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।**

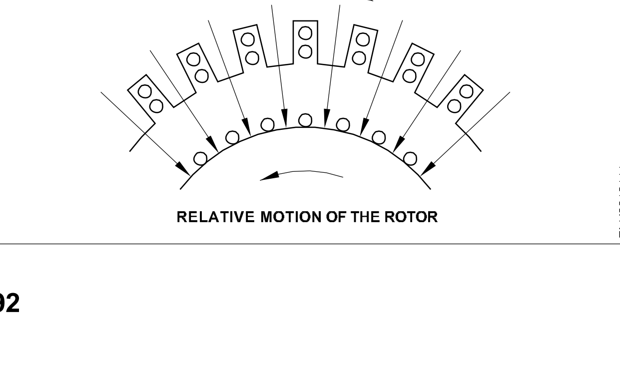
किसी अन्य विद्युत मोटर की अपेक्षा तीन फेस प्रेरण मोटर का उपयोग बहुत अधिक किया जाता है क्योंकि इस मोटर की संरचना आसान है, परिचालन में कठिनाई नहीं है, मूल्य कम है और बलाघूर्ण व चाल के अभिलक्षण अच्छे है।

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 प्रेरेण 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

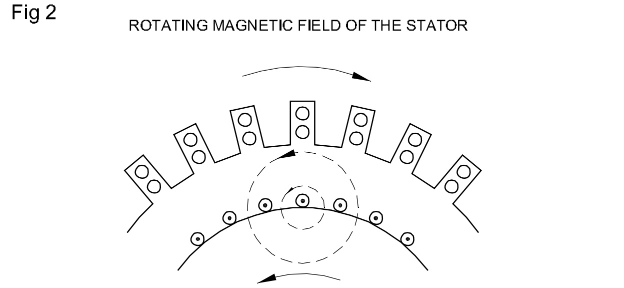
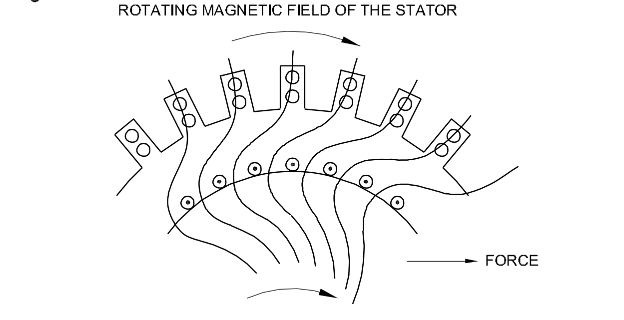


Fig 3



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।

Copyright Free Under CC BY Licence

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।

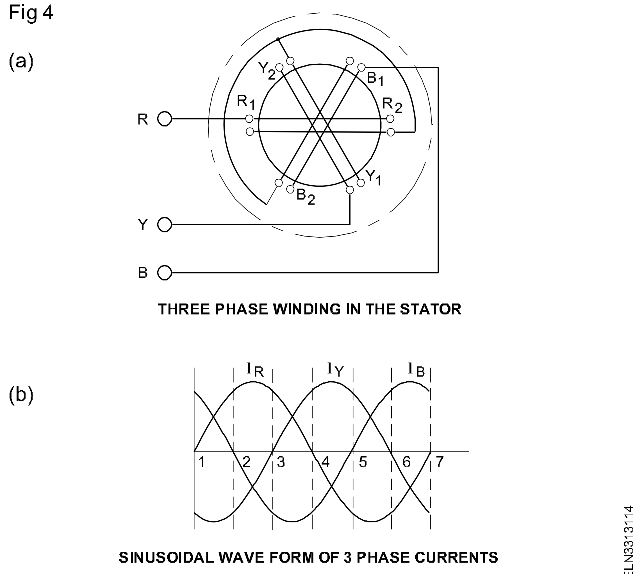
तीन फेस स्टेटर द्वारा रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र (Rotating magnetic field from a three-phase stator): प्रेरण मोटर का परिचालन, स्टेटर में रोटेटिंग चुम्बकीय क्षेत्र पर निर्भर करता है। प्रेरण मोटर के स्टेटर में तीन फेस वाइंडिंग परस्पर 120 विद्युत पर रखी जाती है। ये कुण्डल स्टेटर क्रोड पर इस प्रकार रखी जाती 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।

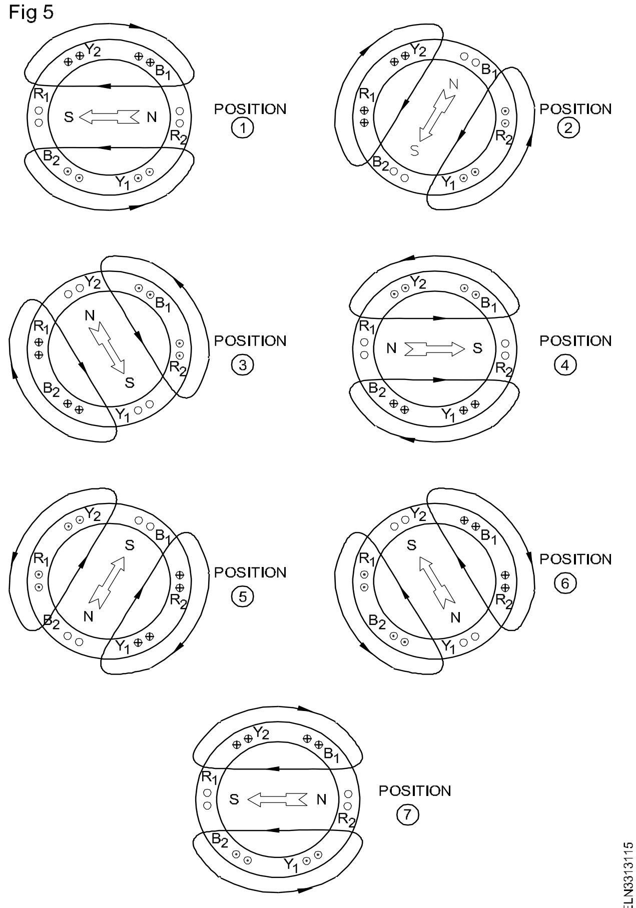
Fig 4



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।

Fig 5



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।

Copyright Free Under CC BY Licence

जिस चाल पर चुम्बकीय क्षेत्र घूमता है वह तुल्यकालिक चाल कहलाती है और यह प्रदाय की आवृत्ति, 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।

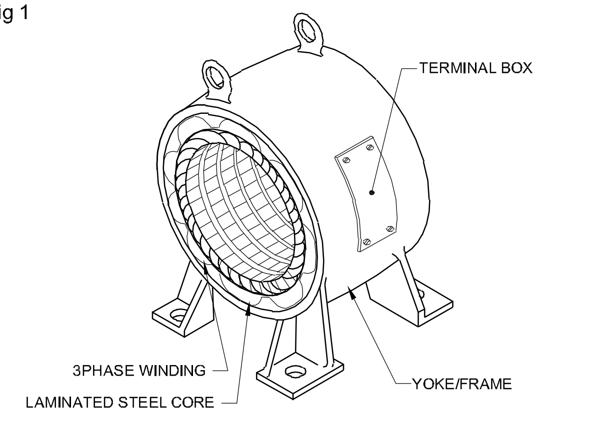
इन दो प्रकार की प्रेरण मोटरों का विकास इस तथ्य से हुआ कि प्रेरण मोटर का बलाघूर्ण रोटर प्रतिरोध पर निर्भर करता है। रोटर प्रतिरोध उच्च होने से प्रारम्भिक बलाघूर्ण भी उच्च प्राप्त होता है, परन्तु हानियों के बढने से व कम दक्षता के कारण रनिंग बलाघूर्ण कम हो जाता है/ परन्तु कुछ विशेष प्रकार के लोड जिसमें प्रारम्भन 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

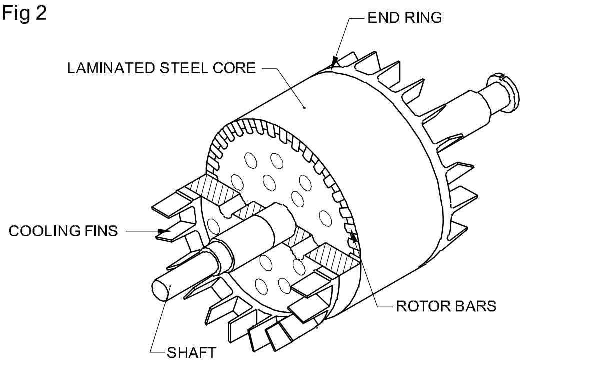


गिलहरी पिंजरा प्रेरण मोटर का रोटर (Rotor of a squirrel cage induction motor): प्रेरेण मोटर का रोटर Fig 2 में दिखाया गया है जिसमें कोई वाइंडिंग नहीं है। यद्यपि यह बेलनाकार आकृति का इस्पात की पट्टलित क्रोड से बना रोटर होता है जिसमें शाफ्ट के समानांतर चालक छड़ें ऊपरी सतह में गडी हुई होती है। ये चालक छड़े 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

Copyright Free Under CC BY Licence

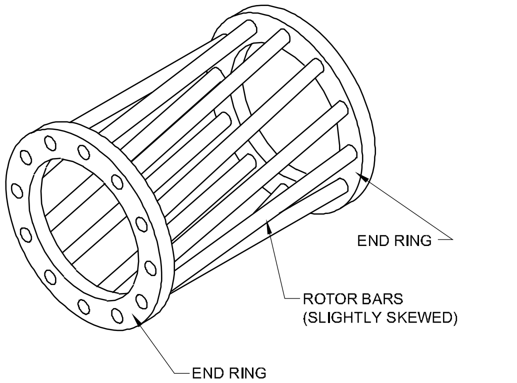
Fig 2



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

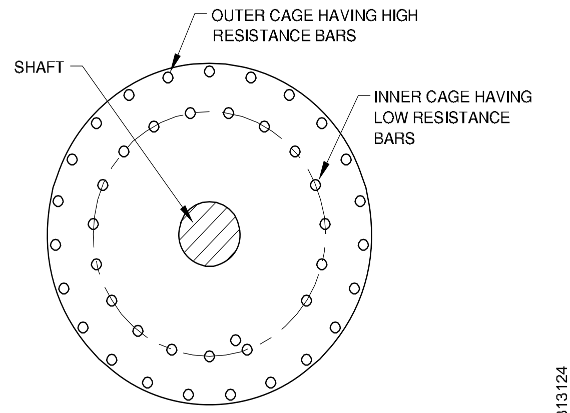
रोटर छड़ें रोटर क्रोड से इन्सुलेटिड नही होती, क्योंकि छड़ों को उस धातु से बनाया जाता है जिसका प्रतिरोध क्रोड से कम होता है। इन छड़ों मे उत्पन्न धारा प्रवाहित होती रहती है। यद्यपि छड़ें रोटर की शाफ्ट के समानान्तर में नही होती, अपितु थोडी विषमित होती है। यह इसलिए किया जाता है रोटर फिल्ड व टार्क समरूप पैदा 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

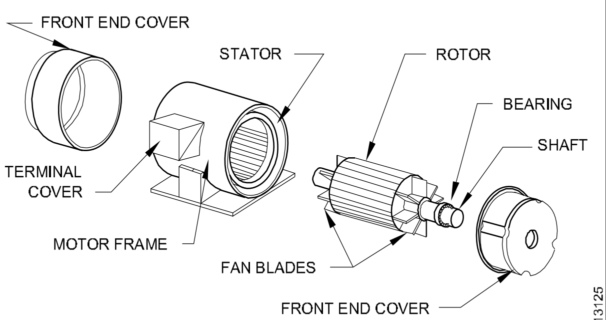
स्टार्टिंग के समय रोटर आवृत्ति स्टेटर आवृत्ति के समान होती है इसलिए आन्तरिक पिंजरा का प्रेरणिक प्रतिघात अधिक होता है जो धारा के प्रवाह में अधिक बाध डालता है। इस प्रकार स्टार्टिंग में आंतरिक केज में बहुत कम करंट प्रवाहित होता है।

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

Copyright Free Under CC BY Licence

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

$$= \frac{N_s - N_r}{N_s} \times f$$

$$= \frac{1500 - 1440 \times 50}{1500}$$

$$= \frac{60 \times 50}{1500} = 2 \text{ Hz.}$$

Copyright Free Under CC BY Licence

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

$$= \frac{12 \times 500}{120} = 50\,Hz.$$

प्रेरण मोटर की सिंक्रोनस स्पीड N_s

$$= \frac{120 \times 50}{8} = 750 r.p.m.$$

$$\% \text{ slip } S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 = 3$$

$$= \frac{750 - N_r}{750} \times 100 = 3$$

$$750 - N_r = \frac{3 \times 750}{100} = 22.5$$

$$N_r = 727.5\,r.p.m.$$

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 $N_s = \frac{120 \times f}{p}$

$$= \frac{120 \times 50}{8} = 750 r.p.m.$$

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

$$= \frac{(f \times \text{percentage slip})}{100}$$

$$= \frac{50 \times 4}{100} = 2\,Hz.$$

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

Copyright Free Under CC BY Licence

E_2 रोटर में उत्पन्न वि. वा० बल जो SKE_1 के तुल्य है

I_2 रोटर करंट है

Cosθ रोटर शक्ति गुणक

Z_2 रोटर प्रतिबाधा है

हम गणितीय विधि से निम्नलिखित अन्तिम परिणाम प्राप्त कर सकते है।

$$T \ \alpha \ \ \emptyset I_2 \cos\theta$$

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 $T = K \emptyset_s I_R \cos \theta_R$ 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।

$$\text{निर्गत शक्ति वाट में } = \frac{2\pi \text{ x torque x Rev/min}}{60}$$

$$\text{बलघूर्ण (न्यूटन मीटर)} = \frac{(60 \text{ x output watts})}{(2\pi \text{ x Rev/min})}$$

$$= \frac{(9.55 \text{ x output watts})}{(\text{Rev/min})}$$

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)

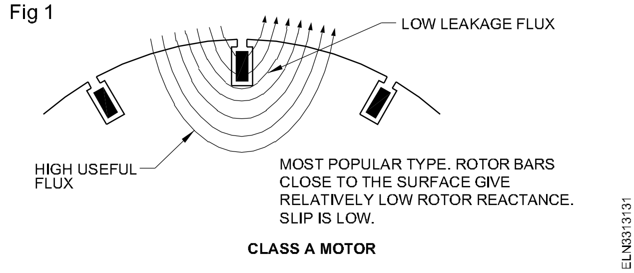
वर्ग	प्रारम्भिक बलघूर्ण	प्रारम्भिक धारा	स्लिप
A	सामान्य	सामान्य	सामान्य
B	सामान्य	निम्न	सामान्य
C	उच्च	निम्न	सामान्य
D	उच्च	निम्न	उच्च
E	निम्न	सामान्य	निम्न
F	निम्न	निम्न	सामान्य

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,

Copyright Free Under CC BY Licence

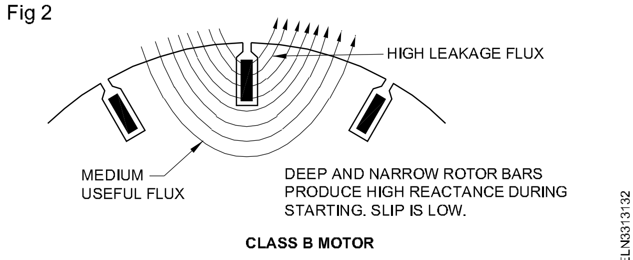
क्योंकि इसकी स्टार्टिंग करंट, निम्न रोटर प्रतिरोध के कारण बहुत अधिक होती है। ये बहुत कम सरकन ($s < 0.01$) यापूर्ण लोड पर परिचालित होती है जहाँ पर स्टार्टिंग करंट की बहुत कम आवश्यकता होती है ऐसे लोड परिस्थितियों ये मोटरें उपयुक्त रहती है। इस प्रकार की मोटर के रोटर छड़ की संरचना Fig 1 में दर्शायी गई है।

Fig 1



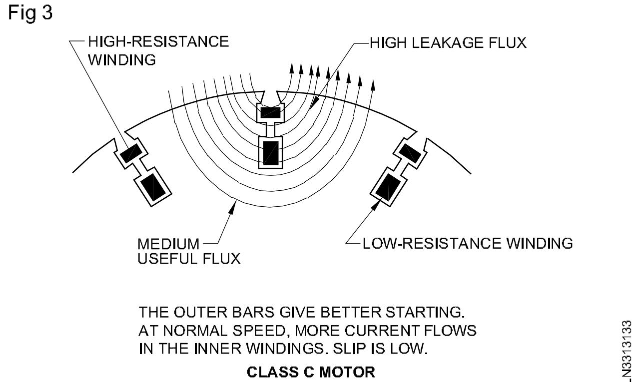
B वर्ग मोटरें (Class B motors): सामान्य कार्यों के लिए उपयोग होने वाली मोटरें होती है जिनका स्टार्टिंग टार्क व स्टार्टिंग करंट भी सामान्य होते है। इन मोटरों का स्पीड रेगुलेशन कम होता है जो कि पूर्ण भार क्षमता पर 5% से भी कम होता है। रेटेड चाल के 15% पर स्टार्टिंग टॉर्क कम होता है जो कम चाल वाली और बड़ी 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।

Fig 2



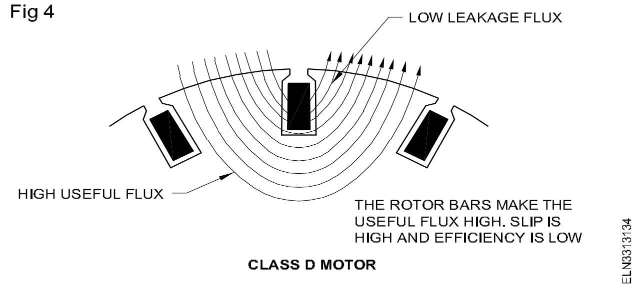
C वर्ग मोटरें (Class C motors): वर्ग B की तुलना में वर्ग C वाली मोटरों का स्टार्टिंग टार्क अधिक होता है, स्टार्टिंग करंट सामान्य होती है और फुल लोड पर 0.05 से भी कम स्लिप पर चलती है। रेटेड चाल पर स्टार्टिंग टार्क लगभग 200% होता है और मोटर को इस प्रकार डिजाईन किया जाता है कि यह फुल लोड पर स्टार्ट हो सकती 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।

Fig 3



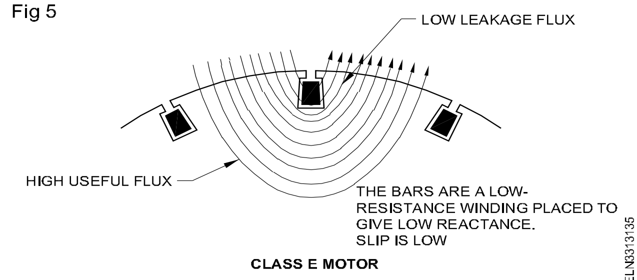
D वर्ग मोटरें (Class D motors): ये विशेषत उच्च स्लिप हाई स्टार्टिंग टार्क व अपेक्षाकृत लो स्टार्टिंग करंट वाली मोटरें होती है। परिणामस्वरूप फुल लोड पर उच्च स्लिप होने से इन मोटरों की दक्षता अन्य वर्ग वाली मोटरों से कम होती है। टार्क, चाल के वक्र के शिखर में इसका स्टार्टिंग टार्क फुल लोड टार्क का 300% होता है। (Fig 4) में वर्ग D मोटरों के रोटर छड़ की संरचना दर्शायी गई है।

Fig 4



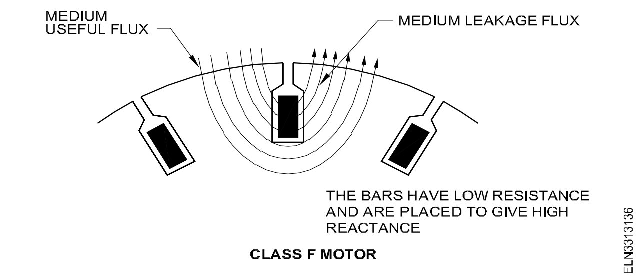
E वर्ग मोटर (Class E motor): वर्ग 'E' मोटर के रोटर की संरचना (Fig 5) में दर्शायी गई है जिसका स्टार्टिंग टार्क निम्न व धारा स्लिप भी निम्न होती है।

Fig 5



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।

Fig 6



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

$$N_s - N = \frac{120f'}{p}$$

also, $N_s = \frac{120f}{p}$

एक को दूसरे से भागने पर,

$$\frac{f'}{f} = \frac{N_s - N}{N_s} = s \quad f' = sf$$

Copyright Free Under CC BY Licence

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।

Copyright Free Under CC BY Licence

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।

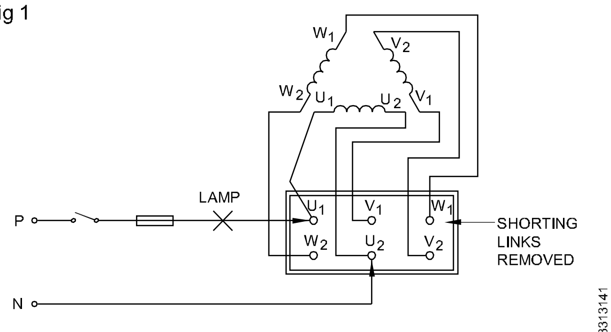
- मोटर फ्रेम व अर्थ इलेक्ट्रोड के बीच अर्थ कन्टीन्युटी चालक का प्रतिरोध कम रख कर।
- जंग रहित धातु भागों को उपलब्ध करा कर जैसे अर्थ कन्टीन्युटी चालक (ECC) के साथ लग को जोड़ने के लिए बोल्ट व नट का उपयोग फ्रेम के साथ जोड़ने के लिए किया जाता है ये नट व बोल्ट गेल्वेनाइज्ड होने चाहिए।
- अर्थ इलेक्ट्रोड प्रतिरोध 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

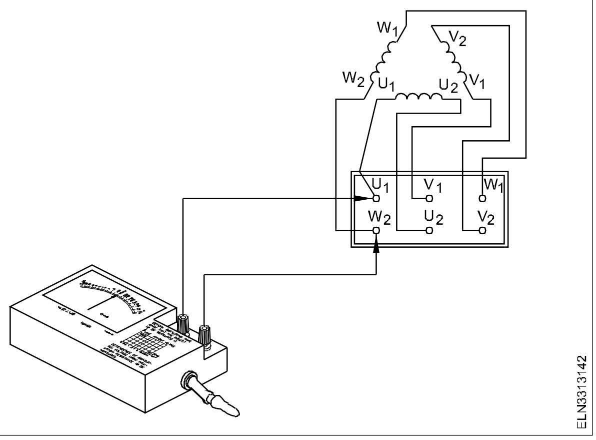


CONTINUITY TEST CIRCUIT

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 ओह्मम 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।

Copyright Free Under CC BY Licence