है। इससे भी आगे यदि बहुत खराब आकार व सम्पर्क बिगड जाये तो इन्हें अच्छे सम्पर्कों से बदल देना चाहिए। यह देखें कि सम्पर्कों पर स्प्रिंग तनाव पर्याप्त नही है। इसी प्रकार कॉन्टैक्टर को सभी सम्पर्क पत्तियों को चेक करें और इन्हें अनुमोदित सम्पर्क क्लीनर से साफ करें।

जब स्टार्ट बटन से नो-वोल्ट कॉइल को सक्रिय किया जाता है तो स्टार्टर का एग्लीलरी सम्पर्क से नो वोल्ट कॉइल सर्किट पूर्ण रूप से बंद होना चाहिए और यह स्टार्ट बटन छोडने के बाद भी बन्द अवस्था में रहना चाहिए।

यदि ओवर लोड रिले उचित प्रकार से कार्य नही कर रही है , या करंट रेटिंग के अनुसार सैट की गई करंट मान पर भी मोटर को ट्रिप नही हो रही है तब इसे बदल दें जो कि निर्माता के विशिष्ट विविरण अनुसार मूल रूप में होनी चाहिए।

यदि स्टार्टर में हमिंग व चैटरिंग का शोर होता हे तब वोलटेज के उचित मान को चैक करें। यदि वोल्टेज सही है तब यह चेक करें कि कही पोल फेसों के बीच चिपकने वाला पदार्थ तो प्रवेश नही कर गयाहै। यदि यह पाया जाता है तो इसे उचित प्रकार से साफ करें। यह देखें कि NVC पोल फेसों पर शेडिंग रिंग ढीला तो नही हो गया है, इसे उचित प्रकार से कस दें और नो वोल्ट क्वाइल हाउसिंग में स्प्रिंग तनाव को भी चेक करें।

माना कि स्टार्टर बार बार ट्रिप कर रहा है तो मोटर पर लोड को चेक करें। (यह ओवरलोड भी हो सकती है या बेल्ट अधिक कसी हुई हो सकती है) लोड कम करें या बेल्ट का तनाव कम करें। आगे मोटर के प्रत्येक फेज मे करंट कोचेक करें। यदि लोड सामान्य होने पर भी मोटर अधिक करंट ले रही हो, तब मोटर में दोप हो सकता है, स्टार्टर में नहीं। दोप को देखने के बाद और उसे ठीक करने के बादद्व स्टार्टर को पुनः असेम्बल करे दें, इसे मोटर के साथ उचित कार्य के लिए कनैक्ट कर दें।

D.O.L. स्टार्टर में दोप ज्ञात करने को स्टार्टर चेक-चार्ट निम्न रूप से दिया गया है।

DOL स्टार्टरों का अनुरक्षण

परेशानी	कारण	निवारण
I स्टार्टर चेक चार्ट		
1 सम्पर्कों से चैटरिंग करना	निम्न वोल्टेज, क्वाइल सही तरीके से पकड़ नही कर रही है। पोल शेडिंग रिंग टूटा है। चुम्बक के पोल फेस के बीच कमजोर सम्पर्क है। स्थिर व चल सम्पर्कों के बीच कमजोर सम्पर्क है।	वोल्टेज स्तर को ठीक करें। यदि वोल्टेज निश्चित मान से कम हो। ट्रासंफार्मर टेपिंग की सप्लाई चेक करें। बदल दें। पोल फेस को साफ करें और यदि आवश्यक हो तो एडजस्ट करें।
2 वेल्डिंग या ओवर हीटिंग	कम वोल्टेज के कारण चुम्बक की पकड़ को रोकना। असाधारण उच्च करंट। मोटर में लघुपथ होना। सम्पर्कों के बीच बाहरी पदार्थ से सम्पर्क क्लोज्ड होने में बाधा बार बार शीघ्रता से इचिंग परिचालन	वोल्टेज के स्तर को ठीक करें। वोल्टेज बहुत कम होने पर NVC की निम्न वोल्टेज क्वाइल के अनुसार वोल्टेज का चयन करें। अधिक लोड धारा के लिए चैक करें या बढा कॉन्टैक्टर का उपयोग करें। दोप को दूर करें और फ्यूज क्षमता को ठीक करें। उपयुक्त सोलवेन्ट से सफाई करें। बडी डिवाईस का उपयोग करें और ऑपरेटर को सावधान करें कि शीघ्रता से इंच बटन को न दबायें।
3 सम्पर्क बिन्दुओं का लघु जीवन काल	सम्पर्क प्रैशर कमजोर	सम्पर्क स्प्रिंग को एडजस्ट करें या बदल दें।
4 चुम्बकों मे शोर	शेडिंग क्वाइल का टूटना। चुम्बक के फेस मैच न करना चुम्बक फेसों के बीच गन्दगी व जंग	चुम्बक को बदल दें। चुम्बक असेम्बली को एलाइन करें एलाइन करें या बदल दें। उपयुक्त सोलवेन्ट से साफ करें।
5 सम्पर्कों को पकडने व सील करने में असफल होना।	निम्न वोल्टेज क्वाइल में खुला पथ या लघु पथ होना/शार्ट सर्किट होना । चल भागों में यान्त्रिक रूकावट	प्रदाय प्रणाली की वोल्टेज चेक करें। यदिवोल्टेज रेटेड निम्न वोल्टेज से कम हो तो कम वोल्टेज वाली क्वाईल से बदल दें। कॉन्टैक्ट असेम्बली के स्वतंत्र चालन को चैक करें व साफ करें।
6 चल मेकैनिज्म को छोडने में असफल होना	वोल्टेज का न छुटना जले या जंग लगे पुर्जे जिनके कारण बन्धन हो जाता है। चुम्बकीय मार्ग में कम वायु अंतराल के कारण अवशिष्ट चुम्बकत्व। पोल फेसों के बीच चिपकने वाला पदार्थ के कारण बन्धन होना।	NVC सर्किट की वायरिंग चेक करें। पुर्जे बदल दें। जले हुए चुम्बकीय पुर्जे बदल दें या पुर्जों को अचुम्बकीय करें। उपयुक्त सोलवेन्ट से साफ करें।
7 क्वाइल में अधिक	अधिक वोल्टेज क्वाइल की टर्नों में शार्ट सर्किट जो कि जंग या यान्त्रिक चोट के कारण होता है। उच्च वातावरण तापमान धूल या जंग के कारण पोल फेसों के बीच वायु अन्तराल में वृद्धि	टर्मिनल वोल्टेज को चेक करें व ठीक करें। क्वायल बदल दें। अधिक उपयुक्त स्थान पर स्टार्टर को लगायें या पंखे का उपयोग करें। पोल फेसों को साफ करें।

परेशानी	कारण	निवारण
II ओवरलोड रिले/ रिलीज		
1 स्टार्टर बार बार ट्रिप कर रहा है।	ओवरलोड रिले की गलत सैटिंग/ओवर लोड का बने रहना।	उचित तरीके से रिसैट दोष के लिए चेक करें या अधिक मोटर करंट के लिए चेक करें।
2 ट्रिप करने में फेल (मोटर के जले होने के कारण)	O.L रिले की गलत सैटिंग गन्दगी, जंग इत्यादि के कारण यान्त्रिक जकड़न	O.L रिले की क्षमता को चेक करें व उपयुक्त रिले को सैट करें। साफ करें या बदल दें। कन्ट्रोल वायरिंग में गलती होना,
III फ्यूज		
1 निरंतर फ्यूज का पिघलना	शार्ट सर्किट या वाइन्डिंग और वायरिंग के बीच कमजोर इन्सुलेशन	इन्सुलेशन रैजिस्टैंस के लिए मोटर व सर्किट सर्किट की जांच करें।
2 शार्ट सर्किट अवस्था मे भी फ्यूज का न पिघलना	उच्च क्षमता का फ्यूज होना	उपयुक्त फ्यूज से बदल दें।
3 बार बार फ्यूज का पिघल जाना।	फ्यूज कम क्षमता का होना। फीडर में ओवरलोड होना।	उपयुक्त फ्यूज से बदल दें। ओवर करंट, लिकेज व शार्ट सर्किट के लिए चैक करें।

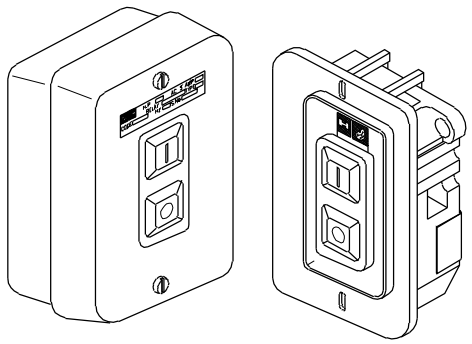
लघु हस्त स्टार्टर (Mini Manual Starter) (Refer Fig 1)**:** इस स्टार्टर इकाई में एक डबल ब्रेक 3-पोल ऑन लोड स्विच होता है जो कि टोगल मैकेनिज्म द्वारा ऑपरेट होता है। इसमें एडजस्टेबल द्विधातु थर्मल ओवरलोड पत्ती होती है। जिसे मोटर के लोड करंट के अनुरूप सेट किया जा सकता है।

स्टॉप पुश बटन व ओवर लोड ट्रिप टोगल स्विच मैकेनिज्म के साथ कार्य करके स्टार्टर को ट्रिप करते है।

स्थिर सम्पर्क (contact) चांदी के बिन्दुओं से बने होते है। जो कि क्लैम्प प्रकार के टर्मिनलों के साथ मजबूत टर्मिनल ब्लॉक होते है। चल सम्पर्क ताँबेसे बने होते है जिन पर चाँदी की परत चढी होती है।

सामान्यतया मैनुअल स्टार्टरों में एंकर मैकेनिज्म के टोगल स्विच होते है। बार बार उपयोग होने पर स्प्रिंग तनाव कमजोर हो जाता है और कम (loose contact) सम्पर्कों को क्लोज्ड पॉजिशन में धारण करके नही रख पाता है। इस प्रकार की परिस्थिति में लीवर मैकेनिज्म को बदल देना चाहिए। यदि स्टार्टर बारबार ट्रिप होता है तो थर्मल ओवर लोड पत्ती को चैक करें यदि इसमें खराबी हो तो इसे बदल दें।

Fig 1



MINI MANUAL STARTER

ELN3314121

एकल फेज मोटरें प्रकार- कला विघटित प्रेरण मोटर - प्रेरण प्रारम्भ, प्ररेण- चल मोटर (Single phase motors - Types - Split phase induction motor - Induction-start, induction-run motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **AC एकल फेज मोटरों के प्रकारों का संक्षेप वर्णन करना**
- **एकल फेज को विघटित करने से रोटेटिंग मग्नेटिक फील्ड प्राप्तकरने की विधियाँ और आवश्यकता का वर्णन करना**
- **एकल फेज रेजिस्टेंस/प्रेरण स्टार्ट/प्रेरण-चल मोटरों के सिद्धांत, संरचना, प्रकार्यत्मक विशेषताएँ और अनुप्रयोग स्पष्ट करना।**

एक फेज मोटरों बहुत भिन्नता के साथ घरों में, कार्यालयों, कृषि, उद्योग और व्यापारिक प्रतिष्ठानों में उपयोग होती है। ये मोटरें सामान्यतया आंशिक अश्व शक्ति (fractional horsepower) मोटरों के रूप में जानी जाती है जो कि 1 H.P. से कम क्षमता की होती है। अधिकतर एक फेज मोटरें इस श्रेणी मेंआती है। एक फेज मोटरें 1.5,2,3 और 10 H.P. तक के लिए भी बनाई जाती है जो कि विशेष आवश्यकता के लिए होती है।

एक फेज मोटरें उनकी संरचना व प्रारम्भ करने की विधि के अनुसार विस्तृत रूप में कला विघटित (split-phase) प्रेरण मोटरें व कम्यूटेटर मोटरों के रूप में वर्गीकृत की गई है।

कला-विघटित प्रेरण मोटरें आगे निम्न प्रकार वर्गीकृत की गई है:

- प्रतिरोध-प्रारम्भ, प्रेरण-चल मोटरें (resistance-start, induction-run motors)
- प्रेरण-प्रारम्भ, प्रेरण-चल मोटरें (induction-start, induction-run motors)
- स्थायी संधारित्र मोटरें (permanent capacitor motors)
- संधारित्र-प्रारम्भ, प्रेरण-चल मोटरें (capacitor-start, induction-run motors)
- संधारित्र-प्रारम्भ, संधारित्र-चल मोटरें (capacitor-start, capacitor-run motors)
- शेडेड पोल मोटरें (shaded pole motors)
- स्टैप्पर मोटर (stepper motor)

कम्यूटेटर मोटरें निम्न प्रकार से वर्गीकृत की गई है:

- विकर्षण मोटरें (repulsion motors)
- श्रेणी मोटरें (series motors)

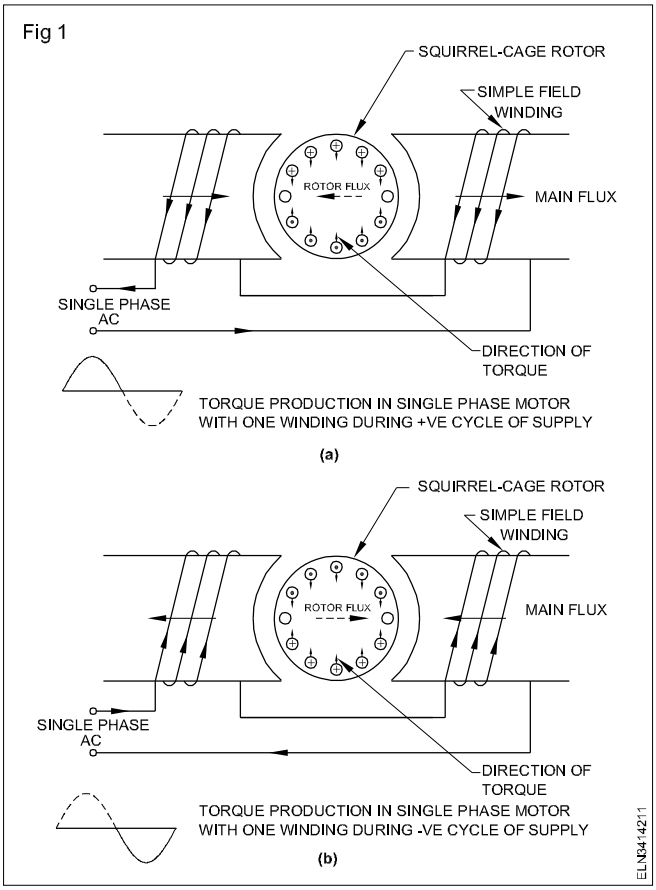
कला विघटित प्रेरण मोटर और बहु फेज प्रेरण मोटर के परिचालन को मौलिक सिद्धांत समान है। मुख्य अन्तर यह है कि एक फेज मोटर रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड उत्पन्न नहीं करती है परन्तु यह केवल पलसेटिंग (pulsating) चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है। अतः रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड उत्पन्न करने के लिए एक फेज को विघटित किया जाता है ताकि प्रारम्भ में मोटर दो फेज मोटर की तरह कार्य कर सके।

प्रथम हम एक फेज के क्षेत्र वाली वाइन्डिंग में AC धारा द्वारा स्थापित चुम्बकीय क्षेत्र के व्यवहार का परीक्षण करते है। Fig 1 के सन्दर्भ में, एक विशेष क्षण में, फिल्ड वाइन्डिंग मे प्रवाहित धारा Fig 1a की तरह का चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है। चूंकि उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र परिवर्तित प्रकार का है, यह रोटर छडों में धारा उत्पन्न करेगा जो कि रोटर फ्लक्स पैदा करेंगा। यह रोटर में उत्पन्न फ्लक्स लेन्ज के नियमानुसार उस मुख्य क्षेत्र का विरोध करता है जो इसे उत्पन्न करता है। इस सिद्धांत को उपयोग करते हुए रोटर छडों में धारा की दिशा Fig 1a में दर्शाये अनुसार ज्ञात की जा सकती है, इस प्रकार यह क्षेत्र व रोटर धारा के बीच टार्क उत्पन्न कर देती है। यह अनुमान लगाया जाता है कि रोटर के ऊपरी चालकों द्वारा नीचे की ओर टार्क उत्पन्न होता है और नीचे वाले रोटर चालक ऊपर की ओर टार्क उत्पन्नकरते है जिससे टार्क एक दूसरे को निरस्त करते है और परिणामस्वरूप कोई घुमाव उत्पन्न नहीं होता है। Fig 1b के अनुसार दूसरे क्षण मे इनपुट सप्लाई में वोल्टेज अपनी ध्रुवता बदलती है, जो कि दिशा बदलकर मुख्य क्षेत्र उत्पन करती है। इस मुख्य क्षेत्र के ऊपर वाले चालक नीचेकी ओर टार्क उत्पन्नकरती है और नीचे वाले चालक ऊपर की ओर टार्क उत्पन्न करती है, परिणामस्वरूप दोनों टार्क (torque) एक दूसरे को निरस्त कर देते है और इस स्थिति मेंभी रोटर में कोई गति उत्पन्न नहीं होती है। चूंकि क्षेत्र कम अधिक होने वाला पलसेटिंग (pulsating) प्रकार का है, इसलिए टार्क भी पलसेटिंग प्रकार का उत्पन्न कतरा है जिसके कारण सप्लाई के एक पूर्ण चक्र (full cycle) के दौरान भी टार्क उत्पन्न नहीं होता है।

यदि उपरोक्त परिस्थिति में रोटर को एक ओर धक्का दे दिया जाये तो यह उसी दिशा मे घूमना प्रारम्भ कर देगा और रोटर व स्टेटर फ्लक्स की प्रतिक्रिया स्वरूप यह उसी दिशा में टार्क उत्पन्न करने लगेगा। क्योंकि इस प्रभाव द्वारा एक कला विघटित मोटर को एक बार स्टार्ट के बाद केवल एक वाइन्डिंग की आवश्यकता पडती है जो रनिंग के दौरान सप्लाई से जुडी रहती है। यह स्पष्ट हो जाता है कि जब एक फेज वाली मोटर मे केवल एक वाइन्डिंग होती है तो मोटर स्वचालित self-starting नहीं होती। यदि मुख्य क्षेत्र को पलसेटिंग की अपेक्षा घूर्णमान बना दिया जाये तो रोटर में घूर्णमान टार्क उत्पन्न किया जा सकता है।

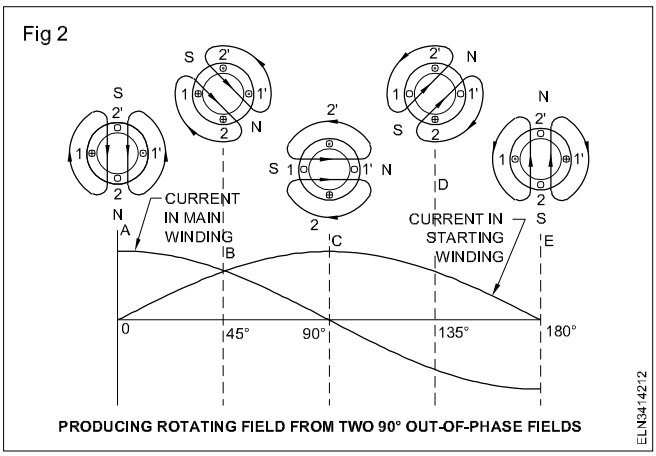
दो 90° दूर फेज क्षेत्र द्वारा रोटेटिंग फील्ड उत्पन्न करता है (Producing a rotating field from two 90° out-of-phase fields): रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड उत्पन्न करने की एक विधि फेज स्पिलिट करना है। यह स्टेटर वाइन्डिंग में एक अन्य वाइन्डिंग सैट डाल कर किया जा सकता है जिससे स्टार्टिंग वाइन्डिंग कहते है। इस वाइन्डिंग को मुख्य वाइन्डिंग से भौतिक रूप में 90° विद्युत डिग्री दूर रखा जाता है, और इसमें धारा को मुख्य वाइन्डिंग से 90 दूर रखा जाता है। इस वाइन्डिंग में धारा को मुख्य वाइन्डिंग की धारा की कला से दूर रखने के लिए स्टार्टिंग वाइन्डिंग का प्रतिघात reactance मुख्य वाइन्डिंग के प्रतिघात से भिन्न रखा जाता है। यदि दोनों

वाइन्डिंग व स्टार्टिंग वाइन्डिंग द्वारा उत्पन्न परिणामी क्षेत्र प्रत्यावर्ती तो होगा परन्तु घूमने वाला नहीं होगा और मोटर प्रारम्भ नहीं होगा।



कला विघटन split-phasing, द्वारा दों क्षेत्र (मुख्य व एग्लीलरी) क्षेत्र मिलकर एक रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड उत्पन्न करते है जैसा कि निम्न प्रकार वर्णित है।

Fig 2 में दर्शाया गया है कि मुख्य वाइंडिंग (1,1') और स्टार्टिंग वाइंडिंग (2,2') स्टेटर मे परस्पर 90° कोण पर रखी गई है। इसे समझने के लिए इसे केवल साईकल के आधे भाग में 45^0 की वृद्धि के साथ दर्शाया गया है।



अवस्था `A', पर केवल मुख्य वाइंडिंग फ्लक्स पैदा कर रही है, और कुल फ्लक्स उर्ध्वाधर दिशा में स्थित है जैसा कि स्टेटर आरेख में दिखाया गया है। 45° बाद `B' स्थिति पर दोनों वाइंडिंग फ्लक्स उत्पन्न कर रही है और कुल फ्लक्स की दिशा 45° घूम गई है। स्थिति`C' पर अधिकतम फ्लक्स अब क्षेतिज दिशा में है क्योंकि अब केवल स्टार्टिंग वाइंडिंग दी फ्लक्स उत्पन्न कर रही है, परन्तु अब इसकी दिशा भिन्न है, जबकि स्टार्टिंग वाइंडिंग में अब फ्लक्स कम हो रहा है। इसलिए इस क्षण पर कुल फ्लक्स स्थिति `D', पर दिखाया गया है। स्थिति `E' पर उच्चतम फ्लक्स है परन्तु अब इसकी दिशा स्थिति `A' की अपेक्षा कला के out-of-phase के चुम्बकीय क्षेत्र मिलकर एक कुल रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड का प्रभाव उत्पन्न करता है।

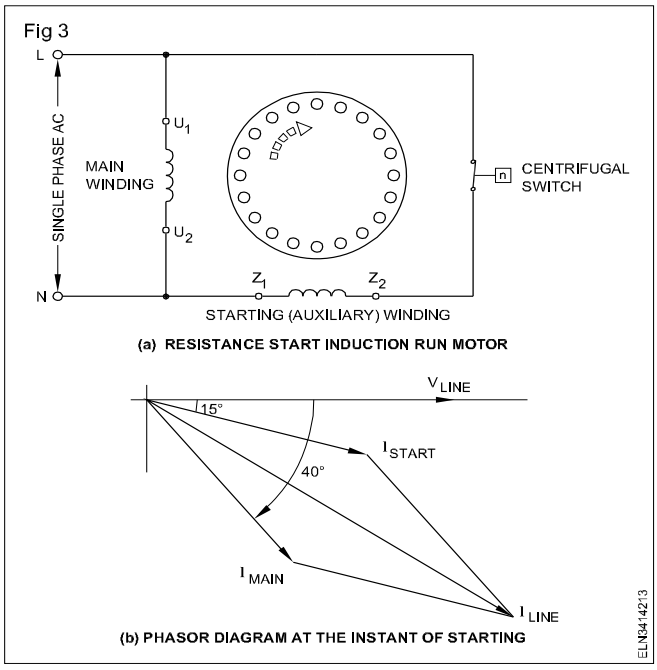
एकल विघटित मोटर की कार्य प्रणाली (Working of split-phase motor): प्रारम्भ के समय दोनों मुख्य वाइंडिंग व एग्लीलरी वाइंडिंग रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड उत्पन्न करने के लिए आपूर्ति के साथ समानान्तर में जुड़ी होनी चाहिए। रोटर गिलहरी पिंजरा प्रकार का होता है और स्टेटर का रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड स्थिर रोटर को चारों ओर से झाडता है और रोटर में वि० वा० बल पैदा कर देता है। चूंकि रोटर की छडें लघुपथित होती है, इसलिए इनमें धारा प्रवाह होने लगता है जो उनमें चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है। रोटर चालकों का यह चुम्बकीय क्षेत्र रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड का विरोध करता है जिनकी सामुहिक क्रिया से रोटर पर एक दिशा में बल लगता है। इस क्रिया के कारण गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटरकी तरह रोटर रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड की दिशा मे घूमना प्रारम्भ कर देता है, जिसका पूर्व में वर्णन किया जा चुका है।

इस प्रकार रोटर घूमना शुरू कर देता है, अब जबकि रोटर व स्टेटर क्षेत्र रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड उत्पन्न करने लगे तो एग्लीलरी वाइंडिंग (auxiliary winding) किसी यान्त्रिक साधन से सप्लाई से अलग हो जानी चाहिए।

प्रतिरोध स्टार्ट, प्रेरण-चल मोटर (Resistance-start, induction -run motor): चूंकि इस प्रकार की मोटर का स्टार्टिंग टार्क अपेक्षाकृत कम होता है। और इसकी स्टार्टिंग धारा उच्च होती है, इसलिए ये मोटरें अधिकतर 0.5 HP तक की क्षमता के लिए उपयोग की जाती है जहाँ पर लोड को आसानी से स्टार्ट किया जा सके।

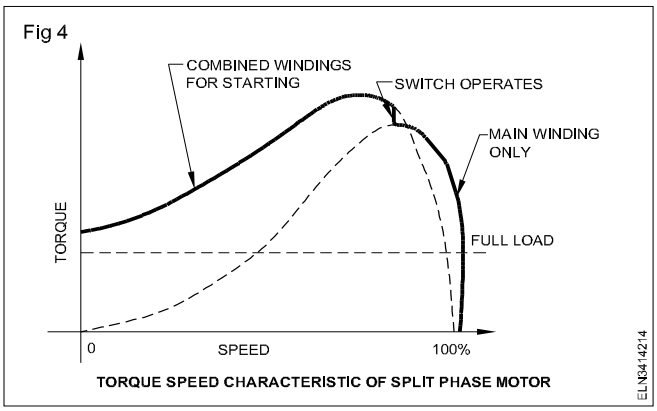
Fig 3a इस मोटर के आवश्यक भाग दिखाये गये है।

- मुख्य वाइंडिंग या रनिंग वाइंडिंग (Main winding running winding)
- सहायक या स्टार्टिंग वाइंडिंग (auxiliary or starting winding)
- गिलहरी पिंजरा प्रकार रोटर (squirrel cage type rotor)
- अकेन्द्रीय स्विच (Centrifugal switch)



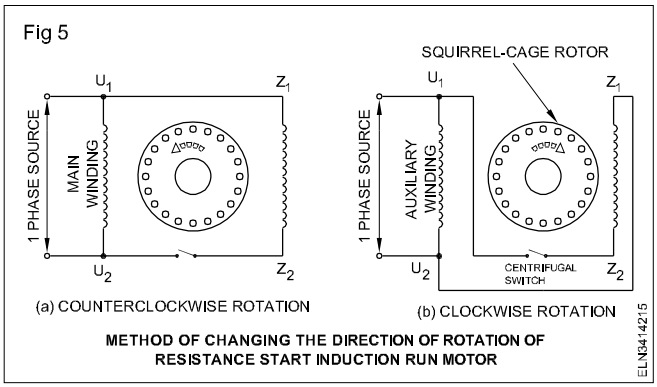
स्टार्टिंग वाइन्डिंग को इस प्रकार डिजाईन किया जाता है कि इसका प्रतिरोध उच्च और मुख्य वाइन्डिंग की अपेक्षा प्रतिघात निम्न हो। यह सहायक वाइंडिंग में पतले चालक को अपना कर किया जाता है जबकि मुख्य वाइंडिंग के चालक मोटे होते है। मुख्य कुण्डलन के चारों ओर लोहा अधिक होता है जिसके कारण इसका प्रेरकत्व अधिक होता है और यह वाइंडिंग को स्टेटर/खाँचों में गहराई में रख कर किया जाता है। इससे यह स्पष्ट हो जाता है कि धारा Fig 3b में दर्शाये अनुसार विघटित हो जाती है। प्रारम्भिक धारा `I start' सप्लाई वोल्टता `V' line' से 15° से पश्चगामी होती है और मुख्य वाइन्डिंग धारा `I main' मुख्य वोल्टेज लगभग 40° से पश्चगामी होती है। इस प्रकार ये धाराएँ समय अन्तराल में अलग अलग होती है और इनके चुम्बकीय क्षेत्र मिल कर रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड उत्पन्न करता है।

जब मोटर अपनी तुल्यकाली चाल की लगभग 75 से 80% चाल प्राप्त कर लेती है, प्रारम्भन वाइंडिंग को एक अपकेन्द्रिय स्विच से खुल जाती है और मोटर लगातार एक फेज मोटर के रूप मे चलती रहती है। जिस बिन्दु पर जहाँ सहायक वाइंडिंग विच्छेदित होती है, मोटर अपना उच्चतम बलाघूर्ण मुख्य वाइंडिंग में दोनों वाइंडिंग की अपेक्षा अधिक विकसित करती है। यह विशेष रूप से Fig 4 में बलाघूर्ण चाल अभिलक्षणों से देखा जा सकता है।



मुख्य वाइंडिंग व सहायक वाइंडिंग के संयोजन द्वारा कला विघटित मोटर की घूमने की दिशा निर्धारित की जा सकती है। अतः या तो मुख्य वाइंडिंग या एग्लीलरी वाइंडिंग के टर्मिनलो को बदल घूमने की बदली जा सकती है।

यदि Fig 5a के अनुसार Z_1 को U_1 के साथ जोड कर व Z_2 को U_2 के साथ जोड कर माना घूमने की दिशा वामावर्त है तो दक्षिणावर्त दिशा करने के लिए Fig 5b के अनुसार Z_1 को U_2 से व Z_2 को U_1 से जोड़ना होगा।



प्रतिरोध-स्टार्ट-प्रेरकत्व चल मोटर का उपयोग (Application of resistance-start, induction-run motor): चूंकि इस प्रकार की मोटरों का स्टार्टिंग टॉर्क अपेक्षाकृत कम और स्टार्टिंग करंट अधिक होता है, ये मोटरें 0.5 HP तक की क्षमता के लिए बनाई जाती है, जहाँ पर स्टार्टिंग लोड हल्का होता है। ये मोटर पंखें चलाने के लिए, ग्राईंडर, वाशिंग मशीन व लकडी के वर्किंग औजारों को चलाने के लिए प्रयोग की जाती है।

प्रेरण-स्टार्ट, प्रेरण चल मोटर (Induction-start, induction-run motor): प्रतिरोध प्रारम्भ की अपेक्षा, उच्च प्रेरकत्व स्टार्टिंग वाइन्डिंग द्वारा मोटर को स्टार्ट किया जा सकता है। ऐसे मामले में स्टार्टिंग वाइन्डिंग अधिक टर्नों वाली बनाई जाती है और स्टेटर स्लॉटों में गहराई में रखी जाती है ताकि अधिक टर्नों के कारण प्रेरकत्व उच्च है और इसके चारों और लोह क्रोउ का क्षेत्रफल अधिक हो। अधिकतर इस प्रकार की मोटरों में स्टार्टिंग व रनिंग वाइन्डिग के तार का गेज समान रखा जाता है, वाइन्डिंग की पहचान करने के लिए प्रतिरोध को मापना पड़ता है। इन मोटरों का स्टार्टिंग टॉर्क कम व स्टार्टिंग करंट अधिक होता है और शक्ति गुणक भी कम करता है।

अपकेन्द्रिय स्विच (Centrifugal switch)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **अपकेन्द्रिय स्विच की कार्य प्रणाली, अनुरक्षण विधि व टेस्ट को स्पष्ट करना**
- **हस्त चालित D.O.L. स्टार्टर की आवश्यकता और इसकी कार्य प्रणाली को स्पष्ट करना**
- **ओवरलोड रिले के परिचालन को स्पष्ट करना।**

अपकेन्द्रीय स्विच (The centrifugal switch): अपकेन्द्रीय स्विच मोटर के अन्दर स्थापित होता है और कैपेसिटर-स्टार्ट, इंडक्शन-रन मोटर के मामले में यह स्टार्टिंग वाइन्डिंग के श्रेणी में जुड़ा होता है। कैपेसिटर स्टार्ट, कैपेसिटर रन मोटर में दो कैपेसिटरों में से स्टार्टिंग कैपेसिटर को विलग करता है। जब मोटर का रोटर अपनी निर्धारित गति 75 से 80% प्राप्त कर लेता है तो अपकेन्द्रिय स्विच स्टार्टिंग वाइन्डिंग को विच्छेदित कर देता है। सामान्य प्रकार के अपकेन्द्रिय स्विच के दो मुख्य पार्ट होते है। एक स्थिर पार्ट Fig 1, में दिखाया गया है व दूसरा घूमने वाला भाग जो Fig 2. में दिखाया गया है। स्थिर भाग मोटर की सामने वाली एण्ड प्लेट के साथ जुडा होता है जिसके दों सम्पर्क होते है जो कि सिंगल पोल सिंगल थ्रो स्विच के तरह कार्य करते है। जबकि रोटेटिंग पार्ट रोटर के साथ फिट होते है, यह रोटर के साथ घूमता है। जब रोटर स्थिर होता है, तो घूमने वाले पार्ट का इन्सुलेटिड रिंग स्प्रिंग तनाव के कारण स्विच की ओर दबा रहता है। इन्सुलेटर रिंग के इस प्रकार अन्दर की ओर दबाने से स्थिर स्विच के सम्पर्क क्लोज्ड होते है, जो कि इसलिए होता है। क्योंकि चल लीवर का प्रैशर लीफ स्प्रिंग तनाव स्विच पर लगा रहता है।

Fig 1

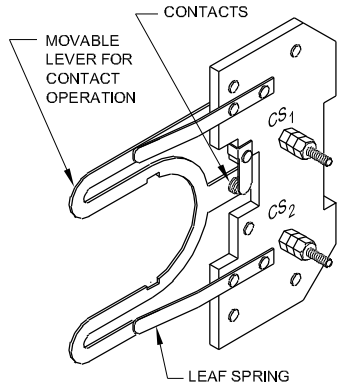
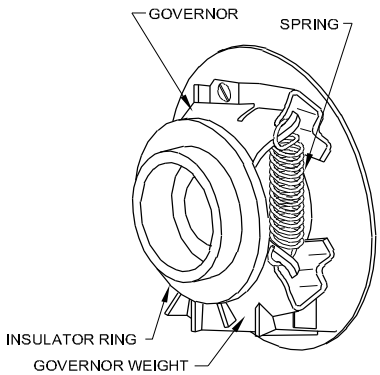


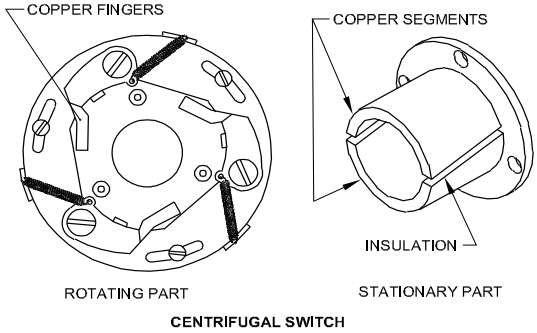
Fig 2



जब रोटर अपनी निर्धारित चाल का लगभग 75% प्राप्त कर लेता है तो अपकेन्द्रिय बल के कारण गवर्नर का लोड कम हो जाता है और इससे इन्सुलेटर रिंग स्विच से बाहर की ओर दब जाता है। इन्सुलेटर रिंग के इस फारवर्ड मूवमेन्ट के कारणचल लीव पर दबाव पड़ता है और टर्मिनल CS_1 व CS_2 के द्वारा जुड़े सम्पर्क स्टार्टिंग वाइन्डिंग को खोल देते है।

पुराने प्रकार के अपकेन्द्रिय स्विचों में, स्थिर भाग में दो प्राप्त अर्द्धवृत्तीय खण्ड होते है। ये दोनों परस्पर इन्सुलेटिड होते है और फ्रन्ट एण्ड प्लेट के अन्दर जुड़े होते है। इन खण्डों द्वारा अपकेन्द्रिय स्विच के संयोजन किये जाते है। घूमने वाला भाग तीन ताम्र फिगर द्वारा बना होता है, ये फिगर स्थिर खण्ड भाग के ऊपर चढी होती है, जब मोटर स्थिर होती है या 75% से कम चाल पर चल रही होती है। ये भाग Fig 3 में दर्शाये गये है।

Fig 3



प्रारम्भ के समय, ताम्र फिगरों द्वारा स्थिर भाग के खण्ड लघू पथ रहते है। इस कारण स्टार्टिंग वाइन्डिंग मोटर सर्किट मेजुडी रहती है। लगभग निर्धारित चाल की 75 प्रतिशत चाल पर अपकेन्द्रिय बल के कारण फिगर खण्डों से उठ जाती है, इस प्रकार स्टार्टिंग वाइन्डिंग सर्किट से अलग हो जाती है।

अपकेन्द्रिय स्विच का अनुरक्षण (Maintenance of centrifugal switch): मोटर के एण्ड स्विच के ऊपर लगी निरीक्षण प्लेट को हटा कर अपकेन्द्रिय स्विच को देखा जा सकता है। अधिकतर मामलों में केवल एण्ड प्लेट को हटा कर स्विच को देखा जाता है। इ न स्विचों को छः माह में एक बार आवश्यक रूप से देखा जाना चाहिए कि ये सही कार्य कर रहे है या नही। यह देखें कि कहीं स्प्रिंग टूट गया है या कमजोर हो गया है, या गन्दगी जंग, स्प्रिंग सम्पर्कों मे गड्ढे तो नही हो गये है। यह सुनिश्चित करें कि सभी पूर्जे बिना जाम हुए स्वतन्त्रता पूर्वक कार्य कर रहे। यदि स्विच में दोष पाया जाये तो इसे बदल दें।

अपकेन्द्रिय स्विच के कार्य का परीक्षण (Testing the operation of a centrifugal switch): यद्यपि अपकेन्द्रिय स्विच स्थिर अवस्था में टेस्ट किया जा सकता है,इसे गति अवस्था में टेस्ट करना बडा मुश्किल होगा। इस प्रकार के अधिकतर स्विच एण्ड प्लेट को खोले बिना चैक नही किये जा सकते है, चैकर करने की विधि लम्बी व कठिन हो जाती है। स्विच का गति परिचालन को चैक करने के लिए निम्नलिखित विधियाँ सुझाई जाती है। अपकेन्द्रियस्विच के अन्तर्संयोजी टर्मिनलों को स्टार्टिंग वाइन्डिंग व सप्लाई से अलग कर दें। Fig 4 के अनुसार स्टार्टिंग को 15 a सिंगल पोल टम्बलर स्विच के द्वारा निर्धारित सप्लाई से संयोजित कें और टम्बलर स्विच को ऑन अवस्था में रखें।

Fig 4

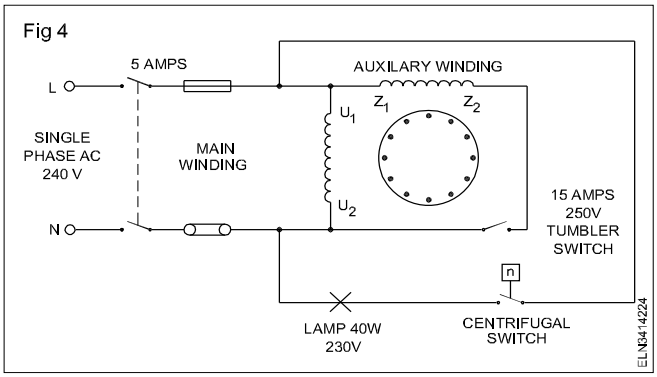


Fig 4 में दिखाये अनुसार अपकेन्द्रिय स्विच के टर्मिनलों को लैम्प के द्वारा संयोजित करें। मोटर का स्विच`ऑन' करें। जब अपकेन्द्रिय स्विच क्लोज्ड स्थिति में रहेगा तो लैम्प प्रकाशित होगा। जैसे ही मोटर लगभग 20 सैकिण्ड में चाल पकड़ती है तो सहायक वाइन्डिंग को अलग करने के लिए टम्बलर स्विच को ऑफ कर दें। जब मोटर अपनी निर्धारित गति की लगभग 75% गति प्रदान कर लेगी तो यदि अपकेन्द्रिय स्विच ठीक से कार्य करेगा तो यह अपने सम्पर्क खोल देगा, जिसे लैम्प के ऑफ होने से देखा जा सकता है। मुख्य सप्लाई के ऑन करने के शीघ्र बाद में यदि लैम्प प्रकाशित न हो, और 30-40 सैकिण्ड बाद लगभग 75 % गति पर भी प्रकाशित रहे तब यह मानना पडेगा कि अपकेन्द्रिय स्विच कार्य नही कर रहा है, इस मरम्मत करने या बदलने की आवश्यकता है।

हस्तचालित D.O.L. स्टार्टर (Manual D.O.L. starter): मोटर को स्टार्टर करने व रोकने तथा ओवरलोड सुरक्षा प्रदान करने के लिए स्टार्टर की आवश्यकता होती है।

Fig 5 में दिखाई दे रहा स्टार्टर हस्त चालित स्टार्टर है, जिसका Fig 6 में खुला हुआ रूप दिखाया गया है और Fig 7 में योजना बद्ध आरेख के रूप में इसके आन्तरिक भागों को दिखाया गया है। एक हस्त चालित स्टार्टर एक मोटर कन्ट्रोलर होता है, जिनके यान्त्रिक सम्पर्क हाथ से परिचालित होते

है। एक पुश बटन द्वारा यान्त्रिक सम्बन्धों को यान्त्रिक रूप मे परिचालित किया गया है। जैसा कि Figs 6 और 7 में दिखाया गया है, स्टार्टर में दोनों थर्मल ओवरलोड रिले और चुम्बकीय ओवर लोड रिले क्रमशः ओवरलोड सुरक्षा व शॉर्ट सर्किट सुरक्षा के लिए सुरक्षा व शॉर्ट सर्किट सुरक्षा के लिए लगाई गई है। दोनों रिले इस प्रकार से बनी है कि ये स्वतंत्रता पूर्वक कार्य कर सके। ओवरलोड या शॉर्ट सर्किट होने पर ये स्टार्ट बटन को छोड देती है और मोटर सप्लाई से अलग हो जाती है । वर्तमान में अधिकतर हस्तचालित स्टार्टरों में दोनो में से केवल एक प्रकार की रिले प्रयोग होती है। मूलतः एक हस्त चालित स्टार्टर केवल ओवरलोड रिले युक्त ऑन-ऑफ स्विच है।

हस्त चालित स्टार्टर सरल होते है और शान्त (quiet) परिचालन प्रदान करते है।

Fig 5

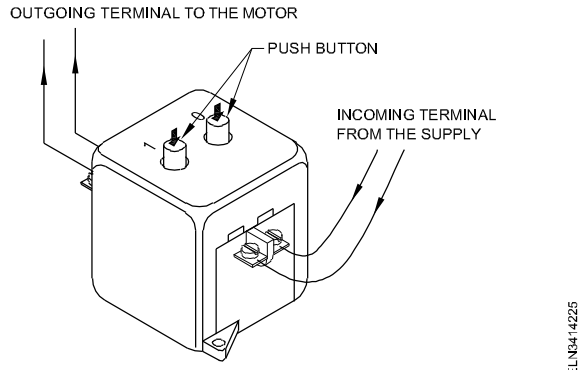
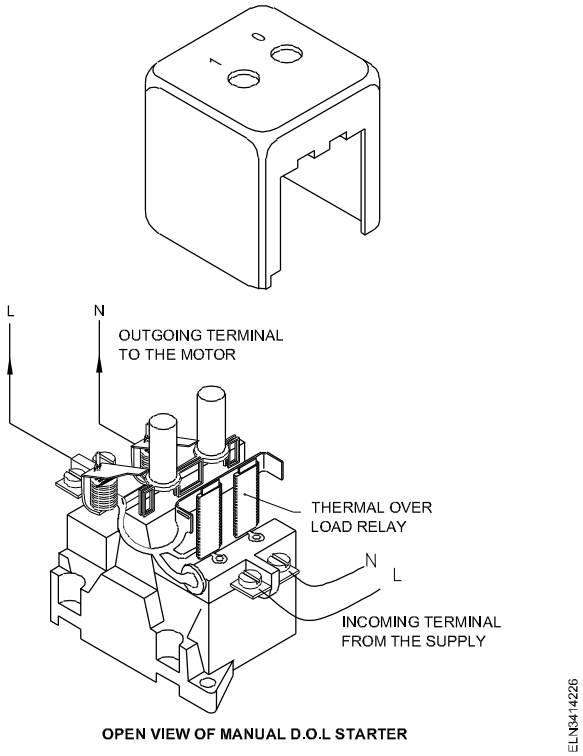


Fig 6

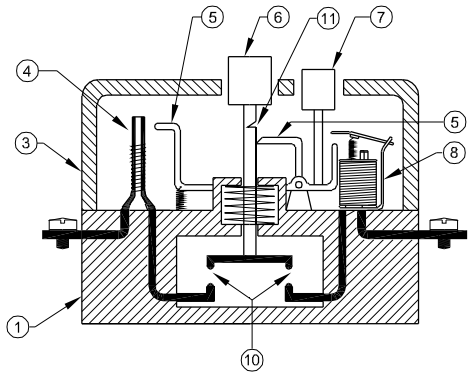


OPEN VIEW OF MANUAL D.O.L STARTER

परिचालन (Operation) : ऑन बटन कोदबाने से सम्पर्क क्लोज हो जाते है। जब तक स्टॉप बटन न दबाया जाये तब तक सम्पर्क क्लोज रहते है या ओवरलोड रिले या शार्ट सर्किट रिले स्टार्टर को ट्रिप न कर दें।

जैसा कि Fig 7 में दिखाया गया है कि जब `ऑन' पुश बटन (6) को दबाया जाता है तो स्विचिंग कॉन्टैक्ट (10) क्लोज्ड closed हो जाते है और तब तक क्लोज्ड स्थिति मे रहते जब तक यान्त्रिक लीवर प्रणाली (5) स्प्रिंग तनाव के विरूद्ध खांचा (11) में ऑन-ऑफ बटन की स्टैम को पकड़ कर रखती है। स्टॉप बटन (7) को ऑपरेट करने पर, यान्त्रिक लीवर प्रणाली (5) स्टैम खाँचे से मुक्त हो जाती है ऑन बटन का स्टैम स्प्रिंग द्वारा वापिस फैंक दिया जाता है और इस प्रकार स्विचिंग सम्पर्क (10) खुल जाते है।

Fig 7



SCHEMATIC DIAGRAM OF A MANUAL D.O.L STARTER

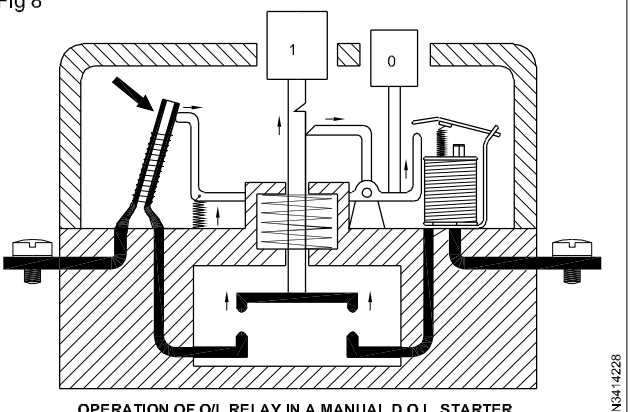
ओवरलोड रिले का परिचालन (Operation of overload relay): निश्चित ओवर लोड होने पर थर्मल ओवरलोड रिले का हीटिंग एलीमेन्ट में से उच्च धारा प्रवाहित होती है जो द्विधातु पत्ती को गर्म कर देती है, इस कारण यह इसे में तीर की दिशा में मोड देती है, इस प्रकार यान्त्रिक लीवर प्रणाली सक्रिय हो जाती है जो स्विचिंग कॉन्टैक्ट को खोल देती है।

सैटिंग पेच को एडजस्ट करने से थर्मल ओवरलोड रिले की करंट सैटिंग को बदला जा सकता है, जो इस कार्य के लिए स्टार्टर में लगा होता है। (चित्र में दिखाई नहीं हो रही है।)

शॉर्ट-सर्किट रिले का परिचालन (Operation of short-circuit relay): मोटर सर्किट में शॉर्ट सर्किट होने की दशा में शॉर्ट सर्किट करंट का मान विद्युत अधिक होता है। इस प्रकार के सर्किट करंट के श्रेणी में यद्यपि थर्मल ओवरलोड रिले जुडे होती है जोकि परिचालन में सुस्त होती हे और परिचालित होने में अधिक समय ले लेती है। दूसरी तरफ इस समय में हुई परिचालन में देरी से शॉर्ट सर्किट करंट, मोटर वाइन्डिंग, पावर केबल व संयोजित सप्लाई लाईन में पर्याप्त नुकसान कर चुका होगा। (Fig 8)

इस प्रकार की परिस्थिति में थर्मल ओवरलोड रिले की अपेक्षा चुम्बकीय ओवरलोड रिले शीघ्रता से परिचालित होता है।

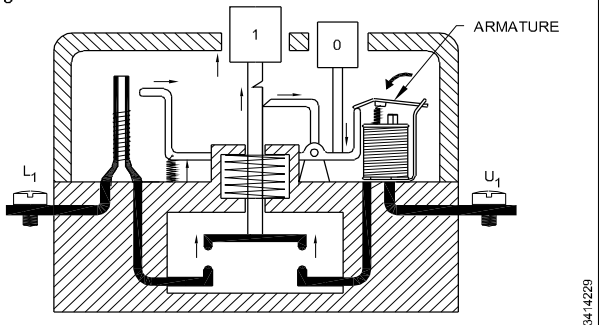
Fig 8



OPERATION OF O/L RELAY IN A MANUAL D.O.L. STARTER

सामान्य लोड धारा के कारण कुण्डली द्वारा बनने वाला चुम्बकीय क्षेत्र इतना सक्षम नही होता कि यह आर्मेचर को आकर्षित करके खींच सके। परन्तु शॉर्ट सर्किट होने की दशा में धारा का मान बहुत अधिक होगा और कुण्डली पर्याप्त चुम्बकत्व पैदा करती है जिससे आर्मेचर आकर्षित हो जाता है। आर्मेचर के नीचे की ओर जाने से यान्त्रिक लीवर का मैकेनिज्म सक्रिय हो जाता है जो कि Fig 9 में तीर से दिखाया गया है। इस कारण स्विचिंग कॉन्टैक्ट खुल जाते है। ये कॉन्टैक्ट जब तक पुनः बन्द नही किये जा सकते है जब तक कि स्टॉप बटन को दबाकर स्टार्टर मैकेनिज्म को पुनः सैट न किया जाए।

Fig 9

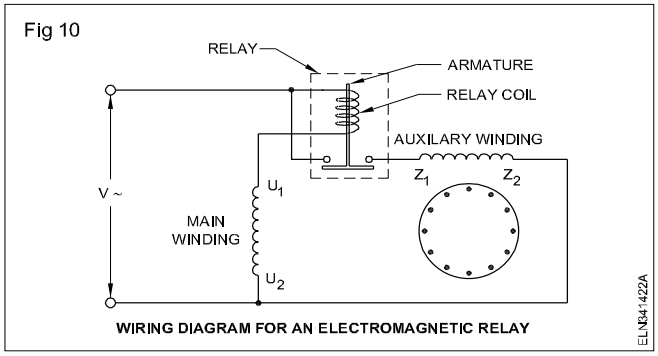


OPERATING OF MAGNETIC RELAY DURING SHORT CIRCUIT

हस्तचालित स्टार्टर आंशिक अश्व शक्ति वाली मोटरों के लिए प्रयोग की जाती है। ये प्रायः लाइन स्टार्टिंग के समानांतर में लगाये जाते है। हस्तचालित स्टार्टर निम्न वोल्टेज सुरक्षा प्रदान नहीं कर सकते और न ही ये नो-वोल्टेज सुरक्षा प्रदान नहीं कर सकते और न ही ये नो-वोल्ट रिलीज वाले होते है। यदि पावर फेज हो जाती है तो इसके कॉन्टैक्ट क्लोज हो रहते है और पावर वापिस आने पर मोटर पुनः स्टार्ट हो जाती है। पम्प पंखे, कम्प्रैशर और ऑयल बर्नर को चलाने में इसका फायदा होता है। परन्तु एक ऐसी मशीन में यह खतरनाक हो सकता है जिसके उपकरण मनुष्य परिचालित करता है और इसिलए इस प्रकार के हस्त चालित स्टार्टर की ऐसे स्थानों पर उपयोग करने की सलाह नहीं दी जाती है।

विद्युत चुम्बकीय रिले (Electromagnetic relay): सिंगल फेज मोटरें, तीन फेज मोटरों की तरह स्टार्टिंग में अधिक करंट लेती है यदि उन्हें लाईन के साथ सीधा जोड़ा जायें। विद्युत चुम्बकीय प्रकार की रिले को ऑपरेट करने के लिए इस प्रकार की उच्च स्टार्टिंग करंट का लाभ दिया जाता है, जो कि अपकेन्द्रिय युक्ति के जैसा कार्य करता है । इस प्रकार की रिले के संयोजन आरेख Fig 10 में दिखाये गये है।

Fig 10



WIRING DIAGRAM FOR AN ELECTROMAGNETIC RELAY

रिले में एक कुण्डली है जो कि मोटर की मुख्य वाइंडिंग के श्रेणी में जुडी है। सहायक वाइंडिंग रिले के नॉरमली ओपन कॉन्टैक्ट के माध्यम से सप्लाई के समानांतर में जुड़ी हुई है। चूंकि स्पिलिट फेज मोटरें प्रायः सीधे लाईन के साथ स्टार्ट की जाती है, इसलिए प्रारम्भिक धारा इतनी अधिक होती है कि यह निर्धारित करंट से पाँच से छः गुणा अधिक करंट लेती है। प्रारम्भ के समय जब मुख्य वाइंडिंग धारा अधिक होता है, तो रिले का आर्मेचर ऊपर क ओर उठेगा, इस प्रकार रिले का कॉन्टैक्ट क्लोज होता है। इस प्रकार सहायक वाइंडिंग सप्लाई के समानांतर में जुड जाती है, जिससे मोटर को घुमाने से स्टार्ट करने में सहायता मिलती है। जैसे ही मोटर घुमना शूरू करती है, लाईन धारा धीरे धीरे कम होने लगती है । जब मोटर अपनी उचित चाल प्राप्त कर लेती है मुख्य वाइंडिंग की धारा काफी कम हो जाती है जिसके कारण रिले का आर्मेचर नीचे की ओर गिर जाता है और सम्पर्क खुल जाते है, इस प्रकार सहायक वाइंडिंग सप्लाई से कट जाती है। इस प्रकार की रिले मोटर के बाहरी स्थापित की जाती है ताकि इनकी सर्विस करने में या बदलने में आसानी हो। चूंकि अपकेन्द्रीय स्विच अन्दर लगाए गए होते है, इसलिए उनकी सर्विस करना व बदलना इतना सरल नही होता जितना कि बाहर जुडी रिले का होता है।

एकल फेज, फेज विघटित प्रकार की मोटर वाइन्डिंग (सकेन्द्रित क्वाइल वाइन्डिंग) (Single phase, split phase type motor winding (concentric coil winding))

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **फेज विघटित मोटरो की वाइन्डिंग करते समय महत्वपूर्ण बिन्दुओं के पालन करने का महत्व बताना**
- **सकेन्द्रित वाइन्डिंग में कुण्डली के वितरण का वर्णन करना**
- **वाइन्डिंग सारणी बनाना, एक फेज, फेज विघटित मोटरों के लिए संयोजन व विकसित आरेख सकेन्द्रित क्वाइल वाइंडिंग मे बनाना।**

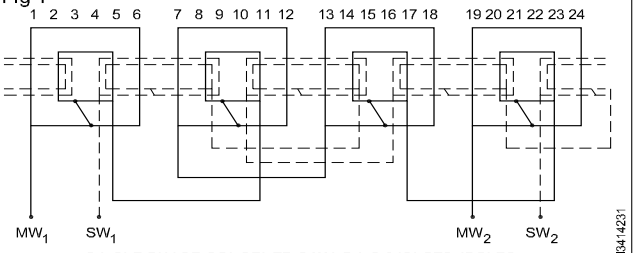
फेज विघटित प्रकार (Split phase type) : प्रायः एक फेज मोटरो में फेज को विघटित करने के लिए संधारित्र का उपयोग किया जाता है। कुछ मोटरों जैसा कि पंखे की मोटरों में संधारित्र स्थायी रूप से सप्लाई के साथ जोड़ा जाता है। कुछ मोटरों में, संधारित्र केवल स्टार्टिंग के समय ही उपयोग होता है, तब स्टार्टिंग वाइन्डिंग अपकेन्द्रिय स्विच यन्त्रावली के उपयोग से सप्लाई से अलग हो जाती है। कुछ अन्य प्रकार की मोटरों में दो संधारित्र होते है, एक स्टार्टिंग के लिए और दूसरा रनिंग के लिए। फिर भी मोटर की शक्ति, कार्य और मोटर के डिजाइन के अनुसार, संधारित्र का मान प्रत्येक स्थिति के लिए अलग अलग होगा। जब भी आप कला विघटित मोटर को देखें तो प्रत्येक बार इस बिन्दु पर गौर करें।

कला विघटित (split phase) मोटर की वाइन्डिंग करते समय कुछ बिन्दु है जिनका पालन करना चाहिए।

1 एक फेज वाइन्डिंग में कुण्डलियों के विभिन्न आकार हो सकते है जो कि निम्नलिखित है।

a सकेन्द्रित क्वाइल का वाइंडिंग (Concentric coil winding) (Fig 1): इस वाइंडिंग (winding) में प्रति फेज प्रति पोल, समूह में विभिन्न आकार की क्वाइलों की आवश्यकता होती है, और दोनों मुख्य वाइंडिंग व स्टार्टिंग वाइंडिंग में, स्लॉटों में क्वाइलों को डालने के अनुरूप, फेजों के बीच भी क्वाइलों के साइज अलग अलग होते है। इसके अतिरिक्त, एक ही समूह की क्वाइलों में टर्नों की संख्या भी अलग-अलग हो सकती है।

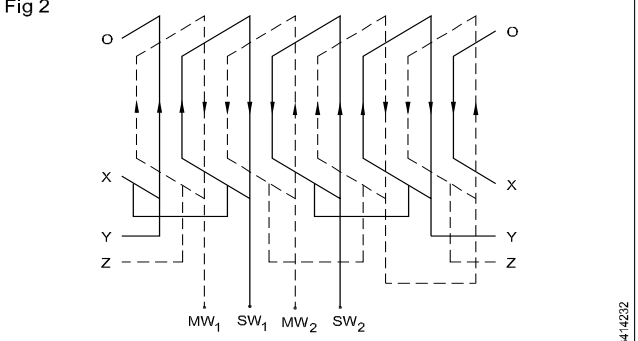
Fig 1



SINGLE PHASE CONCENTRIC WINDING 24SLOTS 4POLES

b असम जाल आकार की कुण्डलियाँ (True mesh shaped coils) (Fig 2): ये कुण्डलियाँ साइज व आकार में समान होती है और वाइन्डिंग के सिरे बहुत सख्त रोल (tight roll) बनाते है।

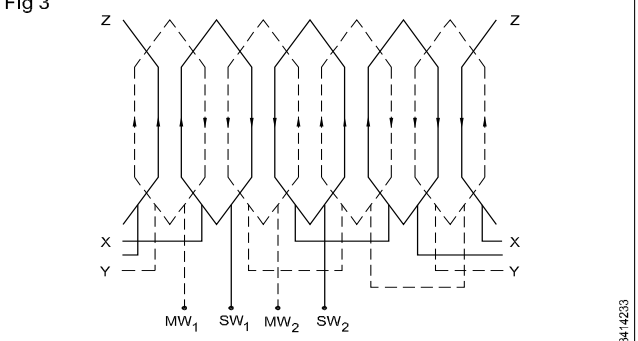
Fig 2



MESH SHAPED COILS

c डायमण्ड जाल आकार की कुण्डलियाँ (Diamond mesh shaped coils) (Fig 3): ये क्वाइल साइज व आकार में समान होती हैं और सिरे वाली वाइंडिंग वास्तविक जाल वाली कुण्डली की अपेक्षा लम्बी व समतल होती है। क्वाइल के सिरे लूप, नक्कल (knuckle) व नॉक (nose) जैसा होता है।

Fig 3



DIAMOND MESH SHAPED COILS

2 मुख्य व स्टार्टिंग वाइंडिंग एक दूसरे से 90 डिग्री विद्युत की दूरी पर रखी होती है।

3 सभी क्वाइल समूह, समान क्वाइल संख्या के हो सकते है या नहीं भी हो सकते है।

4 स्टेटर के खाँचों में मुख्य वाइंडिंग पहले रखी जाती है और स्टार्टिंग वाइंडिंग, मुख्य वाइंडिंग के ऊपर रखी जाती है।

5 सामान्यतया, मुख्य वाइंडिंग मोटी वाइन्डिंग तार वाली, और स्टार्टिंग वाइन्डिंग बारीक वाइन्डिंग तार वाली होती है। कुछ मोटरों में दोनों वाइन्डिंग में वाइन्डिंग का तार समान साइज का होता है।

6 मुख्य वाइंडिंग व स्टार्टिंग वाइंडिंग में टर्नों की संख्या समान भी हो सकती है या नही भी हो सकती है।

7 सकेनिद्रत कुण्डली वाइंडिंग में, एक ही समूह में सभी क्वाइलों में टर्नों की संख्या समान हो सकती है या नहीं भी हो सकती है।

8 प्रत्येक स्लॉट में एक या दो क्वाइल साइड (sides) हो सकती है।

9 क्वाइलों के ओवर हेन्ग समान, साइज के होने चाहिए। यदि ये छोटें होगें, तो क्वाइलों को स्लाटों में डालना मुश्किल हो जाता है और यदि इनका साइज बड़ा हो जाये, तो ये कुण्डलियां मोटर के आवरण सिरों (end covers) को फिट करने में बाधा डालती है।

10 जब सकेन्द्रित क्वाइल को डालना शुरू करें तो पहले छोटी पिच वाली कुण्डली सैट से शूरूआत करें।

11 स्टेटर में खाली रह सकते है। उनकी स्थिति को नोट करें अर्थात देखें कि इनके बीच स्लाटों का अन्तर कितना है।

सकेन्द्रित वाइंडिंग (Concentric winding): एक फेज आंशिक अश्व शक्ति मोटरों में सकेन्द्रित प्रकार की वाइंडिंग सबसे लोकप्रिय है। वाइंडिंग हस्त वाइंड या फर्मे पर कुण्डलित हो सकती है।

चूंकि स्टार्टिंग वाइंडिंग फेज विभक्त करने के लिए डिजाईन की जाती है, मुख्य वाइंडिंग की तुलना में इसे कम स्लॉटों में दिये गये है। उदाहरण के लिए यदि मुख्य वाइंडिंग को 8 कुण्डलियां दी गई है तो स्टार्टिंग वाइंडिंग को 4 क्वाइलों दी जाती है।

आगे सामान्य अभ्यास में, एक फेज मोटरों के कुल खाँचों का 70% भाग कुण्डलित किया जाता है,क्योंकि वितरण व विस्तार घटक (spread factor) के कारण एक फेज वाइंडिंग (winding) को अधिक चौडा करने के लिए कोई लाभ नही होता है। यहाँ तक कि यदि सम्पूर्ण खाँचों को कुण्डलित कर दिया जाये तो अतिरिक्त वाइंडिंग लाभदायक टॉर्क उत्पन्न करने में अनुपयोगी होगी।

इसी प्रकार, यदि प्रत्येक पोल के सभी खाँचों (slots) को कुण्डलित न किया जाये, तो भी यह पाया जाता है कि एक फेज मोटरों में अतिरिक्त हानि नही होती। इस प्रकार रनिंग वाइंडिंग की दक्षता में कोई क्षति नहीं होती, क्योंकि प्रत्येक पोल के कुछ खाँचे स्टार्टिंग वाइन्डिंग के लिए उपयोग कर लिये जाते है।

सकेन्द्रिय प्रकार की वाइंडिंग के लिए आरेख तथा वाइंडिंग की गणना (Winding calculation and diagrams for concentric type winding) : आओ हम निम्नलिखित उदाहरणों की चर्चा करें।

Example 1

एक, एक फेज, 4 पोल, सम्पूर्ण क्वाइल, संधारित्र संयोजित मोटर में 24 स्लॉट, 12 क्वाइलों (8 मुख्य वाइंडिंग के लिए व 4 क्वाइल स्टार्टिंग वाइंडिंग के लिए) है जिनकी मुख्य वाइंडिंग पिच 5,3 है और स्टार्टिंग वाइंडिंग की पिच 5 है के लिए वाइंडिंग तालिक, संयोजन आरेख व विकसित आरेख तैयार कीजिए।

$$\text{Number of coils per pole in main winding} = \frac{\text{Total number of main winding coils}}{\text{Number of poles}} = \frac{8}{4} = 2 \text{ coils/pole}$$

दूसरे शब्दों में, मुख्य वाइंडिंग में 8 क्वाइले है जो 4 पोल समूह बनाती है। प्रत्येक पोल में प्रत्येक ग्रुप में दो क्वाइल होगी। प्रत्येक क्वाइल समूह की पिच 5 व 3 ली गई है।

स्टार्टिंग वाइंडिंग में प्रति पोल क्वाइलों की संख्या = 4/4

= 1 कुण्डली/पोल

स्टार्टिंग वाइंडिंग में चार समूह होगें जिनमें प्रत्येक समूह में केवल एक क्वाइल होगी। क्वाइल की निर्दिष्ट पिच 5 होगी।

परिणामों को संक्षेप में करने पर हमें सारणी 1 निम्नलिखित क्वाइल समूह प्राप्त होते है।

Table 1

Winding	Groups	Coil per pole	Pitches	Coil throw	Connection
Main	4	2	5,3	1-6,2-5	Whole coil-end and start to start
Starting	4	1	5	1-6	Whole coil-end to end start to start

फेज विघटन के लिए आवश्यक वैद्युत डिग्री की गणना (Calculation of electrical degrees required for phase splitting)

कुल वैद्युत डिग्री = 180 x कुल पोलों की संख्या

= 180x4= 720 वैद्युत डिग्री

डिग्री/स्लॉट = 720/24 = 30 वैद्युत

90 वैद्युत के विस्थापन के लिए स्लॉट की संख्या जो मुख्य व स्टार्टिंग वाइंडिंग के बीच होगा = 90/30 = 3 स्लॉट

अतः यदि मुख्य वाइंडिंग स्लॉट संख्या 1 से शुरू होगी, तो स्टार्टिंग वाइंडिंग 1+3 = 4th स्लॉट से शुरू होगी।

उपरोक्त सूचना को वाइंडिंग सारणी में रख कर सारणी 2 प्राप्त होगी।

सारणी 2

वाइंडिंग सारणी (Winding table)

	पोलों के लिए स्लॉट की स्थिति			
वाइंडिंग	**I पोल**	**II पोल**	**III पोल**	**IV पोल**
मुख्य	1 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24
	2 - 5	8 - 11	14 - 17	20 - 23
स्टार्टिंग	4 - 9	10 - 15	16 - 21	22 - 3

सम्पूर्ण क्वाइल संयोजन को याद रखते हुए, संयोजन आरेख Fig 4 में दर्शाये अनुसार बनाना पडेगा।

याद रखें 'S' स्टार्टिंग के लिए और 'E' अन्त संयोजन के लिए रखा गया है।

वाइंडिंग तालिका को आधार मानते हुए Fig 5 के अनुसार विकसित आरेख बनाया गया है।

Fig 4

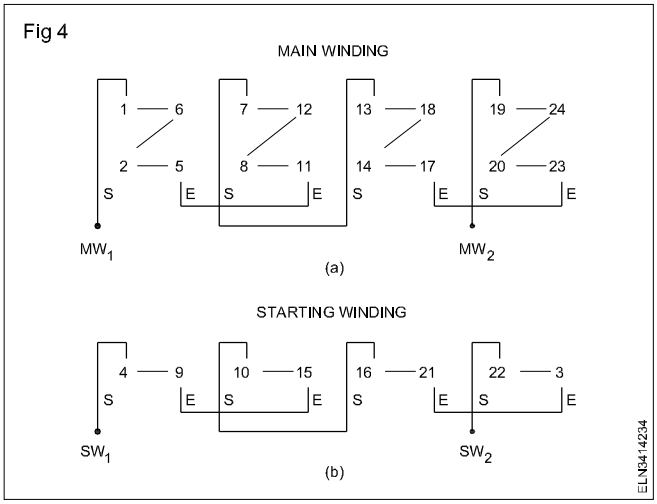
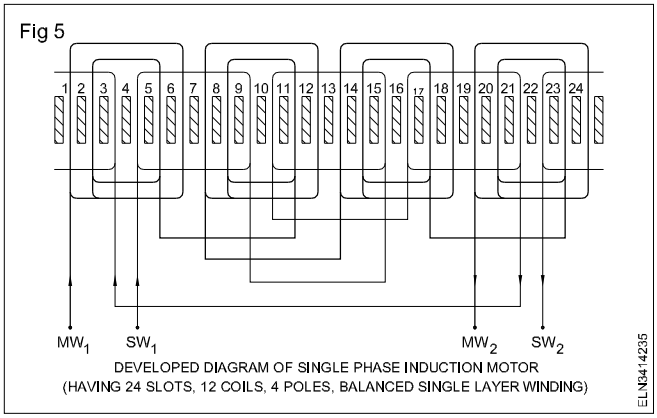


Fig 5



उदाहरण (Example) 2

एक, एक फेज, 4 पोल, सम्पूर्ण क्वाइल, संधारित्र संयोजित मोटर में 36 स्लाट, 28 क्वाइलों (16 मुख्य के लिए व 12 क्वाइल स्टार्टिंग वाइंडिंग के लिए) है, इस स्टेटर के लिए वाइंडिंग सारणी, संयोजन आरेख व विकसित आरेख बनाइये।

मुख्य वाइंडिंग में प्रति ग्रुप क्वाइलों की संख्या 16/4=4 क्वाइलों/समूह/पोल

स्टार्टिंग वाइंडिंग में प्रति समूह क्वाइलों की संख्या 12/4 = 3 क्वाइल/समूह/पोल

$$\text{Pole pitch} = \frac{\text{Number of slots}}{\text{Number of poles}} - 1 = \frac{36}{4} - 1 = 9 - 1 = 8$$

मुख्य वाइंडिंग में क्वाइल प्रक्षेप coil throw 1 से 9 होगा और टेबल 3 की तरह वाइंडिंग सारणी होगी।

टेबल 3

मुख्य वाइंडिंग-वाइंडिंग टेबल

समान समूह के लिए	1st पोल	2nd पोल	3rd पोल	4th पोल
1st coil	1 - 9	10 - 18	19 - 27	28 - 36
2nd coil	2 - 8	11 - 17	20 - 26	29 - 35
3rd coil	3 - 7	12 - 16	21 - 25	30 - 34
4th coil	4 - 6	13 - 15	22 - 24	31 - 33

डिग्री/स्लॉट की गणना

कुल वैद्युत डिग्री = 180 x 4 = 720 वैद्युत डिग्री

डिग्री/स्लॉट = 720/36 = 20 वैद्युत डिग्री

90 वैद्युत डिग्री के फेज विस्थापन के लिए हमें 90/20 = 4.5 स्लॉट की आवश्यकता है। चूंकि 4.5 स्लॉट से शूरू करना असम्भव है, इसलिए हम स्टर्टिंग वाइंडिंग को स्लॉट संख्या 5 से शूरू करते है।

इस प्रकार स्टार्टिंग वाइंडिंग का वाइंडिंग प्रक्षेप भी 1 - 9 होगा, परन्तु यह पाँचवे स्लाट से शुरू होगी और इसकी वाइंडिंग सारणी 4 में दर्शाये अनुसार होगी।

टेबल 4

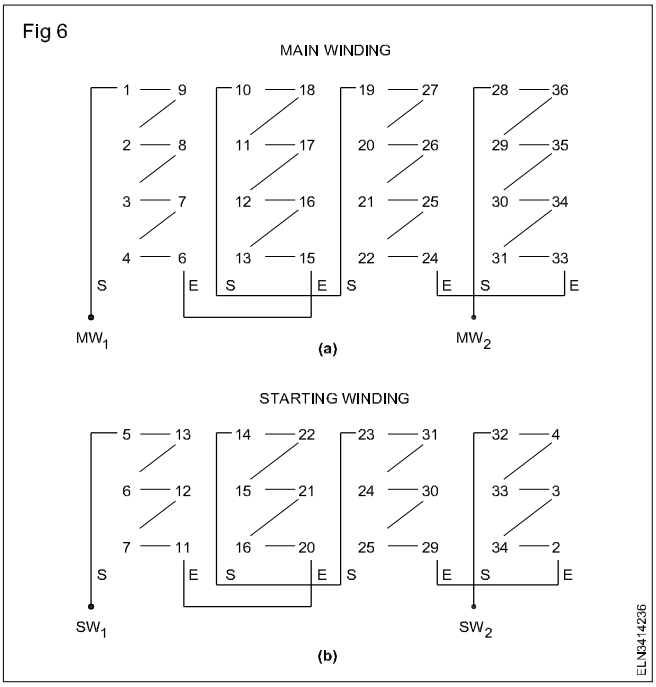
स्टार्टिंग वाइंडिंग - वाइंडिंग सारणी

समान समूह के लिए	1st पोल	2nd पोल	3rd पोल	4th पोल
1st coil	5 - 13	14 - 22	23 - 31	32 - 4
2nd coil	6 - 12	15 - 21	24 - 30	33 - 3
3rd coil	7 - 11	16 - 20	25 - 29	34 - 2

यहाँ कुछ खाँचों में 2 क्वाइल साइड व कुछ खाँचों में एक क्वाइल साइड आयेगी।

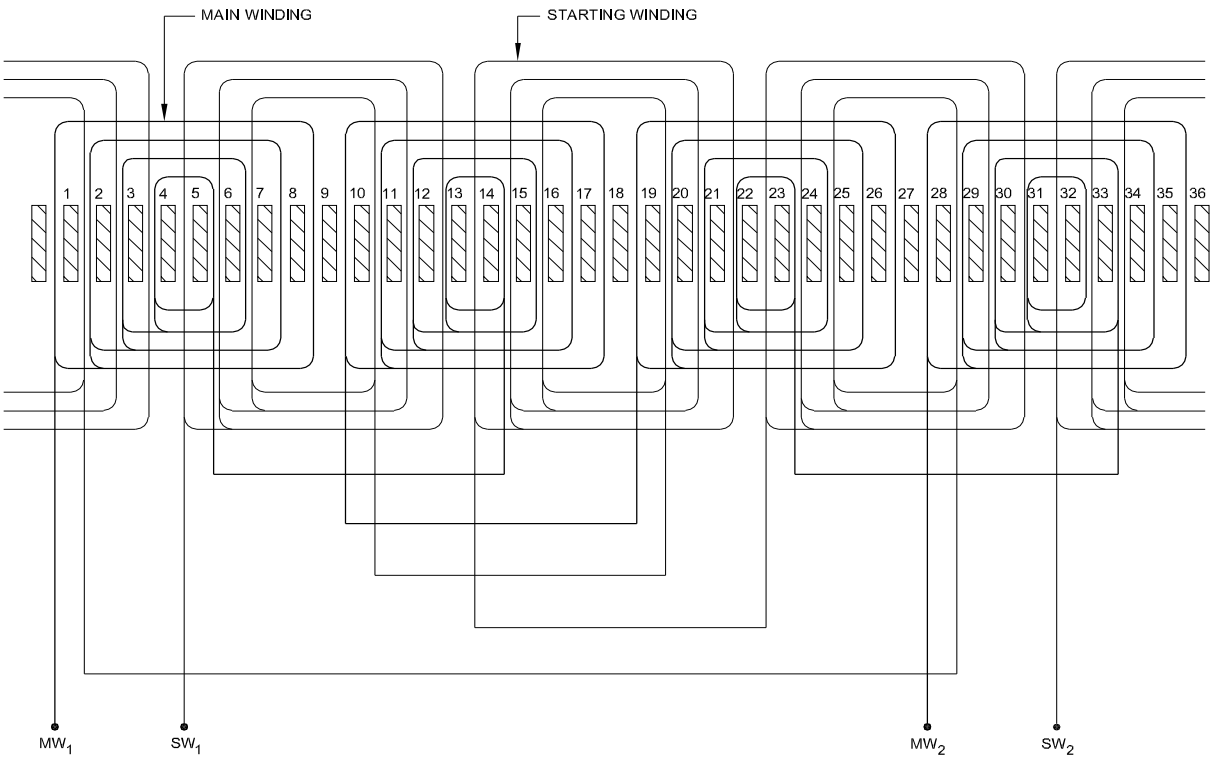
सम्पूर्ण क्वाइल संयोजन को याद करके, संयोजन आरेख Fig 6 में दिखाये अनुसार होगें।

Fig 6



उपरोक्त विवरण के अनुसार, विकसित आरेख Fig 7 में दर्शाये अनुसार होगा।

Fig 7



DEVELOPED DIAGRAM OF SINGLE PHASE 4POLE WHOLE COIL CONNECTED CAPACITOR MOTOR HAVING 36 SLOTS 16 COILS FOR MAIN WINDING 12 COILS FOR STARTING WINDING

संधारित्र-प्रारम्भ, प्रेरण-चल मोटर (Capacitor-start, induction-run motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **एक AC एक फेज, संधारित्र-प्रारम्भ, प्रेरण-चल मोटर की संरचना व कार्य प्रणाली का वर्णन करना**
- **संधारित्र प्रारम्भ, प्रेरण-चल मोटर के अभिलक्षण व उपयोग का वर्णन करना।**

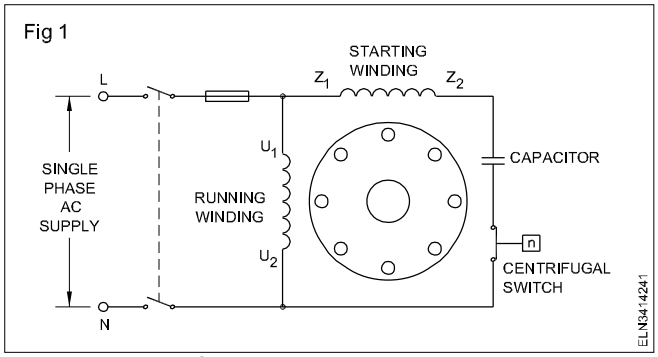
ऐसी चालित मशीन जिसके प्रारंभ बलाघूर्ण की अधिक आवश्यकता होती है उसके चलाने के लिए संधारित्र-प्रारम्भ, प्रेरण-चल मोटर को फिट करना पड़ता है क्योंकि इसका स्टार्टिंग टार्क प्रतिरोध-प्रारम्भ, प्रेरण-चल मोटर की अपेक्षा बहुत अच्छा होता है।

संरचना व कार्यशीलता (Construction and working): Fig 1 में एक संधारित्र-प्रारम्भ, प्रेरण-चल मोटर का योजनाबद्ध आरेख दिखाया गया है। जैसा कि दिखाया गया है, मुख्य वाइंडिंग मुख्य सप्लाई केपार्श्व में संयोजित है, स्टार्टिंग वाइंडिंग एक संधारित्र व अपकेन्द्रिय स्विच के माध्यम से मुख्य सप्लाई के साथ जुड़ी है। ये दोनों वाइंडिंग परस्पर 90° विद्युत दूरी पर स्टेटर के खाँचों में रखी गई है और स्टेटर के बीच स्किवअरल केज प्रकार को रोटर उपयोग किया गया है।

जैसा कि Fig 2 में दिखाया गया है, प्रारम्भन के समय, मुख्य वाइंडिंग में धारा सप्लाई वोल्टेज से लगभग 70° से पश्चगामी रहती है, जो इसके प्रतिघात व प्रतिरोध पर निर्भर करता है। दूसरी तरफ प्रारम्भन वाइंडिंग में इसके संधारित्र के कारण सप्लाई वोल्टेज लगभग 20° अग्रगामी रहती है।

इस प्रकार मुख्य वाइंडिंग व प्रारम्भन वाइंडिंग के बीच 90 डिग्री का फेज अन्तर बन जाता है। इसके कारण ही सप्लाई वोल्टेज के साथ धारा कम या अधिक होती है और शक्ति गुणक उच्च हो जाता है, फलस्वरूप शानदार स्टार्टिंग टार्क पैदा होता है।

Fig 1



इस प्रकार इसकी निर्धारित चाल का 75% प्राप्त हो जाने के बाद अपकेन्द्रिय स्विच परिचालित होता है जो प्रारम्भन वाइंडिंग को खोल देता है, और अब मोटर प्रेरण मोटर की तरह परिचालित होती है, अब केवल मुख्य वाइंडिंग ही सप्लाई के साथ जुडी होती है।

घूमने की दिशा बदलना (Reversing the direction of rotation): संधारित्र प्रारम्भ, प्रेरण चल मोटर की घूमने की दिशा बदलने के लिए या तो स्टार्टिंग या मुख्य वाइंडिंग में किसी एक के टर्मिनल आपस में बदल देने चाहिए। यह इस सच्चाई के कारण होता है कि घूमने की दिशा मुख्य क्षेत्र के फ्लक्स व आक्जीलरी वाइंडिंग द्वारा उत्पन्न फ्लक्स की क्षणिक ध्रुवता पर निर्भर करती है। अतः किसी एक क्षेत्र की ध्रुवता विपरीत करने से घूमने की दिशा भी बदल जाती है।

अभिलक्षण (Characteristic): जैसा कि Fig 2 में दिखाया गया है मुख्य व स्टार्टिंग वाइंडिंग के बीच विस्थापन लगभग 80/90 डिग्री का है, और शक्ति गुणक कोण सप्लाई वोल्टेज व लाइन धारा के बीच बहुत कम है। इसके परिणामस्वरूप उच्च शक्ति गुणक उत्पन्न होता है और शानदार टार्क उत्पन्न होता है। Fig 3 में दर्शाये अनुसार यह सामान्य रनिंग टार्क से कई गुणा अधिक होता है। चल टार्क अपने आप को लोड के अनुसार समायोजित (adjusts) कर लेता है जो कि चाल के साथ विलोमानुपाती परिवर्तित होता है जो कि Fig 3 में अभिलक्षण वक्र से दिखाया गया है।

Fig 2

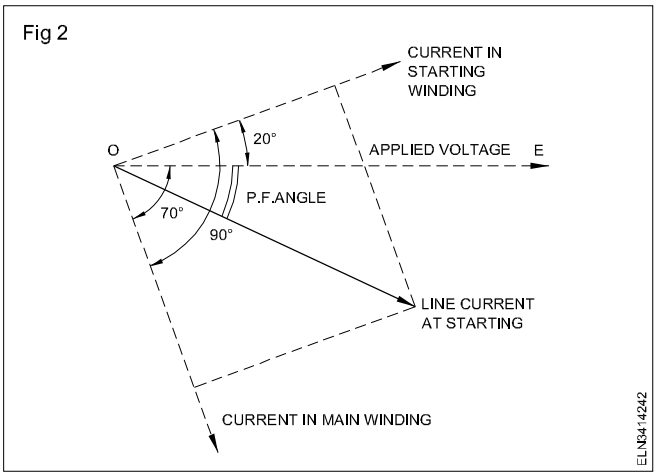
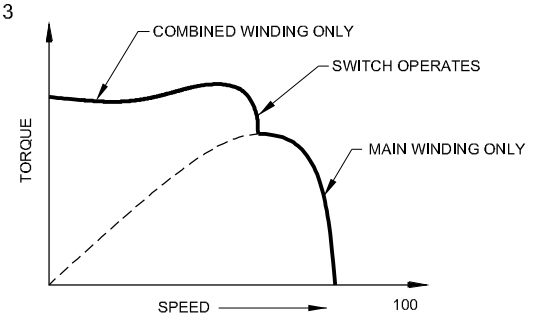


Fig 3



उपयोग (Application): शॉनदार प्रारम्भन टार्क और घूमने की दिशा को सरलता से बदलने की विशेषता के कारण ये मोटरें बेल्ट वाले पंख, ब्लोअर, ड्रायर, वाशिंग मशीन, पम्प व कम्प्रैशरो में उपयोग की जाती है।

एक फेज संधारित्र मोटरों में अनुप्रयुक्त संधारित्र (Capacitors used in single phase capacitor motors)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **एक फेज संधारित्र मोटर में संधारित्र का उपयोग करने समय अपनाने वाली सावधानियों का वर्णन करना**
- **संधारित्र का परीक्षण करने में विधियों का वर्णन करना।**

एक संधारित्र एक ऐसी युक्ति है जो विद्युत ऊर्जा को स्थैतिक विद्युत आवेश मे संचित कर सकती है। इस प्रकार एक फेज मोटरों में संधारित्र के उपयोग का मुख्य उद्देश्य फेज को विघटित करने का है जिससे रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड उत्पन्न किया जाता है। इसके अतिरिक्त ये अग्रगामी धारा लेते हे, जिसके कारण शक्ति गुणक में सुधार होता है।

एक फेज संधारित्र मोटर में संधारित्र का प्रयोग करते समय अपनायी जानेयोग्य सावधानियाँ (Precautions to be followed while using a capacitor in a single phase capacitor motor): AC संधारित्र मोटरों को प्रारम्भ करने के लिए पेपर या इलैक्ट्रोलॉइटिक अध्रुवता युक्त संधारित्र प्रयोग किये जाते है। AC परिपथों में उपयोग करने के लिए इन संधारित्रों पर विशेष चिन्ह बने होते है, और इन पर ध्रुवता अंकित नही होती है। DC परिपथों में उपयोग होने वाले पेपर या इलैक्ट्रोलाइटिक संधारित्रों पर ध्रुवता अंकित होती है। इनका उपयोग AC परिपथों में नही किया जाता क्योंकि AC वोल्टेज के उत्क्रमण (reversal) होने से संधारित्र गर्म हो जाताहै, संधारित्र के अन्दर बहुत अधिक गैस उत्पन्न हो जाती है, जिसके कारण यह टूकडों में फट सकता है।

संधारित्र पर AC वोल्टेज का निर्धारण दो प्रकार से किया जाता है। एक कार्यशील वोल्टेज और दूसरी वोल्टेज अधिकतम मान के अनुरूप होती है। कार्यशील वोल्टेज का मान के अनुरूप होती है। कार्यशील वोल्टेज का मान मुख्य सप्लाई के R.M.S. मान के बराबर लिया जाता है जबकि उच्चतम वोल्टेज क निर्धारण AC उच्चतम वोल्टेज के बराबर लिया जाता है जो कि निर्धारित R.M.S. वोल्टेज से से गुणा अधिक होती है। अतः संधारित्र बदलते समय वोल्टेज निधार्रण का विशेष ध्यान रखना आवश्यक है, अन्यथा संधारित्र असफल हो सकता है या इसमें विस्फोट भी हो सकती है।

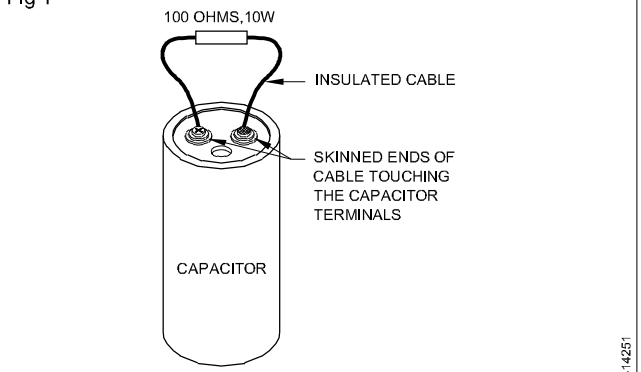
दूसरा बिन्दू जो परीक्षण करने योग्य है वह ड्यूटी साइकल है। अधिकतर संधारित्रों पर अंकित होता है कि यह थोडे-थोडे (short duty) समय के लिए है या निरन्तर (long duty) क्षमता के लिए है। यद्यपि निरन्तर क्षमता वाला संधारित्र रूक-रूक कर प्रयोग किया जा सकता है परन्तु लघु अवधि वाला संधारित्र कभी भी निरंतर क्षमता के लिए प्रयोग नही करना चाहिए। इसका अपकेन्द्रिय स्विच के परिचालन, स्टार्ट व स्टॉप करने की आवृत्ति व लोड के साथ कुछ सम्बन्ध होता है। जब लोड अधिक हो और अपकेन्द्रिय स्विच ठीक न हो तो स्टार्टिंग वाइन्डिंग में कुछ हो सकता है। इस प्रकार के संधारित्र का मुख्य परिपथ में देर तक बन से जो कि क्षणिक क्षमता का होता है, गर्म होने से नष्ट हो सकता है। एक विशिष्ट संधारित्र स्टार्टिंग मोटर में बार बार संधारित्र खराब होने से इस प्रकार का परीक्षण अवश्य करना चाहिए।

संधारित्र की क्षमता जो कि माइक्रो फैराड में दी हुई होती है, मोटर निर्माता के निर्धारण के अनुसार होनी चाहिए। यदि कम क्षमता उपयोग की जाये तो इससे कमजोर स्टार्टिंग टार्क प्राप्त होगा और स्टार्टिंग धारा अधिक होगी, जबकि उच्च क्षमता का संधारित्र प्रयोग करने से चाल निर्धारित मान पर नही पहुँच पाती है, जिसके परिणामस्वरूप स्टार्टिंग वाइंडिंग मुख्य लाइन के साथ लम्बे समय तक जुडी रहती है और अन्तराल में परिचालन व दक्षता भी कम प्राप्त होती है।

संधारित्र-प्रारम्भ, संधारित्र-चल मोटरों में दो संधारित्र प्रयोग किये जाते है। चूंकि प्रारम्भिक संधारित्र रनिंग संधारित्र से 5 से 15 गुणा अधिक क्षमता का होता है, और क्षणिक-क्षमता वाला इलैक्ट्रोलाइटिक प्रकार का होता है, जबकि तुलना करने पर रनिंग संधारत्रि निरन्तर क्षमता का तेल पूरित प्रकार का होता है। मोटर में संयोजित करते समय इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि संधारित्र का चयन सही हो परिपथ में उचित प्रकार से जुड़ा हो

संधारित्र को कार्य में लेते समय, यह ध्यान रखना चाहिए कि झटका न लगे। एक अच्छा संधारित्र कई दिंनों तक अपना आवेश धारण करके रख सकता है, यदि इसे छू लिया जाये तो यह घातक झटका देता है। अतः संधारित्र के किसी टर्मिनल को छूने से पहले जा कार्य में हो, उसके विद्युत आवेश को टेस्ट लैम्प या 100 ओह्म 10 वाट के प्रतिरोधक द्वारा विसर्जित कर देना चाहिए जैसा कि Fig 1 में दिखाया गया हैद्य। संधारित्र टर्मिनलों को सीधा विसर्जित करने से यथ सम्भव बचना चाहिए क्योंकि इसके परिणामस्वरूप संधारित्र के आन्तरिक भागों पर बहुत अधिक विकृति उत्पन्न होती है जिससे यह खराब भी हो सकता है।

Fig 1

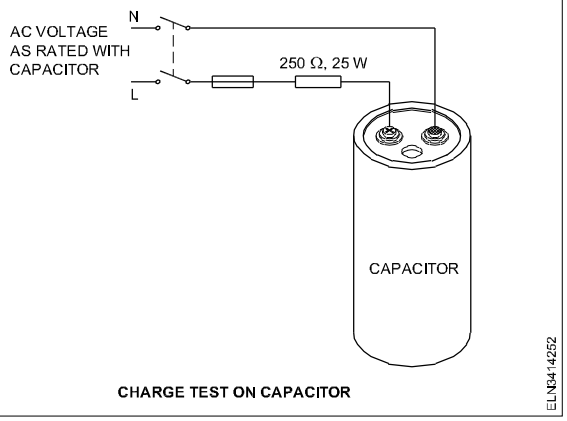


METHOD OD DISCHARGING A CAPACITOR

संधारित्र परीक्षण की विधि (Method of testing capacitors): संधारित्र को टेस्ट करने के लिए मोटर से खोलने से पूर्व इसे घातक झटके से बचने के लिए विसर्जित कर देना चाहिए। बड़ी क्षमता के पेपर, इलैक्ट्रानिक या तेल पूरित संधारित्रों को टेस्ट करने के लिए निम्नलिखित विधियाँ अपनाई जाती है।

आवेशन-विसर्जन परीक्षण (Charge-discharge test): संधारित्र पर अंकित कार्यशील वोल्टेज को चैक करें। यदि अंकित वोल्टेज, एक फेज वोल्टेज जो 240V AC 50 Hz के बराबर हो तो हम इसे Fig 2 में दर्शाये अनुसार एक 100 ओहम, 25 वाट के प्रतिरोधक के माध्यम से सप्लाई से संयोजित को किसी गत के बॉक्स या लकड़ी के बॉक्स में ढक कर रखने की प्राथमिकता देनी चाहिए। कई बा संधारित्र के दोषित होने के कारण, यह फट सकता है और आपकों घायल कर सकता है। सर्किट को 3-4 सैकिण्ड के लिए ऑन रखें। तब सप्लाई का स्विच ऑफ कर दें, व इन्सुलेटिड प्लायर की सहायता से सप्लाई टर्मिनल को सावधानी से अलग करें, इस दौरान संधारित्र के टर्मिनलों को छूना नही है। अब एक पेचकस से संधारित्र के टर्मिनलों को शॉर्ट करें। यदि तेज स्पार्क बहुत कम हो या न हो तो संधारत्रि कमजोर या संधारित्र में खुला दोष होगा। दूसरे तरफ टर्मिनलों को शॉर्ट करने से यदि स्पार्क बिल्कुल न हो तो संधारित्र में खुला परिपथ दोष है। निम्न क्षमता के संधारित्रों में, बहुत कम स्पार्क उत्पन्न होता है जबकि संधारित्र ठीक अवस्था में होता है। इसे दोबारा चैक करें या आगे वर्णित अनुसार ओह्म मीटर द्वारा चैक करें। ऐसे में संधारित्र के मान में कमी को संकेत करता है। अतः ऐसे में आगे वर्णित अनुसार संधारित्र की धारिता को चैक करें।

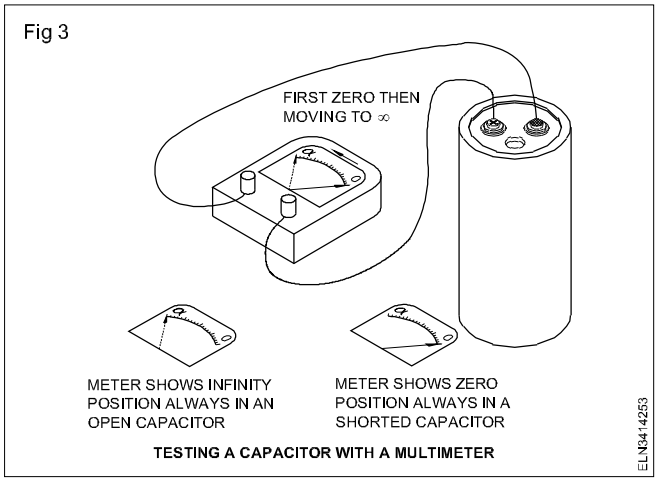
Fig 2



CHARGE TEST ON CAPACITOR

ओह्ममीटर परीक्षण (Ohmmeter test): ओह्म मीटर का उपयोग करने से पूर्व संधारित्र को पूर्ण रूप से विसर्जित कर देना चाहिए ताकि ओह्ममीटर खराब न हो जाये। ओह्म मीटर को शून्य पर सैट करके रेजिस्टेंस की परास range का चयन करें। ओह्म मीटर की लीड को संधारित्र के साथ संपर्क करायें मीटर पर विक्षेप को देखें। यदि सूई शून्य की और विक्षेप करके वापिस अनन्त की ओर विक्षेप करने लगे तो संधारित्र ठीक कार्यशील होगा। टेस्ट लीड को बदल कर पुनः टेस्ट करें। यदि सूई पूर्व की तरह व्यवहार करे तो माना जायेगा कि संधारित्र सही है। यदि संधारित्र में शार्ट-सर्किट दोष है तो सूई शून्य पर जाकर ठहर जायेगी और अनन्त की ओर नहीं आयेगी। यह परिणाम Fig 3 में दिखाया गया है।

Fig 3

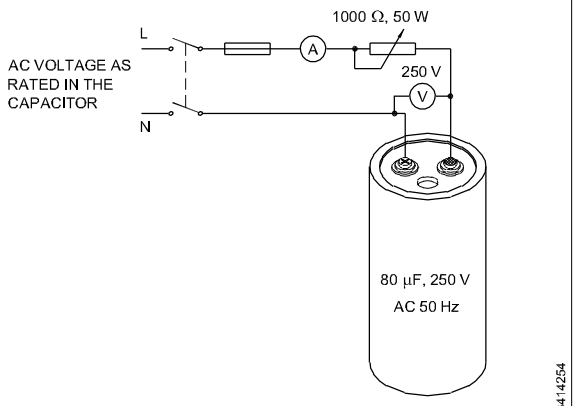


TESTING A CAPACITOR WITH A MULTIMETER

धारिता परीक्षण (Capacity test): Fig 4 के अनुसार संयोजन करें। एम्पियर मीटर की सुरक्षा के लिए आपूर्ति का स्विच ऑन करने से पूर्व प्रतिरोध को उच्च मान पर रखें। चोट से बचने के लिए संधारित्र को गत्ते के बॉक्स या लकड़ी के बॉक्स में रखें। जब प्रतिरोध पूर्ण रूप से परिपथ से हटा लिया

जाये जब वोल्टमीटर (V) व एम्पियर मीटर (I) का पाठ्यांक लेना चाहिए। मीटर के पाठ्यांक से संधारित्र की धारिता माइक्रोफैराड में ज्ञात की जा सकती है।

Fig 4



CAPACITY TEST ON CAPACITOR

संधारित्र की धारिता C_F फैराड में = $\frac{I}{2\pi FV}$

माइक्रोफैराड में धारिता $C_{mf} = \frac{I \times 10^6}{2\pi FV}$

$= \frac{3182 \times I}{V}$ microfarads.

यदि धारिता, अंकित धारिता से 20 प्रतिशत कम या अधिक गणना की जाती है तो संधारित्र को बदल देना चाहिए।

संधारित्र पर इन्सुलेशन परीक्षण (Insulation test on capacitors): BIS 1709-1984 की मान्यता के अनुसार, संधारित्र के शॉर्ट किये गये टर्मिनलों व धातु आवरण के बीच, जब 500V मैगर/इन्सुलेशन टेस्टर द्वारा परीक्षण किया जाता है, तो इन्सुलेशन प्रतिरोध 100 मेगाओह्म से कम नही होना चाहिए। यदि संधारित्र का आवरण इन्सुलेटिड पदार्थ का बना हो तो संधारित्र को पकड़ने वाले धातु क्लैम्प व संधारित्र टर्मिनलों के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध मापना चाहिए।

स्थायी संधारित्र मोटर, संधारित्र-प्रारम्भ, संधारित्र-चल मोटर और शेडेड पोल मोटर (Permanent capacitor motor - capacitor-start, capacitor-run motor and shaded pole motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **एकल व द्वि मान की संधारित्र-प्रारम्भ, संधारित्र-चल मोटर में अंतर समझना**
- **स्थायी संधारित्र मोटर की कार्यप्रणाली, अभिलक्षण व इसके उपयोग का वर्णन करना**
- **संधारित्र-प्रारम्भ, संधारित्र-चल मोटर की कार्य प्रणाली, अभिलक्षण व उपयोग का वर्णन करना।**

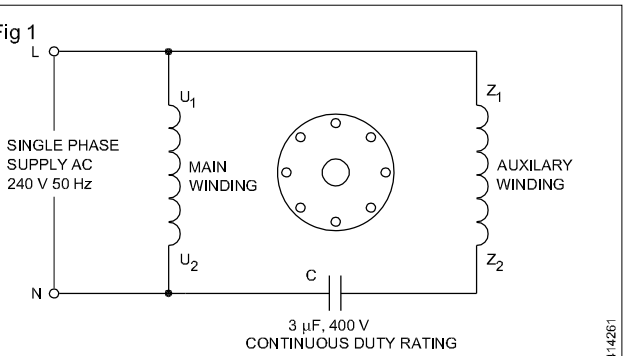
संधारित्र-प्रारम्भन, संधारित्र-चल मोटरें निम्नलिखित दो प्रकार की होती है।

- स्थायी संधारित्र मोटर (एकल मान संधारित्र मोटर) Permanent capacitor motor (Single value capacitor motor)
- संधारित्र-प्रारम्भ, संधारित्र-चल मोटर (दो मान संधारित्र मोटर) Capacitor-start, capacitor-run motor (Two-value capacitor motor)

स्थायी संधारित्र मोटर (Permanent capacitor motor): इस प्रकार की मोटर को Fig 1 में दर्शाया गया है जो अधिकतर पंखों मे उपयोग की जाती है। जहॉ पर प्रारम्भन टार्क अधिक नही चाहिए ऐसी मशीनें को चलाने के लिए इस प्रकार की मोटर की वरीयता दी जाती है, साथ साथ में मोटर का अनुरक्षण सरल बनाने के लिए अपकेन्द्रिय स्विच को भी हटाना आवश्यक हो जाता है । सहायक वाइंडिंग के श्रेणी में संधारित्र जोड़ा जाता है और यह समग्र परिचालन समय तक ऐसे ही बना रहता है। इस प्रकार के संधारित्र तेल प्रकार की संरचना के होने चाहिए और निरन्तर कार्यशील क्षमता के होने चाहिए।

संधारित्र की धारिता कम रखी जाती है जिससे निम्न दक्षता से बचा जा सकता है, इस कारण प्रारम्भन टार्क पूर्ण लोड का 50 से 80% रह जाता है।

Fig 1

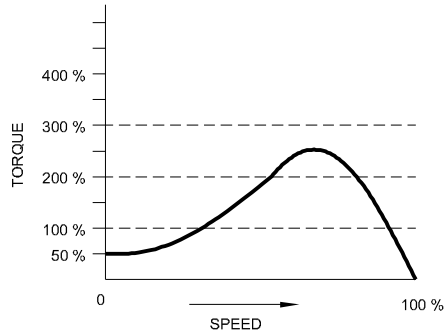


CIRCUIT DIAGRAM OF PERMANENT CAPACITOR MOTOR

मोटर की टार्क चाल अभिलक्षण Fig 2 में दर्शाये गये है। मोटर संधारित्र-प्रारम्भ, प्ररेण चल मोटरके सिद्धांत पर ही कार्य करती है जिसका प्रारम्भ टार्क कम होता है परन्तु इसका शक्ति गुणक प्रारम्भ में और चालन में उच्च रहता है।

ऐसे ड्राइव जिनको प्रारम्भ करने के लिए निम्न बलाघूर्ण की आवयकता होती है, धूमने की दिशा सरलता से बदली जा सके, स्थिर लोड परिचालन हो, चलाते समय में उच्च पावर फैक्टर कायम रहे, ऐसे कार्यों के लिए मोटरें उपयोग की जाती है। *उदाहरण* के लिए पंखे, परिवर्ती प्रतिरोध, प्रेरण रेगूलेटर, फर्नेश कंट्रोल और आर्क वैल्डिंग कंट्रोल में। समान क्षमता की संधारित्र- प्रारम्भन, प्रेरण चल मोटर की अपेक्षा ये मोटर सस्ती होती है।

Fig 2

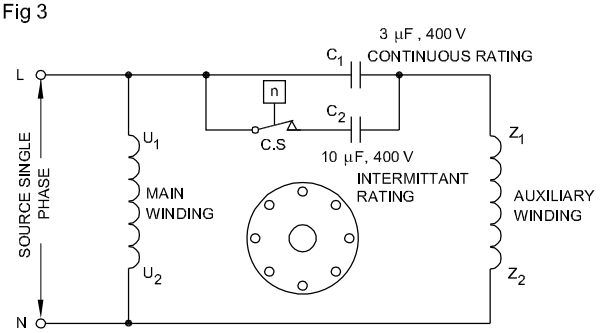


TORQUE-SPEED CHARACTERISTIC OF PERMANENT CAPACITOR MOTOR

संधारित्र-प्रारम्भन, संधारित्र-चल मोटरें (Capacitor-start, capacitor-run motors): जैसा कि पहले चर्चा पर चुकें है कि संधारित्र-प्रारम्भन, संधारित्र रन मोटरों प्रारम्भन बलाघूर्ण अधिक होता है, जो कि पूर्ण लोड बलाघूर्ण का लगभग 300% तक होता है, और प्रारम्भन के समय इनका शक्ति गुणक भी उच्च होता है। यद्यपि इनका रनिंग बलाघूर्ण अच्छा नही होता और रनिंग के दौरान इनका शक्ति गुणक कम हो जाता है। इनकी दक्षता कम होती है और ओवरलोड नही ले सकती है।

इन समस्याओं के निराकरण के लिए दो मान के संधारित्र मोटर मे प्रयोग किये जाते है, जिनमें एक इलैक्ट्रोलाइटिक (लघु अवधि) प्रकार का संधारित्र स्टॉर्टिंग में उपयोग किया जाता है, जबकि दूसरा कम मान वाला तेल पूरित (निरन्तर सेवा देने वाला) प्रकार का संधारित्र रनिंग के लिए उपयोग किया जाता है, ये स्टार्टिंग वाइंडिंग के साथ Fig 3 में दर्शाये अनुसार जोडे जाते है। एक दो मान वाले संधारित्र युक्त मोटर का सामान्य रूप Fig 4 में दिखाया गया है। यह मोटर भी उसी प्रकार से कार्य करती है जिसे प्रकार से संधारित्र-प्रारम्भ, प्रेरण-रन मोटर कार्य करती है, केवल यह अन्तर है कि इसमें संधारित्र C1 हमेशा परिपथ में रहता है, जिससे मोटर का रनिंग प्रदर्शन बहुत श्रेष्ठ हो जाता है।

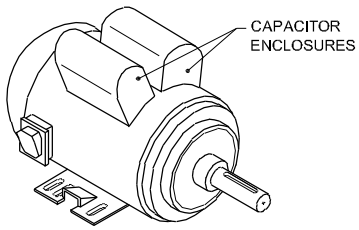
Fig 3



SCHEMATIC DIAGRAM OF A CAPACITOR-START CAPACITOR-RUN MOTOR

प्रारम्भिक संधारित्र जो कि लघु अवधि की क्षमता के लिए निर्धारित होता है, अपकेन्द्रिय स्विच की सहायता से स्टार्टिंग वाइंडिंग से विसंयोजित disconnected हो जाता है, जब प्रारम्भन गति अपनी निर्धारित गति को 75% प्राप्त कर लेती है।

Fig 4

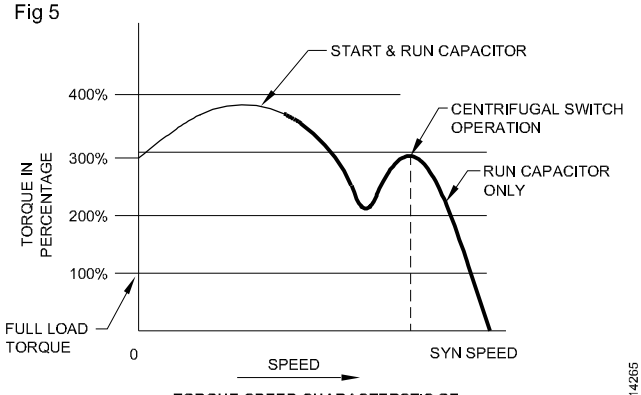


CAPACITOR-START CAPACITOR-RUN MOTOR

अभिलक्षण (Characteristic)

इस मोटर के बलाघूर्ण गति अभिलक्षण Fig 5 मे दिखाये गये है। इस मोटर के निम्नलिखित लाभ होते है।

Fig 5



TORQUE-SPEED CHARACTERSTIC OF
CAPACITOR-START CAPACITOR-RUN MOTOR

- प्रारम्भन बलाघूर्ण (starting torque) पूर्ण लोड बलाघूर्ण का 300% होता है।
- प्रारम्भन धारा कम होता है जोकि रनिंग धारा से 2 से 3 गुणा होती है।
- प्रारम्भन व चलित शक्ति गुणक P.F. अच्छे होते है।
- रनिंग दक्षता उच्च होती है।
- परिचालन शोर हीन है।
- पूर्ण लोड क्षमता से125% तक ओवर लोड हो सकती है।

उपयोग (Application)

ये मोटरें कम्प्रैशर,एयर कंडीशनर इत्यादि के लिए प्रयोग की जाती है, जहाँ पर उच्च स्टार्टिंग टॉर्क, उच्च दक्षता, उच्च शक्ति गुणक व ओवरलोड सहन करने की आवश्यकता रहती है। समान क्षमता की संधारित्र प्रारम्भ, प्रेरण चाल मोटरों की अपेक्षा ये मोटरे महंगी होती है।

शेडेड पोल मोटर (The shaded pole motor)

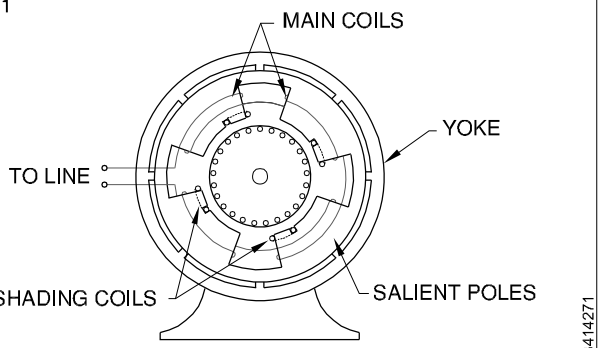
उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **शेडेड पोल मोटर की संरचना व उसके कार्य स्पष्ट करना**
- **शेडेड पोल मोटर के कार्य सिद्धांत की व्याख्या करना**
- **शेडेड पोल मोटर की अभिलक्षण व उपयोग स्पष्ट करना।**

छादित ध्रुव मोटर (Shaded pole motor((construction)

इस मोटर का योक सम्मुन्नत ध्रुव Fig 1 में दिखाया गया है और इसका रोटर स्विकअरल केज पिंजरा प्रकार का होता है।

Fig 1

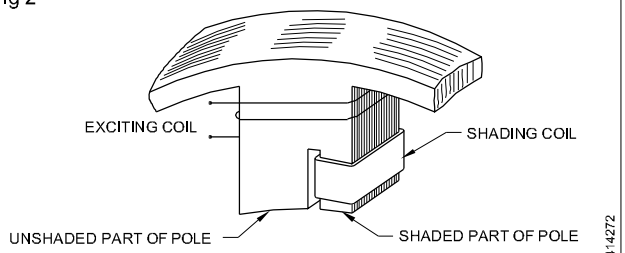


A SINGLE-PHASE MOTOR WITH SHADING COILS FOR STARTING

शेडेड पोल की संरचना (Construction of a shaded pole)

शेडेड पोल लेमिनेटेडकोर से बना होता है जिसके फेल के एक ओर से 1/3 हिस्से में खांचा कटा होता है। पोल के छोटे हिस्से केचारों ओर एक लघुपथित ताम्र का छल्ला डला होता है जिसको शेडेड क्वाइल (shading coil) कहा जाता है, और पोल का यही भाग शेडिड भाग कहा जाता है । पोल का शेष भाग अनशेडिड भाग कहलाता है जो कि Fig 2 में स्पष्ट रूप से दिखाई दे रहा है।

Fig 2



A TYPICAL SHADED-POLE CONSTRUCTION

पोल के चारों ओर उत्तेजनावली कुण्डली रखी जाती है जिसे AC आपूर्ति से जोड़ा जाता है। जब उत्तेजित होनेवाली को AC सप्लाई से जोड़ा जाता है तो उत्पन्न चुम्बकीय अक्ष (magnetic axis) अनशेडिड भाग से अगले पैराग्राफ में अनुसार होगा। अक्ष का आगे बढना उसी तरह होता है जैसा कि भौतिक रूप से पोल का चलाना। यह चलने वाला चुम्बकीय अक्ष रोटर चालकों को काटता है, और इस प्रकार रोटर में रोटेटिंग टार्क विकसित हो जाता है। इस बलाघूर्ण के कारण, रोटर चुम्बकीय अक्ष के शिफ्ट होने की दिशा में घूमना प्रारम्भ कर देता है जो कि अनशेडिड भाग से शेडिड भाग की ओर होता है।

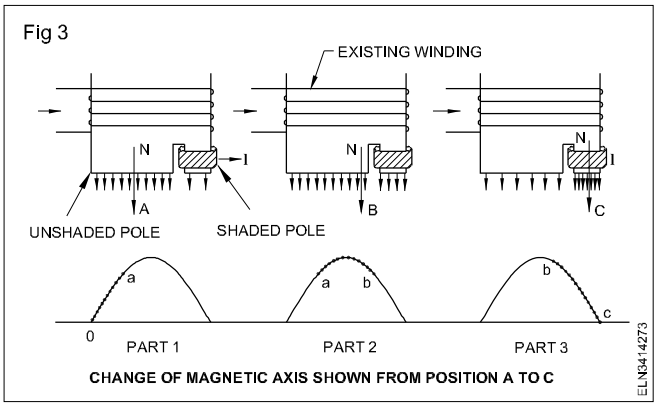
चुम्बकीय फ्लक्स का अनशेडिड भाग से शेडिड भाग की ओर शिफ्ट होना निम्न प्रकार से वर्णित किया जा सकता है।

चूंकि शेडिड कुण्डली मोटी ताम्र तार से बनी होती है, इसलिए इसका प्रतिरोध बहुत कम होता है,यह लोह क्रोड में अन्दर गहराई में होती है इसलिए इसका प्रेरकत्व उच्च होता है।

जब उत्तेजक वाइंडिंग को प्रत्यावर्ती धारा AC सप्लाई से जोड़ा जाता है तो इसमें से ज्या तरंग sine wave धारा प्रवाहित होती है। हम Fig 3 में दर्शाये हुए AC करंट के अर्द्धधनात्मक चक्र पर ध्यान देते है। जब धारा शून्य से बिन्दू 'a' तक बढती है तो धारा में परिवर्तन बडी शीघ्रता से होता है, जिसके कारण शेडिंग कुण्डली में विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिंद्धांत अनुसार होता है। शेडिंग कुण्डली में पैदा emf उत्पन्न हो जाता है जो कि फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धांत अनुसार होता है। शेडिंग कुण्डली में पैदा emf धारा प्रवाहित करती है जो कि लैन्ज के नियमानुसार इस प्रकार का फ्लक्स उत्पन्न करती है जिसकी दिशा मुख्य फ्लक्स के विपरीत होती है। यह शेडिड भाग में मुख्य फ्लक्स का विरोध करती है और इस कारण इस क्षेत्र में कुल फ्लक्स को कम कर देती है जो कि Fig 3 में में दर्शाये अनुसार न्यूनतम मान तक हो जाता है जो कि समान दिशा में तीर द्वारा दर्शाया गया है। यह चुम्बकीय फ्लक्स को अनशेडिड भाग तक सीमित कर देता है जिसके चुम्बकी अक्ष को बड़े तीर से दशार्या गया है यह Fig 3 के भाग 1 में दर्शित है। दूसरी तरफ जब धारा बिन्दू 'a' से 'b' की ओर बढती है जो कि Fig 3 के भाग 2 में बड़े तीर से दर्शाया गया है।

अगले क्षण में, जैसा कि Fig 3 के भाग 3 में बडे तीर से दिखाया गया है, जब धारा 'b' से 'c' कीओर गिरती है तो धारा मेंपरिवर्तन शीघ्रता से होता है और इसका शेडिंग रिंग में उच्च धारा उत्पन्न होती है जो कि कम होने वाले मुख्य फ्लक्स को विरोध करती है, इसलिए शेडिड भाग के क्षेत्र में फ्लक्स घनत्व बढ जाता है। इस कारण चुम्बकीय अक्ष शेडिड भाग के केन्द्र की ओर अग्रसर हो जाता है, जो कि Fig 3 के भाग 3 में बड़े तीर से दिखाया गया है।

Fig 3

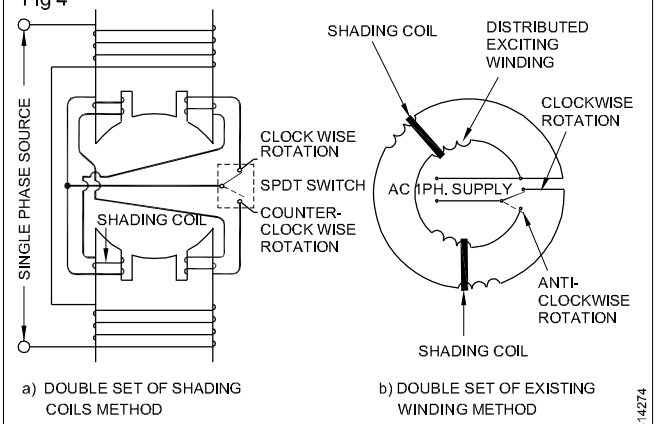


CHANGE OF MAGNETIC AXIS SHOWN FROM POSITION A TO C

उपरोक्त वर्णन अनुसार यह स्पष्ट हो जाता है कि चुम्बकीय अक्ष अनशेडिड भाग से शेडिड भाग की ओर अग्रसर होता है जो कि भौतिक रूप से गति के समरूप होता है।

इस प्रकार की सामान्य मोटर के घूमने की दिशा बदली नही जा सकती है। घूमने की दिशा बदलने वाली विशेष प्रकार की शेडिड मोटर डिजाईन की जाती है। इस प्रकार की दो मोटरों को Fig 4 में दिखाया गया है। Fig 4 के a) भाग में शेडिंग कुण्डलियों की दो सैट विधि को दिखाया गया है जबकि भाग b) में उत्तेजक वाइंडिंग की दो सैट विधि को दिखाया गया है।

Fig 4



METHODS FOR REVERSING SHADED-POLE MOTORS-TWO-POLE CONSTRUCTION

व्यावसायिक रूप में शेडिड पोल मोटरें बहुत छोटे साईज में बनाई जाती है, जो कि लगभग 1/250 HP से 1/6 HP के बीच होती है। यद्यपि येमोटरें संरचना मे सरल व सस्ती होती है, फिर भी कुछ हानियाँ होती है जो निम्नलिखित प्रकार है:

- निम्न स्टार्टिंग टॉर्क (low starting torque)
- ओवरलोड क्षमता बहुत कम (very little overload capacity)
- कम दक्षता (low efficiency)

इन मोटरों की दक्षता 5% से 35% के बीच रहती है।

चूंकि इन मोटरों का स्टार्टिंग टॉर्क कम होता है, इसलिए शेडिड पोल मोटरें सामान्यतया छोटे पंखें, खिलोने, उपयन्त्रों, हेयर ड्रायर, विज्ञापन डिस्प्ले प्रणाली व विद्युत घडियों में उपयोग की जाती है।

यूनिवर्सल मोटर (Universal motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

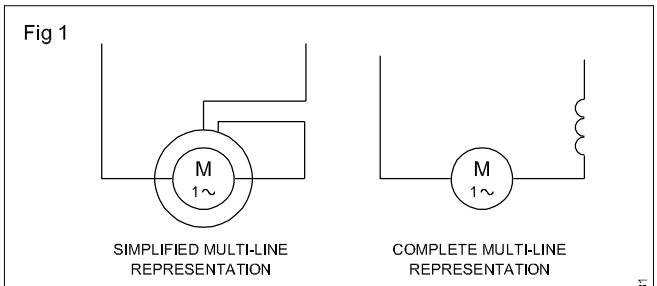
- **संरचना के क्रम में यूनिवर्सल मोटर की तुलना DC श्रेणी मोटर के साथ करना**
- **यूनिवर्सल मोटर के उपयोग, अभिलक्षण व परिचालन की व्याख्या करना**
- **घूमने की दिशा बदलने की विधि की व्याख्या करना**
- **यूनिवर्सल मोटर की गति नियन्त्रण की विधि का वर्णन करना।**

एक DC श्रेणी मोटर व यूनिवर्सल मोटर के बीच तुलना (Comparison between a universal motor and a DC series motor) :

एक यूनिवर्सल मोटर ऐसी मोटर होती है जो AC व DC दोनों सप्लाई पर परिचालन होती है। यह अन्य AC मोटर की अपेक्षा प्रति Kg लोड मे अधिक अश्व शक्ति विकसित करती है, यह इसलिए होता है कि इसकी चाल अधिक होती है। इस मोटर का परिचालन सिद्धांत DC मोटर वाला ही होता है। यद्यपि एक यूनिवर्सल मोटर DC श्रेणी की तरह ही होती है, इसमें कुछ बदलाव करने आवश्यक हो जाते है क्योंकि जब AC सप्लाई पर प्रयोग किया जायेगा तो स्पार्क रहित कम्पयूटेशन व उत्पन्न ऊष्मा कम करने के लिए इसकी संरचना, वाइन्डिंग व ब्रुशों के ग्रेड में बदलाव करना आवश्यक हो जाता है, क्योंकि AC सप्लाई पर प्रेरकत्व व आर्मेचर प्रतिक्रया बढ जाती है।

एक यूनिवर्सल मोटर की इसलिए श्रेणी मोटर या कम्पन्नसेटिड् श्रेणी मोटर के नाम से भी परिभाषित करते हे क्योंकि इसे उस DC वोल्टेज के समान गति व आउटपुट के लिए अभिकल्प (designed) किया जाता है जो एक फेज प्रत्यावर्ती धारा सप्लाई जिसकी आवृत्ति 50 Hz, से अधिक न हो, की समान RMS वोल्टेज पर कार्य कर सके। इसलिए यूनिवर्सल मोटर को AC एक फेज श्रेणी मोटर के नाम से भी जाना जाता है। Fig 1 में एक AC श्रेणी मोटर का B.I.S. 2032, Part IV के अनुसार मल्टी लाईन प्रदर्शित दिखाया गया है।

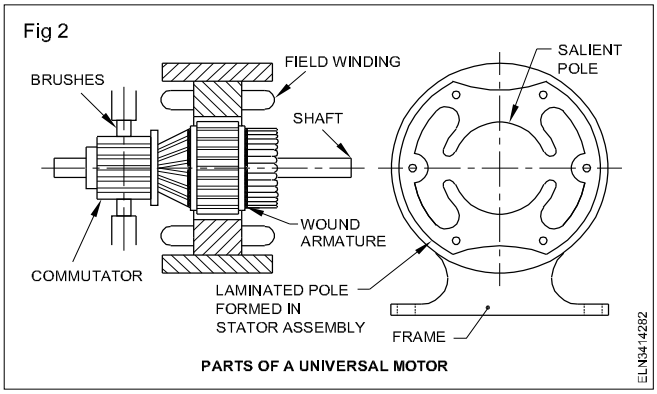
Fig 1



MULTILINE REPRESENTATION OF AC SINGLE PHASE SERIES MOTOR (BIS 2032-PART IV.)

यूनिवर्सल मोटर के मुख्य पार्ट एक आर्मेचर होता, फील्ड वाइन्डिंग, स्टेटर स्टैम्पिंग, फ्रेम,एन्ड प्लेट व ब्रुश होते है जिन्हें Fig 2 में दर्शाया गया है।

Fig 2



PARTS OF A UNIVERSAL MOTOR

निम्नलिखित प्रकार से ब्रुश पॉजिशन पर AC परिचालन में होने वाली स्पार्किंग को कम किया जा सकता है।

- आर्मेचर वाइंडिंग द्वारा उत्पन्न M.M.F. को निरस्त करने के लिए कम्पन सैटिंग वाइन्डिंग या तो लघु-पथित वाइन्डिंग होती है या आर्मेचर के श्रेणी में जुडने वाली वाइन्डिंग होती है।
- स्टेटर में कम्यूटेटिंग इंटर-पोल्स का प्रावधान रख कर और इन्टर पोल वाइन्डिंग को आर्मेचर वाइन्डिंग के श्रेणी मे जोड़ कर स्पार्किंग कम की जा सकती है।
- ब्रुश पॉजिशन पर स्पार्किंग कम करने के लिए उच्च सम्पर्क प्रतिरोध ब्रुशों का उपयोग किया जा सकता है।

निम्न सारणी में यूनिवर्सल मोटर व DC श्रेणी में अन्तर दर्शाया गया है।

यूनिवर्सल मोटर	**DC श्रेणी मोटर**
यह AC व DC सप्लाई चला सकती है	DC सप्लाई में सरलता से चल सकती है यदि AC सप्लाई से जोड़ा जाये तो यह ब्रुश पॉजिशन पर अत्याधिक स्पार्क उत्पन्न करती है और खराब कम्पयूटेशन व आर्मेचर रिएक्शन के कारण गर्म हो जाती है।
बडी मशीनों में कम्पनसेटिंग वाइन्डिंग का उपयोग आवश्यक है।	इसमें कम्पनसेटिंग वाइन्डिंग की आवश्यकता नही होती।
बड़ी मशीनों में इन्टरपोलों का उपयोग किया जाता है	सामान्यतया इन्टरपोलों की आवश्यकता नहीं पडती।
उच्च प्रतिरोध ग्रेड वाले ब्रुश उपयोग करने आवश्यक हो जाते है।	सामान्य ग्रेड के ब्रुश पर्याप्त होते है।
एयर गैप न्यूनतम रखा जाता है।	सामान्य एयर गैप रखा जाता है।

परिचालन (Operation): एक यूनिवर्सल मोटर DC मोटर के समान ही सिद्धांत पर कार्य करती है जैसे कि आर्मेचर चालकों द्वारा धारा वहन करने पर उत्पन्न फ्लक्स की मुख्य फ्लक्स पर प्रतिक्रिया के कारण आर्मेचर चालकों पर बल उत्पन्न होता है। एक यूनिवर्सल मोटर जब AC या DC सप्लाई पर परिचलित होती है तो यह एक दिशिय टार्क उत्पन्न करती है। Fig 3 में AC सप्लाई पर यूनिवर्सल मोटर का परिचालन दर्शाया गया है, इसी समय तक दिशिय टार्क परिणामस्वरूप प्राप्त होता है।

अभिलक्षण व उपयोग (Characteristic and application): युनिवर्सल मोटर की चाल लोड के विलोमानूपाती होती है, अर्थात पूर्ण लोड पर कम चाल व शून्य लोड पर उच्च चाल। शून्य लोड पर फिल्ड फ्लक्स कम होने से इसकी चाल खतरनाक ... से बढ़ जाती है । हाँलांकि इसका नो लोड पर स्पीड केवल इसके घर्षण और वायु घर्षण हानि के द्वारा सिमित होता है । इस प्रकार ये मोटर स्थायी लोड या गिर द्वारा नो लोड पर प्रचालक टोकने के लिए जोड़े जाते है । ताकि उच्च स्पीड को रोका जा सके ।

Fig 3

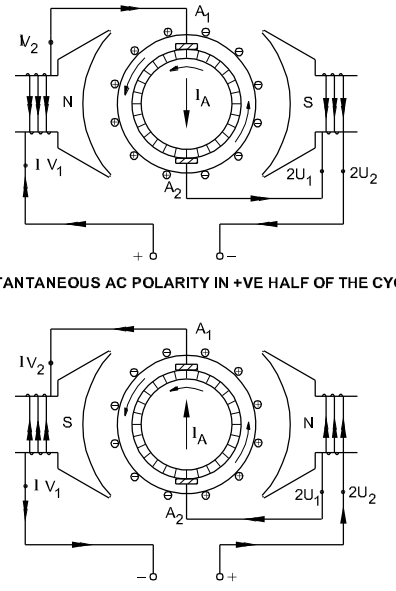
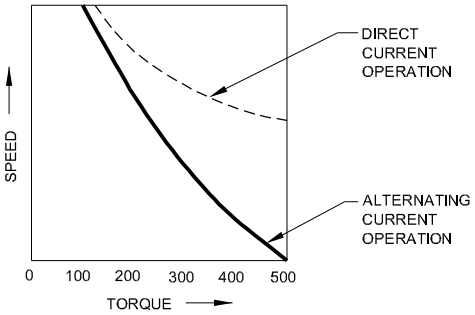


Fig 4 में एक यूनिवर्सल मोटर के दोनों AC व DC परिचालन पर टॉर्क व स्पीड के बीच के विशिष्ट सम्बन्ध दिखाये गये है। यह मोटर प्रारम्भ में पूर्ण लोड टॉर्क (full load torque) का लगभग 450 प्रतिशत टॉर्क विकसित करती है, जो कि किसी अन्य सिंगल फेज मोटर से कहीं अधिक है। युनिवर्सल मोटरें वैक्यूम क्लीनर, फूड मिक्सर, पोर्टेबल ड्रिल और घरेलू सिलाई मशीन में उपयोग की जाती है।

Fig 4

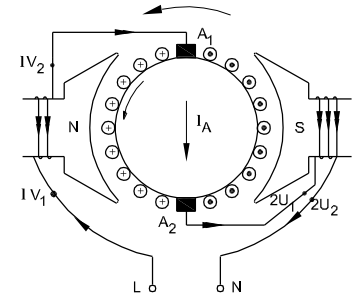


घूमने की दिशा बदलना (Change of rotation) : युनिवर्सल मोटरों के घूमने की दिशा, आर्मेचर या फिल्ड में से किसी एक में धारा प्रवाह की दिशा बदल कर, बदली जा सकती है। यह Fig 5 में दर्शाये अनुसार आसानी से ब्रुश होल्डरों की लीड बदल कर किया जा सकता है।

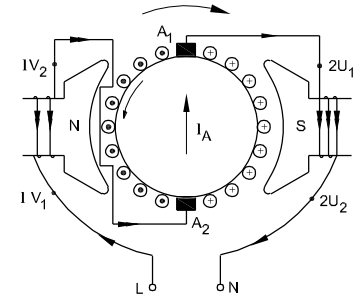
इस प्रकार यदि एक यूनिवर्सल मोटर में कम्पनसेटिंग वाइन्डिंग उपयोग की गई है तो उसमें यह ध्यान रखना चाहिए कि आर्मेचर में धारा की दिशा बदलने के साथ-साथ कम्पनसेटिंग वाइन्डिंग में भी धारा की दिशा बदल जानी चाहिए जिससे रनिंग अवस्था में लोडी स्पार्किंग से बचा जा सके।

यूनिवर्सल मोटरों की चाल नियन्त्रण (Speed control of universal motor): यूनिवर्सल मोटरों की चाल नियन्त्रण के लिए निम्नलिखित विधियाँ काम में ली जाती है।

Fig 5



(a) DIRECTION OF ROTATION: ANTICLOCKWISE

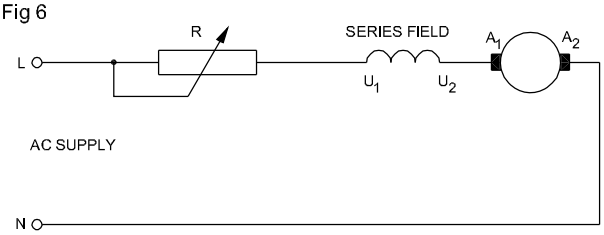


b) DIRECTION OF ROTATION:CLOCKWISE BY CHANGING ARMATURE TERMINALS

ELN3414285

श्रेणी प्रतिरोध या सप्लाई वोल्टेज नियन्त्रण विधि (Series resistance or applied voltage control method): मोटर के श्रेणी में परिवर्तित प्रतिरोध (Variable resistance) जोड कर चाल नियन्त्रित की जाती है। फुट पैडल द्वारा परिचालित सिलाई की मशीन मे इस प्रकार की विधि अपनाई जाती है। Fig 6 में इन संयोजनों को दर्शाया गया है।

Fig 6

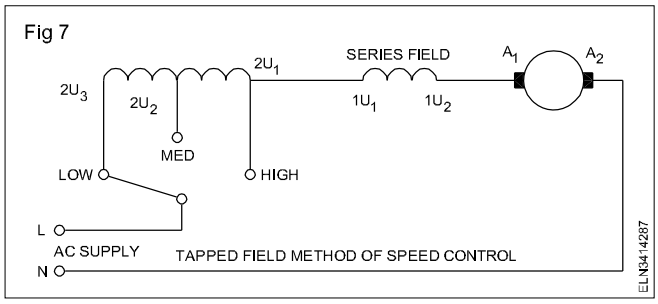


SPEED CONTROLS BY APPLIED VOLTAGE CONTROL

ELN3414286

टैप्ड फिल्ड विधि (Tapped field method): इस विधि में फिल्ड वाइन्डिंग को 2 या 3 बिन्दूओं पर से टैप्ड किया जाता है और फिल्ड के चुम्बकीय वाहक बल MMF को परिवर्तित करके चाल नियन्त्रित की जाती है। इस प्रकार के संयोजन Fig 7 में दिखाये गये है। अधिकतर घरेलु खाद्य मिक्सर में चाल (speed) नियन्त्रण के लिए यह विधि अपनाई जाती है।

Fig 7

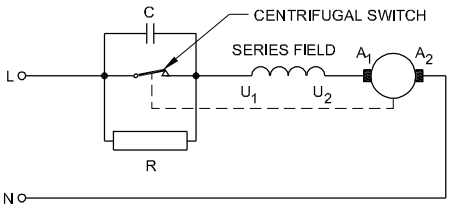


TAPPED FIELD METHOD OF SPEED CONTROL

ELN3414287

अपकेन्द्रीय स्विच विधि (Centrifugal switch method): Fig 8 के अनुसार इस विधि में एक अपकेन्द्रीय (Centrifugal) प्रक्रिया को मोटर के श्रेणी में जोड कर एक बाहरी लीवर द्वारा समायोजित किया जाता है। यदि मोटर की चाल (speed) एक निश्चित सीमा से अधिक होती है, लीवर की सैटिंग अनुसार, अपकेन्द्रीय युक्ति सम्पर्कों को खोल देती है, और परिपथ के श्रेणी में प्रतिरोध R को प्रवेश करा देती है, जिसके कारण मोटर की चाल (Speed) घटने लगती है। जब मोटर की चाल कम हो जाती है और एक निश्चित मान तक पहुँच जाती है, तो अपकेन्द्रिय (centrifugal) स्विच के सम्पर्क बन्द हो जाते है, मोटर पुनः सप्लाई से जुड जाती है और चाल (speed) बढ जाती है। कुछ एडवांस प्रकार के खाद्य मिक्सरों (food mixers) में इस प्रकार की चाल नियन्त्रण विधि (speed control method) अपनाई जाती है। अपकेन्द्रि स्विच के आर पारमें एक संधारित्र (capacitor) जोडा जाता है जो स्विचिंग के कारण होने वाली स्पार्क को कम करता है और इस प्रकार रेडियो व्यावधान (Radio interference) भी नहीं होता। उपरोक्त चाल नियन्त्रण विधियों के अतिरिक्त भी कुछ विशेष खाद्य मिक्सरों (food mixers) में इलैक्ट्रॉनिक्स विधि से चाल नियंत्रित करने के लिए थायरिस्टर का उपयोग किया जाता है।

Fig 8



CENTRIFUGAL SWITCH MECHANISM FOR SPEED CONTROL

ELN3414288

यूनिवर्सल मोटरों की समस्याओं को दूर करना (Troubleshooting of universal motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **यूनिवर्सल मोटर के लाभ व हानियों का वर्णन करना**
- **यूनिवर्सल मोटर में होने वाली खराबियों को दूर करने के लिए विधियों का वर्णन करना।**

जैसा कि सुझाव है कि यूनिवर्सल मोटर AC या DC सप्लाई पर परिचालित हो सकती है। आंशिक अश्व शक्ति fractional horse power की मोटरें इस प्रकार डिजाईन की जाती है कि ये 240 V 50 Hz AC सप्लाई और संतोषजनक ढंग से कार्य कर सके और 240V DC सप्लाई पर भी कार्य कर सके। इस प्रकार की मोटरें यूनिवर्सल मोटरें कहलाती है।

यूनिवर्सल मोटरों के लाभ (Advantages of universal motors)

- ये मोटरें उच्च स्टार्टिंग टॉर्क विकसित करती है और इनमें लोड के समानुपाती टॉर्क व गति को एडजस्ट करने की योग्यता होती है।
- यूनिवर्सल मोटरें AC व DC सप्लाई पर कार्य कर सकती है।

- फिल्ड को टैप्ड करके इनकी चाल सरलता से नियन्त्रित की जा सकती है।

यूनिवर्सल मोटरों की हानियाँ (Disadvantages of universal motors)

- चूंकि ये मोटरें उच्च चाल लगभग 40,000 rpm तक चलती है इसलिए बहुत शोर उत्पन्न करती है।
- निश्चित स्थापित अवस्थाओं में ये अधिक इनपुट पावर लेती है और इसलिए ये मोटरें अधिक गर्म होती है, यदि इन पर थोड़ा अधिक लोड डाला जाता है तो ये थोड़े समय में ही जल जाती है।
- इन्हें केवल रूक-रूक कार्य में लिया जा सकता है।
- ये रेडियो या टेलीविजन में व्यवधान उत्पन्न करती है।

यूनिवर्सल मोटर का समस्या निवारण का चार्ट (Troubleshooting chart for universal motor): यूनिवर्सल मोटरों में होने वाली सम्भावित समस्या, उनके कारण, परीक्षण विधिव उनके निवारण के सुझाव सारणी 1 में दिये गये है। चूंकि यूनिवर्सल मोटर डिजाईन में DC मशीन की तरह होती है, इसलिए प्रशिक्षणार्थियों को सलाह दी जाती है कि वे DC मशीनों में होने वाली समस्याओं के चार्ट को भी अवलोकन करें।

टेबल 1

यूनिवर्सल मोटर की समस्याओं के निवारण का चार्ट

समस्या	कारण	परीक्षण विधि	निराकरण
मोटर स्टार्ट होने में असफल	a) फ्यूज उडने से वोल्टेज नही है	a) टेस्ट लैम्प या वोल्टमीटर द्वारा टेस्ट करें	a) पिघले हुए फ्यूज को बदल दें
	b) स्टार्टर की ओवरलोड रिले में खुला परिपथ	b) टेस्ट लैम्प या वोल्टमीटर से टेस्ट करें	b) ओवरलोड रिले के सम्पर्क को रिसैट करें या ठीक करें।
	c) अपर्याप्त सप्लाई के कारण निम्न वोल्टेज	c) वोल्टमीटर से टेस्ट करें	c) स्विच या फ्यूज में ढीले कनैक्शन को ठीक करें।
	d) फिल्ड या आर्मेचर में खुला परिपथ armature.	d) ओह्ममीटर या मैगर से टेस्ट करें	d) यदि सम्भव हो तो जोड दें या वाइन्डिंग करें।
	e) कार्बन ब्रुशों का कम्यूटेटर के साथ अपर्याप्त सम्पर्क	e) देख कर निरीक्षण करें और टेस्ट लैम्प से टेस्ट करें	e) कार्बन ब्रुश का कम्यूटेटर पर उचित सम्पर्क को एडजस्ट करें
	f) कम्यूटेटर का गन्दा होना	f) देखकर परीक्षण करें और टेस्ट लैम्प से परीक्षण करें	f) स्मूथ रेगमाल (sandpaper) द्वारा कम्यूटेटर को रगड कर साफ करें।
परिचालक को झटका लगता है	a) कमजोर इन्सुलेशन के कारण फिल्ड या आर्मेचर का ग्राउण्ड हो जाना	a) मैगर या टेस्ट लैम्प द्वारा टेस्ट करे	a) दोष को ढूंढ कर व दूर करके आर्मेचर व फिल्ड में शैलक वार्निश करें।
	b) अपर्याप्त अर्थ	b) टेस्ट लैम्प या मैगर द्वारा टेस्ट करें	b) मोटर को पर्याप्त अर्थ प्रदान करें
मोटर का अधिक गड्डुड़ होना	a) फिल्ड या आर्मेचर में क्वाइल का लघुपथ होना	a) देखकर और रेजिस्टेंस माप कर टेस्ट करें	a) फिल्ड या आर्मेचर क्वाइल में लघुपथ होने पर पुनः कुण्डलित
	b) बियरिंग के जल जाना या जाम होना	b) शाफ्ट को घुमा कर चैक करें। अधिक गर्म होने पर शील्ड shield को चैक करें।	b) बियरिंग साफ करें और खराब होने पर चैक करें, आवश्यक होने पर बियरिंग बदल दें

समस्या	कारण	परीक्षण विधि	निराकरण
c) कम्यूटेटर	कम्यूटेटर पर गड्ढे होने पर लोडी स्पार्किंग का होना	c) देख कर चैक करें	c) कम्यूटेटर को साफ करें और कम्यूटेटर को सही ट्रयू करें ।
	d) कम्यूटेटर में शार्ट सर्किट होना	d) ग्राउलर द्वारा आर्मेचर को टेस्ट करें	d) कम्यूटेटर को मरम्मत करें या बदल दें।
	e) आर्मेचर या फिल्ड काको ग्राउण्ड करें।	e) मैगर से टेस्ट करें।	e) फिल्ड या आर्मेचर की मरम्मत करें या पुनः वाईडिंग करें
हमिंग की आवाज, अधिक गर्म होने पर टॉर्क उत्पन्न होना	a) फिल्ड में शार्ट सर्किट होना	a) ओह्ममीटर से टेस्ट करें	a) फिल्ड वाइन्डिंग को पुनः कुण्डलित करें।
	b) आर्मेचर क्वायल में शार्ट सर्किट	b) ग्राउलर द्वारा टेस्ट करें	b) शार्ट सर्किट आर्मेचर वाइन्डिंग को पुनः वाइंडिंग करें।

प्रतिकर्षण मोटर (Repulsion motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

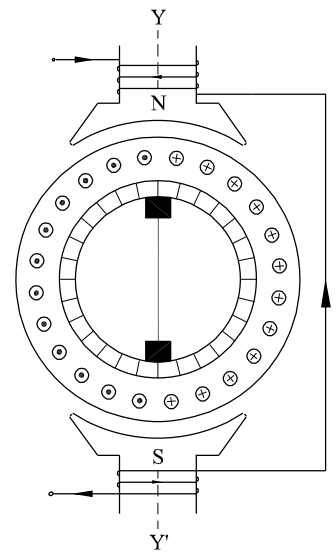
- **प्रतिकर्षण मोटर के सिद्धांत, कार्य, प्रकार व संरचना की व्याख्या करना**
- **प्रतिकर्षण मोटर के अभिलक्षण व उपयोग की व्याख्या करना।**

यद्यपि प्रतिकर्षण मोटरें संरचना मे जटिल, उच्च मूल्य वाली मोटरें होती है, परन्तु फिर भी उच्च स्टार्टिंग टॉर्क, निम्न स्टार्टिंग करंट के कारण ये कुछ विशेष उद्योगों में अब भी प्रयोग की जाती है। ये मोटरें स्टार्टिंग करंट को अधिक समय तक वहन कर सकती है, उच्च लोड को चला सकती है और इनके घूमने की दिशा आसानी से परिवर्तित की जा सकती है।

विकर्षण सिद्धांत (The repulsion principle) : Fig 1 में दर्शाए अनुसार प्रतिकर्षण मोटरों में टॉर्क उत्पन्न करने का सिद्धांत निम्न प्रकार से वर्णित किया जा सकता है। Fig 1 में ऊर्ध्वाधर चुम्बकीय अक्ष सहित एक दो पोल मोटर को दर्शाया गया है एक आर्मेचर है जिसका कम्यूटर ब्रुशों द्वारा लधुपथित है, यह चुम्बकीय-क्षेत्र में रखा गया है। जब स्टेटर वाइडिंग AC सप्लाई से जोडी जाती है, ता यह प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है। माना कि एक क्षण में ऊपर की ओर उत्तरी ध्रुव और नीचे की ओर दक्षिणी ध्रुव हैं, जो इस प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा उत्पन्न किए गए हैं इसके कारण ट्रांसफार्मर क्रिया के द्वारा रोटर के सभी चालकों में वोल्टेज उत्पन्न करती है। चालकों में धारा की दिशा लेन्ज के नियमानुसार इस प्रकार की होती है कि स्टेटर के उत्तरी ध्रुव के नीचे रोटर के ऊपर वाले चालकों द्वारा उत्तरी ध्रुव बन जाता है, और नीचे के स्टेटर के दक्षिणी ध्रुव के ऊपर रोटर में दक्षिणी ध्रुव बनता है जो प्रेरण क्रिया का विरोध करता है। इस प्रकार एक दिशा में स्टेटर पोल व रोटर पोल एक दूसरे का विरोध करते हैं। इसलिए इस अवस्था मे किसी टॉर्क के स्पर्श ज्या अवयव की अनुपस्थिति के कारण कोई टॉर्क उत्पन्न नहीं होता है।

अब मान ले कि Fig 2 कि अनुसार लघु-पथित ब्रुश अक्ष को घुमाया गया है। इस नई अवस्था में आर्मेचर की चुम्बकीय अक्ष मुख्य पोलों की ऊर्ध्वाधर

Fig 1



अक्ष की सीध में नहीं है। अब यह अक्ष `KK' के साथ उत्तरी व दक्षिणी ध्रुव से कोण `A°' से आगे सरक गई है जो कि ब्रशों को अग्रसर करने पर निर्भर है। इस अवस्था में धारा की दिशा चालक 1,2,3 व 13,14,15 में विपरीत हो गई। इस प्रकार, आर्मेचर एक इलैक्ट्रोमैगनेट बन जाता है जिसके उत्तरी ध्रूव (N) व दक्षिणी ध्रुव (S) अक्ष `KK' में मुख्य चुम्बकीय अक्ष से `A°' से आगे हो जाता है। अब यह अवस्था बन जाती है कि रोटर का उत्तरी ध्रूव स्टेटर के उत्तरी ध्रुव से विकर्षित ध्रुव से विकर्षित हो जाता है। अब स्टेटर व रोटर के ध्रुवों में विकर्षण के कारण, रोटर क्लॉक वाइज दिशा में घूमना

प्रारम्भ कर देता है। चूंकि मोटर का टॉर्क प्रतिकर्षण या विकर्षण क्रिया के कारण उत्पन्न होता है, इसलिए मोटर का नाम भी प्रतिकर्षण मोटर प्रचलित हो गया है।

घूमने की दिशा (Direction of rotation) : इस मोटर की घूमने की दिशा बदलने के लिए, ब्रुश अक्ष को Fig 2 से दांयी तरुफ से Fig 3 के अनुसार बाईं तरुफ वामावृत दिशा में मुख्य अक्ष से बदलना पड़ता है। D.O.R.

Fig 2

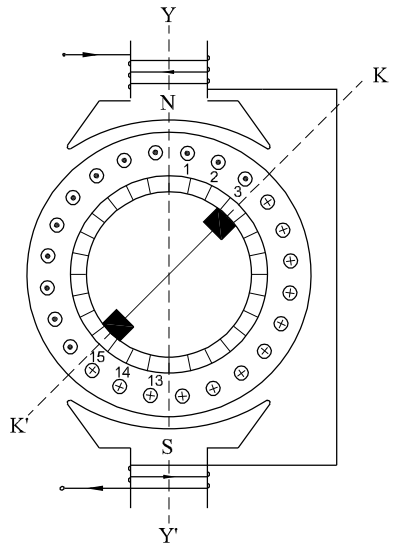
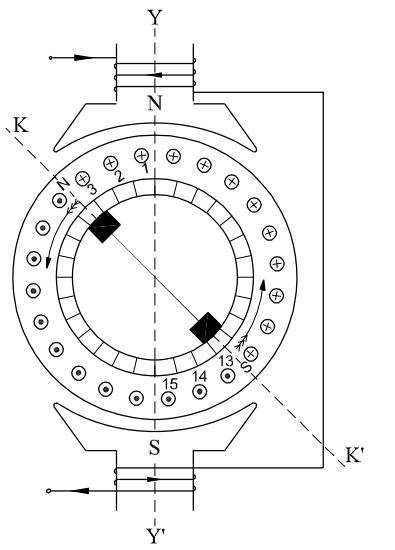


Fig 3



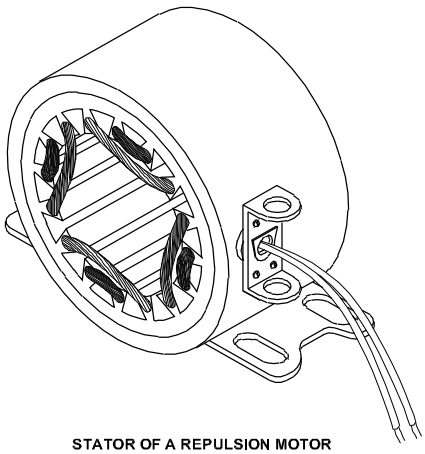
यह कार्य सिद्धांत लगभग सभी विकर्षण मोटरों में समान रूप से लागू होता है, जिनके स्टेटर में वितरित प्रकार की वाइंडिंग की हुई होती है।

विकर्षण मोटरों के प्रकार (Types of repulsion motors) : विकर्षण मोटरें निम्नलिखित चार प्रकार की होती है।

- विकर्षण मोटर (Repulsion motor)
- कम्पन्न सैटिड - विकर्षण मोटर (Compensated-repulsion motor)
- विकर्षण-प्रारम्भ, प्रेरण-चल मोटर (Repulsion-start, induction-run motor)
- विकर्षण-प्रेरण मोटर (Repulsion-induction motor)

संरचना (Construction): केवल विशेष प्रकार की कम्पन्नसैटिड रिप्पलशन मोटर को छोड़कर शेष अन्य सभी प्रकार की रिपल्शन मोटरों के स्टेटर की संरचना समान होती है। सामान्यतया सभी प्रकार की रिपल्शन मोटरों की स्टेटर वाइन्डिंग वितरण प्रकार की होती है, जो non-salient ध्रुव प्रकार की, स्टेटर के खांचों में रखी हुई होती है, और Fig 4 की तरह इसके दो टर्मिनल बाहर निकले हुए होते है। यह चार, छः व आठ ध्रुवों के लिए वाउण्ड होते है। प्रत्येक प्रकार की रिपल्शन मोटर का स्टेटर भिन्न-भिन्न होता है, और जो भिन्न भिन्न प्रकार से वर्णित होगा।

Fig 4



विकर्षण मोटर (Repulsion motor): रिपल्शन मोटर की सामान्य संरचना वर्णन की गई रिपल्शन सिद्धांत के समान होती है। अतः रिपल्शन मोटर का रोटर DC आर्मेचर की तरह होता है जो कि Fig 5 में दिखाया गया है। रोटर में वितरित लैप या वेव वाइन्डिंग होती है। कम्यूटेटर DC आर्मेचर की तरह का ही होता है, जो कि एक्सीयल प्रकार का होता है, जिसमें कम्यूटेटर बार शाफ्ट के समानांतर होती है व रेडियल अर्थात वर्टीकल बार पर ब्रुश क्षैतिज (horizontally) रूप मे चढे होते है। रॉकर आर्म के साथ जुडे लीवर से शार्ट सर्किट ब्रुश की पॉजिशन बदली जा सकती है। Fig 6 में रिपल्शन मोटर के B.I.S. संकेत दिखाये गये है।

Fig 5

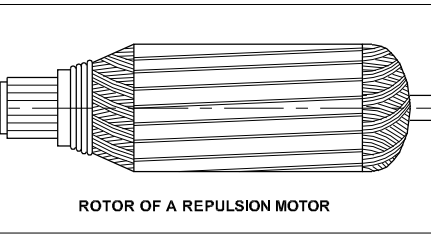
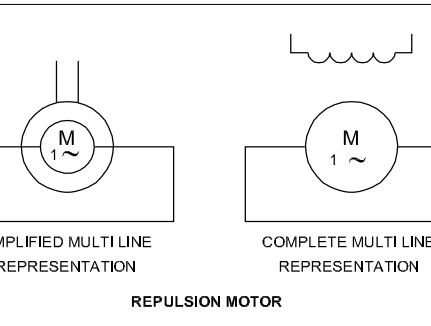
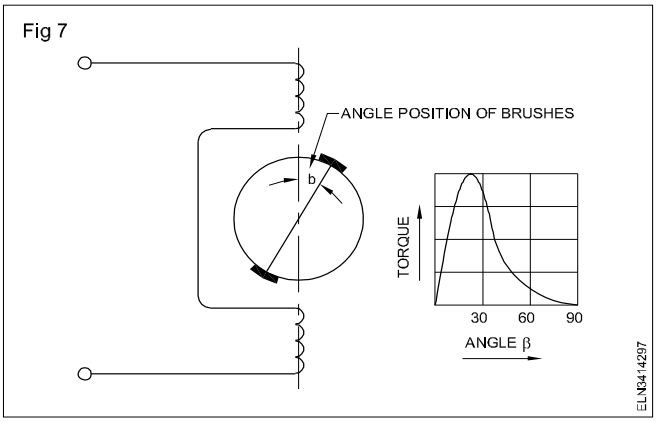


Fig 6



जैसा कि पूर्व में वर्णन किया जा चुका है कि प्रतिकर्षण मोटर में विकसित होनेवाला टॉर्क, ब्रुश के अग्रसर (brush-shaft) होने पर निर्भर करता है जैसा कि Fig 7 में दर्शाया गया है, यहाँ पर ब्रुश अग्रसर होने की दिशा से ही मोटर के रोटर के घूमने की दिशा निर्धारित होती है।

Fig 7



आगे मोटर की चाल भी ब्रुश अग्रसर होने की मात्रा पर व लोड के परिमाण (magnitude) पर निर्भर करती है। मोटर की टॉर्क व चाल अभिलक्षण Fig 9 में दर्शाय गये है।

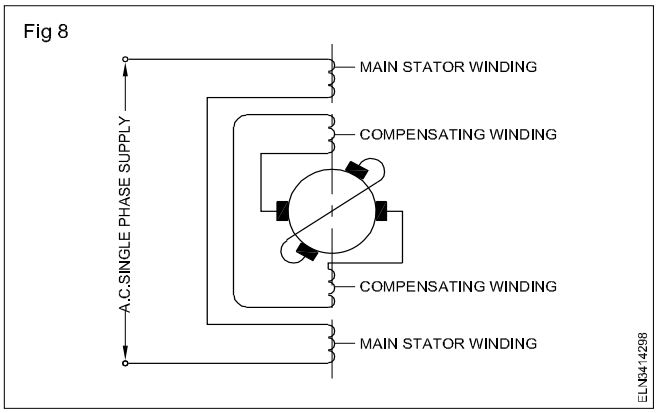
प्रतिकर्षण (Relationship between the torque & brush position angle in a repulsion motor)

यद्यपि रिपल्शन मोटर का स्टार्टिंग टॉर्क 250 से 400 प्रतिशत पूर्ण लोड टॉर्क से अधिक होता है, इसलिए हल्के लोड पर मोटर की चाल खतरनाक ढंग से उच्च होती जाती है। इसके पीछे यह सच्चाई है कि रिपल्शन मोटर की चाल फ्रिकुऐंसी व पोलों की संख्या पर निर्भर नहीं करती है, परन्तु यह रिपल्शन के सिद्धांत पर निर्भर करती है और लोडी लोड पर ब्रुशों पर स्पार्किंग होने की सम्भावना रहती है। निम्न (low) चालों पर मोटर का शक्ति गुणक कम होगा। इसलिए परम्परागत प्रकार की रिपल्शन मोटरें अधिक उपयोग नहीं की जाती है अपितु अन्य सुधारी हुई तीन प्रकार की रिपल्शन मोटरें लोकप्रिय है।

कम्पन्नसैटिड विकर्षण मोटर (Compensated repulsion motor) : कम्पन्न सैटिड विकर्षण मोटर का रोटर रिपल्शन मोटर जैसा ही होता है, केवल अन्तर इतना होता है कि, सामान्य लघुपथित ब्रुशों के अतिरिक्त ब्रुशों का एक सैट इनके बीच रखा जाता है। इसके अतिरिक्त स्टेटर मे एक ओर अतिरिक्त वाइन्डिंग होती है, जिसे कम्पनसेटिड वाइन्डिंग कहते है जिसे Fig 8 में दिखाया गया है।

कम्पन्न सैटिंग वाइन्डिंग का उद्देश्य शक्ति गुणक में सुधार करना और चाल नियमन (speed regulation) अच्छा रखना है। यह कम्पन्न सैटिंग वाइन्डिंग

Fig 8

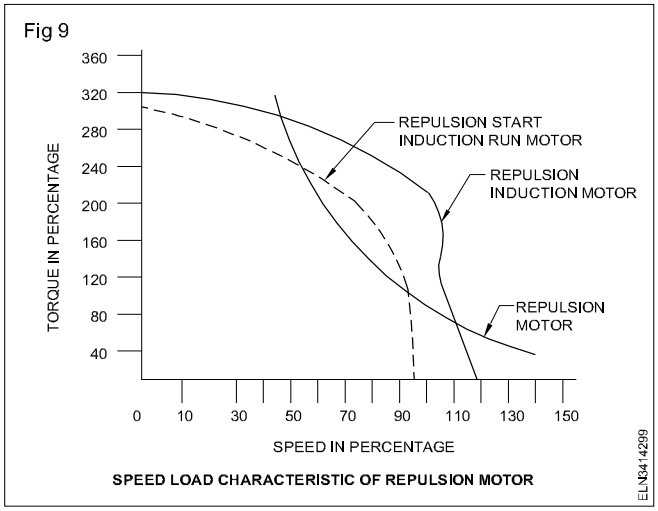


स्टेटर के आंतरिक खाँचों में रखी जाती है और आर्मेचर के श्रेणी में जोड़ी जाती है।

विकर्षण-प्रारम्भ, प्रेरण-चल मोटर (Repulsion-start, induction-run motor) : इस मोटर का रोटर, रिपल्शन मोटर की तरह का ही होता है, परन्तु कम्यूटेटर व ब्रुश यन्त्रावली (brush mechanism) पूरी तरह भिन्न होती है। यह मोटर रिपल्शन मोटर की तरह प्रारम्भ होती है, और अपनी निर्धारित गति का लगभग 75% गति प्राप्त करने के बाद एक हार जैसी necklace-type लघुपथ यन्त्रावली अपकेन्द्रिय बल से क्रियाशील होकर, पूरे कम्यूटेटर को लघुपथित कर देती है। इसके बाद आर्मेचर शार्ट सर्किट होने के पश्चात यह मोटर प्रेरण मोटर की तरह कार्य करने लगती है। कम्यूटेटर के लघुपथ हो जाने के बाद कुछ मशीनों में एक विशेष प्रकार की यन्त्रावली (mechanism) होती है जो ब्रुशों को उठा लेती है जिससे ब्रुशों और कम्यूटेटर के बीच टूट-फूट से बचा जा सकता है।

इस मोटर की टॉर्क,चाल अभिलक्षण Fig 9 में दर्शाये गये है।

Fig 9



विकर्षण-प्रेरण मोटर (Repulsion-induction motor) : इस प्रकार की मोटर के रोटर में गिलहरी पिंजरा (squirrel cage) मोटर की तरह रोटर की गहराई में वाइंडिंग की जाती है। यह वाइन्डिंग सामान्य वाइन्डिंग के अतिरिक्त होती है। ब्रुश शार्ट सर्किट हो जाते है और वे पूरी तरह से कम्यूटेटर पर चढे होते है। सामान्यतया प्रारम्भिक बलाघूर्ण (starting torque) रोटर के कुण्डलित भाग में विकसित होता है, जबकि रनिंग अभिलक्षण Fig 9 में दर्शाये गये है। इससे थोड़ा कम टार्क, जो कि फुल लोड टार्क का 300% होता है, उत्पन्न होता है और यह लोड पर प्रारम्भ हो सकती है व लोड पर समरूपता से चल भी सकती है। इस मोटर के स्टार्टिंग अभिलक्षण DC कम्पाउण्ड मोटर जैसे होते है, और रनिंग अभिलक्षण प्रेरण मोटर के जैसे होते है।

अनुप्रयोग (APPLICATION): इन मोटरों में औसत स्टार्टिंग टार्क फुल लोड टार्क का 300-400 प्रतिशत तक होता है और ये मोटरें वहाँ पर पसन्द की जाती है जहाँ पर (starting period) तुलनात्मक रूप से लोडी लोड के कारण अधिक होता है। शानदार स्टार्टिंग टार्क, कुछ ओवर लोड को सहन करने की योग्यता, अच्छा स्पीड रेगुलेशन और घूमने की दिशा आसानी से परिवर्तन होने के, गुणों के कारण ये मोटरें रेफरीजरेटर एयर-कम्प्रैशर, क्वाइल वाईंडर, पेट्रोल पम्पों, मशीनों टूल, मिक्सिंग मशीनों, लिफ्ट व होइ स्ट इत्यादि में प्रयोग की जाती है।

स्टैप्पर मोटर (Stepper motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **स्टैप्पर मोटर की मौलिक सिद्धान्त व ओपन लूप ऑपरेशन का वर्णन करना**
- **प्रत्येक प्रकार की स्टैप्पर मोटर की सूची बनाना व वर्णन करना**
- **स्टैप्पर मोटर के लाभ, हानियाँ व अनुप्रयोग का वर्णन करना।**

मौलिक सिद्धांत (Basic Theory)

मूल रूप में एक स्टैप्पर मोटर सिन्क्रोनस (synchronous motor) होती है। इसमें कोई ब्रुश नहीं होते है। यह एक इलैक्ट्रोमेकैनिकल युक्ति है जो विद्युत स्पंदों (pulses) को लघु यान्त्रिक चालों (discrete mechanical) में बदलती है। स्टैप्पर मोटर की शाफ्ट या स्पिण्डल रूक-रूक कर घुमती है जब इसको उचित क्रमानुसार विद्युत स्पंदों का आदेश मिलता है। इस प्रकार की इनपुट स्पंदों के साथ कुछ सीधा सम्बन्ध होता है। मोटर की शाफ्ट के घूमने की दिशा का भी प्रदान की गई स्पंदो के साथ सीधा सम्बन्ध होता है। मोटर की शाफ्ट के घूमने की गति इनपुट स्पंदों की आवृत्ति के समानुपाती और घूमने की लम्बाई (length of rotation) सप्लाई स्पंदों की संख्या के समानुपाती होती है।

यह युक्ति लगातार नहीं घूमती है, परन्तु यह स्पंदो के रूप में घूमती है। विभिन्न प्रकार की स्टैप्पर मोटरें उपलब्ध है, जो कि प्रति चक्र 12,24,72,144,180 और 200 स्टैप के अनुसार बनाई जाती है। इन मोटरों में स्टैप्पिंग एंगल 300, 150, 50, 2.50, 20 और 1.80 प्रति स्टैप होता है।

खुला लुप परिचालन (Open loop opearation)

स्टैप्पर मोटर का सबसे उत्तम लाभ यह है कि इसमें खुला लूप पद्धति में यथार्थ (accurately) रूप में नियन्त्रित करने की योग्यता होती है। खुला लूप कन्ट्रोल का अर्थ है कि इसे इसकी स्थिति की सूचना की फीडबैक की आवश्यकता नहीं होती। इस प्रकार के कंट्रोल में महंगे संवेदनशील और फीड बैक युक्ति जैसे कि ऑप्टिकल एनकोडर (optical encoders) कीआवश्यकता नहीं होती। इनपुट स्टैप्प स्पंदो को निश्चित मार्ग (track) पर रखकर इसकी स्थिति सरलता से ज्ञात की जा सकती है।

स्टैप्पर मोटर के प्रकार (Stepper motor types): निम्नलिखित तीन प्रकार की मौलिक स्टैप्पर मोटरें होती है।

1 वेरियेबल-रिलैक्टैंस (Variable-reluctance) (Fig 1)

2 स्थायी-चुम्बक (Permanent-magnet) (Fig 2)

3 हाइब्रिड (Hybrid) (Fig 3)

1 वेरियेबल-रिलैक्टैंस (Variable-Reluctance) (VR): इस प्रकार की स्टैप्पर मोटर लम्बे समय से प्रचलन में है। Fig 1 में दर्शित एक विशेष VR स्टैप्पर मोटर को संरचना की दृष्टि से सरलता से समझा जा सकता है। इस प्रकार की मोटर में एक नरम लोह व कई दाँतो वाला रोटर व कुण्डलित स्टेटर होता है। जब स्टेटर वाइन्डिंग DC सप्लाई द्वारा अर्जित (energized) की जाती है, तो स्टेटर पोल चुम्बकित हो जाते है। जब रोटर दाँत ऊर्जित स्टेटर पोलों द्वारा आकर्षित किये जाते है तो रोटर घूमना प्रारम्भ कर देता है।

Fig 1

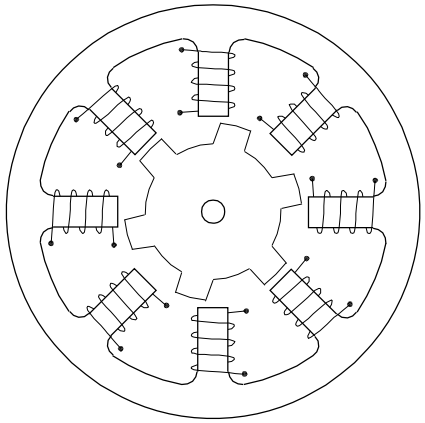


Fig 2

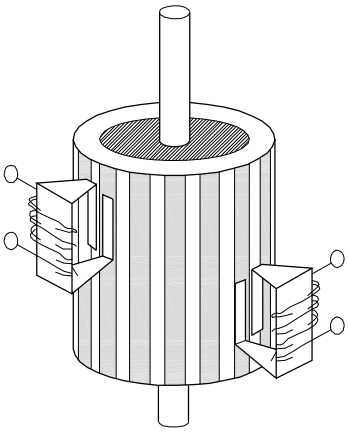
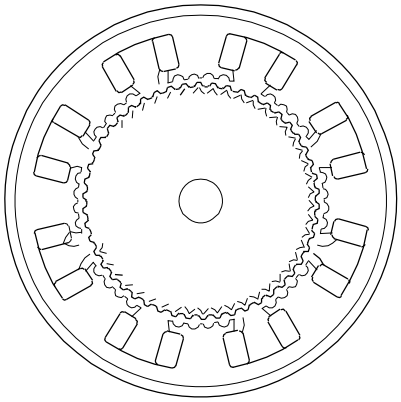


Fig 3



2 स्थायी चुम्बक (Permanent magnet) (PM): इस प्रायः टिन कैन ("tin can") या कैन स्टॉक ("can stock") मोटर के नाम से जाना जाता है जो कि स्थायी चुम्बक युक्त मोटर होती है, कम मूल्य

व निम्न रिजोल्यूशन प्रकार की मोटर होती है जिसमें स्टैप कोण 7.50 से 150 (48 - 24 स्टैप/प्रति चक्र) होते है। इस PM मोटर का स्थायी चुम्बक मोटर इसलिए रखा गया है क्योंकि Fig 2 के अनुसार इसकी संरचना में स्थायी चुम्बक जुड़े रहते है। रोटर पर VR मोटर की तरह दाँत नही होते, बल्कि रोटर प्रत्यावर्ती उत्तरी व दक्षिणी ध्रुवों द्वारा चुम्बकित होता है। ये रोटर शाफ्ट को चुम्बकित करते है। ये चुम्बकित रोटर पोल फ्लक्स तीव्रता को बढाने का कार्य करते है और इस कारण स्थायी चुम्बक PM मोटर में VR प्रकार की मोटर की अपेक्षा टॉर्क अभिलक्षणों में सुधार होता है।

3 **हाइब्रिड (Hybrid) (HB):** हाइब्रिड स्टैप्पर मोटर स्थायी चुम्बक PM स्टैप्पर मोटर से महंगी होती है, परन्तु स्टैप रैज्यूलोशन मोटर की अपेक्षा बेहतर टॉर्क व गति प्रदान करती है। HB स्टैप्पर मोटर में स्टैप कोण विशेष रूप से 3.60 से 0.90 की परास में (100 - 400 स्टैप प्रति चक्र) होते है। हाइब्रिड स्टैप्पर मोटर में PM मोटर व VR प्रकार की स्टैप्पर मोटर के दोनों के गुण सम्मिलित होते है। इसके रोटर पर VR स्टैप्पर मोटर की तरह कई दाँते होते है और इसकी शाफ्ट के के चारों और अक्षीय रूप में सकेन्द्रित (concentric) चुम्बक होते है जैसा कि Fig 3 में दिखाया गया है। रोटर पर दाँत एक समान अच्छा मार्ग प्रदान करते है जो चुम्बकीय फ्लक्स को वायु अन्तराल में उचित स्थान प्राप्त करनेमें सहायता करता है। इसके अतिरिक्त यह VR व PM प्रकार की मोटरों की अपेक्षा शानदार, होल्डिंग व डायनेमिक टॉर्क अभिलक्षण प्रदान करती है।

दो सबसे अधिक उपयोग होने वाली स्टैप्पर मोटरों में स्थायी चुम्बक व हाइब्रिड प्रकार की स्टैप्पर मोटरें है।

लाभ व हानियाँ (Advantages and Disadvantages)

लाभ (Advantages)

1 मोटर का घूर्णमान कोण (rotation angle) इनपुट पल्स (pulse) के समानुपाती होता है।

2 यदि वाइन्डिंग को ऊर्जित (energized) कर दिया जाए तो स्टार्टिंग की अवस्था से मोटर में फुल टार्क विकसित होता है।

3 अच्छी स्टैप्पर मोटर में शुद्धता की स्थिति (Preciese positioning) और दुबारा चलने पर प्रत्येक स्टैप में 3-5% शुद्धता के साथ चलने की योग्यता होती है और यह त्रुटि अगले स्टैप में जुडती नहीं है।

4 स्टार्टिंग/स्टॉपिंग/ रिवर्स करने में शानदार प्रदर्शन करती है।

5 चूंकि मोटर में ब्रुश सम्पर्क नही है, इसलिए बहुत विश्वसनीय है। इसलिए मोटर की आयु केवल बियरिंग की आयु पर ही निर्भर रह जाती है।

6 डिजीटल इनपुट पल्स के साथ मोटर ओपन लूप कन्ट्रोल प्रदान करती है, जिससे मोटर बनावट में सरल हो जाती है और नियन्त्रण सस्ता हो जाता है।

7 मोटर की शाफ्ट से सीधा जुडा लोड पर, मोटर से बहुत कम चाल पर भी सिन्क्रोनस चाल प्राप्त करना सम्भव है।

8 इनपुट पल्स की फ्रीक्वेंसी के समानुपाती घूमने की चाल को बडी रेंज में प्राप्त किया जा सकता है।

हानियाँ (Disadvantages)

1 उचित प्रकार से नियन्त्रित न करने पर अनुनाद (Resonances) उत्पन्न हो जाता है।

2 उच्च चाल पर परिचालन आसान नही है।

उपयोग (Application)

इसके कई उपयोग है जिनमें है प्रिन्टर, प्लॉटर, कार्यलयो के उपकरणों की कई प्रकार, हार्ड डिस्क ड्राइव, चिकित्सकीय उपकरण, फैक्स मशीन, ऑटोमोटिव व कई अन्य उपकरण।

हिस्टेरिसिस मोटर (Hysteresis motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **हिस्टेरिसिस मोटर की संरचना का विवरण देना**
- **हिस्टेरिसिस मोटर के कार्य सिद्धांत का वर्णन करना**
- **टार्क-चाल (टार्क स्पीड) अभिलक्षण का वर्णन करना**
- **हिस्टेरेसिस मोटर के लाभ, हानियाँ व उपयोग की सूची बनाना।**

एक हिस्टेरिसिस मोटर, एक सिन्क्रोनस मोटर होती है जिसमें उभरे हुए पोल नही होते और न ही dc उत्तेजन होता है, जो इसके कठोर इस्पात द्वारा बने द्वितीयक भाग (secondary member) में उत्पन्न हिस्टेरेसिस हानियों द्वारा स्टार्ट होती है, इस भाग में प्राइमरी भाग द्वारा घूमता हुआ फ्लक्स उत्पन्न होता है और यह सामान्यतया सिन्क्रोनस चाल पर परिचालित होती है। द्वितीयक क्रोड secondary core की धारणशीलता के कारण हिस्टेरेसिस टॉर्क पर चलती रहती है।

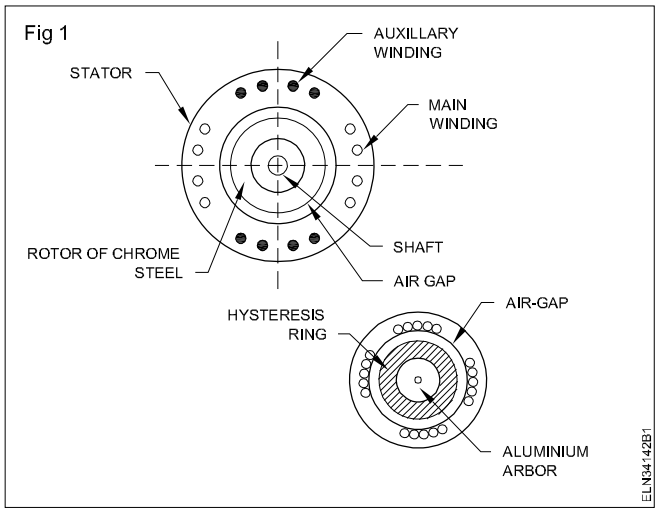
यह एक एक फेज मोटर होती है, जिसका परिचालन हिस्टेरेसिस प्रभाव पर निर्भर करता है जैसे कि फैरोमैग्नेटिक पदार्थ में उत्पन्न चुम्बकत्व का चुम्बकीय बल से पीछे रह जाना।

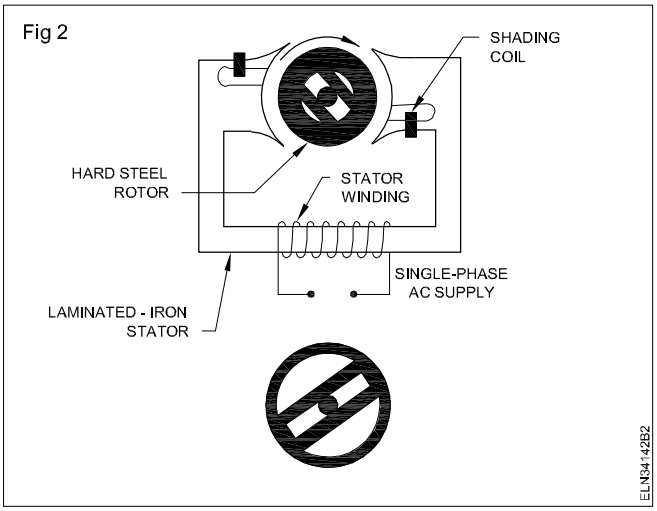
सरंचना (Construction):

इसमें है: (i) स्टेटर

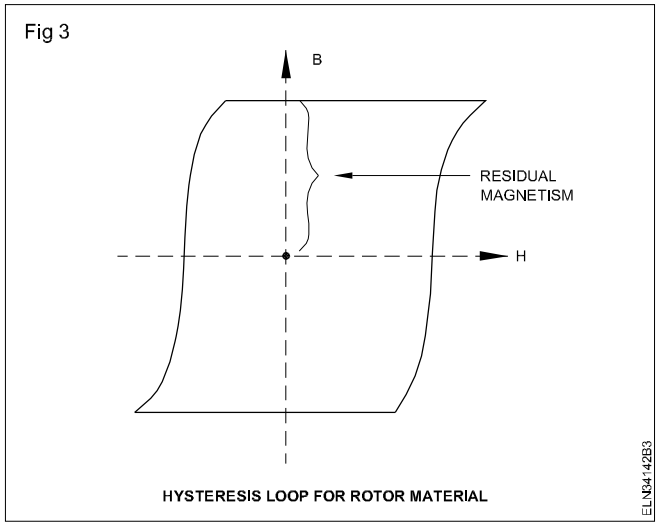
(ii) रोटर

i) स्टेटर(Stator): इसका स्टेटर इस प्रकार डिजाइन किया जाता है कि यह एक फेज पदार्थ पर तुल्यकालिक घुमता हुआ फिल्ड पैदा कर सकें। स्टेटर में मुख्य व एग्लीलरी वाइंडिंग होती हैं (जो कि स्पिलिट फेज हिस्टेरेसिस मोटर के रूप में जानी जाती है) जो कि Fig. 1.में दर्शाये अनुसार रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड उत्पन्न करती है। (स्टेटर शेडिड मोटर कहलाती है) जो कि Fig. 2 में दिखाया गया हैं।





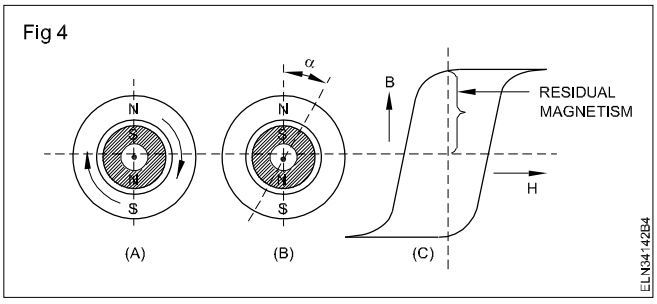
ii) रोटर (Rotor) : हिस्टेरेसिस मोटरों का रोटर उच्च हिस्टेरेसिस हानियों वाले चुम्बकीय पदार्थ से बना होता है, जिसका हिस्टेरेसिस लूप क्षेत्रफल Fig. 3 में दर्शाये अनुसार बहुत बड़ा होता है। रोटर पर कोई वाइडिंग या दांत नहीं होता है। इस प्रकार के रोटर पर दो या अधिक बाहरी छल्ले और क्रॉस बार होते हैं, ये सभी कठोर इस्पात का उष्मा उपचारित करके बनाए जाते है। इस्पात का चयन इस प्रकार किया जाता है कि इसका हिस्टेरिसिस लूप क्षेत्र बहुत बड़ा हो। जब घुमता हुआ फिल्ड रोटर के ऊपर से गुजरता है तो हिस्टेरिसिस प्रभाव से बलपूर्ण विकसित होता है और मोटर चलना प्रारम्भ कर देती है। जैसे ही गति बढ़कर सिन्क्रोनस गति के लगभग बराबर होने लगती है, तो फ्लक्स के मार्ग में क्रास बार निम्न प्रतिष्टम्भ (low reluctance) प्रदान करती है और इस प्रकार रोटर में एक स्थायी पोल स्थापित हो जाता है और इस कारण मोटर सिन्क्रोन्स गति से लगातार घूमती रहती है।



कार्य सिद्धांत (Working Principle):

जब स्टेटा को उर्जित (energized), किया जाता है, तो यह घूमने वाला चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है। प्रारम्भ के समय मुख्य वाइडिंग व एग्लीलरी वाइडिंग सप्लाई से जुड़ी होनी चाहिए, ताकि रनिंग अवस्था में रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड बना रहें। प्रारम्भ के क्षणों में रोटर भँवर धारा टार्क व हिस्टेरिसिस बलाघूर्ण द्वारा घूमना शुरू करता है। एक बार जब चाल तुल्यकालिक चाल के बराबर पहुंचती है तो स्टेटर, रोटर को तुल्यकालन की ओर खींच लेता है।

इस अवस्था में स्टेटर फिल्ड व रोटर फिल्ड के बीच सापेक्ष गति समाप्त हो जाती है, इसलिए भवर धाराओं के कारण उत्पन्न टार्क भी समाप्त हो जाता है। जब रोटर तुल्यकालिक चाल से घूमने लगता है, तो स्टेटर का रोटेटिंग फिल्ड फ्लक्स रोटर पर पोल उत्पन्न करने लगता है जैसा कि Fig. 4 में दिखाया गया है।



हिस्टेरेसिस प्रभाव के कारण रोटर पोल अक्ष रोटेटिंग मेग्नेटिक फील्ड के अक्ष से पीछे हो जाता है। इस कारण रोटर दके पाले घूमने वाले स्टेटर के पोलो की ओर आकर्षित हो जाते हैं। इस प्रकार रोटर जो टॉर्क प्राप्त करता है वह हिस्टेरेसिस टॉर्क कहलाता है। सभी चालों पर यह टॉर्क स्थिर रहता है।

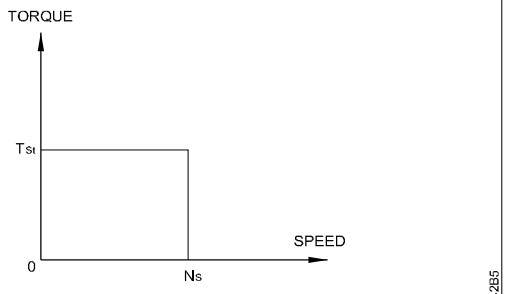
जब स्टेटर फिल्ड अग्र दिशा में बढ़ता है, उच्च अवशिष्ट चुम्बकत्व के कारण (धारणशीलता) रोटर की पोल सामर्थ्य बनी रहती है। हिस्टेरिसिस टॉर्क रोटर गति से स्वतंत्र होता है। उच्च धारण शीलता स्टेटर व रोटर के बीच चुम्बकीय जकडन बनाए रखती है। केवल हिस्टेरेसिस टॉर्क उपस्थित रहता है जो रोटर को तुल्यकालिक गति पर चलाता रहता है।

हिस्टेरेसिस मोटर के रोटर में उत्पन्न हिस्टेरेसिस हानियाँ हिस्टेरिसिस लूप क्षेत्रफल के समानुपाती होती है,। इन हानियों के कारण रोटर में ऊष्मा होती है।

टार्क चाल अभिलक्षण (Torque-Speed Characteristics)

इस प्रकार की मोटर में स्टार्टिंग व रनिंग टार्क लगभग समान रहता है। चूंकि स्टेटर में दो वाइडिंग होती है, इस कारण इसकी घूमने की दिशा मुख्य वाइडिंग या एग्लीलरी वाइडिंग के टर्मिनल बदल कर बदली जा सकती है। Fig. 5 में बलापूर्ण चाल अभिलक्षण दिखाए गए है।

Fig 5



TORQUE - SPEED CHARACTERISTICS OF HYSTERESIS MOTOR

लाभ (Advantages):

हिस्टेरेसिस मोटर के निम्नलिखित लाभ हैं:

1 चूंकि रोटर में कोई दाँते नही होते, कोई वाइडिंग नही होती, तो यात्रिक कम्पन्न भी नहीं होते है।

2 कम्पन्न रहित होने के कारण, परिचालन शांत व शोर रहित होता है।

3 प्रारम्भिक लोड पर स्टार्ट होने में योग्य है।

4. गियर ट्रेन लगाने से कई स्पीड प्राप्त करने में योग्य है।

हानियाँ (Disadvantages):

हिस्टेरेसिस मोटर के निम्नलिखित लाभ है:

1 समान आकार की प्रेरण मोटर की अपेक्षा आऊटपुट एक चौथाई है।

2 दक्षता निम्न है।

3 शक्ति गुणक निम्न होता है।

4 टॉर्क कम होता है।

5 बहुत छोटे साईज में उपलब्ध है।

उपयोग (Applications):

शोर रहित परिचालन के कारण यह ध्वनि रिकोंडिंग यन्त्रों में उपयोग की जाती है इसके अतिरिक्त ध्वनि उत्पन्न करने वाली उपकरणो में, उच्च गुणवत्ता वाले रिकार्ड प्लेयर, इलैक्ट्रिक क्लॉक, टेलिप्रिन्टर व टाइमिंग युक्तियो में उपयोग होती है।

रिलक्टैंस मोटर (Reluctance motor)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **रिलक्टैंन्स मोटर के प्रकार की सूची बनाना**
- **रिलेक्टैंस मोटर के परिचालन का वर्णन करना**
- **रिलक्टैंस मोटर के उपयोग की सूची बनाना।**

रिलक्टैंस मोटर एक ऐसी विद्युत मोटर है जिसके फैरोमैग्नेटिक रोटर में अस्थायी चुम्बकीय पोल उत्पन्न होते है। मोटर में चुम्बकीय रिलक्टैंस की अवधारणा द्वारा टॉर्क उत्पन्न होता है।

रिलक्टैंस मोटर निम्न प्रकार की होती है:

- सिन्क्रोनस रिलक्टैंस मोटर (Synchronous reluctance motor)
- परिवर्तित रिलक्टैंस मोटर (Variable reluctance motor)
- स्विच्ड रिलक्टैंस मोटर (Switched reluctance motor)
- परिवर्तित रिलक्टैंस स्टैपिंग मोटर (Variable reluctance stepping motor)

रिलक्टैंस मोटरें कम मूल्य पर बहुत उच्च शक्ति घनत्व प्रदान कर सकती है, इसलिए बहुत सारे अनुप्रयोगों में आदर्श बन गई है। परन्तु हानियाँ यह है कि जब कम गति पर परिचालित होती है तो बलाघूर्ण में रिप्पल पैदा होते है जिसके कारण शोर भी उत्पन्न होता है। (एक घूमाव चक्र में उच्चतम व न्यूनतम बलाघूर्ण के अन्दर को टॉर्क रिप्पल कहते है।)

रिलक्टैंस मोटर का परिचालन (Operation of reluctance motor)'

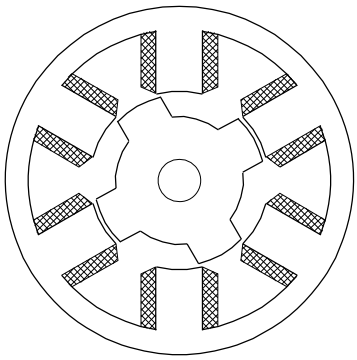
स्टेटर में कई उभरे हुए (salient) इलैक्ट्रोमैग्नेट पोल होते है, जो कि ब्रुश युक्त DC मोटर की तरह कुण्डलित होते है। (Fig 1) रोटर नरम चुम्बकीय पदार्थ युक्त होता है, जैसे कि पट्टलित सिलीकॉन स्टील, जिसके कई सारे उभरे हुए होते है जो चुम्बकीय रिलक्टैंस के माध्यम से सेलीयेन्ट मैगनेटिक पोल की तरह कार्य करते है। रिलक्टैंस मोटर का स्विच ऑन करने पर, विशेषकर रोटर पोलों की संख्या स्टेटर पोलों की संख्या से कम होती है, जो टॉर्क रिप्पल को कम कर देती है और पोलों को उस एलाइनमेन्ट पॉजिशन से रोकती है जिस पर टॉर्क उत्पन्न नही होता है।

जब एक रोटर पोल दो पास पास वाले स्टेटर पोलों से बराबर दूरी पर होता है, तो रोटर पोल "पूर्णतया अनएलाइन्मैन्ट पोजिशन" में कहा जाता है। रोटर पोल के लिए यह पोजिशन उच्चतम चुम्बकीय रिलक्टैंस वाली होती है। एलाईन पॉजिशन में, दो (या अधिक) रोटर पोल पूर्णतया दो (या अधिक) स्टेटर पोलों के साथ एलाईन में होते है, (जिसका अर्थ है कि

पूर्णतया स्टेटर पोलों के सामने स्थित है) और इस अवस्था मे न्यूनतम रिलक्टैंस प्राप्त होती है।

जब स्टेटर पोल को ऊर्जित (energized) किया जाता है, रोटर टॉर्क इस दिशा में होता है, कि यह रिलक्टैंस को कम कर देगा। इस प्रकार सबसे नजदीक वाला रोटर पोल एलाइनमेन्ट पॉजिशन की ओर खींच लिया जाता है जो कि स्टेटर फिल्ड की ओर होती है (यह वह पॉजीशन है जब रिलक्टैन्स कम होती है) (यह वही प्रभाव है जो सॉलिनाइड में उपयोग किया जाता है या जब चुम्बक द्वारा फैरामैगनेटिक धातु उठाई जाती है) लगातार घुमाव रखने के लिए, स्टेटर फिल्ड रोटर पोलों से आगे घुमना चाहिए, इस प्रकार रोटर लगातार स्टेटर की तरफ खींचा रहेगा।

Fig 1



RELUCTANCE MOTOR 6 STATOR & 4 ROTOR

ELN341142C1

उपयोग (Applications)

- एनालॉग इलैक्ट्रिक मोटर
- वाशिंग मशीन डिजाइन
- न्यूक्लीयर रिएक्टरों में कंट्रोल रोड ड्राइव मैकेनिज्म में
- हार्ड डिस्क ड्राइव मोटर में।

प्रत्यावर्तक - सिद्धांत - पोल, चाल व आवृत्ति में सम्बन्ध (Alternator - Principle - Relation between poles, speed and frequency)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **प्रत्यावर्तक के कार्य सिद्धांत का वर्णन करना**
- **एकल लूप प्रत्यावर्तक द्वारा ज्या तरंग वोल्टेज उत्पन्न करने की विधि का वर्णन करना**
- **आवृत्ति, पोलों की संख्या व तुल्यकाली चाल में सम्बन्ध का वर्णन करना।**

प्रत्यावर्तक का सिद्धांत (Principle of an alternator): एक प्रत्यावर्तक (alternator) DC जनरेटर की तरह ही विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धांत कार्य करता है, जब चालक चुम्बकीय क्षेत्र में गति करता है, तो इससे बल रेखाएँ कटती है और उस चालक में वि० वा० बल उत्पन्न हो जाता है। परिवर्तनीय रूप में जब तक फिल्ड व चालक में सापेक्ष गति रहता है तो चालक में वि०वा० बल उत्पन्न होगा। पैदा हुई वि० वा० बल की मात्रा फ्लक्स लिंक में परिवर्तन या फ्लक्स कटने की दर के समानुपाती होती है।

DC जनरेटर के सन्दर्भ में, हम जानते है कि रोटेटिंग आर्मेचर कुण्डलियों में उत्पन्न वि०वा० बल प्रत्यावर्ती होता है, यह बाहरी परिपथ में कम्यूटेटर की सहायता से DC में परिवर्तित किया जाता है। परन्तु आल्टरनेटर के मामले में, आर्मेचर कुण्डलियों में उत्पन्न प्रत्यावर्ती धारा सीधे स्लिपरिंगों की सहायता से बाहरी परिपथ को प्राप्त हो जाती है। एक आल्टरनेटर में जब चुम्बकीय क्षेत्र को स्थिर, स्टेटर चालकों के बीच घुमाया जाता है तो भी स्टेटर चालकों में प्रत्यावर्ती धारा उत्पन्न होती है।

एकल लूप प्रत्यावर्तक द्वारा ज्यातरंग वोल्टेज का उत्पादन (Production of sine wave voltage by single loop alternator): Fig 2a में एक एकल लूप प्रत्यावर्तक दिखाया गया है। जैसे ही यह चुम्बकीय क्षेत्र मे घूमता है, इसमें उत्पन्न वोल्टेज निम्न प्रकार से अपनी दिशा व मान बदलती है।

AC जनरेटर के वायर लूप में उत्पन्न वोल्टेज के परिमाण व दिशा को ग्राफ में दर्शाने के लिए Fig 1 में दर्शाये अनुसार `X' अक्ष में 30 विद्युत डिग्री के अन्तर से विद्युत डिग्रीयो का लूप का विस्थापन दिखाया गया है। जैसा कि Fig 2c में दिखाया गया है। `X' अक्ष पर तीन डीविजन, लूप का एक चौथाई घुमाव प्रदर्शित करता है। छः डीविजन अर्द्ध घुमाव को प्रदर्शित करता है। पैदा हुई वोल्टेज का परिमाण `Y' अक्ष पर उचित स्केल द्वारा रखा गया है।

X-अक्ष से ऊपर का भाग धनात्मक वोल्टेज व x-अक्ष से नीचे का भाग ऋणात्मक वोल्टेज को दर्शाता है जैसा कि Fig 1 में दिखाया गया है।

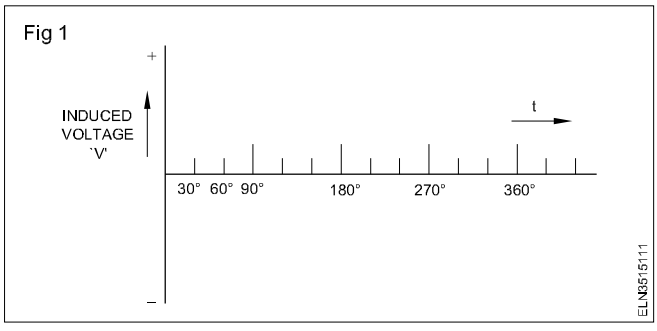
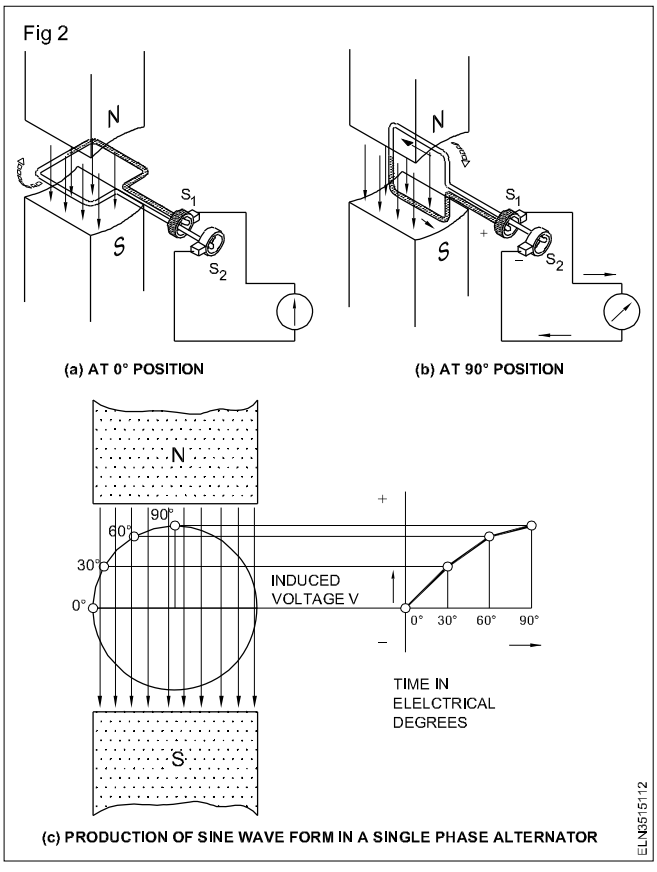


Fig 2a में लूप की प्रारम्भिक अवस्था दिखाई गई है और इसे Fig 2c में पॉजिशन `O' पर दिखाया गया है, इस पॉजिशन पर लूप मुख्य फ्लक्स के समानांतर चलता है, लूप कोई बल रेखा काट नहीं रहा है और इसलिए कोई वोल्टेज उत्पन्न नहीं होगा। ग्राफ में प्रारम्भ अवस्था में यह वोल्टेज शून्य वोल्टेज से दर्शाई गई है और Fig 2c में दर्शाये अनुसार वक्र की यह प्रारम्भ अवस्था है। उत्पन्न वि० वा० बल का परिमाण सूत्र Eo = BLV Sinθ से दर्शाया गया है।



जहाँ

B फ्लक्स घनत्व वेबर प्रति वर्ग मीटर में

L चालक की लम्बाई मीटर में

V लूप के घूमने का गति मीटर/सैकिण्ड में

θ कोण जिस पर चालक बल रेखाओं को काट रहा है।

चूंकि sin θ = 0

शून्य पॉजिशन पर उत्पन्न E का मान भी शून्य है। जैसे ही लूप क्लॉकवाईज दिशा में 30° आगे बढता है जैसाकि Fig 2c,में दिखाया गया है, लूप बल रेखाओ को काटता है और लूप में (E_{30}) वि० वा० बल उत्पन्न होता है जिसका परिणाम BLV Sinθ के तुल्य होगा जब θ ,30° के तुल्य है।

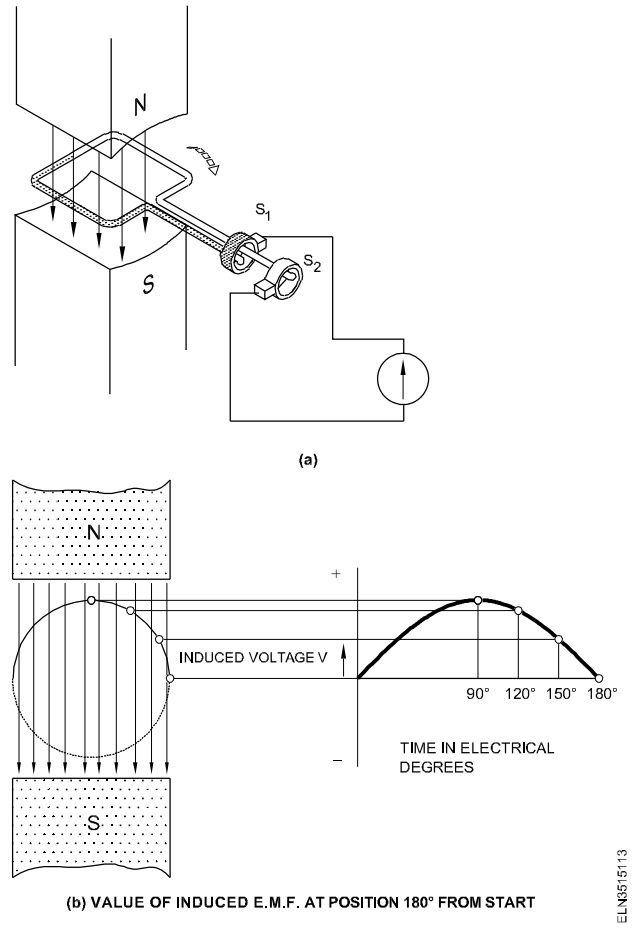
उपरोक्त सूत्र को लागू करते हुए हम लूप की 90° अवस्था पर Fig 2c में दर्शाये अनुसार उच्चतम मान प्राप्त करते है।

जैसे ही लूप आगे 180° की ओर अग्रसर होता हे तो यह प्राप्त होता है कि बल रेखाएँ कटते हुए शून्य तक कम हो जाती है । यदि प्रत्येक पॉजिशन पर उत्पन्न वि०वा० बल की मात्रा को एक बिन्दु द्वारा दर्शाया जाये और बिन्दु द्वारा वक्र खींचा जाए तो Fig 3b के अनुसार दिखाये गये आकार का वक्र प्राप्त होगा।

लूप के 0 से 180° तक घूमने के दौरान, स्लिप रिंग S_1 धनात्मक व स्लिप रिंग S_2 ऋणात्मक होगा।

इस प्रकार 180° की पॉजिशन पर, लूप बल रेखाओं के साथ समानांतर में घूम रहा है, इसलिए कोई बल रेखा नही कट रही है और Fig 3b में दर्शाये अनुसार लूप में कोई वि०वा बल उत्पन्न नही हो रहा है।

Fig 3



आगे 180° से 270° की पॉजिशन पर लूप के घूमने पर, पुनः वोल्टेज बढ जाती है परन्तु ध्रुवता polarity Fig 4b अनुसार विपरीत हो जाती है। लूप के 180 से 360° तक घूमने पर, स्पिलपरिंग S_2 धनात्मक होगा और S_1 ऋणात्मक हो जायेगा जैसा कि Fig 4a में दिखाया गया है। इस प्रकार 270° पर उत्पन्न वोल्टेज उच्चतम होगी और यह 360° पर घटर शून्य हो जायेगी। Fig 5b में लूप के एक पूर्ण चक्कर पूरा करने पर उत्पन्न वोल्टेज के दोनों परिमाण व दिशा परिवर्तन के साथ दिखाये गये है। इसे एक साइकल कहते है।

इस प्रकार की तरंग रूप, ज्या तरंग कहलाती है, क्योंकि उत्पन्न वि०वा० बल के परिमाण व दिशा साईन नियम का कठोरता से पालन करते है। एक सैकिण्ड मे पूर्ण किये गये साइकल की संख्या आवृत्ति कहलाती है। हमारे देश में हम AC सप्लाई में 50 साइकल की फ्रिक्वेन्सी उपयोग करते है जो कि 50 Hz से दर्शायी गई है।

Fig 4

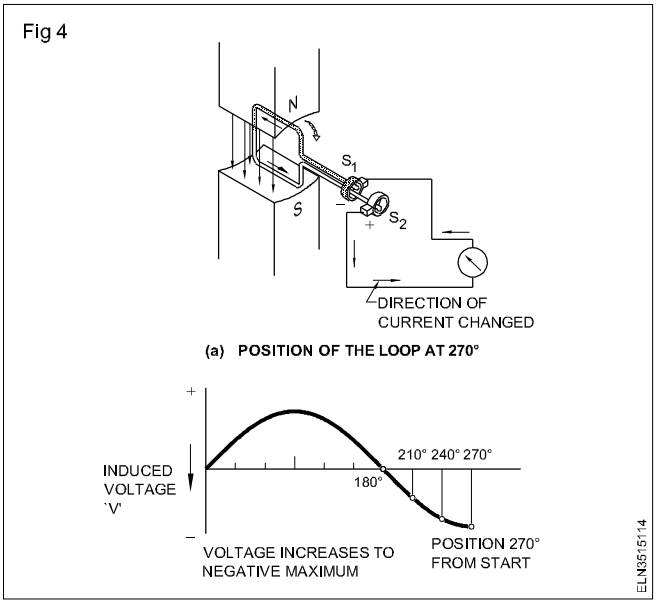
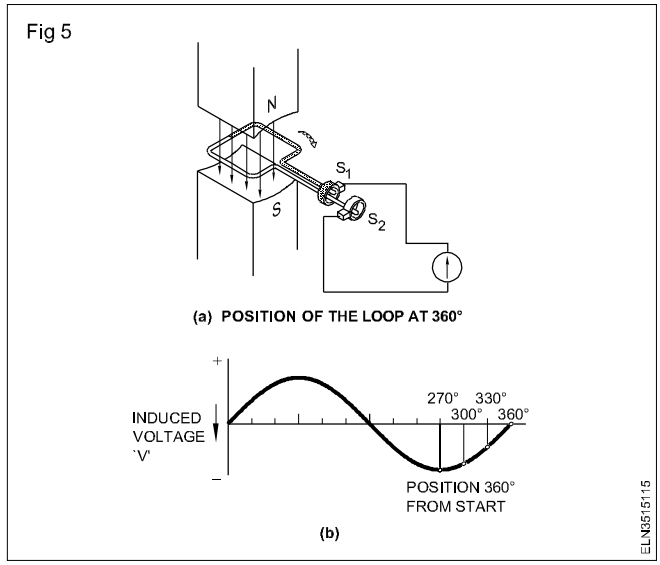


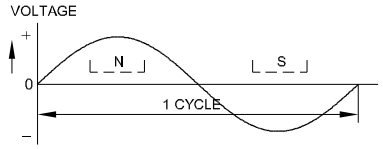
Fig 5



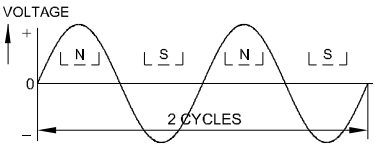
प्रत्यावर्तक के पोलों की संख्या, चाल व आवृत्ति में सम्बन्ध (Relation between frequency, speed and number of poles of alternator): यदि प्रत्यावर्तक के केवल दो पोल है, लूप के एक चक्कर घूमने मे उत्पन्न वोल्टेज का एक साइकल पूर्ण होता है। यदि इसके चार पोल है, तब कुण्डली द्वारा एक पूर्ण चक्कर में वोल्टेज के दो साइकल उत्पन्न होगें, अतः जब यह एक उत्तरी ध्रुव व दक्षिणी ध्रुव के एक सैट को क्रॉस करती है तो एक साईकल पूरा होता है।

Fig 6 में साइकलों की संख्या दिखाई गई है जो कि एक क्वायल द्वारा एक घुमाव चक्र में क्रमशः 2 पोल, 4 पोल व 6 पोल द्वारा उत्पन्न किये गये है। इससे यह स्पष्ट है कि प्रति घुमाव चक्र में उत्पन्न साइकलों की संख्या, पोलों

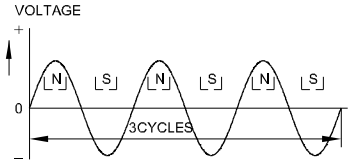
Fig 6



(a) TWO POLES-ONE CYCLE PER REVOLUTION.



(b) FOUR POLES-TWO CYCLES PER REVOLUTION



(c) SIX POLES-THREE CYCLES PER REVOLUTION.

ELN351516

की संख्या के समानुपाती है। पोल `P' को दो से भाग किया गया है। इसलिए प्रति सैकण्ड उत्पन्न साइकल की संख्या P/2, पर निर्भर करती है, और मशीन की चाल चक्र प्रति सैकिण्ड है।

इसलिए आवृत्ति $F = \frac{P}{2} \times 'n'$

जहाँ `n' r.p.s. में

`P' पोलों की संख्या है।

सामान्यतया चाल को r.p.m. में दर्शाया जाता है।

तब हम आवृत्ति प्राप्त करेंगें $F = \frac{PN}{2 \times 60} = \frac{PN}{120}$

जहाँ P पोलों की संख्या है और r.p.m. में गति है।

इस प्रकार हम कह सकते है कि एक प्रत्यावर्तक की आवृत्ति पोलों की संख्या और चाल के समानुपाती होती है।

प्रत्यावर्तकों के प्रकार व सरंचना (Types and construction of alternators)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

• विभिन्न प्रकार के प्रत्यावर्तकों की प्रकार व संरचना का वर्णन करना।

प्रत्यावर्तकों के प्रकार (Types of alternators): एक महत्वपूर्ण दृष्टिकोण में DC व AC जनरेटर समान प्रकार के होते है, अर्थात ये दोनों आर्मेचर चालकों में प्रत्यावर्ती विद्युत वाहक बल उत्पन्न करते है। AC जनरेटर विद्युत ऊर्जा को समान रूप मे अर्थात प्रत्यावर्ती वि०वा० बल को ही स्लिप रिंगों की सहायता से बाहरी लोड परिपथ को भेजता है।

AC जनरेटर जिन्हें प्रत्यावर्तक (alternators) के नाम से भी जाना जाता है, इसे एक निश्चित स्थिर चाल पर चलाया जाता है जिसे तुल्यकाली चाल कहते है, क्योंकि उत्पन्न वि०वा० बल की आवृत्ति चाल से ज्ञात की जाती है। इस कारण से ये मशीनें सिन्क्रोनस आल्टरनेटर या सिन्क्रोनस जनरेटर के नाम से जानी जाती है।

घूर्णन भाग के प्रकार के अनुसार वर्गीकरण (Classification according to the type of rotating part): प्रत्यावर्तक में घूमने वला भाग कौन सा है, इस अनुसार भी प्रत्यावर्तक को वर्गीकृत किया जाता है। पिछले पाठों में हम चर्चा कर चुके है कि प्रत्यावर्तक में चुम्बकीय क्षेत्र ध्रुव स्थिर है या घूमने वाला है। जिन प्रत्यावर्तक में चुम्बकीय क्षेत्र स्थिर होता है। और आर्मेचर घूमने वाला होता है, वह **आर्मेचर घूर्णन प्रकार** का होता है, और जिन प्रत्यावर्तकों मे आर्मेचर स्थिर व चुम्बकीय क्षेत्र गतिमान होता है वह **क्षेत्र घूर्णन (rotating field type) प्रकार** का होता है। फिल्ड घूमने वाले प्रत्यावतर्को के निश्चित लाभ होते है।

फिल्ड घूमने वाले प्रत्यावर्तकों के लाभ (Advantages of using rotating field type alternators)

फिल्ड घूमने वाले प्रत्यावर्तकों में केवल दो स्लिप रिंगों की आवश्यकता होती है, चाहें फेजों की संख्या कुछ भी हो।

चूंकि मुख्य वाइंडिंग स्टेटर में रखी जाती है, क्योंकि आन्तरिक परिधि क्षेत्रफल अधिक होने के कारण स्टेटर में अधिक चालक रखे जा सकते है। अधिक चालकों के परिणामस्वरूप उच्च वोल्टेज करंट का उत्पादन होता है।

चूंकि वह वाइन्डिंग जिसमें वि० वा० बल उत्पन्न होता है, स्थिर है इसलिए इसमें वाइन्डिंग के ढीला होने या टूटने की सम्भावना नहीं रहती है और घूर्णन बल के न होने के कारण जोड भी ढीले नहीं होते।

स्थिर आर्मेचर और बाहरी (load) सर्किट के बीच कोई sliding सम्पर्क नहीं होती, इससे सप्लाई सीधे ही ली जा सकती है। कम पावर व कम वोल्टेज वाले फिल्ड एक्साइटेंशन के लिए केवल दो स्लिप रिंग की आवश्यकता रोटर में पडती है। इस कारण स्पार्किंग व कम दोष (faults) उत्पन्न होने की सम्भावना होती है।

मुख्य वाइंडिंग (winding) स्थिर होती है, चालकों को सरलता से व प्रभाविक रूप से इन्सुलेट किया जा सकता है, और उच्च आउटपुट वोल्टेज के लिए, इन्सुलेटिंग कीमत कम हो जाती है। (कम परावैद्युत सामर्थ्य का इन्सुलेशन पर्याप्त है)।

स्थिर मुख्य चालकों को कम देखभाल की आवश्यकता होती है।

किसी दी हुई क्षमता के लिए रोटेटिंग आर्मेचर प्रकार की अपेक्षा रोटर पर फिल्ड वाइन्डिंग लोड में हल्की होती है, इससे प्रत्यावर्तक को उच्च चाल पर चलाया जा सकता है।

फेजों के संख्या के आधार पर वर्गीकरण (Classification according to the number of phases): प्रत्यावर्तको का वर्गीकरण का अन्य विधि है कि प्रत्यावर्तक एक फेज या 3-फेज में वोल्टेज उत्पन्न करता है जिनमें एक प्रकार है 1) एक फेज प्रत्यावर्तक 2) तीन फेज प्रत्यावर्तक।

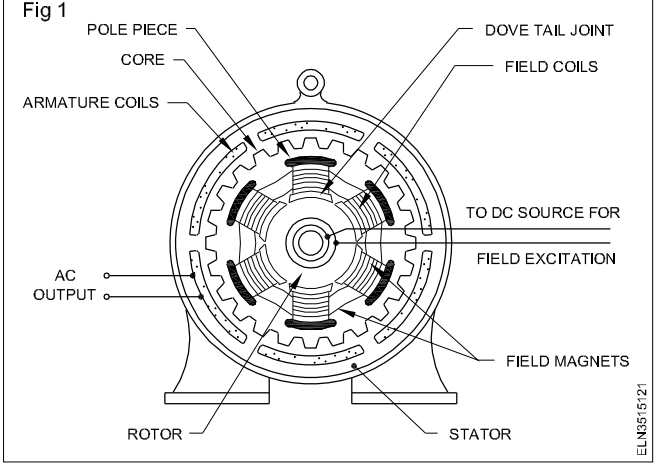
एक फेज प्रत्यावर्तक (Single-phase alternators): एकल कला single-phase प्रत्यावर्तक वह है जो केवल एक प्रकार की वोल्टेज प्रदान करता है। आर्मेचर कुण्डलियां श्रेणी में जुड कर वोल्टेज देती है, दुसरे शब्दों मे प्रत्येक कुण्डली में उत्पन्न वि० वा० बल का योग होकर कुल आउटपुट वोल्टेज प्राप्त होती है। एक फेज प्रत्यावर्तक केवल छोटे आकार में बनाये जाते है। ये निर्माणाधीन स्थानों पर अस्थाई विकल्प के रूप में पावर सप्लाई के लिए और सुदूर स्थानों पर स्थाई स्थापना में प्रयोग किये जाते है।

तीन-फेज प्रत्यावर्तक (Three-phase alternators): ये प्रत्यावर्तक दो प्रकार की वोल्टेज प्रदान करते है जिन्हें फेज व लाइन वोल्टेज कहते है। इनमें तीन वाइंडिंग परस्पर 120° पर रखी जाती है जो कि अधिकतर स्टार में जुडी होती है जिनसे तीन मुख्य टर्मिनल U,V,W व चौथा न्यूट्रल टर्मिनल `N' निकलता है।

ये प्रत्यावर्तक ऐसे प्राइम मूवर से चलाये जाते है जैसे डीजल ईंजन, भांप टरबाईन व वाटर व्हील इत्यादि जो कि उपलब्ध स्त्रोत पर निर्भर करती है।

प्रत्यावर्तकों की संरचना (Construction of alternators): एक फिल्ड घूमने वाले प्रत्यावर्तक का मुख्य भाग Fig 1 मे दिखाया गया है।

Fig 1



स्टेटर (Stator): इसमें मुख्यतया आर्मेचर क्रोड होता है जो कि स्टील एलॉय (सिलिकॉन स्टील) की पट्टलों से बना होता है, इसकी आन्तरिक परिधि में स्लॉट कटे होते है जिनमें आर्मेचर चालक रखे होते है। आर्मेचर क्रोड एक छल्ले केरूप में होती है जो एक फ्रेम में फिट होती है जोकि ढलवां लोहा या स्टील प्लेट को वैल्ड करके बनाया जाता है ताकि भंवर धारा हानियाँ कम की जा सके, जो कि स्टेटर क्रोड में उत्पन्नहोती है जब रोटेटिंग फिल्ड पोल द्वारा फ्लक्स उत्पन्न करता है। छोटी मशीनों में पट्टलें laminated एक पूरे रिंग में स्टैप्ड होती है और बड़ी मशीनों में ये खण्डों के रूप में होती है और ये पट्टलें एकदूसरे से इन्सुलेटिड होती है जिसके लिए कागज या वार्निश का उपयोग किया जाता है। पट्टलो में छिद्र भी रखे जाते है जो अक्षीय या रेडियल रूप में नाली (ducts) बनाते है जो प्रभाविक शीतलन (cooling) प्रदान करते है। एक स्टेटर का सामान्य रूप फ्रेम के साथ Fig 2 में दिखाया गया है।

आर्मेचर क्रोड में रखे स्टेटर क्रोड में मुख्यतया दो प्रकार के स्लाट बनाये जाते है जिनमें आर्मेचर कुण्डलियां रखी जाती है जो कि (i) खुला प्रकारऔर(ii) अर्द्ध खुला प्रकार के स्लाट होते है जो कि Fig 3(a) और (b) में क्रमश: दिखाये गये है।

Fig 2

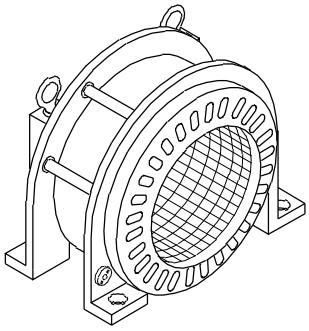
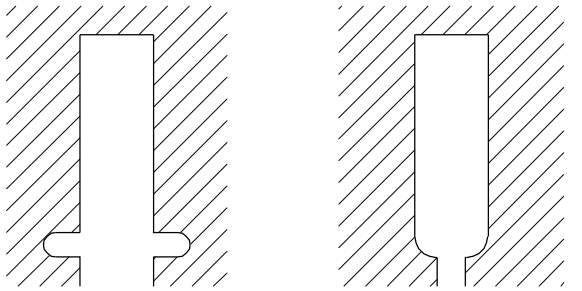


Fig 3



खुले प्रकार के स्लॉट अधिकतर प्रयोग किये जाते है, क्योंकि क्वाइलें फ्रेम पर बना कर और पहले ही इन्सुलेट करके स्लॉटों में रखी जाती है, इससे कार्य शीघ्रता से होता है, खर्चा कम होता है और इन्सुलेशन भी अच्छा होता है। इस प्रकार के स्लॉटों में खराब कुण्डलियों को आसानी से हटाने व बदलने की सुविधा होती है। परन्तु इस प्रकार के स्लॉट असमान रूप से फ्लक्स वितरण करते है, इस प्रकार वि०वा० बल की तरंग में रिप्पल (ripples) पैदा हो जाते है। इस सन्दर्भ में अर्द्ध खुले प्रकार के स्लॉट अच्छे होते है, परन्तु इनमें फर्मे पर बनी कुण्डलियां नहीं डाली जा सकती है, इस कारण वाइन्डिंग प्रक्रिया कठिन हो जाती है। पूर्णतया बन्द प्रकार के स्लॉट बहुत कम प्रयोग किये जाते है, परन्तु जब उपयोग किये जाते है तो इनमें वाइन्डिंग टर्नो (turns) को ब्रेंसिंग (Bracing) करने की आवश्यकता होती है।

रोटर (Rotor): यह फिल्ड प्रणाली को संगठित करता है और DC जनरेटर की तरह का होता है। सामान्यतया फिल्ड प्रणाली पृथक निम्न वोल्टेज DC प्रदाय से उत्तेजित (excited) की जाती है। उत्तेजक स्त्रोत एक DC शन्ट या कम्पाउण्ड जनित्र होता है जिसे एक्साईटर (Exciter) के नाम से जाना जाता है, जो कि उसी प्रत्यावर्तक की शाफ्ट से जुड़ा होता है। दो स्लिप रिंगों की सहायता से व ब्रुशों से रोटर को उत्तेजन (exciting) धारा प्रदान की जाती है। फिल्ड पोल उत्तेजन पैदा करते है और एक के बाद उत्तरी व दक्षिणी ध्रुव बनाते है।

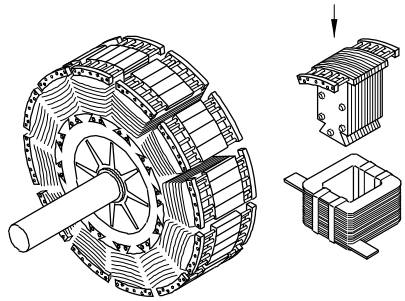
फिल्ड घूमने वाले रोटर दो प्रकार के है, जिनके नाम है (i) समुन्नत ध्रव प्रकार (salient pole type) जो कि Fig 4 में दिखाया गया है और (ii) बेलनाकार (cylindrical) प्रकार या असमुन्नत (non-salient) ध्रुव प्रकार जो कि Fig 5 में दिखाया गया है।

समुन्नत पोल प्रकार (Salient pole type): इस प्रकार का रोटर निम्न व मध्यम चाल वाले प्रत्यावर्तकों में उपयोग किया जाता है। इस प्रकार का रोटर कम खर्चीला, इस पर फिल्ड क्वाइलों के लिए अधिक जगह होती है

और ऊष्मा को बाहर निकालने के लिए विस्तृत क्षेत्रफल होता है। यह प्रकार उच्च चाल वाल प्रत्यावर्तकों के लिए उपयुक्त नही है क्योंकि उभरे हुए पोल्स अधिक शोर उत्पन्न करते है, इसके अतिरिक्त उच्च चाल पर पर्याप्त यान्त्रिक सामर्थ्य बनाये रखने में भी कठिनाई होती है।

Fig 4 में दिखाया गया है कि समुन्नत पोल प्रकार का रोटर में स्टील पट्टलोंको रिविट करके शाफ्ट फिटिंग में फिट किया गया है जो कि डावटेल जोड गये है। पोल के मुखों (Pole faces) को वक्राकार रखा गया है ताकि वायु अन्तराल में समान रूप से फ्लक्स का वितरण हो सके, जिससे उत्पन्न वि०वा० बल की तरंग रूप ज्या वक्रिय (sinusoidal) पैदा हो जाते है जिनमें डैम्पर (damper) वाइन्डिंग रखी जाती है। फिल्ड कुण्डलियां श्रेणी में जोडी जाती है, इनके संयोजन इस प्रकार होते है कि एकपोल उत्तरी पोल बने तो अगला दक्षिणी पोल बने और फिल्ड वाइन्डिंग के सिरे स्लिप रिंग के साथ जोडे जाते है। DC उत्तेजन स्त्रोत ब्रुशों से जोड़ा जाता है जो कि आवश्यक प्रैशर के साथ स्लिप रिंगों के साथ सम्पर्क में रहते है।

Fig 4



SALIENT POLE FIELD STRUCTURE

ELN351515124

समुन्नत पोल प्रकार प्रत्यावर्तक अपने बड़े व्यास से पहचाने जाते है जिनकी अक्षीय लम्बाई कम व परिचालन गति निम्न व माध्यम होती है।

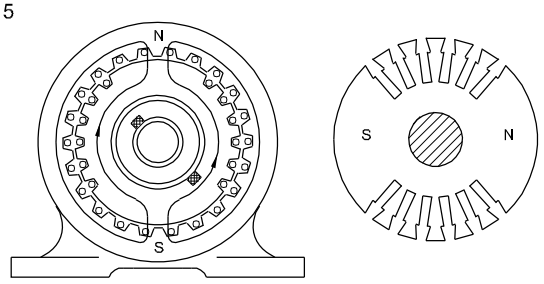
स्मूथ बेलनाकार या असमुन्नत पोल प्रकार रोटर (Smooth cylindrical or non-salient pole type rotor): इस प्रकार के रोटर उच्च चाल वालेप्रत्यावर्तकों में उपयोग किये जाते है, जो भाप टरबाईन से चलाये जाते है। अच्छी यान्त्रिक सामर्थ्य प्राप्त करने के लिए रोटर का बाहरी घेरा कम रखने के लिए व्यास को कम रखा जाता है और अक्षीय लम्बाई बढाई जाती है। इस प्रकार के रोटरों पर दो या चाल पोल बने होते है परन्तु ये रोटर उच्च गति पर चलते है।

इन उच्च चाल को सहन करने के लिए रोटर को फोर्ज करके ठोस स्टील से बनाया जाता है, जिसमें Fig 5a के अनुसार लम्बाई में स्लॉट कटे होते है जो छः स्लाटों द्वारा दो पोल बना रहा है। इन स्लाटों में इन्सुलेटिड कॉपर स्ट्रिप द्वारा वाइन्डिंग की जाती है, यह वाइन्डिंग उचित पच्चडों (wedges) द्वारा रोकी जाती है, और अन्त में स्टील के बन्धनों द्वारा बांधी जाती है।

रोटर की परिधि का वह भाग जिसमें स्लाट नहीं कटे है, यह पोलों के लिए उपयोग होता है जैसा कि Fig 5b में दिखाया गया है।

स्मूथ बेलनाकार पोल प्रकार प्रत्यावर्तक उनके छोटे व्यास, लम्बी अक्षीय लम्बाई और उच्च परिचालन गति से पहचाने जाते है।

Fig 5



NON-SALIENT POLE TYPE FIELD STRUCTURE

ELN351515125

प्रत्यावर्तक का सामान्य परीक्षण व 3-फेज वोल्टेज का उत्पादन (Generation of 3-phase voltage and general test on alternator)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **3-फेज प्रत्यावर्तक द्वारा 3-फेज वोल्टेज की तरंग रूप-उत्पादन की विधि का वर्णन करना**
- **3ϕ फेज प्रदाय का फेज अनुक्रम का वर्णन करना**
- **प्रत्यावर्तक की कन्टीन्युटी, इन्सुलेशन टेस्ट व अर्थ संयोजन को टेस्ट करने की विधि का वर्णन करना**
- **प्रत्यावर्तक के लिए B.I.S. मान निर्धारण व I.E.E. के नियमों की व्याख्या करना।**

वर्तमान विश्व में सबसे अधिक काम आने वाली AC तीन फेज प्रणाली है। यह इसलिए है कि इसकी दक्षता उच्च है, उत्पादन में आवश्यक सामग्री की लागत कम आती है और एक निश्चित दी हुई क्षमता के लिए ट्रांसमिशन व वितरण भी सस्ता पड़ता है। उद्योगों में तीन फेज मोटरों को पावर सप्लाई के लिए और इसी प्रकार एक फेज मोटरों व प्रकाश लोडों को औद्योगिक और घरेलु कार्यों के लिए तीन फेज प्रणाली काम में ली जाती है। वर्तमान में इलैक्ट्रिशियन जनरेटिंग स्टेशन में या किसी विकल्प में पावर स्टेशन पर नियुक्त हो सकता है, जहाँ पर तीन फेज प्रत्यावर्तक उपयोग होते है। इसलिए 3-फेज वोल्टेज के उत्पादन उनके फेज अनुक्रम और प्रत्वावर्तकों की सामान्य टेस्टिंग की स्पष्ट अच्छी जानकारी इलैक्ट्रिशियन को होनी आवश्यक है।

तीन-फेज वोल्टेज का उत्पादन (Generation of three-phase voltage): मूलतः एक तीन फेज प्रत्यावर्तक का सिद्धांत, एक फेज प्रत्यावर्तक के समान ही होता है, केवल अन्तर यह है कि यहाँ तीन कुण्डलियाँ समान दूरी पर, परस्पर 120° की दूरी पर, चुम्बकीय क्षेत्र में रखी जाती है, जो तीन आउटपुट वोल्टेज उत्पन्न करती है, जिनके उच्चतम या न्यूनतम मान भी परस्पर 120^0 दूरी पर होते है।

Fig 1c में एक सरल घूर्णमान लूप, तीन फेज जनरेटर इसकी आउटपुट वोल्टेज की तरंग रूपों के साथ दिखाया गया है।

जैसा कि Fig 1a में दिखाया गया है, तीन स्वतन्त्र लूप परस्पर 120° के अन्तर पर एक चुम्बकीय क्षेत्र मे घूम रहे है, इसमें यह माना गया है कि दिखाया गया प्रत्यावर्तक आर्मेचर घूमने वाला है। जैसा कि Fig 1a में दिख रहा है कि तीन लूप जो विद्युतीय रूप में एक दूसरे से पृथक है और लूप के सिरे अलग-अलग स्लिप रिंगों से जुडे है। जैसे ही एक समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में लूप घूमता है वे ज्या तरंग उत्पन्न करते है। व्यावहारिक प्रत्यावर्तकों में ये लूप कई टर्नों वाली वाइन्डिंग एलीमेन्ट से बदल दिये जाते है और रोटर स्लाटो में वितरित कर दिये जाते है, परन्तु तीन वाइन्डिंग परस्पर 120^0 विद्युत के अन्तर पर रखी जाती है। व्यावहारिक रूप में आगे, छः स्लिप रिंग कार्य में नही लिये जाते है जैसा कि Fig 1a में दर्शाया गया है परन्तु चार या तीन स्लिप रिंग होते है जो कि इस बात पर निर्भर करता है कि तीन वाइन्डिंग स्टार में जुडी है या डेल्टा में।

पूर्व में की गई चर्चा से हम यह भी जानते है कि अधिकतर रोटेटिंग मैग्नेटिक फील्ड प्रकार के प्रत्यावर्तक अधिक कार्य में लिये जाते है। इस प्रकार के मामले में केवल दो स्लिपरिंग कीआवश्यकता होती है जिनके माध्यम से फिल्ड पोलों को DC सप्लाई दी जाती है। Fig 1b में दर्शाया गया है कि एक स्थिर तीन फेज आर्मेचर में प्रत्येक वाइन्डिंग का पृथक लूप के स्थान पर तीन कुण्डलियां एक दूसरे से120 विद्युत डिग्री के अन्तर से रखी गई है। यद्यपि घूमने वाला भाग जिसमें चुम्बकीय ध्रुव होते है, में वह नही दिखाया गया है।

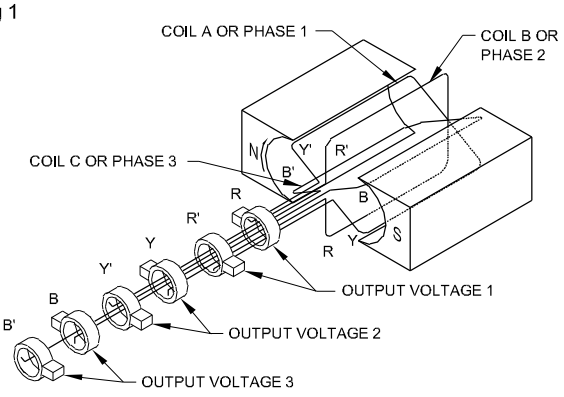
Fig 1c में आर्मेचर घूमने वाला प्रत्यावर्तक दिखाया गया है, जिसमें तीन फेज की 3 कुण्डलियाँ स्टार में जुड़ी है, ये दो-पोल चुम्बकीय क्षेत्र में घूमती है। Fig 1c के अनुसार कुण्डली `R' उत्तरी ध्रुव `N' के प्रभाव में है और समकोण पर फ्लक्स को काट रही है और पॉजिशन `Oº' पर अधिकतम वोल्टेज पैदा करती है जैसा कि फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम से ग्राफ पर दिखाया गया है। जब कुण्डली `R' क्लाक वाइज दिशा में आगे बढती है, तो 90 डिग्री पर इसमें वोल्टेज कम होकर शून्य हो जाती है और 180 डिग्री पर, दक्षिणी ध्रुव के प्रभाव मे आकार -ve उच्चतम वोल्टेज पैदा करती है। इस प्रकार 270 डिग्री पर `R' फेज में उत्पन्न वि०वा० बल शून्य हो जाता है और 360 डिग्री पर पुनः +ve अधिकतम वोल्टेज प्राप्त होती है। इसी प्रकार कुण्डली `Y' व `B' द्वारा उत्पन्न वि०वा० बल को इसी ग्राफ पर प्लॉट (plot) किया जा सकता है। ज्या तरंग रूप जो तीन कुण्डलियों RYB द्वारा उत्पन्न किया गया है दर्शाता है कि कुण्डली `R' की वोल्टेज, कुण्डली `Y' की वोल्टेज से 120° आगे है और कुण्डली `Y' की वोल्टेज, कुण्डली `B' की वोल्टेज से 120° अग्रगामी है।

फेज अनुक्रम (Phase sequence): फेज अनुक्रम वह क्रम है जिसमें वोल्टेज एक दूसरे का अनुसरण करती है अर्थात अपने उच्चतम मान पर पहुँचती है। Fig 1c में तरंग रूप यह दर्शाता है कि कुण्डली R की वोल्टेज, इसकी उच्चतम धनात्मक मान पर पहले पहुँचती है, उसके बाद कुण्डली Y या फेज `Y', की वोल्टेज और उसके बाद कुण्डली B या फेज B की वोल्टेज अपने धनात्मक उच्चतम मान पर पहुँचती है। इसप्रकार फेज अनुक्रम RYB के नाम से प्रचलित है।

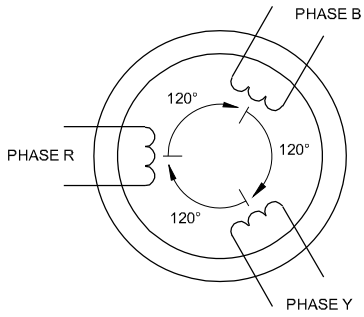
यदि प्रत्यावर्तक के घूमने की दिशा Fig 1c में दर्शाये अनुसार क्लॉक वाइज से एन्टीक्लॉक वाईज में बदल दी जाये, तो फेज अनुक्रम की दिशा भी RBY में बदल जायेगी। यह पोलीफेज आल्टरनेटरों के समानांतर संयोजन में बहुत महत्वपूर्ण फैक्टर (factor) होता है और पोलीफेज वाइन्डिंग में भी। इसके आगे 3-फेज प्रेरण मोटरों के घूमने की दिशा भी तीन फेज सप्लाई के फेज अनुक्रम पर निर्भर करती है। यदि प्रत्यावर्तक का फेज क्रम बदलती है तो आल्टरनेटर से .... सभी मोटरों की चाल विपरीत हो जायेगी, यद्यपि इसका प्रकाश व हीटिंग लोडों पर कोई प्रभाव नही पड़ता है।

एक फेज प्रत्यावर्तक और 3-फेज प्रत्यावर्तक की संरचना में मुख्य अन्तर मुख्य वाइन्डिंग का होता है। इसके अतिरिक्त दोनों प्रकार के प्रत्यावर्तकों की संरचना समान होती है।

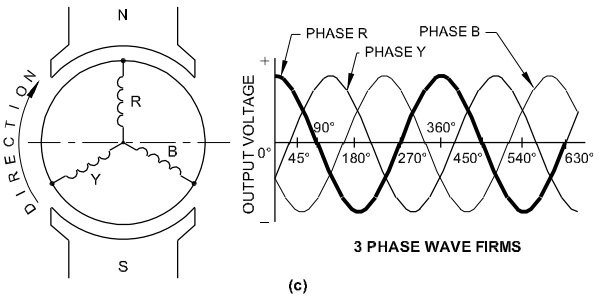
Fig 1



(a) ROTATING LOOP 3 –PHASE ALTERNATOR



(b) STATIONARY ARMATURE 3 –PHASE ALTERNATOR



(c)

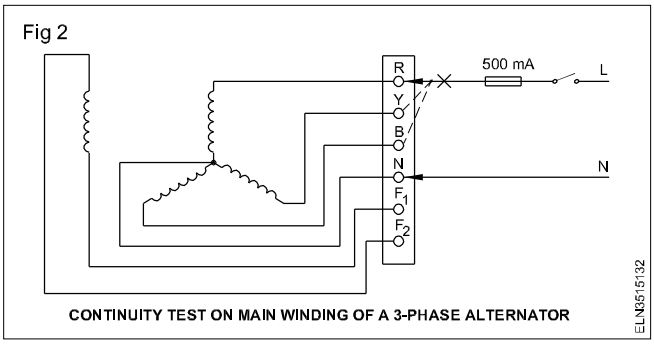
ELN351131

प्रत्यावर्तक की सामान्य जाँच (General testing of alternator): जो प्रत्यावर्तक लगातार सेवा में है उनकी सामान्य स्थिति को समय समय पर जाँच करने रहनाचाहिए। यह योजनाबद्ध रखरखाव के अन्तर्गत आता है और इससे मशीन में अनावश्यक क्षति व ब्रेक डाउन को रोका जा सकता है। प्रत्यावर्तक पर होने वाले अनावश्यक परीक्षण निम्नलिखित प्रकार के है:

- वाइन्डिंग का कॉन्टीन्यूटी परीक्षण
- वाइन्डिंग के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध का मान
- वाइन्डिंग व बॉडी के बीच इन्सुलेशन परीक्षण
- मशीन के अर्थ संयोजन की जाँच

कन्टीन्युटी परीक्षण (Continuity test): वाइन्डिंग की कॉन्टीन्यूटी की जाँच Fig 2 में दर्शाये अनुसार निम्नलिखित विधि से की जाती है।

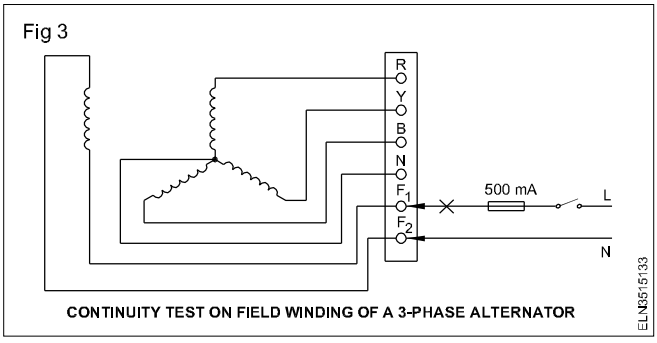
Fig 2



CONTINUITY TEST ON MAIN WINDING OF A 3-PHASE ALTERNATOR

टेस्ट लैम्प को न्यूट्रल (स्टार बिन्दू) के एक सिरे के श्रेणी में व टेस्ट लैम्प के दूसरे सिरे को वाइन्डिंग के एक सिरे टर्मिनल (R Y B) के साथ जोड़ा जाता है। यदि सभी टर्मिनलों RYB के साथ टेस्ट लैम्प बराबर प्रकाश देता है तो वाइन्डिंग की कॉन्टीन्यूटी सही है। इसी प्रकार Fig 3 में दर्शाये अनुसार, हम फिल्ड के सिरे F_1 व F_2 की कॉन्टीन्युटी की जाँच कर सकते है।

Fig 3



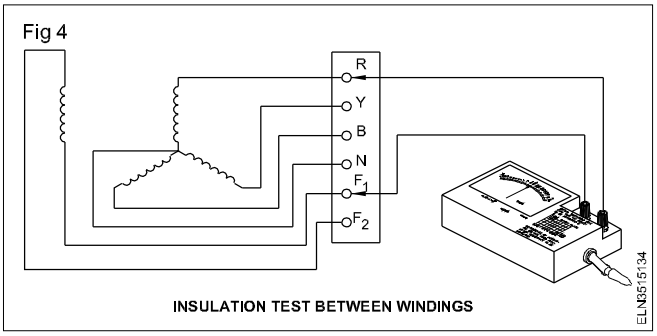
CONTINUITY TEST ON FIELD WINDING OF A 3-PHASE ALTERNATOR

टेस्ट लैम्प से कॉन्टीन्यूटी टेस्ट, केवल दो टर्मिनलों के बीच कॉन्टीनूयटी कोदर्शाता है परन्तु उसी वाइन्डिंग के बीच लघु परिपथ की जाँच नही की जा सकती है। किसी कुण्डली की अलग से रैजिस्टेंस को मापने की सबसे अधिक विश्वसनीये विधि ओह्म मीटर से जाँच विधि है। इस विधि में सभी कुण्डलियों की रेजिस्टैंस की तुलना की जाती है, सभी कुण्डलियों की रैजिस्टैंस समान होनी चाहिए। जो पाठ्यांक नोट किया जाता है वह भविष्य के सन्दर्भ में भी उपयोगी सिद्ध होता है।

इन्सुलेशन प्रतिरोध परीक्षण के लिए (For insulation resistance test)

वाइन्डिंग के बीच (Between windings): जैसा कि Fig 4 में दिखाया गया है मैगर का एक सिरा RYB टर्मिनलो में से किसी एक टर्मिनल के साथ जोड़ा जाता है व दूसरा सिरा फिल्ड वाइन्डिंग टर्मिनल के F_1 या F_2 के साथ जोडा जाता है, यदि मैगर एक मेगा ओह्म या अधिक पाठ्यांक दर्शाता है, तब इन्सुलेशन प्रतिरोध स्वीकार करने योग्य ठीक होता है।

Fig 4

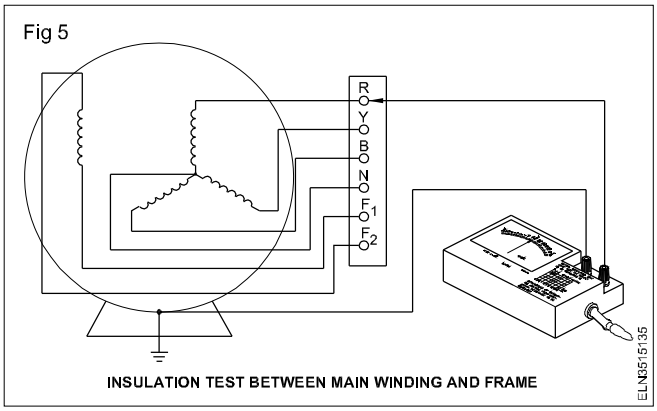


INSULATION TEST BETWEEN WINDINGS

यदि आर्मेचर व फिल्ड वाइन्डिंग के बीच लघुपथ है तो मैगर शून्य ओह्म का पाठ्यांक दर्शायेगा। यदि यह कमजोर हुआ तो मैगर एक मेगा ओह्म से कम प्रतिरोध दिखायेगा।

बॉडी व वाइन्डिंग के बीच इन्सुलेशन प्रतिरोध परीक्षण (Testing insulation resistance between body and windings): जैसा कि Fig 5 में दिखाया गया है, मैगर की एक लीड RYB, में से एक टर्मिनल के साथ जोड़ें और दूसरी लीड बॉडी के साथ जोड़े। यदि वाइन्डिंग व फ्रेम के बीच इन्सुलेशन ठीक होगा तो मैगर का पाठ्यांक एक मेगाओह्म से अधिक होगा।

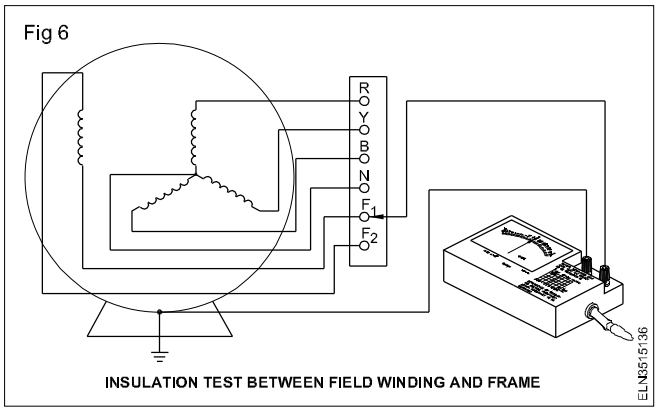
Fig 5



INSULATION TEST BETWEEN MAIN WINDING AND FRAME

मैगर का एक टर्मिनल F_1 या F_2 के साथ और दूसरा टर्मिनल बॉडी के साथ जोडा जाये जैसा कि Fig 6 में दिखाया गया है तो फिल्ड को टेस्ट किया जा सकता है। यदि फिल्ड व बॉडी के बीच इन्सुलेशन सही है तो मैगर एक मेगाओह्म से अधिक पाठ्यांक देगा। एक मेगा ओह्म से कम पाठ्यांक दर्शाता है तो कि इन्सुलेशन कमजोर है और ग्राउण्ड की ओर लीकेज होगा।

Fig 6



INSULATION TEST BETWEEN FIELD WINDING AND FRAME

सावधानी (Caution):

इन्सुलेशन परीक्षण करते समय, यदि मैगर शून्य पाठ्यांक दर्शाता है तब इसका निष्कर्ष निकलता है कि वाइन्डिंग का इन्सुलेशन पूर्णतया खराब है और अच्छी तरह से परीक्षण करने की आवश्यकता है।

इन्सुलेशन प्रतिरोध का मान किसी भी दशा में, 1 मेंगाओह्म से कम नही होना चाहिए।

प्रत्यावर्तकों की अर्थिंग (Earthing of alternators): यह दो महत्वपूर्ण आवश्यकताओं के लिए समान रूप से की जाती है जो कि निम्नलिखित है।

- प्रत्यावर्तक की न्यूट्रल को अर्थ करना।
- प्रत्यावर्तक के फ्रेम को अर्थ करना।

न्यूट्रल की अर्थिंग (Earthing of neutral): B.I.S. 3043-1966, के अनुसार, इसे निर्धारित कियागया है, प्रत्यावर्तक की न्यूट्रल को अर्थ करने के लिए निम्नलिखित में से एक विधि को अपनाया जाता है।

- ठोस अर्थिंग (solid earthing)
- प्रतिरोध अर्थिंग (resistnce earthing)
- प्रतिघात अर्थिंग (Reactance earthing)
- आर्क-अधिलंघन कुण्डली अर्थिंग (Arc-suppression coil earthing)

अर्थिंग का प्रकार व चयन यूनिट के साइज पर विस्तृत रूप से निर्भर करता है इसके साथ साथ, पद्धति में वोल्टेज सुरक्षा उपयोग, निर्माता के निर्देश और इलेक्ट्रिकल इन्सपैक्टरेट अथारिटी (electrical inspectorate authority) की स्वीकृति पर भी निर्भर करता है। प्रशिक्षणार्थियों को सलाह दी जाती है कि वे आगे की सन्दर्भ के लिए B.I.S.3043-1966 के नियमों की जानकारी लें। सुरक्षात्मक रिले के परिचालन के लिए न्यूट्रल की अर्थिंग करना आवश्यक होता है। पद्धति में उचित वोल्टेज बनाये रखने के लिए और सुरक्षा कारणो से, प्रशिक्षणार्थियों को सलाह दी जाती है कि, उपलब्ध प्रत्यावर्तक में जो अर्थिंग पद्धति अपनाई गई है उसकी पहचान करें, अर्थ संयोजनों की अविभंगता (continuity) बनाये रखें और अर्थ इलैक्ट्रोड प्रतिरोध को निर्धारित मान तक बनाये रखें।

प्रत्यावर्तक के फ्रेम की अर्थिंग (Earthing alternator frame): वर्करों की सुरक्षा के लिए और प्रत्यावर्तकों के फ्रेम को शून्य अर्थ विभव पर रखने के लिए यह अर्थिंग आवश्यक होती है। अर्थ फाल्ट रिले केपरिचालन के लिए व अर्थ फाल्ट होने पर फ्यूज द्वारा परिपथ खोलने के लिए निर्भरता पूर्ण रूप से फ्रेम की अर्थिंग करने से होती है।

I.E.नियम 61 के अनुसार, सभी विद्युत उपकरण, मशीनें दोहरी अर्थिंग के साथजुडी होनी चाहिए ताकि सुरक्षित परिचालन हो सके। अर्थ की दशा को समय समय पर चैक करते रहना चाहिए और अर्थ इलैक्ट्रोड व अर्थ चालक के प्रतिरोध को कुछ समय के अन्तराल में माप कर रिकॉर्ड करके रखना चाहिए। अर्थ इलैक्ट्रोड व अर्थिंग चालक को इसप्रकार देखभाल करनीचाहिए कि इनका प्रतिरोध, सिस्टम के डिजाईन के अनुरूप न्यूनतम रेटेड प्रतिरोध से अधिक न हो।

प्रत्यावर्तक का Emf समीकरण (Emf equation of the alternator)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

• एक प्रत्यावर्तक में उत्पन्न emf की गणना करने के लिए समीकरण का व्रर्णन करने में।

प्रेरित emf का समीकरण (Equation of induced emf): एक प्रत्यावर्तक में उत्पन्न emf फ्लक्स प्रति पोल, चालकों की संख्या व चाल पर निर्भर करती है। उत्पन्न emf का परिमाण निम्न प्रकार से उत्पादित होता है

माना Z = प्रत्यावर्तक के प्रति फेज में श्रेणी में जुडे चालकों या क्वायल साइडों की संख्या

P = पोलों की संख्या

F = उत्पन्न emf की आवृत्ति Hz में

Ø = प्रतिपोल फ्लक्स वेबर में

k_f = फॉर्म फैक्टर = 1.11 - यदि emf ज्या तरंग मानी जाये

N = रोटर की चाल r.p.m. में

फैराडे के विद्युत चुम्बकत्व प्रेरण के नियामानूसार प्रत्येक चालक में उत्पन्न औसत वि०वा० बल

= फ्लक्स लिंकेज में परिवर्तन की दर

रोटर के एक चक्कर पुरा करने पर (जैसे 60/N सैकिण्ड) प्रत्येक स्टेटर चालक द्वारा काटा गया फ्लक्स PØ वेबर के तुल्य है।

इस प्रकार कुल परिवर्तित फ्लक्स = dØ = PØ और इस फ्लक्स परिवर्तन में लगा समय

= dt = 60/N सैकिण्ड

अतः प्रतिचालक उत्पन्न emf का औसत मान $= \frac{d\varnothing}{dt} = \frac{P\varnothing}{\frac{60}{N}}$ volts -

------- Eq 1

N का मान eqn 1 में रखने पर $N = \frac{120F}{P}$

हम प्रति चालक उत्पन्न emf का औसत मान प्राप्त करेंगे =

$= \frac{P\varnothing 120F}{P60}$ volts $= 2\varnothing F$ volts ------ Eq. 2

यदि प्रति फेज श्रेणी मे जुडे चालकों की संख्या Z है, तो प्राप्त औसल वि०वा० बल प्रति फेज = 2ØFZ volts.

तब प्रति फेज वि० वा० का r.m.s. मान = औसत मान x फार्म फैक्टर

$= V_{AV} \times K_F$

$= V_{AV} \times 1.11$

$= 2\varnothing FZ \times 1.11$

$= 2.22\varnothing FZ$ volts.

अतः प्रति फेज उत्पन्न emf का r.m.s. मान = $2.22\varnothing F2T$ volts

$= 4.44\varnothing FT$ volts

यहाँ T प्रति फेज क्वाइल की टर्न की संख्या है और Z = 2T.

यह उत्पन्न वोल्टेज का वह वास्तविक मान है यदि सभी कुण्डलियां कला में है (i) पूर्ण पिच हो और (ii) सकेन्द्रित या एक स्लॉट में ही बंच की गई हो (वास्तविक व्यवहार में प्रत्येक फेज की कुण्डलियां सभी पोलों में कई स्लाटों में वितरित की जाती है) ऐसा नही करने से वास्तविक उपलब्ध वोल्टेज इन दो फैक्टर के अनुपात के अनुसार कम हो जाती है ये फैक्टर निम्न प्रकार से वर्णन किये गये है।

पिच फैक्टर (Pitch factor) (K_p or K_c.): आंशिक पिच वाइन्डिंग में पूर्ण पिच वाइन्डिंग की अपेक्षा उत्पन्न वोल्टेज थोडा कम हो जाती है। यह वह गुणक (factor) होता है जो लघु पिच वाइन्डिंग की ओर पूर्ण पिच वाइन्डिंग में उत्पन्न वि०वा० बलों का अनुपात बताता है। अतः प्रति वाइन्डिंग में उत्पन्न emf का अंक गणितीय योग पिच फैक्टर कहलाता है। अतः पिच फैक्टर पिच का मान सदैव इकाई से कम होता है और K_p या K_c से दर्शाया जाता है। सामान्यतया प्रश्नों में यह मान दिया हुआ होता है कभी कभी यह मान निम्न सूत्र से ज्ञात किया जाता है $K_p = K_c = \text{Cos } a/2$

जहाँ α वह विद्युत कोण है जिस कोण से कुण्डली विस्तार लघु पिच होता है।

उदाहरण : एक वाइन्डिंग का पिच गुणक ज्ञात करें जो 36 स्लाट, 4 पोल मे फैलाई गई है, वाइंडिंग विस्तार 1 से 8 है।

इस प्रकार वाइंडिंग स्लाट 1 से शुरू होकर 10 में पूर्ण होगी

वास्तविक अभ्यास में वाइंडिंग विस्तार 1 – 8.

अतः वास्तविक पिच = 8 – 1 = 7.

इसप्रकार वाइंडिंग विस्तार लघु पिच है = 9 – 7 = 2.

पूर्ण पिच के लिए 180° एक पूर्ण कोण है।

$$\text{Pitch factor } K_c = \text{Cos } \frac{\alpha}{2} = \text{Cos } \frac{40}{2} = \text{Cos } 20 = 0.94.$$

वितरण फेक्टर (Distribution factor) (K_d): एक ही फेज के चालक इस चालक एक स्लाट में न डालकर कई स्लाटों में वितरित करना आवश्यक हो जाता है। क्योंकि इसके कारण भिन्न-भिन्न चालकों में उत्पन्न वि०व० बल, एक दूसरे की कला में नहीहोती है, और इसलिए प्रति फेज में उत्पन्न वोल्टेज का सीधा योग नही होता ,अपितु सदिश (vector) योग होता है। प्रति फेज वोल्टेज ज्ञात करने के लिए इस बात का ध्यान रखा जाता है।

अतः एक फेज की एक पोल के नीचे सभी कुण्डलियों में उत्पन्न वि०वा० बल के सदिश योग और एक ही खाँचे में स्थित होने पर इन कुण्डलियों में प्रेरित वि०वा० बल के अंक गणितीय योग के अनुपात को वितरण गुणक कहते है अतः वितरण गुणक K_d परिणामी वि० वा० बल जब वाइंडिंग वितरित हो। वितरण गुण K_d का मान ज्ञात करने का सूत्र है।

$$K_d = \frac{\text{Sin } m\,\beta/2}{m\,\text{Sin } \beta/2}$$

जहाँ m प्रति फेज प्रति पोल स्लॉट की संख्या है

$$\beta = \frac{180^\circ}{\text{No. of slots per pole}}$$

उदाहरण : एक छः-पोल प्रत्यावर्तक 1000 r.p.m. की चाल से चल रहा है, यह एक फेज वाइन्डिंग के साथ तीन स्लॉट प्रति पोल रखता है। तीन के ग्रुप में प्रत्येक स्लॉट 20° दूर है। वितरण गुणक ज्ञात करें।

$$K_d = \frac{\text{Sin } m\,\beta/2}{m\,\text{Sin } \beta/2}$$

जहाँ m = 3 स्लाट प्रति फेज प्रति पोल

$\beta = 20^0$

$$K_d = \frac{\text{Sin } 3 \times 20/2}{3\,\text{Sin } 20/2} = \frac{\text{Sin } 30^\circ}{3\,\text{Sin } 10^\circ}$$

$$= \frac{0.5}{3 \times 0.1736} = 0.96$$

उदाहरण : एक 3-फेज, 12-पोल, स्टार संयोजित आल्टरनेटर में 180 स्लॉट है और प्रति स्लाट 10 चालक है, प्रत्येक फेज के चालक श्रेणी में जुडे है। कुण्डली विस्तार144° (विद्युत) है। वितरण गुणक व पिच गुणक K_p ज्ञात करें।

$$K_d = \frac{\text{Sin } m\,\beta/2}{m\,\text{Sin } \beta/2}$$

$$m = \frac{180}{3 \times 12} = 5 \text{ slots per phase per pole.}$$

$$\beta = \frac{180^\circ}{\frac{180}{12}} = 12^\circ$$

$$K_d = \frac{\text{Sin } 5 \times \frac{12}{2}}{5\,\text{Sin } \frac{12}{2}} = \frac{\text{Sin } 30^\circ}{5\,\text{Sin } 6^\circ} = \frac{0.5}{5 \times 0.1045} = 0.957$$

$$K_p = \text{Cos } \frac{\alpha}{2}$$

$$= \text{Cos } (180-144)/2 = \text{Cos } 36/2 = \text{Cos } 18^\circ = 0.95.$$

उपरोक्त से यह स्पष्ट होता है कि पिच गुणक व वितरण गुणक का उपयोग उत्पन्न emf से गुणा करने के लिए व वास्तविक उत्पन्न वोल्टेज ज्ञात करने के लिए किया जाता है। इसलिए एक आल्टरनेटर में उत्पन्न E_o प्रति फेज = 4.44 $K_p K_d F Ø T$ volts.

स्टार संयोजित आल्टरनेटर में लाइन वोल्टेज = $E_L = \sqrt{3}E_P = \sqrt{3}E_0$ और डेल्टा संयोजित आल्टरनेटर में लाइन वोल्टेज $E_L = E_p = E_o$. इस प्रकार यदि Kd और K_p में से किसी का भी मान ज्ञात न हो तो प्रश्न में इनका मान एक मान लेना चाहिए।

उदाहरण : एक, एक फेज आल्टरनेटर की प्रभाविक वोल्टेज ज्ञात करें, जिसके निम्नलिखित वर्णन दिये गये है, F=60 Hz, टर्न/फेज T = 240, प्रति पोल फ्लक्स Ø = 0.0208 वेबर।

हलः चूंकि K_c/K_p व K_d के मान नही दिये है इसलिए इनका मान 1 लेने पर

वोल्टेज/फेज E = 4.44 ØFT वोल्ट

= 4.44 x 60 x 0.0208 x 240 वोल्ट

= 1329.86 V or 1330 वोल्ट

उदाहरण: एक 3-फेज प्रत्यावर्तक के साथ निम्नलिखित सूचनायें दी गई है। स्लाट = 96, पोल = 4, r.p.m. = 1500, टर्न/क्वाइल = 16 एकल परत में, Ø = 2.58 x 10^6 लाइन। उत्पन्न वोल्टेज प्रति फेज ज्ञात करें।

इसलिए टर्न/फेज = 32 x 16 = 512

= 2.58 x 10^6 lines = 2.58 x 10^6 x 10^{-8} weber

V = 4.44 FØT

= 4.44 x 50 x 512 x 2.58 x 10^6 x 10^{-8} = 2932 volts.

उदाहरण: एक 3-फेज, 16-पोल वाले प्रत्यावर्तक में 144 स्लॉट है, और दो परतों में 4 चालक प्रति स्लॉट है और प्रत्येक फेज के चालक श्रेणी में जुडे है। यदि प्रत्यावर्तक की चाल 375 r.p.m. हो तो प्रति फेज उत्पन्न emf ज्ञात करें। वायु अन्तराल में परिणामी फ्लक्स 5 x 10^{-2} वेबर प्रति पोल है,जो ज्या तरंग रूप में वितरित है। कुण्डली विस्तार 150° विद्युत मान लें।

ज्या तरंग वितरण में, तरंग रूप ज्या तरंग है और उत्पन्न emf

$E_o = E_p = 4.44\ K_c K_d FØT$ volts

$K_c = \text{Cos}\ \frac{\alpha}{2} = \text{Cos}\ (180\text{-}150)/2 = \text{Cos}\ \frac{30}{2}$

= Cos 15 = 0.966

$$m = \frac{144}{3 \times 16} = 3$$

$$\beta = \frac{180°}{\frac{144}{16}} = \frac{180}{9} = 20°$$

$$K_d = \frac{\text{Sin}\ 3 \times \frac{20}{2}}{3\ \text{Sin}\ \frac{20}{2}} = 0.96.$$

प्रति फेज स्लाट की संख्या = $\frac{144}{3}$ = 48

प्रति स्लॉट चालकों की संख्या = 4

प्रति फेज श्रेणी में जुडे चालकों की संख्या = 48 x 4

प्रति फेज श्रेणी में जुडे चालकों की संख्या =

$E_{ph} = 4.44\ K_c K_d FØT$

= 4.44 x 0.966 x 0.96 x 50 x 5 x 10^{-2} x 96

= 988 volts.

प्रत्यावर्तक के अभिलक्षण व वोल्टेज विनियमन (Characteristic and voltage regulation of the alternator)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **प्रत्यावर्तक के लोड अभिलक्षण व टर्मिनल वोल्टेज पर P.F. (शक्ति गुणक) के प्रभाव का वर्णन करना**
- **प्रत्यावर्तक के विनियमन का वर्णन और उसके प्रश्नों को हल करना।**

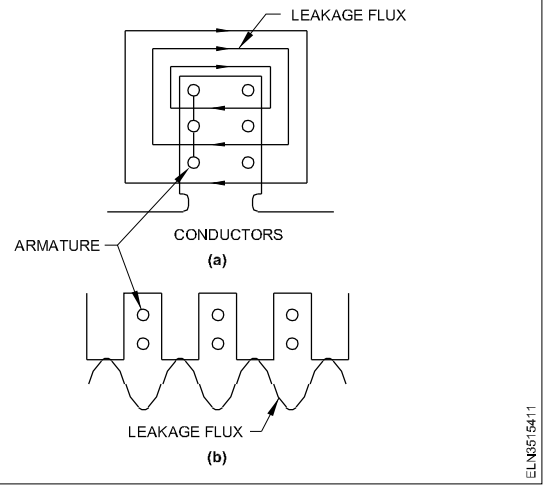
प्रत्यावर्तक के लोड अभिलक्षण (Load characteristic of an alternator): जैसे ही प्रत्यावर्तक पर लोड बदलता है तो इसकी टर्मिनल वोल्टेज भी बदल जाती है। इस परिवर्तन का कारण प्रत्यावर्तक में वोल्टेज ड्राप का होना है जिसके कारण है

- आर्मेचर प्रतिरोध R_a
- आर्मेचर लिकेज प्रतिघात X_L
- आर्मेचर प्रतिक्रया जो कि लोड के शक्ति गुणक पर निर्भर करती है।

आर्मेचर प्रतिरोध मे वोल्टेज ड्राप (Voltage drop in armature resistance): प्रत्यावर्तक के प्रत्येक फेज वाइन्डिंग के प्रतिरोध के कारण प्रत्यावर्तक में वोल्टेज ड्राप होते है और यह I_pR_a के तुल्य होते है जहाँ I_p फेज धारा है और R_a प्रति फेज का प्रतिरोध है।

आर्मेचर लिकेज प्रतिघात में वोल्टेज ड्राप (Voltage drop in armature leakage reactance): जब आर्मेचर चालकों में धारा प्रवाहित होने लगती है तब प्रत्यावर्तक मे फ्लक्स स्थापित हो जाता है, फ्लक्स की कुछ मात्रा वायु अन्तराल को पार करते हुए मुख्य मार्ग से विचलित हो जाता है। यह फ्लक्स लिकेज फ्लक्स कहलाता है। दो प्रकार के लिकेज फ्लक्स Figs 1a व b मे दिखाये गये है।

Fig 1



यद्यपि लिकेज फ्लक्स संतृप्तता (saturation) से स्वतन्त्र होते है, वे करंट और टर्मिनल वोल्टेज`V' व करंट के बीच फेज कोण पर निर्भर करती है। ये लिकेज फ्लक्स एक प्रतिकारी (reactance) वोल्टेज उत्पन्न करते है जो कि करंट से 90° आगे रहती है। सामान्यतया लिकेज फ्लक्स के प्रभाव को प्रेरणिक प्रतिघात (inductive reactance) X_L कहते है और यह परिवर्तनशील राशि होती है। कई बार X_L केमान को तुल्यकाली प्रतिघात (synchronous reactance) भी कहते है जो कार्य परिस्थिति के सन्दर्भ मे व्यक्त होती है।

आर्मेचर प्रतिक्रिया के कारण वोल्टेज ड्राप (Voltage drop due to armature reaction): प्रत्यावर्तक में आर्मेचर प्रतिक्रिया DC जनरेटर की तरह ही होती है। परन्तु प्रत्यावर्तकों में लोड का शक्ति गुणक आर्मेचर प्रतिक्रिया पर गहरा प्रभाव डालता है।

आर्मेचर प्रतिक्रिया का प्रभाव तीन प्रकार से समझा जा सकता है जैसे कुछ जब शक्ति गुणक होता है

- इकाई (unity)
- शून्य पश्चगामी (zero lagging)
- शून्य अग्रगामी (zero leading)

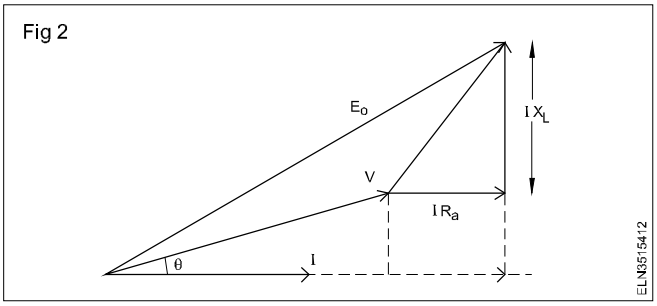
इकाई P.F. पर आर्मेचर प्रतिक्रिया का प्रभाव केवल क्रॉस मैग्नेटाइजिंग होता है। इसलिए चुम्बकीय क्षेत्र पर कुछ विरूपण होगा।

परन्तु जीरो लैगिंग P.F. पर आर्मेचर प्रतिक्रिया का प्रभाव विचुम्बकीय होता है। इस वि-चुम्बकीय प्रभाव की क्षति को पुरा करने के लिए फिल्ड एक्साइटेशन करंट को बढाने की आवश्यकता होती है।

दूसरे पक्ष में जीरो लोडिंग पर आर्मेचर प्रतिक्रिया का प्रभाव चुम्बकीयहोता है। बढी हुई ड्रूथ्ढ के उत्पादन में क्षतिपूर्ति के लिए और इस अतिरिक्त चुम्बकीय प्रभाव पर टर्मिनल वोल्टेज को स्थिर रखने के लिए फिल्ड एक्साइटेशन करंट को कम किया जाता है।

आर्मेचर प्रतिरोध और प्रतिघात का आलटरनेटर में प्रभाव (Effect of armature resistance and reactance in the alternator): प्रत्यावर्तक में प्रति फेज उत्पन्न emf, आर्मेचर प्रतिरोध के प्रभाव और प्रतिघात (reactance) ड्राप द्वारा कम हो जाती है जिसे Fig 2 में सदिश के रूप में दिखाया गया है जहाँ

Fig 2



V प्रति फेज टर्मिनल वोल्टेज है

I फेज धारा है

θ फेज करंट व टर्मिनल वोल्टेज के बीच शक्ति गुणक कोण है

E_o प्रति फेज उत्पन्न वि०वा० है।

R_a प्रति फेज आर्मेचर प्रतिरोध है

X_L प्रति फेज आर्मेचर रिएक्टैंस है।

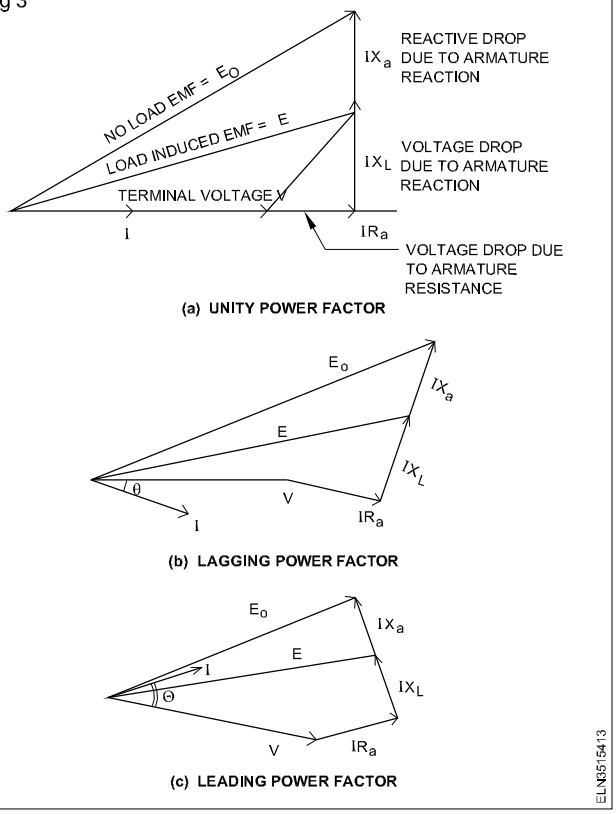
उत्पन्न emf की सदिश रूप से या अंक गणितीय रूप से गणना की जा सकती है।

अंक गणितीय रूप में उत्पन्न emf

$$E = \sqrt{(V\cos\theta + IR_a)^2 + (V\sin\theta + IX_L)^2}$$

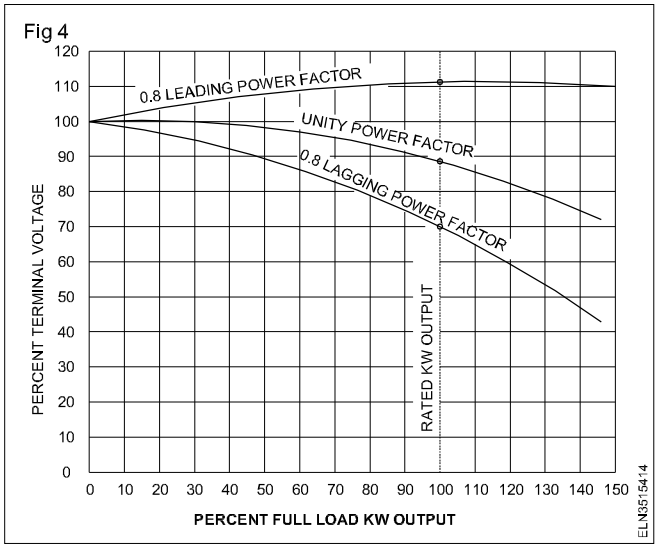
शक्ति गुणक के किसी भी मान पर चाहे पश्चगामी या अग्रगामी हो, का क्रॉस-मैग्नेटाइजेशन, डी-मैग्नेटाइजेशन या मैग्नेटाइजेशन मिश्रित प्रभाव होता हे। आर्मेचर प्रतिक्रिया के सभी प्रभावों में, यह सदिश रूप में Fig 3 में दिखाया गया है कि यह बल प्रतिघात ड्राप की लाइन में कार्य कर रहा है जो सदिश IX_a द्वारा दर्शित है। यद्यपि यह मान पाठ्यांक के रूप में नही मापा जा सकता है।

Fig 3



उपरोक्त सूचना के आधार पर, यह ज्ञात होता है कि आल्टरनेटर की टर्मिनल वोल्टेज, यूनिटी p.f. लोड पर Fig 4 के अनुसार थोडा सी गिरती है। यह भी ज्ञात होता है कि लैगिंग p.f. पर आल्टरनेटर की टर्मिनल वोल्टेज बहुत अधिक गिर जाती है। इसके विपरीत लीडिंग P.F. पर आल्टरनेटर की टर्मिनल वोल्टेज लोड पर बढ जाती है जो कि Fig 4 के अनुसार जीरो लोड टर्मिनल वोल्टेज से भी अधिक हो जाती है।

Fig 4



प्रत्यावर्तकों की क्षमता (Rating of alternators): किसी दिये हुए लोड की क्षमता पर, निश्चित शक्ति गुणक पर लोड धारा ज्ञात की जा सकती है और प्रत्यावर्तक की क्षमता लोड धारा पर निश्चित की जाती है, इसलिए प्रत्यावर्तक की क्षमता kVA और MVA में दी हुई होती है न कि kW या MW जिसमें वाटेज क्षमता के साथ शक्ति गुणक को भी दर्शाना पड़ता है।

उदाहरण: एक 3-फेज, स्टार संयोजित प्रत्यावर्तक 5 MW के लोड को 0.85 लैगिंग p.f. पर 11 kV वोल्टेज प्रदान कर रहा है। इसकी प्रति फेज रजिस्टैंस 0.2 ओह्म और सिन्क्रोनस प्रतिघात 0.4 ओह्म प्रति फेज है। उत्पन्न emf की लाइन वोल्टैज ज्ञात करें।

पूर्ण लोड धारा = $I_L = \dfrac{P}{\sqrt{3}E_L\cos\theta}$

$$\frac{5\times1000\times1000}{\sqrt{3}\times11000\times.85} = 309 \text{ Amps.}$$

स्टार में $I_L = I_P$

IR_a drop = 309x0.2=61.8 V

Ix_L drop = 309 x 0.4 = 123.6 V

टर्मिनल वोल्टेज (लाइन) =11000 V

टर्मिनल वोल्टेज (फेज) = $\dfrac{11000}{\sqrt{3}}$ = 6350V

शक्ति गुणक = 0.85

शक्ति गुणक कोण = θ = Cos^{-1}(.85)

= Cos 31.8°

Sin q = 0.527.

उपरोक्त डाटा अनुसार Fig 5 के अनुसार सदिश खींचने पर, हम प्राप्त करते है

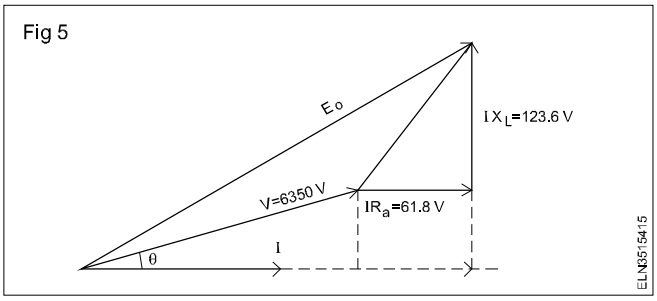
$$E_o = \sqrt{(V\cos\theta + IR_a)^2 + (V\sin\theta + IX_L)^2}$$

$$= \sqrt{(6350 \times 0.85 + 61.8)^2 + (6350 \times 0.527 + 123.6)^2}$$

= 6468.787 volts.

Line voltage = $\sqrt{3}E_P$ = $\sqrt{3} \times 6469 = 11204V$

Fig 5



एक प्रत्यावर्तक का वोल्टेज रेगूलेशन (The voltage regulation of an alternator): एक प्रत्यावर्तक के वोल्टेज रेगूलेशन को इस प्रकार परिभाषित कर सकते है कि यह वह वोल्टेज में वृद्धि होती है जब पूर्ण क्षमता लोड को शून्य लोड तक कम किया जाता है, जब चाल व फिल्ड करंट स्थिर रखें जायें। सामान्यतया यह कुल लोड वोल्टेज के प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है।

$$\% \text{ वोल्टेज रेगूलेशन} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$$

जहाँ V_{NL} - प्रत्यावर्तक की जीरो लोड वोल्टेज

V_{FL} - प्रत्यावर्तक की जीरो लोड वोल्टेज

प्रतिशत रेगूलेशन विशेष रूप से परिवर्तित होता है, जो लोड के शक्ति गुणक पर निर्भर करता है और जैसा कि हम जानते है कि लैगिंग p.f. पर, लोड पर वोल्टेज बढती है और लैगिंग p.f. पर लोड पर टर्मिनल वोल्टेज घटती है।

उदाहरण: जब एक जनित्र AC से लोड हटाया गया, इसकी टर्मिनल वोल्टेज 480V पूर्ण लोड से 660V शून्य पर बढ गई। वोल्टेज रेगूलेशन की गणना करें।

$$\% \text{ regulation} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$$

$$\frac{660 - 480}{480} \times 100 = 37.5\%$$

प्रत्यावर्तकों के समानांतर परिचालन की विधियाँ - ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक (Parallel operation methods of alternators - Brushless alternator)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **प्रत्यावर्तकों को समानान्तर में करने की शर्तें व आवश्यकता का वर्णन**
- **दो 3 प्रत्यावर्तकों को समानांतर जोड़ने की विधियाँ का वर्णन**
- **समानान्तर परिचालन में लोड को बंटवारा करते समय फिल्ड एक्साइटेशन व चाल में परिवर्तन से उत्पन्न प्रभाव को वर्णन करने में।**

दो प्रत्यावर्तकों के समानांतर करने की आवश्यकता (Necessity for paralleling of two alternators)

प्रत्यावर्तक द्वारा दी जाने वाली आउटपुट पावर से लोड सर्किट की मांग अधिक हो जाती है, तो दो प्रत्यावर्तकों को समानांतर में जोड़ा जाता है।

दो तीन फेज प्रत्यावर्तकों के समानांतर (सिन्क्रोनाइजिंग) करने के लिए शर्तें (Conditions for paralleling (synchronising) of two 3 phase alternators)

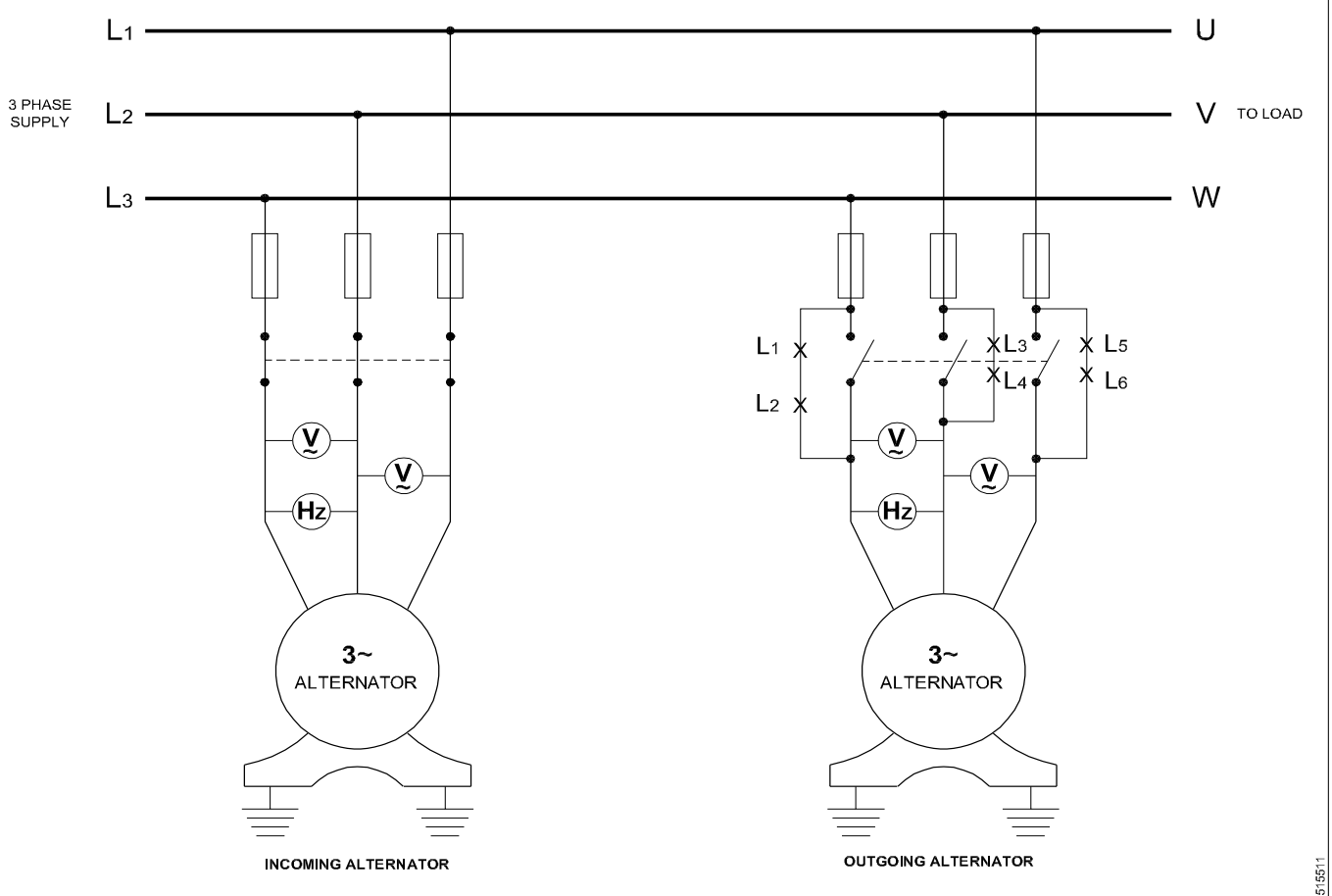
- दोनो 3 फेज प्रत्यावर्तकों का फेज अनुक्रम समान होना चाहिए, इसे फेज अनुक्रम मीटर द्वारा चेक किया जा सकता है।
- दोनों 3 फेज प्रत्यावर्तकों की आउटपुट वोल्टेज समान होनी चाहिए।
- समानांतर में जुडने वाले प्रत्यावर्तकों की आवृत्ति बस-बार आवृत्ति के बराबर होनी चाहिए।

डार्क लैम्प विधि (Dark lamp method)

डार्क लैम्प विधि से दो प्रत्यावर्तकों को निम्नलिखित प्रकार से सिन्क्रोनाइज किया जाता है।

दो तीन फेज प्रत्यावर्तकों को समानांतर में जोड़ने का Fig 1 में सर्किट दिखाया गया है। प्रत्यावर्तक 1 पहले ही लोड परिपथ के साथ जुडा हुआ है और प्रत्यावर्तक 2 प्रत्यावर्तक 1 के साथ समानान्तर में जोड़ा जाता है। तीन लैम्प के जोडे, लोड वोल्टेज से दो गूणी वोल्टेज क्षमता के, प्रत्यावर्तक 2 व लोड परिपथ के बीच जोडे गये है। जब दोनों मशीने परिचालित होती है, निम्न दोप्रभावों में एक पर ध्यान देने पर :

Fig 1



PARALLEL OPERATION OF 3 PHASE ALTERNATOR BY DARK LAMP METHOD

1 यदि दोनों प्रत्यावर्तकों की आवृत्ति में अन्तर है तो आवृत्ति के अन्तर की दर से तीनों लैम्पों के जोडे एक साथ जलेंगें व एक साथ बुझेंगें।

2 तीनों लैम्प के जोडे आगेपीछे जलेंगें व बुझेंगें जिनकी दर दो मशीनों की आवृत्ति के अन्तर के अनुसार होगी। इस अवस्था में मशीन उचित फेज अनुक्रम में नही जुडी है इसे आउट ऑफ फेज कहेंगें। इसे ठीक करने के लिए प्रत्यावर्तक 2 की दो लीड को आपस में बदलना आवश्यक है। मशीनों को तब तक समानांतर में नहीं जोड़ा जा सकता जब तक कि लैम्प के जोडे एक साथ जल व बुझ न जायें। मशीन के परिचालन में दिखाई गई लैम्प विधि बिल्कुल सरल होती है।

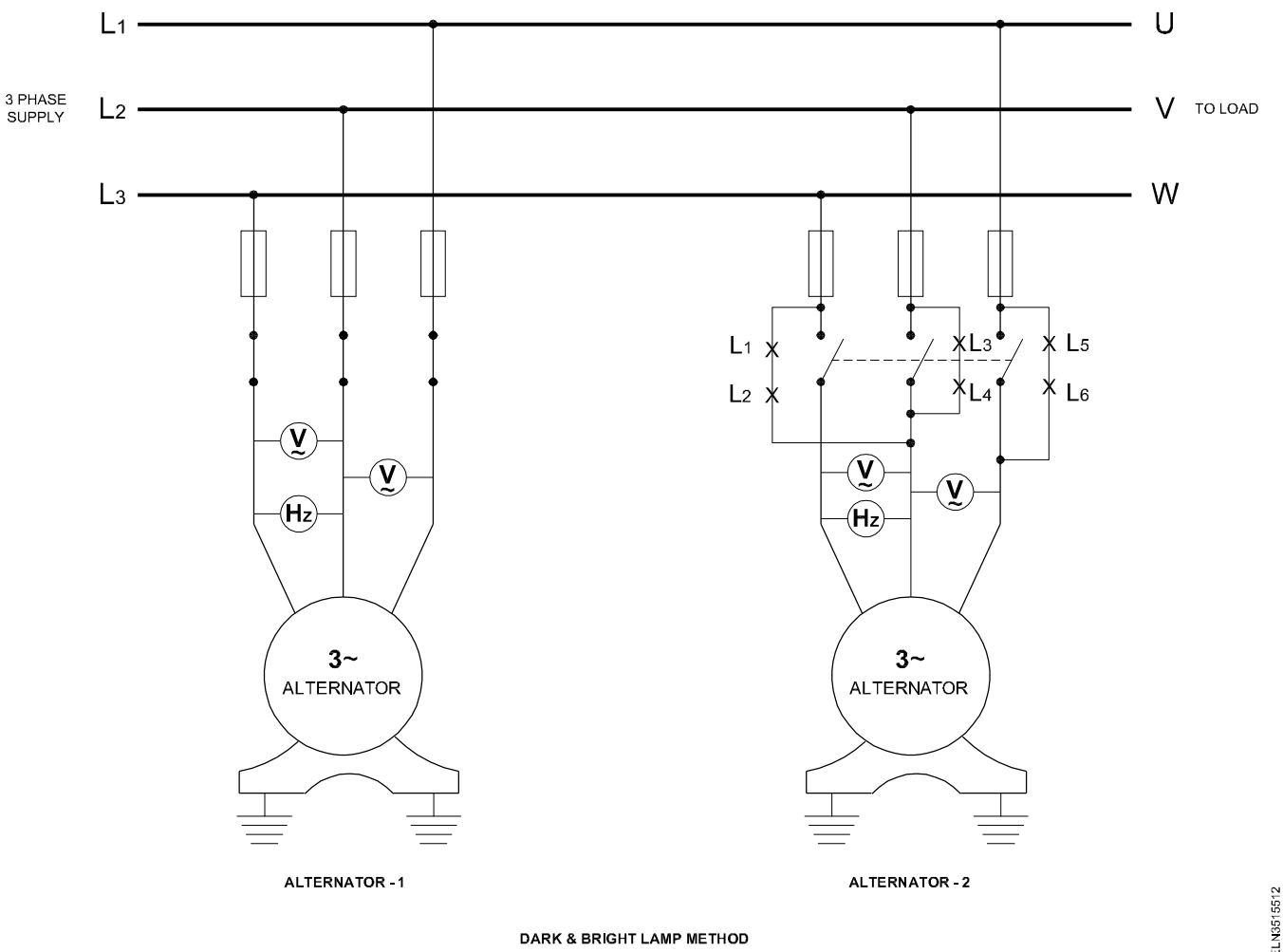
प्रम्यावर्तक 2 की चाल में थोड़ा सा एड्जस्टमेन्ट करके मशीन की आवृत्ति इस प्रकार बराबर की जाती है कि सिन्क्रोनाइजिंग लैम्प बहुत धीरे-धीरे प्रकाशित व बुझने लगें जब तीनों लैम्प के जोडे पूर्ण रूप से बुझ जायें तब मशीन 2 की तीनों सिरों की क्षणिक विद्युत ध्रुवता मशीन 1 के तुल्य हो जाती है, इस क्षण पर मशीन 2 की वोल्टेज मशीने 1 के तुल्य व कला में होती है, इस अवस्था में जब लैम्प डार्क अवस्था में है, सिन्क्रोनाइजिंग स्विच को ऑन करना चाहिए ताकि दोनों आल्टरनेटर लोड को शक्ति प्रदान कर सके।

तीन डार्क लैम्प विधि की कुछ हानियाँ है, इसलिए कभी कलोड ही उपयोग की जाती है। उद्दीप्त लैम्प (incandescent lamp) के पार्श्व में डार्क अवस्था में भी उच्च वोल्टेज आरोपित रहती है, परिणामस्वरूप यह सम्भव है कि समानांतर संयोजन को क्लोज किया जाये, जबकि मशीनों के बीच उच्च वोल्टेज व फेज अन्तर बना रहता है। छोटी क्षमता की मशीनें जो कम स्पीड पर चलती है, में फेज अन्तर मशीन के परिचालन में प्रभाव नही डाल सकता है। इस प्रकार बडे आकार वाली मशीनों में जब फेज अन्तर अधिक होता है और आर्मेचर प्रतिघात उच्च चाल पर बहुत कम होता है को समानांतर में जोडने पर बहुत बड़ी क्षति हो सकती है।

दो ब्राइट, एक डार्क लैम्प विधि (Two Bright, One Dark Method) (Dark and Bright lamp method)

प्रत्यावर्तकों को सिन्क्रोनस करने की अन्य विधि है दो ब्राइट व एक डार्क लैम्प विधि। इस विधि में सिन्क्रोनाइजिंग लैम्प के दो जोडे क्रॉस करके इनकमिंग मशीन व बार-बार के साथ जोडे जाते है। ये लैम्प उचित अवस्था बताते है जब समानान्तर स्विच ऑन करना होता है। Fig 2 में प्रत्यावर्तक को सिन्क्रोनस करने के लिए दो ब्राइट व एक डार्क लैम्प विधि के लिए आवश्यक संयोजन दिखाये गये है।

Fig 2



जब प्रत्यावर्तक सिन्क्रोनाइज्ड हो जाते है लैम्प जोड़ा 1 और 2 ब्राइट होते है वे लैम्प जोड़ा 3 डार्क होता है। चूंकि दो लैम्प जोडें ब्राइट व एक लैम्प जोडा डिम होता है तो इसलिए वह क्षण ज्ञात करना सरल होता है जब सिन्क्रोनाइजिंग स्विच क्लोज किया जा सकता है। इसके आगे लैम्प की ब्राइटनेस के क्रम का निरीक्षण करके जो आल्टरनेटर सिन्क्रोनाइज्ड किया जाता है उसकी चाल धीरे है या उच्च है यह पता लगाना सम्भव हो जाता है और इसे ठीक भी किया जा सकता है।

वह क्षण जब दो लैम्प जोडे पूर्ण ब्राइट व एक लैम्प जोड़ा पूर्ण डार्क होता है, उस समय सिन्क्रोनाइजिंग स्विच क्लोज्ड किया जा सकता है।

अब दोनों आल्टरनेटर सिन्क्रोनाइज्ड हो गये है और अपनी क्षमता अनुसार लोड को वहन कर सकते है।

सिन्क्रोस्कोप विधि (Synchroscope method)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **सिन्क्रोस्कोप के प्रकार का वर्णन करना**
- **सिन्क्रोस्कोप के कार्य सिद्धांत का वर्णन करना।**

सिन्क्रोनस्कोप (Synchroscope)

पावर स्टेशन बस-बार के साथ प्रत्यावर्तक को जोडने के लिए, जिस क्षण पर स्विच क्लोज्ड करना है उस सही क्षण का ज्ञात करने के लिए सिन्क्रोनस को प्रयोग किया जाता है। शून्य लोड वाली इनकमिंग मशीन को जब बस-बार के साथ लोड को बाँटने के लिए सही क्षणों पर जोड़ा जाता हैइस समय यह सिन्क्रोनाइजिंग प्रक्रिया आवश्यक होती है।

सिन्क्रोनाइजिंग को सही क्षण तब होगे जब बस-बार और इनकमिंग मशीन की वोल्टेज

a) परिमाण में समान हो,
b) कला में हो और
c) समान आवृत्ति वाली हों।

3-फेज मशीनों के लिए दोनों को फेज अनुक्रम समान होना चाहिए। इस स्थिति का ज्ञात फेज अनुक्रम इंडीकेटर द्वारा हो जाता है।

वोल्टेज को वोल्ट मीटर द्वारा चेक किया जा सकता है। बस-बार व इनकमिंग मशीन को वोल्टेज को फेज व आवृत्ति में अन्तर को दर्शाने के लिए सिन्क्रोनाइज कार्य करता है।

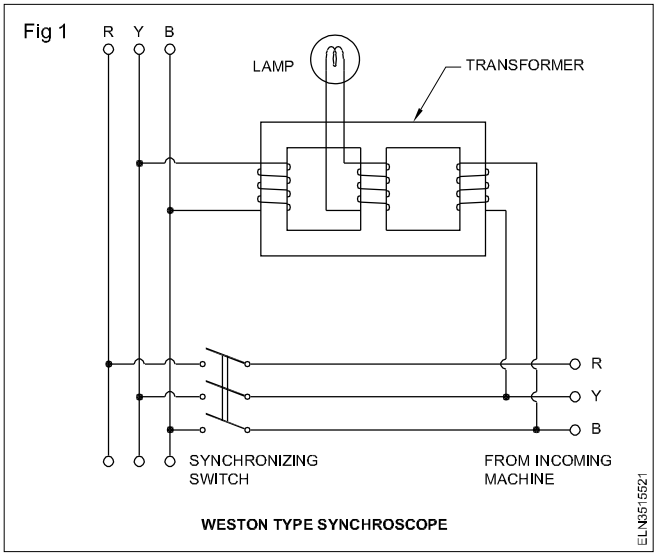
सिन्क्रोस्कोप या तो **इलैक्ट्रोडायनामो मीटर प्रकार या चल लोह प्रकार (moving iron type)** का हो सकता है।

इलैक्ट्रोडायनामोमीटर (वेस्टन) प्रकार सिन्क्रोस्कोप (Electro dynamo meter (Weston) type synchroscope)

वेस्टन प्रकार के सिन्क्रोस्कोप का एक सरल परिपथ Fig 1 में दिखाया गया है। इसमें तीन भुजाओं वाला ट्रांसफार्मर होता है। बाहर वाली भुजा की वाइन्डिंग बार द्वारा उत्तेजित की गई है और इसकी दूसरी बाहरी भुजा इनकमिंग मशीन से जोडी गई है, मध्य भुजा वाली वाइन्डिंग लैम्प से जोडी गई है।

बाहरी भुजा वाली वाइन्डिंग दो फ्लक्स उत्पन्न करती है जो केन्द्रिय भुजा की ओर प्रवाहित होते है। केन्द्रिय भुजा में परिणामी फ्लक्स इन दोनों फ्लक्सों के फेजर योग के तुल्य होता है। यह परिणामी फ्लक्स केन्द्रिय भुजा की वाइन्डिंग में emf उत्पन्न कर देता है। दो बाहरी भुजाओं मेंवाइन्डिंग इस प्रकार व्यवस्थित की जाती है कि जब बार और इनकमिंग मशीन की वोल्टताएँ कला में होती है, केन्द्रीय भुजा में दोनों फ्लक्स योगात्मक होते है और इस प्रकार केन्द्रिय भुजा में की वाइन्डिंग में उच्चतम emf पैदा हो जाती है। इसलिए इन परिस्थिति में लैम्प तेज रोशनी के साथ जलता है। जब दोनों वोल्टताएँ 180° के आउट ऑफ फेज पर आपस में होती है तो परिणामी फ्लक्स शून्य होता हे और केन्द्रिय भुजा वाइन्डिंग में कोई emf पैदा नही होती, और परिणाम स्वरूप लैम्प बिल्कुल नही जलता। यदि इनकमिंग मशीन की आवृत्ति बार की आवृत्ति से भिन्न होती है तो लैम्प बार बार जलता है व बुझता है या दूसरे शब्दों में टिमटिमाता है। टिमटिमाने की आवृत्ति बार व इनकमिंग मशीन की आवृत्ति के अन्तर के बराबर होती है।

Fig 1



WESTON TYPE SYNCHROSCOPE

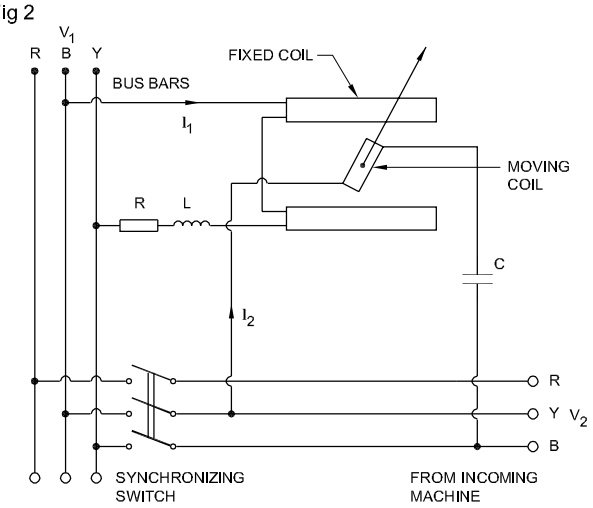
सिन्क्रोनाइजिंग का सही क्षण वह होता है जब लैम्प बहुत धीरे धीरे उच्चतम रोशनी के साथ टिमटिमाने लगता है।

इस सरल परिपथ का एक दोष यह है कि इनकमिंग मशीनकी गति बहुत अधिक है या बहुत कम यह पता नहीं लगता है। इस दोष को दूर करने के लिए एकइलैक्ट्रोडायनामोमीटर प्रकार उपयन्त्र परिपथ में Fig 2 के अनुसार जोड़ा जाता है।

इलैक्ट्रो डायनोमीटर उपयन्त्र में स्थिर कुण्डली दो भागों में बंटी होती है। स्थिर कुण्डली इस प्रकार डिजाइन की जाती है कि इसमें बहुत कम धारा प्रवाहित हो सके और इसके लिए इसके श्रेणी में प्रतिरोध जोडकर इसे बराबर

के पार्श्व में जोडा जाता है। चल कुण्डली के श्रेणी में एक संधारित्र जोडकर इसे इनकमिंग मशीन के पार्श्व में जोड जाता है। उपयन्त्र में कंट्रोल स्प्रिंग लगाये जाते है जो कि चल कुण्डली में धारा ले जाने का कार्य करते है। संकेतक की छाया ऑपेल ग्लास (opal glass) पर पडती है।

Fig 2



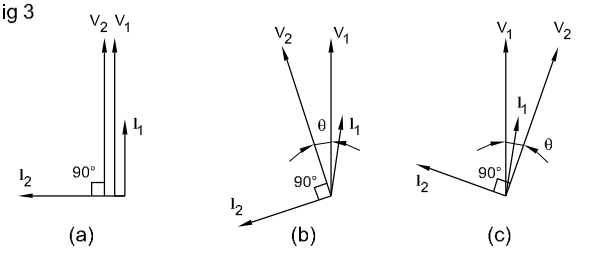
WESTON TYPE SYNCHROSCOPE

ELN3515522

जब दोनों मशीनों की वोल्टताएं एक दूसरे की कला में होती है, तो धारा I_1 और I_2 क्रमशः स्थित वाइंडिंग व चल कुण्डली में एक दूसरे केसमकोण पर (Fig 3a) के अनुसार होती है, और इसलिए उपयन्त्र में कोई टॉर्क उत्पन्न नहीं होता। इस अवस्था में कंट्रोल स्प्रिंग इस प्रकार व्यवस्थित होते है कि संकेतक ऊर्ध्वाधर (vertical) स्थिति मेंरहता है। लैम्प भी अपनी उच्चतम रोशनी के साथ जलता है और संकेतक की ऑपेल ग्लास (opal glass) पर छाया दिखती है।

यदि इनकमिंग मशीन की वोल्टेज V_2 बस बार वोल्टेज V_1 से आगे होती है, और इनकमिंग मशीन थोडा धीरे चल रही है, तो परिपथ की स्थितियाँ धीरे धीरे बदलती है जैसाकि Fig 3 (b) में व Fig 3(c) में दिखाया गया है। तब टॉर्क $KI_1I^2 \cos(90° + \theta)$ से अर्थात ऋणात्मक मान से शून्य और फिर धनात्मक मान की ओर बदलता है और इस दौरान लैम्प तेल रोशनी देता है। और संकेतक बांई तरफसे डायल की वर्टीकल स्थिति की, और फिर डायल की दांयी तरफचलता दिखाई देता है। इस डायल पर Fast व Slow की दिशा में चिन्ह लगा होता है जैसा कि Fig 4 में दिखाया गया है।

Fig 3



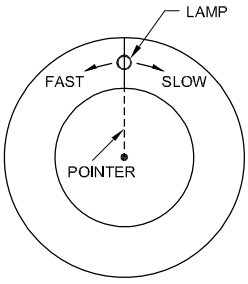
PHASOR DIAGRAMS

ELN3515523

। V_1 और V_2 180° पाइन्टर के फेस के बाहर हैं और पीछे जायेंगे । पर यह दिखाई नहीं देगा क्योंकि इन परिस्थितियों में लेम्ब गहरा है । अतः पाइन्टर की दिखाई देनेवाली हलचल डायल की एक ही दिशा में झुकती है । यदि इनकमिंग मशीन बहुत तेज है तो दिखाई देनेवाला झुकाव दूसरी दिशा में होगा । सही संयोजन तब होता है जब पाइन्टर अपनी केन्द्रीय स्थिति में दिखाई देता है और बहुत धीमी गति से चलता है ।

यह देखा सकते हैं कि कम्न्ट I_1 और I_2 के बीच सही क्वाड्रेचर सम्बन्ध प्राप्त तय होता है जब वोल्टेज V_1 और V_2 फेस में होते हैं और यह तब संभव है जब स्थिर काईल सर्किट में छोटा इन्डक्टैन्स L दिया जाता है ।

Fig 4



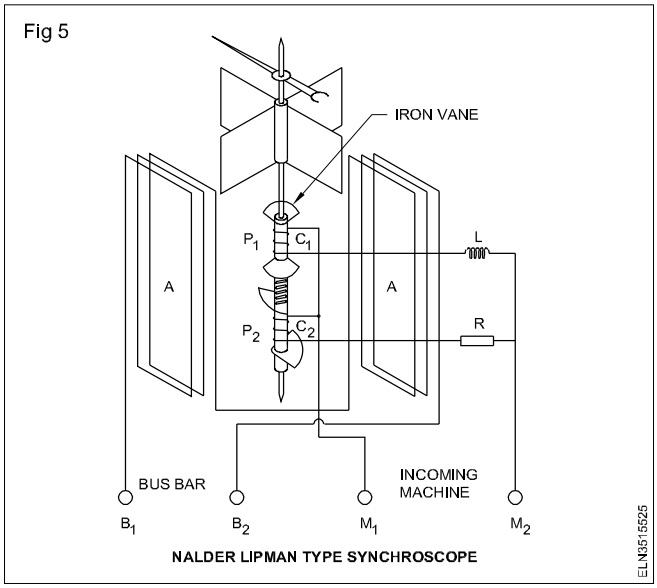
DIAL OF WESTON SYNCHROSCOPE

ELN3515524

मूविंग आयरन सिन्क्रोस्कोप (Moving Iron synchroscope):

Fig 5 में एक मूविंग आयन सिन्क्रोनस्कोप की संरचना दिखाई गई है जो कि लिपमेन (Lipman) से है। इसमें दो भागो में बंटी एक स्थिर वाइंडिंग है। यह स्थिर वाइंडिंग A बहुत कम धारा के लिए डिजाईन की गई होती है और एक प्रतिरोध के श्रेणी में जुड कर बस बार के दो फेजों के पार्श्व में जुडता है। एक स्पिण्डल पर दो लोहे के बेलन C_1 व C_2 जुडे हुए है। प्रत्येक लोह बेलन के साथ दो लोह वेन लगे होते है जिनके अक्ष एक दूसरे से 180° दूर है। ये लोह बेलन दो प्रैशर कुण्डलियां P_1 व P_2 से उत्तेजित होते है, जो कि इनकमिंग मशीन के दो फेजों के साथ जोडी जाती है। इनमें से एक वाइंडिंग के श्रेणी में प्रतिरोध व दूसरी वाइंडिंग के श्रेणी में प्रतिरोध व दूसरी कुण्डली के श्रेणी में प्रेरकत्व (inductance) जुडा है। यह दोप्रैशर कुण्डलियों के बीच 90° का कृत्रिम फेज अन्तर पैदा करने के लिए किया जाता है। यहाँ कोई कंट्रोल स्प्रिंग नहीं होता । उपयन्त्र के साथ संकेतक लगा होता है

Fig 5



NALDER LIPMAN TYPE SYNCHROSCOPE

ELN3515525

जो कि Fast और Slow चिन्ह लगे डायल पर घूमता है।

जब इनकमिंग मशीन की आवृत्ति बस बार की आवृत्ति के समान होती है, तब उपयन्त्र बिल्कुल पावर फैक्टर मीटर के रूप में ठीक वैसे ही व्यवहार करता है। दो वोल्टताओं के बीच फेज अंतर के तुल्य सन्दर्भ अक्ष से संकेतक का विक्षेप होता है।

इस प्रकार यदि दो वोल्टताओं की आवृतियाँ भिन्न भिन्न होती है तो आवृतियों के अन्तर के अनुसार संकेतक लगातार घूमता है। इनकमिंग मशीन की गति अधिक है या कम है, इस आधार पर संकेतक के घूमने की दिशा निर्भर करती है।

ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक (Brushless Alternator)

उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक के सिद्धांत और मौलिक थ्योरी बताना**
- **ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक की संरचना का वर्णन करना**
- **3 फेज ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक के कार्य का वर्णन करना।**

ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक का सिद्धांत (Principle of brushless alternator)

सभी प्रत्यावर्तकों में चुम्बकीय क्षेत्र में वाइंडिंग को घुमा कर या स्थिर तार कुण्डली के बीच चुम्बकीय क्षेत्र को घुमा कर वोल्टेज उत्पन्न की जा सकती है। वोल्टेज उत्पन्न करने के लिए या तो वाइंडिंग को घुमाया जाता या चुम्बकीय क्षेत्र को घुमाया जाता है। दोनों रूप समान रूप से बराबर कार्य करते है और दोनों पृथक रूप से या मिश्रित रूप से यान्त्रिक, वैद्युत या अन्य उद्देश्य पर निर्भर करता है।

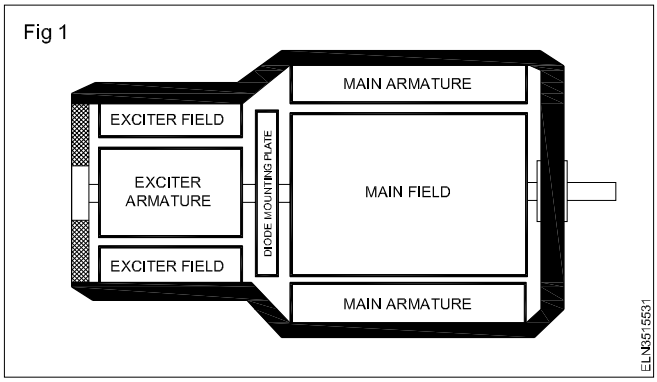
ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक के मामले में दोनो संयोग एक ही मशीन में इकट्ठे प्रयोग की जाती है।

प्रत्यावर्तक का स्थिर भाग स्टेटर कहलाता है और घूमने वाला भाग रोटर कहलाता है। तारों की कुण्डली जो चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करने के लिए उपयोग होती है वह फिल्ड वाइन्डिंग कहलाती है और जो वाइंडिंग शक्ति उत्पन्न करती है वह आर्मेचर वाइन्डिंग कहलाती है। यहाँ दोनों आर्मेचर व फिल्ड वाइन्डिंग रोटर भी और स्टेटर के रूप में भी उपयोग होती है।

ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक की कार्य प्रणाली (Working of brushless alternator)

ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक के दो भाग होते है जिनमें एक उत्तेजक मुख्य प्रत्यावर्तक भाग कहलाता है जैसा कि Fig 1 में दिखाया गया है।

Fig 1



उत्तेजन प्रत्यावर्तक (Excitation alternator)

इसके रोटर भाग में आर्मेचर व मुख्य फिल्ड वाइन्डिंग है और उत्तेजक की फिल्ड वाइन्डिंग स्टेटर में है। जब यह घूमना प्रारम्भ करता है तो एक्साइडर आर्मेचर में वोल्टेज उत्पन्न हो जाती है जो मुख्य फिल्ड को करंट देती है जिससे मुख्य प्रत्यावर्तक के चुम्बकीय क्षेत्र को सप्लाई मिल जाती है।

मुख्य प्रत्यावर्तक (Main Alternator)

यहाँ मुख्य फिल्ड रोटर में और आर्मेचर वाइन्डिंग स्टेटर भाग में है, जिससे सप्लाई को सीधा बाहर लिया जा सकता है। इसमें कोई ब्रुश की आवश्यकता नही है। एकसाईटर आर्मेचर में उत्पन्न वोल्टेज, मुख्य प्रत्यावर्तक के रोटर के लिए चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है। जब यह चुम्बकीय क्षेत्र मुख्य आर्मेचर चालकों को काटता है तो विभवान्तर उत्पन्न होता है। यहाँ पर उत्पन्न हई वोल्टेज को Fig 2 अनुसार एकसाईटर फिल्ड करंट से रेगूलेट किया जा सकता है।

मौलिक सिद्धांत (Basic theory)

जब एक वाइंडिंग की तार में विद्युत धारा गुजारी जाती है, एक चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है (एक विद्युत चुम्बक) इसके विपरीत जब एक वाइंडिंग के तार के मध्य से चुम्बकीय क्षेत्र गुजारा जाये तो भी तार में एक वोल्टेज उत्पन्न हो जाती है। यह पैदा हुई वोल्टेज, करंट बनाती है जब इलैक्ट्रोन किसी बैटरी या लोड में एक स्थान से दूसरे स्थान की ओर जाती है। ये दोनों क्रियायें प्रत्यावर्तकों, मोटरों और जनरेटर या डायनमों में लागू होती है।

संरचना (Construction)

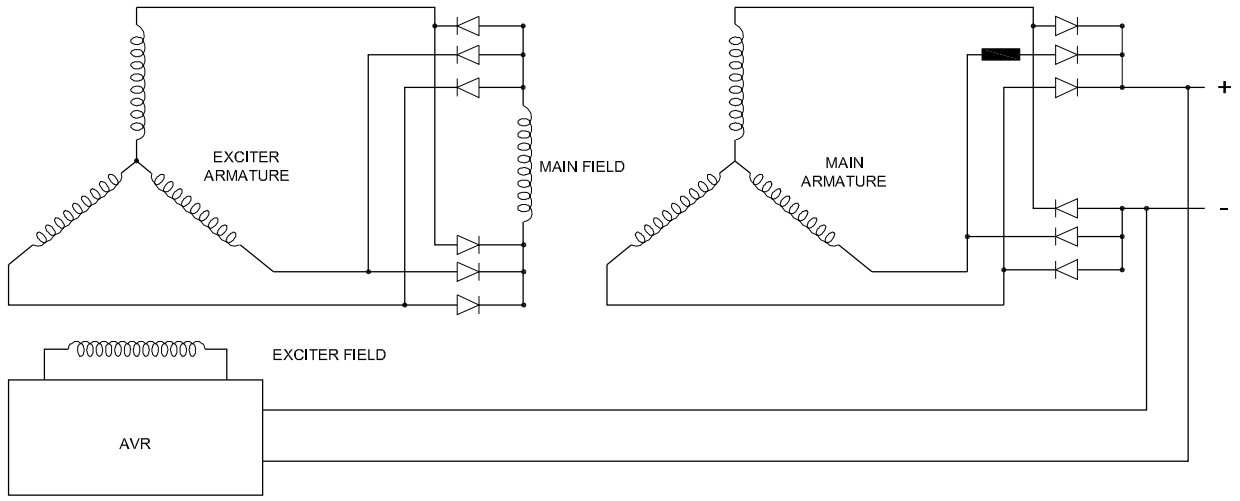
एक ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक दो प्रत्यावर्तकों से मिल कर बना होता है जो एक ही शाफ्ट पर end-से-end प्रकार जुडे होते है। छोटे ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक एक इकाई की तरह दिखाई देते है परन्तु बडे आकार वाले प्रत्यावर्तकों में दो भाग स्पष्ट रूप से दृष्टिगोचर होते है। दो भागों में से बड़ा भाग मुख्य प्रत्यावर्तक व छोटा भाग एकसाईटर होता है। एकसाईटर की फिल्ड कुण्डलियां स्थिर होती है और घूमने वाला भाग आर्मेचर (पावर कुण्डलियाँ) होता है। मुख्य प्रत्यावर्तक में इसका विपरीत है अर्थात घूर्णन फिल्ड व आर्मेचर स्थिर है।

उत्तेजक (Exciter)

उत्तेजक की फिल्ड कुण्डलियां स्थिर भाग स्टेटर में स्थिर होती है और इसका आर्मेचर भाग स्टेटर पर होता है। एकसाईटर के आर्मेचर से प्राप्त AC आउटपुट एक डायोड के सैट की मिलती है जो कि रोटर के साथ जुडे होते है और DC वोल्टेज बना देते है। यह DC सीधा मुख्य प्रत्यावर्तक के

फिल्ड वाइंडिंगों को मिल जाती है, जो कि रोटर के साथ जुडा होता है। इस प्रबन्ध के साथ रोटेटिंग फिल्ड वाइंडिंग को धारा देने के लिए ब्रुशों व स्लिप रिंगों की आवश्यकता नही पड़ती। एक सरल ऑटोमोटिव प्रत्यावर्तक से इनमें यह भेद है, सरल प्रत्यावर्तकों में ब्रुशों व स्लिपरिंगों का उपयोग रोटेटिंग फिल्ड को सप्लाई देने के लिए किया जाता है।

Fig 2



3 PHASE BRUSHLESS ALTERNATOR CIRCUIT DIAGRAM

मुख्य प्रत्यावर्तक (Main Alternator)

जैसा कि उपरोक्त मे वर्णन किया गया है मुख्य प्रत्यावर्तक फिल्ड घूमने वाला व स्थिर आर्मेचर (शक्ति जनन वाइंडिंग) वाला है। यह वह भाग है जिसको समझने में कठिनाई होती है कि आर्मेचर स्ट्रेटर भाग में है और न कि रोटर।

आर्मेचर प्रत्यावर्तक के स्थिर भाग में है, आउटपुट उच्च धारा ब्रुशों व स्लिपरिंगों में से प्रवाहित नही होती है। यद्यपि विद्युत डिजाईन अधिक जटिल है फिर भी यह प्रत्यावर्तक परिणाम में बहुत विश्वसनीय है क्योंकि वे ही भाग घिसते है जो बियरिंग से सम्बन्धित है या बियरिंग है।

तीन फेज ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक (Three-Phase brushless alternator)

एक तीन फेज प्रत्यावर्तक में वाइन्डिंग के 3 सैट होते है जो स्थिर आर्मेचर (स्टेटर) में 120^0 विद्युत दूर रखे गये है। परिणामस्वरूप प्रत्यावर्तक से 3 आउटपुट निकलती है जो विद्युतीय रूप से आपस में 120^0 के अन्तराल पर है। कई पोल वाले डिजाईन में 3 वाइन्डिंग के कई सैट होते है। वाइन्डिंग (पोल) के ये सैट मशीन की परिधि में समरूप (evenly) से रखे होते है। पोलों की अधिक संख्या होने पर प्रत्यावर्तक की चाल कम रखी जाती है जिसके फलस्वरूप दी हुई वोल्टेज पर आवृत्ति कम हो जाती है पोलों की संख्या अधिक होने पर प्रत्यावर्तकों की जटिलता बंद जाती है और यही कारण है कि कम चाल वाले प्रत्यावर्तकों का मूल्य अधिक होता है।

एक फेज पावर प्लांट के अतिरिक्त, अधिकतर प्रत्यावर्तक, ऑटोमेटिव प्रकार के प्रत्यावर्तक भी 3-फेज में पावर उत्पन्न करते है। एक तीन-फेज AC प्रत्यावर्तक में कोई डायोड नहीं होते। यदि इससे DC आउटपुट की आवश्यकता होने पर इसमें 6 डायोड उपयोग होंगें जो प्रत्यावर्तक में उत्पन्न DC में परिवर्तित कर देंगे। ऑटोमेटिव प्रत्यावर्तकों में इस रूप को उपयोग किया जाता है। एक तीन ब्रुश रहित प्रत्यावर्तक के रोटर पर एकसाइटर के लिए 4 या 6 डायोड होते है, ये डायोड स्टेटर में लगे डायोड के अतिरिक्त होते है।

3-फेज मशीनों की वायरिंग तीन तरह से की जाती है जिसमें एक डेल्टा (त्रिभुज) रूप है, जिसकी "त्रिभुज के बिन्दु" सिरे से एक तार बाहर आती है। दूसरी विधि वाई (Y) या स्टार विधि है। इस विधि में प्रत्येक वाइन्डिंग से तार का एक सिरा बाहर आता है और चतुर्थ 4" तार तीनों वाइन्डिंग के कॉमर सिरे (स्टार बिन्दु) से निकलता है। यह कॉमन बिन्दु न्यूट्रल बिन्दु और इससे निकली तार न्यूट्रल तार कहलाती है।

जिन मशीनों में कई वोल्टेज प्रस्तावित होती है, उनमें अतिरिक्त तार जोड़ी जाती है जो कि आवश्यकता अनुसार वोल्टेज के लिए लगाई जाती है।

सिन्क्रोनस मोटर (Synchronous motor)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **सिन्क्रोनस मोटर के कार्य सिद्धांत की व्याख्या करना**
- **सिन्क्रोनस मोटर की संरचना की विस्तृत व्याख्या करना**
- **सिन्क्रोनस मोटर को प्रारम्भ करने की विभिन्न विधियों का वर्णन करना**
- **प्रेरण मोटर के अनुप्रयोग की तुलना करना**
- **सिन्क्रोनस मोटर के अनुप्रयोग का वर्णन करना।**

सिन्क्रोनस मोटर (Synchronous motor)

जब एक प्रत्यावर्तक मोटर की तरह चलता है तो यह तुल्यकाली मोटर (synchronous motor) कहलाता है। इसके आर्मेचर के लिए 3-फेज AC प्रदाय AC वाइन्डिंग के लिए और फिल्ड के उत्तेजन (excitation) के लिए DC वोल्टेज की आवश्यकता होती है। सिन्क्रोनस मोटर सेल्फ स्टार्टिंग मोटरें नही होती है।

कार्य सिद्धांत (Working principle)

जब एक तीन-फेज सिन्क्रोनस मोटर के स्टेटर वाइन्डिंग को तीन-फेज सप्लाई से जोड़ा जाता है, तो मशीन में एक घूमने वाला क्षेत्र स्थापित हो जाता है। अब यदि रोटर को घूमने वाले क्षेत्र की दिशा में घुमाया जाये, रोटेटिंग क्षेत्र का उत्तरी ध्रुव रोटर के दक्षिणी ध्रुव को अपनी ओर खींचता है और रोटेटिंग क्षेत्र का दक्षिणी ध्रुव रोटर के उत्तरी ध्रुव को अपनी ओर खींचता है। रोटर सूत्र, Ns = 120f/p वाले लोकप्रिय सूत्र अनुसार गणना की हुई चाल पर लगातार घूमने लगता है। यह रोटेटिंग क्षेत्र के साथ तुल्यकारी (synchronously) अवस्था में आ जाता है। अब मशीन मोटर की तरह कार्य करती है।

संरचना (Construction)

संरचना की दृष्टि से सिन्क्रोनस मोटर लगभग पूरी तरह प्रत्यावर्तक जैसी होती है, इसमें दो भाग बहुत महत्वपूर्ण है।

1 स्टेटर (आर्मेचर)

2 रोटर (फिल्ड)

एक सिन्क्रोनस मोटर आर्मेचर घूमने वाली या फिल्ड घूमने वाली हो सकती है, यद्यपि अधिकतर सिन्क्रोनस मोटरें फिल्ड घूमने वाली होती है। रोटर के पोलों की संख्या के बराबर स्थिर स्टेटर आर्मेचर को वाइंड किया जाता है, आर्मेचर वाइंडिंग स्टेटर फ्रेम में स्थित होती है, जबकि फिल्ड चुम्बक उस फ्रेम से जुडे होते है जो शाफ्ट के साथ घूमता है।

फिल्ड वाइंडिंग दिष्ट धारा से उत्तेजित की जाती है, जो कि एक छोटा DC जनरेटरहोता है (यह प्रायः मोटर की शाफ्ट के साथ ही जुडा रहता है और यह एकसाईटर के नाम से जाना जाता है) या किसी अन्य DC स्त्रोत से प्राप्त किया जाता है। Fig1 में सिन्क्रोनस मोटर के साथ सीधा जुडा एकसाईटर दिखाया गया है।

सिन्क्रोनस मोटर को प्रारम्भ करने की विधियाँ (Methods of starting a synchronous motor)

1 पोनी मोटर का उपयोग करके (By using a pony motor)

2 डैम्पर वाइन्डिंग का उपयोग करके (By using damper windings)

3 सिन्क्रोनाइजिंग करके (By synchronisation)

1 पोनी मोटर का उपयोग करके (By using a pony motor)

इस विधि में रोटर को छोटी मोटर (pony motor) से स्टार्ट किया जाता है और तीन फेज सिन्क्रोनस मशीन के स्टेटर वाइन्डिंग को तीन फेज सप्लाई दी जाती है, पोनी मोटर में सिन्क्रोनस मोटर के तुल्य पोल होते है। यह छोटी प्रेरण मोटर जो सिन्क्रोनस मशीन को स्टार्ट करने के उद्देश्य से उपयोग की जाती है पोनी मोटर कहलाती है। पोनी मोटर मुख्य मोटर को तुल्यकाली चाल के नजदीक ले आती है, उस समय फिल्ड को DC सप्लाई से जोड़ दिया जाता है, और पोनी मोटर का स्विच ऑफ कर दिया जाता है। अब मोटर अपने आप को तुल्यकाली चाल की ओर खींच लेती है।

2 डैम्पर वाइन्डिंग का उपयोग (By using damper windings)

डैम्पर वाइन्डिंग स्किवरल गेज (squirrel cage) वाइन्डिंग की तरह होती है अर्थात यह पोल शू के अन्दर ताँबे की छड़ें गाढ़ कर रखी जाती है जो दोनों तरफ से लघु परिपथ रहती है।

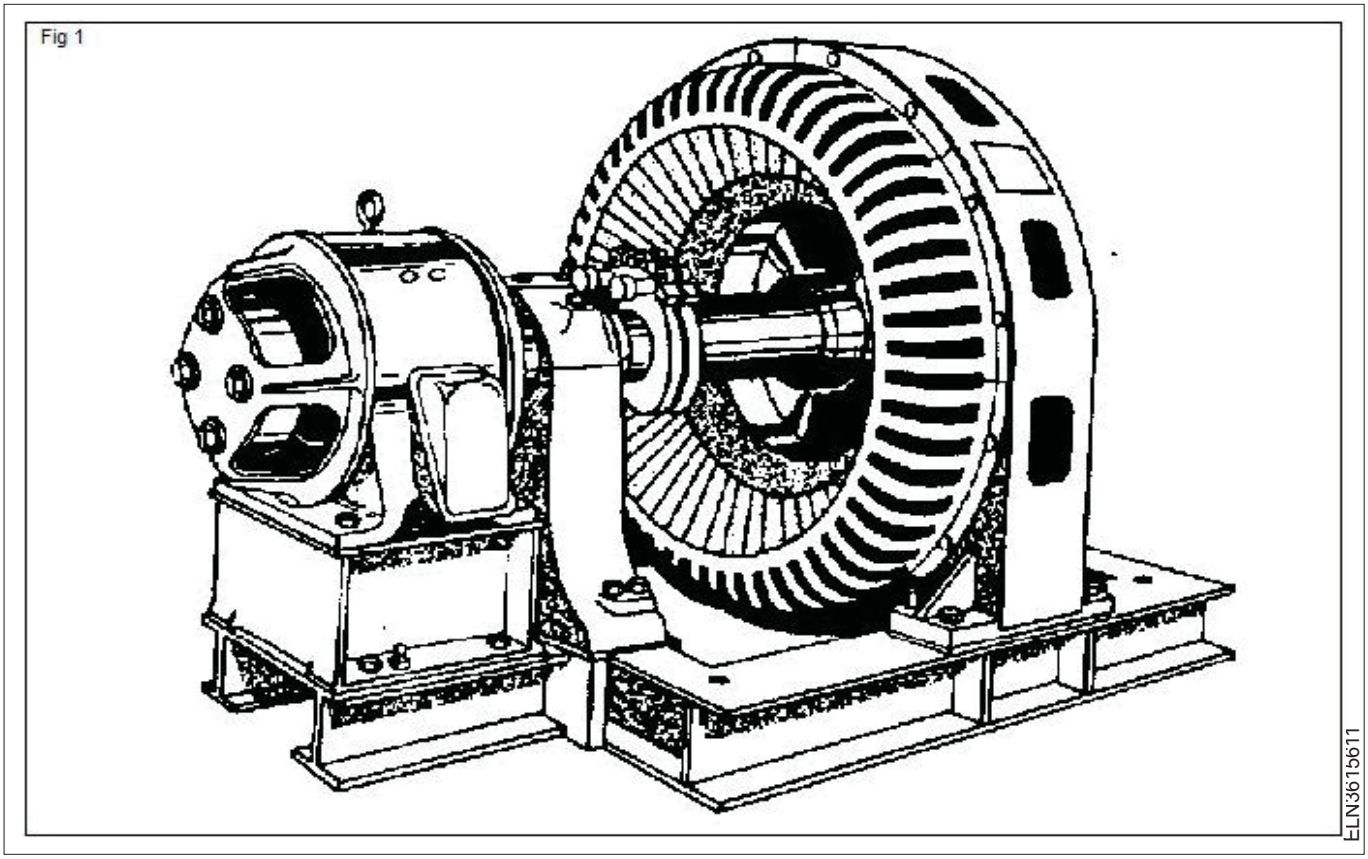
प्रारम्भ के समय डैम्पर वाइन्डिंग का कार्य (Action of damper winding at start)

जब एक सिन्क्रोनस मोटर को स्टार्ट किया जाता है तो स्टेटर वाइन्डिंग में रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र स्थापित हो जाता है जो केज (डैम्पर) वाइन्डिंग के चालकों को काटता है जो रोटर पर फिल्ड पद्धति के रूप में होते है और डैम्पर चालकों में धारा उत्पन्न कर देता है। एक टॉर्क विकसित होकर मोटर को सिन्क्रोनस चाल से थोडा कम चाल पर चलाने लगता है जो कि प्रेरण मोटर की तरह होती है। अब DC उत्तेजन स्विच ऑन कर दिया जाता है। अब पोलों के दो सैट अचानक एक दूसरे को लॉक कर लेते है और मोटर तुल्यकाली चाल की ओर खींच जाती है।

डैम्पर वाइन्डिंग युक्त सिन्क्रोनस मोटर को जब स्टार्ट किया जाता है, सर्वप्रथम मुख्य फिल्ड वाइन्डिंग लघु परिपथ कर दी जाती है और स्टेटर टर्मिनलों को उचित स्टार्टर द्वारा AC सप्लाई से जोड़ दिया जाता है। मोटर स्टार्ट हो जाती है और जब यह स्थिर चाल पर पहुँच जाती है तो फिल्ड वाइन्डिंग से लघुपथ हटा कर इसे DC उत्तेजन से जोड दिया जाता है। यदि उत्तेजन (excitation) पर्याप्त है तो मशीन तुल्यकालन (synchronism) की ओर खींच जाती है।

3 तुल्यकालन द्वारा (By synchronisation)

प्रारम्भ में सिन्क्रोनस मोटर एक प्रत्यावर्तक की तरह चलाई जाती है और मुख्य प्रदाय के बस बार से सिन्क्रोनस की जाती है जो कि किसी एक



सिन्क्रोनाइजेशन विधि से किया जा सकता है। सिन्क्रोनाइजेशन के बाद प्रथम चालक (prime mover) को विच्छेदित कर दिया जाता है। अब यह प्रत्यावर्तक, अर्थात सिन्क्रोनस मोटर लगातार सिन्क्रोनस चाल पर चलती रहती है और मुख्य प्रदाय से शक्ति लेने लगती है।

सिन्क्रोनस मोटर व प्रेरण मोटर में तुलना

	मापदण्ड	सिन्क्रोनस मोटर	प्रेरण मोटर
1	चाल	तुल्यकाली चाल भाग स्थिति में स्वतंत्र होती है और स्थिर रहती है।	सिन्क्रोनस चाल से कम होती है। लोड (लोड) बढ़ने से घटती है।
2	शक्ति गुणक	सभी पश्चगामी व अग्रगामी शक्ति गुणकों पर परिचालित हो सकती है।	केवल पश्चगामी शक्ति गुणक पर परिचालित होती है।
3	दक्षता	बहुत अच्छी	अच्छी
4	लागत	अधिक महंगी	सस्ती
5	प्रारम्भन	अपने आप प्रारंभ नही	स्व-प्रारम्भ
6	चाल नियंत्रण	आवश्यकता नहीं	थोडी चाल नियंत्रित की जा सकती है।
7	अनुप्रयोग	यांत्रिक लोड के लिए प्रयोग की जाती है और सिन्क्रोनस कन्डेनसर के रूप में शक्ति गुणक सुधारने के लिए भी प्रयोग की जाती है।	केवल यान्त्रिक लोड को चलाने के लिए उपयोग होती है।

अनुप्रयोग (Application)

सिन्क्रोनस मोटरें सबसे अधिक शक्ति गुणक सुधारक युक्तियों के रूप में उपयोग होती है। इसलिए इन्हें सिन्क्रोनस कन्डेसर भी कहते है, क्योंकि इसका प्रभाव स्थिर कैपेसिटर की तरह ही शक्ति पद्धति (power system) पर पड़ता है जो कि अग्रगामी (leading) करंट उत्पन्न करता है।

निम्न शक्ति गुणक के कारण (Causes of low power factor)

1 सभी प्रकार की प्रेरण मोटरें विशेषकर वो जो कम लोड पर चलती है।

2 शक्ति परिणामित्र (पावर ट्रांसफार्मर) एवं वोल्टेज रेगूलेटर

3 ऑर्क वेल्डिंग

4 प्रेरण भट्टी व हीटिंग कुण्डलियाँ

5 चॉक कुण्डलियाँ और चुम्बकीय पद्धति

6 प्रतिदीप्ति और विसर्जन लैम्प व निऑन साइन लैम्प इत्यादि।

सैद्धांतिक रूप से निम्न शक्ति गुणक प्रतिकारक शक्ति के कारण होता है जो परिपथ में प्रवाहित होती है। प्रतिकारक शक्ति उपकरणों की प्रेरकत्व व धारिता पर निर्भर करती है।

निम्न शक्ति गुणक की निम्नलिखित हानियाँ है (The disadvantages of low power factor are as follows)

1 ट्रांसफार्मर व केबलों पर लोड ज्यादा हो जाती है

2 लोड बिंदु पर लाइन वोल्टेज घट जाती है

3 प्लांट कम दक्षता पर परिचालित होती है

4 शक्ति मूल्य पर दंड लगता है।

उच्च शक्ति गुणक के निम्नलिखित लाभ हैं (The advantages of high power factor are as follows)

1 धारा कम हो जाती है।

2 शक्ति मूल्य घट जाता है।

3 ट्रांसफार्मर व केबलों में हानियाँ घट जाती है।

4 ट्रांसफार्मर, स्विच गीयर व केबलों पर लोड कम हो जाती है।

5 शक्ति प्रणाली की क्षमता बढ़ जाती है (किसी अतिरिक्त उपकरण के बिना अतिरिक्त लोड वहन किया जा सकता है।)

6 उपकरण का कार्य प्रदर्शन व वोल्टता स्थिति में सुधार हो जाता है।

7 वेल्डिंग और इसके समान उपकरणों के कारण होने वाले वोल्टेज ड्रॉप मे कमी आती है।

शक्ति गुणक नियंत्रण (Power factor control)

जब मोटर लोड पर चल रही हो, उस समय यदि रोटर उत्तेजन को परिवर्तित कर दिया जाये, तो लोड का कोण व स्टेटर धारा में परिवर्तन हो जायेगा, परन्तु मोटर की चाल, लोड (और इनपुट पावर स्थिर रहने पर)स्थिर रहते है।

उत्तेजन को बदलने से मोटर के शक्ति गुणक को समायोजित कर सकते है। लोड की विभिन्न अवस्थाओं में इकाई शक्ति गुणक पर परिचालन सम्भव है और रोटर को अति उत्तेजित (high excitation) करके मोटर को अग्रगामी शक्ति गुणक पर परिचालित किया जा सकता है। यह बड़ी सिन्क्रोनस मोटर में ही विशेष कर लाभकारी हो सकता है, जो कि उसी स्थान पर प्रयोग की जाये जहाँ पर अन्य प्रेरण मोटरों के कारण पश्चगामी शक्ति गुणक रहता है, इस पश्चगामी शक्ति गुणक को सुधारने के लिए सिन्क्रोनस मोटर उपयोग की जाती है।

क्षणिक चाल उपयोग (Instant speed application)

चूंकि सिन्क्रोनस मोटर की दक्षता उच्च होती है, इसलिए ये मोटरें उन लोडों के लिए बड़ी उपयुक्त होता है जहाँ पर स्थिर चाल की आवश्यकता होती है।

सिन्क्रोनस मशीनों के V चक्र (V Curves of synchronouos machines)

सिन्क्रोनस मशीन के V-वक्र आर्मेचर धारा व उत्तेजन धारा के बीच सम्बन्ध को दर्शाते है। जब लोड को इनपुट वोल्टेज मशीन के लिए स्थिर रखे जाते है। स्थिर लोड पर, यदि उत्तेजन को बदला जाये तो मशीन का शक्ति गुणक भी बदल जाता है, अर्थात जब फिल्ड करंट का मान कम है (मशीन निम्न उत्तेजन में है) तो शक्ति गुणक कम है और जैसे ही उत्तेजन को बढाया जाता है, तो शक्ति गुणक बढ कर एक निश्चित धारा पर शक्ति गुणक इकाई (unity) हो जाता है और मशीन इस अवस्था में सबसे कम आर्मेचर धारा लेती है। यह सामान्य उत्तेजन कहलाता है। यदि उत्तेजन को और आगे बढाया जाये तो अति-उत्तेजित (over-excited) हो जायेगी और यह अधिक लाइन धारा लेगी और शक्ति गुणक अग्रगामी होकर कम हो जायेगी। इसलिए यदि फिल्ड करंट को परिवर्तित करें, लोड व इनपुट वोल्टेज को स्थिर रखा जाये, तो आर्मेचर करंट बदलता है और $VI\cos\theta$ स्थिर रहता है। उत्तेजन के साथ आर्मेचर धारा के परिवर्तन 'V' वक्र कहलाते है जो Fig 2 में दिखाये गये है।

Fig 2

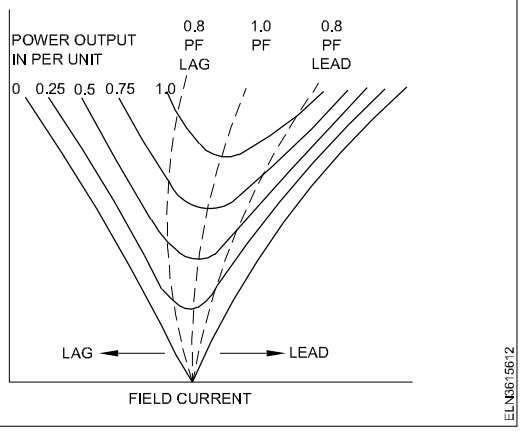


Fig 3 में दिखाये जैसा V और सिंक्रोनस मोटर के प्रतिलोभ V वक्र को प्रदर्शित करता है ।

स्थिर लोड पर उत्तेजना परिवर्तन का प्रभाव (Effect of Changing Excitation on Constant load)

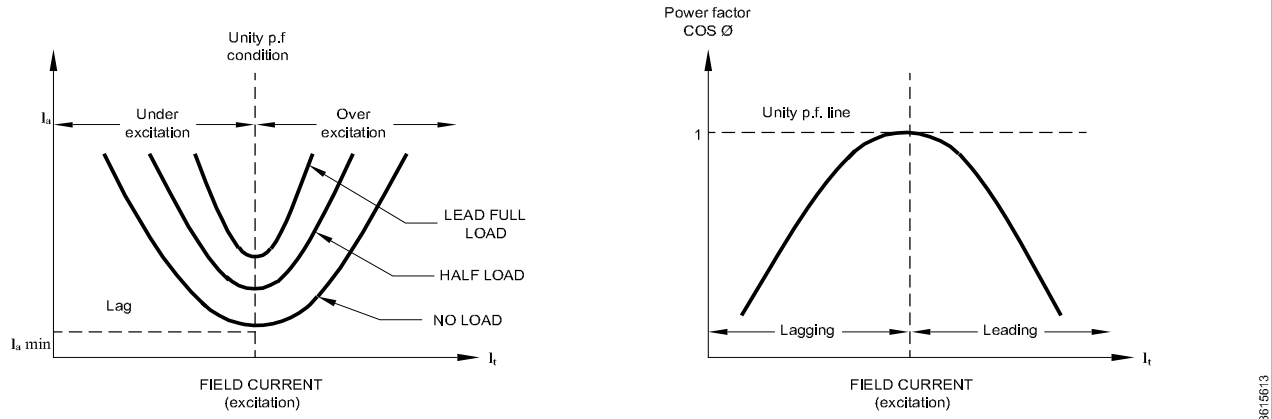
जैसा कि Fig. (4a) में दिखाया गया है। मान लीजिए एक सिन्क्रोनस मोटर दिए गए लोड पर यूनिटी पावर फैक्टर में सामान्य उत्तेजना ($E_b = V$) के साथ प्रचालित होता है। यदि X_S की तुलना में R_a नगण्य है तब I_a E_R से 90° लैग करती है तथा वोल्टेज के साथ इन फेज है क्योंकि पावर फैक्टर का मान यूनिटी है। आर्मेचर प्रति फेज $V.I_a$ पावर लेती है चूँकि मोटर के मैकेनिकल लोड प्राप्त करने के लिए पर्याप्त है। आइए अब फील्ड एक्सायटेशन के घटनें या बढ़ने के प्रभाव के संबंध में चर्चा करते है। जब मोटर को लोड दिया जाता है तब यह स्थिर रहता है।

a) उत्तेजना घटनें पर (Excitiation Decreased)

जैसा कि Fig 4(b) में दिखाया गया है माना कि उत्तेजना में कमी होती है तब बैंक इ एस एफ E_{b1} लोड एंगल α_1 के समान उत्पन्न होता है। तब परिणामी वोल्टेज E_{R1} के कारण लैगिंग आर्मेचर करंट I_{a1} प्रवाहित होता है। यद्यपि प्रवाहित I_{a1} का मान I_a से बड़ा होता है फिर भी वह स्थिर लोड में आवश्यक

Fig 3

V and inverse V curve of Synchronous Motor



शाक्ति V.I_a उत्पन्न करने के लिए सक्षय होता है।क्योंकि $I_{a1} \cos \phi_1$ अवश्व Ia से छोटा होता है इसलिए V.$Ia_1 \cos \phi_1$< V.I_a

अतः लोड एंगल को α_1 से α_2. तक बढ़ानें के लिए यह आवश्यक है कि बैंक ई एम एफ E_{b1} को E_{b2} तक बढ़ाया जाय जिसके कारण परिणामी वोल्टेज E_{R1} से E_{R2} तक बढ़ जाता है। इसके परिणाम स्वरूप आर्मेचर करंट I_{a2} भी बढ़ जाता है। जिसके कारण मोटर को स्थिर लोड में चलाने हेतु फेज के अवयव द्वारा पर्याप्त शक्ति ($VI_{a2} \cos \phi_2$) प्राप्त हो जाती है।

b) उत्तेजना बढ़ना (Excitiation Increased)

Fig 4(c) में उत्तेजित फील्ड के प्रभाव को दिखाया गया है। जहाँ पर E_{b1} वास्तविक लोड कोण α_1 के रूप में दिखाया गया है। परिणामी वोल्टेज E_{R1} के कारण लीडिंग करंट I_{a1} को फेस कंम्पोनेट I_a से बढ़ा दिखाया गया है। यानि कि आर्मोचर में मोटर के लोड से ज्यादा पावर उत्पन्न हो रहा हैं। तदानुसार लोड कोण α_1से α_2 तक कम हो पाता हैं। जिसके कारण परिणामी वोल्टेज ER_1 से ER_2 तक कम हो जाता है। उसी के समान आर्मेचर करंट भी I_{a1} से I_{a2} तक कम हो जाता है। जिससे फेस घटक $I_{a2} \cos \phi_2 = I_a$. हो जाता है। जिसके कारण आर्मेचर में मोटर के स्पिर लोड को सहने के बराबर शक्ति उत्पन्न हो जाती हैं।

अतः सिन्क्रोनस मोटर के उत्तेजित अवस्था पर विभिन्नता प्राप्त करते हैं। दिए गए लोड पर केवल उनके लोड एंगल पर परिवर्तन होता हैं।

सिन्क्रोनस मोटर के विभिन्न (अलग - अलग) टार्क Different Torques of a Synchronous Motor

सिन्क्रोनस मोटर के विभिन्न टार्क निम्न है

1) स्टार्टिंग टार्क (Starting torque)

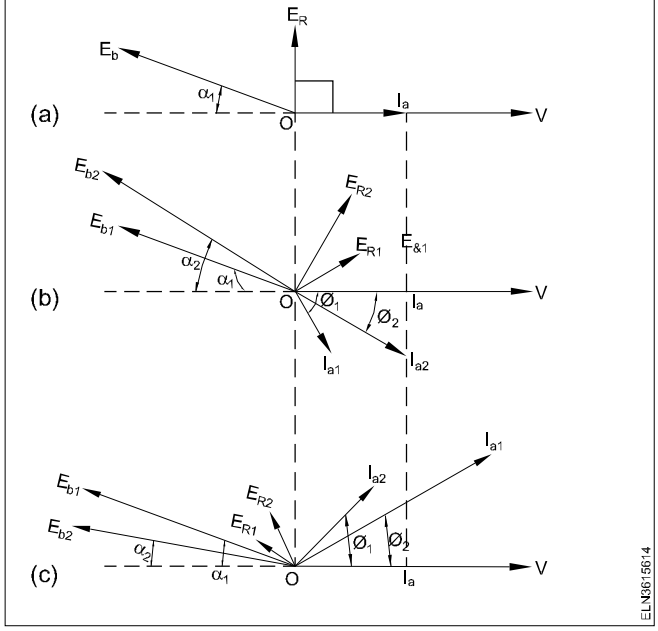
2) रनिंग टार्क (Running torque)

3) फुल इन टार्क (Pull - in - torque)

4) पुल आउट टार्क (Pull out torque)

1) स्टार्टिंग टार्क (Starting torque) - जब स्टेटर वाइंडिग में पूर्ण वोल्टेज दी जाती है तब यह टार्क (घूमने का प्रयास) उत्पन्न होता है। यह ब्रेक - वे टार्क के नाम से भी जाना जाता है। सेन्ट्रीफ्यूगल पम्प की स्थिति 10% में

Fig 4



तक कमी आ सकती है और उच्च कम्प्रैशर वाले दो सिलेण्डर की स्थिति में टॉर्क 200% से 250% उच्च होता है।

2) रनिंग टार्क (Running torque) - जैसे कि नाम से स्पष्ट है यह मोटर के गतिज अवस्था में उत्पन्न हुआ टॉर्क है। यह अश्वशक्ति संचालित मशीन द्वारा आवश्यक अधिकतम टॉर्क उत्पन्न करती है। स्टॉलिंग से बचने के लिए मोटर को ब्रेक डाउन या अधिकतम गतिज टार्क होने के कारण अधिक मूल्य का होना चाहिए।

3) फुल इन टार्क (Pull - in - torque) - वह अधिकतम टॉर्क जो मोटन को सिंक्रोनाइज करने R उत्पन्न किया जाता है, पुल - इन - टॉर्क कहलाता है।

4) पुल आउट टार्क (Pull out torque) - वह अधिकतम टॉर्क जो मोटर के बिना सिंक्रोनस स्पीड पर प्राप्त होता है। पुल - आउट - टॉर्क कहलाता है। सामान्यतः जब मोटर में लोड बढ़ता है। रोटर की स्पीड घूमता हुआ सिंक्रोनस स्पीड से कम होती है। जब रोटर पोल से पीछे रहती है 90, तब मोटर अधिकतम टॉर्क उत्पन्न करता है। जब लोड़ बढ़ाते जाते हैं तब मोटर सिंक्रोनस स्थिति से बाहर होकर रूक जाती है।

MG सैट, रोटरी कन्वर्टर एवं इन्वर्टर (MG set, Rotary converter and Inverter)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **प्रत्यावर्ती धारा पर दिष्ट धारा के लाभों की सूची बनाना**
- **AC को DC में बदलने की विधियों की सूची बनाना**
- **MG-सैट के लाभ व हानियों का वर्णन करना**
- **रोटरी कन्वर्टर की संरचना और इसके कार्य का वर्णन करना।**

विद्युत शक्ति का जनन, संचारण व वितरण करने के लिए पूरे विश्व में AC प्रणाली का अपनाया जाता है। DC प्रणाली में जनन, संचारण व वितरण की अपेक्षा यह सस्ता पडता है। कुछ अनुप्रयोग है DC आवश्यक होती है और इसके AC पर कुछ लाभ होते है।

निम्नलिखित अनुप्रयोगों में DC आवश्यक होती है।

- विद्युत रासायनिक प्रक्रिया जैसे इलैक्ट्रोप्लेटिंग, इलैक्ट्रो-रिफाइनिंग आदि।
- स्टोरेज बैट्री चार्जिंग
- सर्च लाइट व सिनेमा प्रोजेक्टर के लिए आर्क लैम्प में।

निम्नलिखित अनप्रयोगों में दिष्ट धारा अधिक लाभकारी है।

- ट्रैक्शन प्रक्रिया - DC श्रेणी मोटर
- टेलीफोन, रिले व टाइम स्विचों का परिचालन
- रोलिंग मील, पेपर मील, एलीवेटर इत्यादि जहाँ पर सूक्षम चाल नियंत्रण उच्च टॉर्क पर बार-बार स्टार्टिंग व दोनों दिशाओं में मोटरों को चलाने की आवश्यतका पडती है वहाँ पर DC मोटरें अधिक उपयुक्त रहती है।

उपरोक्त कारणो से AC का DC में दिष्टकरण करना आवश्यक हो जाता है।

विधियाँ (Methods) : AC को DC में बदलने की विधियाँ निम्नलिखित है

- मोटर-जनरेटर सैट
- रोटरी कन्वर्टर
- मर्करी आर्क रेक्टीफायर
- धातु रेक्टीफायर
- अर्द्ध-चालक डायोड और SCR

उपरोक्त पाँच में मोटर जनरेटर सैट व अर्द्ध-चालक दिष्टकारी आजकल अधिकतर उपयोग हो रहे है। अन्य प्रकार कई कारणों से अप्रचलित हो गये है।

मोटर जनरोटर सैट (Motor generator set): इस प्रकार के सैटर में3-फेज AC मोटर DC जनरेटर के साथ सीधा जुडी होती है। बडी इकाईयों में AC मोटर के रूप में सिन्क्रोनस मोटरव DC जनरेटर के रूप में कम्पाउण्ड जनरेटर अधिक उपयुक्त माने गये है।

लाभ (Advantages)

1 DC आउटपुट वोल्टेज व्यावहारिक रूप में स्थिर होती है AC सप्लाई वोल्टेज में परिवर्तन करने से DC आउटपुट वोल्टेज प्रभावित होती है।

2 DC आउटपुट वोल्टेज शन्ट फिल्ड रेगूलेटर द्वारा आसानी से नियन्त्रित की जा सकती है।

3 जहाँ जनरेटर को चलाने के लिए सिन्क्रोनस मोटर प्रयोग की जाती है वहाँ पर M.G सैट को शक्ति गुणक सुधार के लिए भी उपयोग किया जा सकता है।

हानियाँ (Disadvantages)

1 इसकी दक्षता तुलनात्मक रूप में कम होती है।

2 इसको फर्श पर अधिक स्थान की आवश्यकता होती है।

रोटरी या सिन्क्रोनस कनवर्टर (Rotary or synchronous converter)

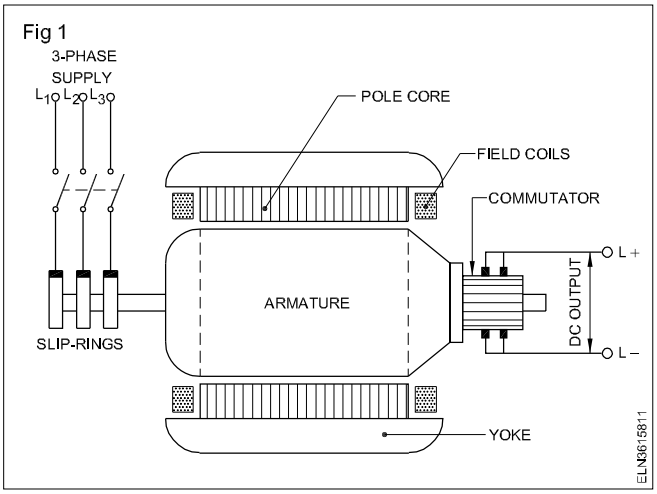
जब बड़ी मात्रा में DC पावर की आवश्यकता होती है तो रोटरी कनवर्टर उपयोग की जाती है। यह एक एकल मशीन होती है जिसमें एक आर्मेचर और एक फिल्ड होता है। यह सिन्क्रोनस मोटर व एक DC जनरेटर दोनों का कार्य एक साथ करता है। सिन्क्रोनस चाल (N_s = 120 f/P) से घूमते आर्मेचर की दूसरी तरफ लगे स्लिपरिंगों के सैट से यह प्रत्यावर्ती धारा को प्राप्त करता है और दूसरी तरफ लगे कम्यूटेटर व ब्रुशों की मध्य से दिष्टधारा देता है।

संरचना (Construction) : सामान्य संरचना और डिजाईन में एक रोटरी कनवर्टर एक DC मशीन जैसा ही है। अच्छा कम्यूटेशन प्राप्त करने के लिए इसमें इन्टरपोल होते है। इसका कम्यूटेटर समाना क्षमता की DC जनरेटर से बडा होता है क्योंकि इसे बडी मात्रा की शक्ति पर कार्य करना होता है।

इसमें अतिरिक्त जोडे गये भाग है-

- कम्यूटेटर के विपरीत सिरों पर एक स्लिप रिंग का सैट जोडा गया है।
- सिन्क्रोनस मोटर के रूप में पोल मुखों में डैम्पर डाले गये है।

एक रोटरी (सिन्क्रोनस) कनवर्टर को मुख्य भागों के साथ एक सरल चित्र में Fig 1 में प्रदर्शित किया गया है।



सच्चाई यह है कि DC जनरेटर के आर्मेचर चालकों में उत्पन्न emf प्रत्यावर्ती प्रकार का होता है और जो कि केवल कम्यूटेटर की दिष्टकारी क्रिया के कारण दिष्ट (एक दिशिय) होता है। इस मशीन का उपयोग प्रत्यावर्तक alternating के रूप में करने के लिए आर्मेचर वाइन्डिंग पर कुछ उपयुक्त बिन्दुओं पर स्लिप रिंग जोड दिये जाते है।

रोटरी कनवर्टर का आर्मेचर अधिकतर लैप कुण्डलित होता है। आर्मेचर में समानांतर पथों की संख्या पोलों की संख्या के तुल्य होती है। इसलिए समान विभव वाले बिन्दुओं की संख्या आर्मेचर पर पोलों के जोड़ों के तुल्य होती है। प्रत्येक स्लिप रिंग के लिए टेपिंग की संख्या, इसलिए पोलों की संख्या के बराबर होती है। 3-लैप कुण्डलित रोटरी कनवर्टर के लिए, यह आवश्यक हो जाता है कि प्रति पोल आर्मेचर चालकों की संख्या 3 से भाग होनी चाहिए।

परिचालन (Operation) : इसके सामान्य कार्य में, मशीन स्लिप रिंग के माध्यम से AC सप्लाई से जोड़ी जाती है और यह कम्यूटेटर से दिष्ट धारा देती है। इस अनुप्रयोग में मशीन स्लिपरिंग के तरफ देखने पर यह DC जनरेटर की तरह चलती है और DC शक्ति प्रदान करती है।

मरकरी आर्क रेक्टीफायर (Mercury arc rectifier) : सामान्यतया एक रेक्टीफायर को इस प्रकार प्रभावित किया जा सकता है कि यह एक ऐसी युक्ति होती है जो शून्य औसत मान वाली परिवर्तित प्रकार की धारा (प्रत्यावर्ती धारा) को निश्चित औसत मान वाली स्पन्दन प्रकार (दिष्ट धारा) में बदल देता है। यह AC को DC में बदलने वाली युक्ति होती है।

रोटरी कनवर्टर और M.G. सेट के ऊपर इसके कई लाभ है। अर्द्धचालक डायोड के आविष्कार से, डायोड मरकरी ऑर्क रैक्टीफायर से अधिक लाभकारी है। आजकल काई भी मरकरी ऑर्क रैक्टीफायर का उपयोग नही करना चाहता है।

M.G. सेटर, रोटरी कनवर्टर व रैक्टीफायर की तुलना विशेष मापदण्डों के अनुसार निम्नलिखित सारणी में की गई है।

तुलना के लिए कनवर्टर के मापदण्ड	**रैक्टीफायर**	**M.G. सैट**	**रोटर कन्वर्टर**
मशीनरी	काई चलने/घुमने वाला भाग नहीं	दो मशीनें जिनमें एक AC मोटर व दूसरी DC जनरेटर	एकल मशीन
लागत	सस्ता	बहुत महंगा	महंगा
शोर	शोर रहित	शोर उत्पन्न करने वाला	शोर उत्पन्न करने वाला
दक्षता	अच्छी, 95% तक उच्च	दो घूमने वाली मशीनों के कारण बहुत कम	कम
अनुरक्षण लागत	निम्न	उच्च	उच्च
ओवरलॉडिंग क्षमता	50% तक ओवर लोड हो सकता है	ओवर लोड नहीं किया जा सकता है	ओवरलोड नहीं किया जा सकता
AC का शक्ति गुणक	निम्न शक्ति गुणक	निम्न शक्ति गुणक	अच्छा शक्ति गुणक
परिचालन के समय देखभाल	कोई देखभाल की आवश्यकता नहीं	लगातार देखभाल की आवश्यकता	कम देखभाल की आवश्यकता
स्थान की आवश्यकता	उच्च	बहुत अधिक	अधिक

मोटर जनरेटर सेट का रखरखाव (Maintenance of MG set)

उद्देश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

• मोटर जनरेटर सेट के रखरखाव हेतु सुझाव को सूचीबद्ध करना।

MG सेट के विद्युतीय और यांत्रिकीय निरीक्षण द्वारा रखरखाव अवश्य होना चाहिये । रखरखाव के समय निम्नलिखित बिंदुओं पर विचार करना चाहिए -

वैद्यतिक निरीक्षण सूची (Electrical inspection list)

- सभी विद्युतीय भाग एवं कंट्रोल पैनल की सामान्य साफ-सफाई ।
- मैगर द्वारा इंसुलेशन प्रतिरोध की जाँच/सुधार ।
- अर्थ वायरिंग की जाँच/सुधार ।
- मेन स्विच के फ्यूजों की जाँच/सुधार ।
- स्टेटर, ब्रशों की जाँच/सुधार ।
- मोटर के बियरिंग, घूमने वाले भाग की जाँच/सुधार करें और समुचित स्नेहन (lubrication) हेतू ऑयल/ग्रीस का उपयोग करें ।
- स्टार्टिंग पैनल का निरीक्षण जाँच/सुधार करें ।
- ओवर लोड रिले की जाँच/सुधार ।
- ढीले कनेक्शन की जाँच कर उसे कस दें (tighten)
- क्षतिग्रस्त (damaged) फ्लैक्सिबल कंडक्टर और केबल को बदल दें ।
- नियंत्रण पैनल (control system) की जाँच सुधार ।
- यदि आवश्यक हो तो कार्बनयुक्त निष्क्रीय कांटेक्टर को बदल दें।

यांत्रिक निरीक्षण सूची और स्नेहन (lubrication) निर्देश के अनुसार MG सेट का रखरखाव पूर्ण करें, जो नीचे दिया गया है -

यांत्रिक निरीक्षण सूची (Mechanical inspection list)

- भौतिक निरीक्षण करें और अच्छी तरह साफ करें ।
- मोटर कपलिंग और बियरिंग की जाँच/सुधार करें ।
- कपलिंग के तनाव (tightness) जाँच नियमानुसार करें ।
- पाइप लाइन के उभरे भारा की जाँच करें ।
- व्यवहारिक प्रचालन हेतू मशीन की जाँच/सुधार करें और ऑपरेटर से सत्यापन/जाँच कराएँ ।
- स्नेहन, रखरखाव की प्रिन्ट प्राप्त करें ।
- बियरिंग के स्नेहन की जाँच/सुधार करें ।
- स्नेहन के लिए ऑयल गन/ग्रीस का उपयोग करें ।

रखरखाव अधिकारी को सभी कार्य दिवसों पर हुए प्रत्येक रखरखाव/ सुधार को सूचीबद्ध करने के लिए एक पृथक रखरखाव रजिस्टर बनाना चाहिए ।

MG सेट के प्रचालन के दौरान बंद होने की स्थिति में इसके यांत्रिक और वैद्युतिक रखरखाव की जाँच करें ।

प्रायोजना कार्य (Project work)

उद्देश्य : प्रशिक्षु/सहभागी निम्न के योग्य होंगे :

- **चयनित प्रायोजना का प्रोजेक्ट रिपोर्ट तैयार करना**
- **सर्किट डायग्राम/ले-आउट डायग्राम खींचना/तैयार करना**
- **प्राप्त किये जानेवाले सामग्री/अवयवों का विवरणिका सूची तैयार करना**
- **किये जाने वाले कार्य योजना की सूची बनाना**
- **प्रायोजना को विकसित कर, पूर्ण करना और जमा करना ।**

प्रयोजना का चयन और कार्यान्वयन (Selection of project and its execution)

- प्रोजेक्ट पर विस्तृत चर्चा करना - आवश्यकता, बाजार की उपलब्धता, लागत व्यय, सामग्री की उपलब्धता और भविष्य में इसके विकास और विस्तार की संभावना ।
- कार्य प्रारंभ करने के लिए आवश्यक सभी सामग्री और औजारों को इकट्ठा करें ।
- प्रायोजना को सभी जुड़े हुए सदस्यों द्वारा सहमति होना चाहिए तथा संबंधित प्राधिकरण से सत्यापित होना चाहिए ।
- कार्य को निर्धारित समय सारणी में क्रियान्वित करने के लिए एक क्रिया केंद्रित योजना तैयार करें जो जुड़ें हुए सभी सदस्यों द्वारा सहमति प्राप्त और संबंधित अनुदेशक द्वारा सत्यापित हो ।
- प्रायोजना को योजना के अनुसार पूर्ण करें ।
- योजना और क्रियान्वयन के अनुसार प्रायोजना की जाँच, सत्यापन और समाप्ति करें ।
- प्रायोजना को अच्छी कारीगरी और अनुकूलता के साथ पूर्ण करें ।

प्रोजेक्ट रिपोर्ट की तैयारी करना (Preparation of project report)

- प्रायोजना रिपोर्ट की शुरूआत दिये गये विषय से जुड़े परिचयात्मक जानकारी के साथ प्रारंभ किया जाना चाहिए और इसके वर्तमान स्थिति में महत्त्व पर प्रकाश डाला जाना चाहिए ।
- इसके बाजार एवं व्यावसायिक अनुप्रयोग के लिए एक सर्वे किया जाना चाहिए ।
- रिपोर्ट में इसका एक संक्षिप्त कार्य सिद्धान्त और इसके प्रचालन को उदाहरण देकर स्पष्ट करना चाहिए ।
- रिपोर्ट में इसके रखरखाव, सुधार और सामयिक सेवा कार्य आदि के विषय में प्रकाश डालें ।
- लागत बिना किसी शर्त के संबंधितों के लिए प्रतिस्पर्धी एवं सस्ती होनी चाहिए ।
- प्रायोजना में बिना किसी अधिक बदलाव के आगे उच्च संस्करण में विस्तार के लिए लचीलापन होना चाहिए ।
- रिपोर्ट को संदर्भित पुस्तकों एवं वेब साइड जानकारियों के साथ सूचीबद्ध होना चाहिए ।