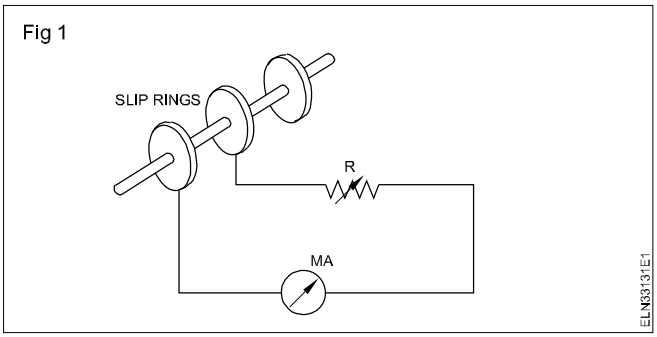
उदाहरण के लिए, एक 4-पोल मोटर 50-Hz प्रदाय से रेटेड है और 1,425 rpm परचल रही है। यद्यपि N_s = 1,500 rpm है, इसकी सरकन 5% या 0.05 है। रोटर करंट की आवृत्ति $f_r = S_f$ = 0.05 x 50 = 2.5 Hz होगी (जो करंट कम है) इसकी आसानी से गणना की जा सकती है।

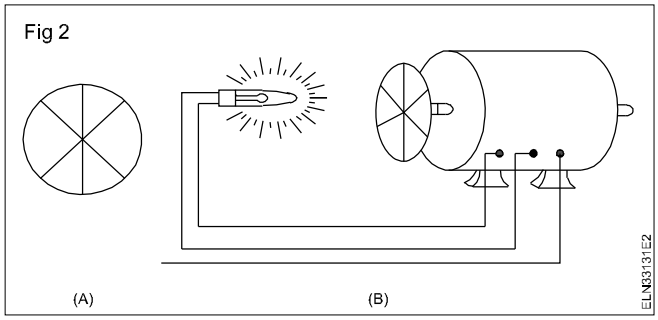
Fig 1



(b) गिलहरी पिंजरा मोटरों (जिनमें स्लिपरिंग नही होते) में मिली-एमीटर को लागू करना सम्भव नहीं होता है।

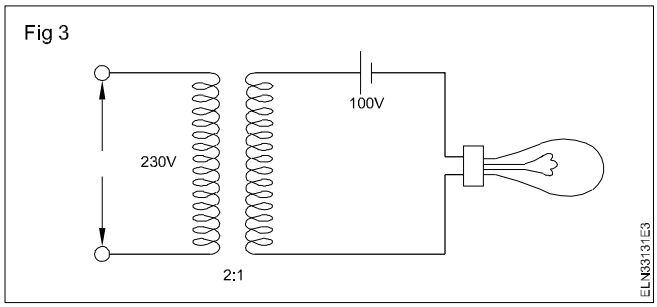
(iii) स्ट्रोबोस्कोपिक विधि द्वारा (By Stroboscopic Method): इस विधि में एक धातु की वृत्ताकार डिस्क लेकर उस पर एक के बाद एक करके काले व सफेद रंग से खण्ड बनाये जाते है। कुल खण्डों की संख्या मोटर की पोलों की संख्या के बराबर रखी जाती है। एक 6-पोल मोटर के लिए कुछ छः खण्ड होंगें जिनमें तीन काले व तीन सफेद 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,

Copyright Free Under CC BY Licence

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

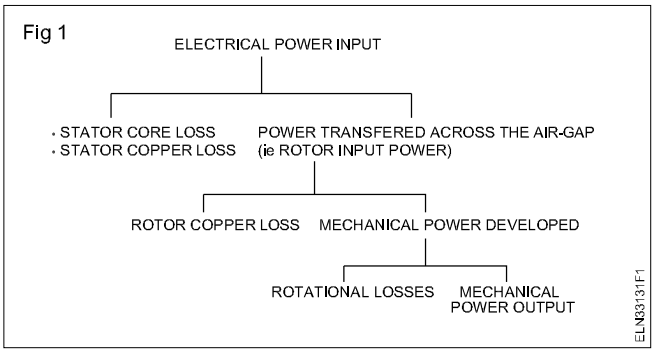
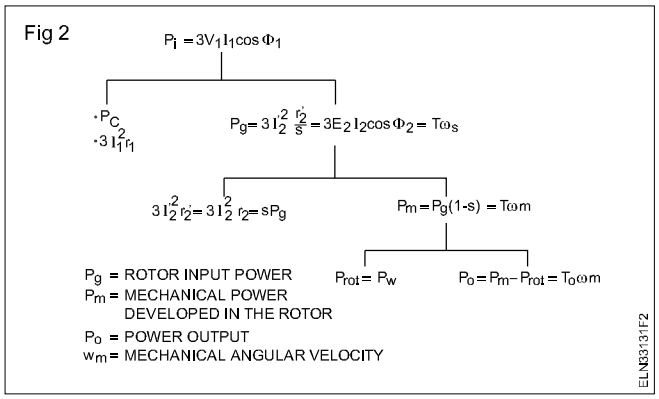


Fig 2



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

$$\text{Synchronous speed} = N_s = \frac{120f}{p} = \frac{6000}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

$$\text{Fractional slip} = s = \frac{N_s - N_r}{N_s}$$

$$\frac{5}{100} = \frac{1500 - N_r}{1500}$$

$$75 = 1500 - N_r$$

Copyright Free Under CC BY Licence

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

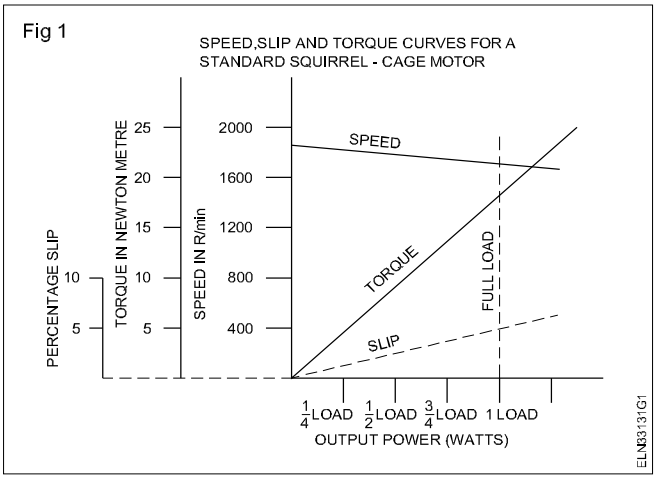
• 3-फेज गिलहरी पिंजरा प्रेरणमोटर के अभिलक्षण व अनुप्रयोग का वर्णन करना।

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।

$T = K \phi_s I_R \cos\phi$

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

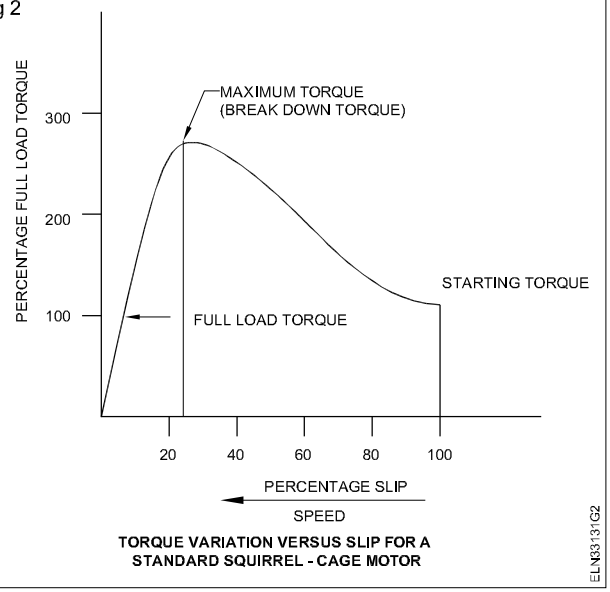
शून्य लोड से पूर्ण लोड तक, टॉर्क स्थिरांक (K), स्टेटर फ्लक्स (ϕ_s) और रोटर शक्ति गुणक (Cos ϕ) गिलहरी पिंजरा मोटर के लिए व्यावहारिक रूप में स्थिर रहते है। इस प्रकार मोटर का बलघूर्ण उत्पन्न रोटर धारा (I_R) के समानुपाती होगा और रोटर करंट स्लिप हमेशा समानुपाती रहता है। गिलहरी पिंजरा मोटर के टार्क में परिवर्तन को प्रायः रोटर स्लिप के विरूद्ध स्थापित किया जाता है जैसा कि Fig 2 में दिखाया गया है।

Copyright Free Under CC BY Licence

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

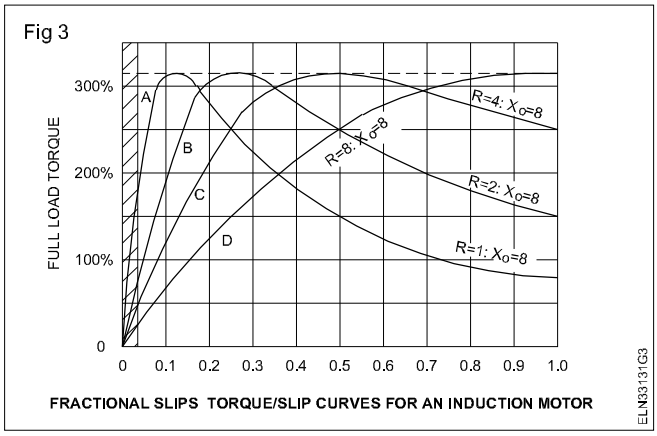
अतः जब लोड व परिणामी स्लिप में वृद्धि होती है यदि यह निर्धारित पूर्ण लोड मान से अधिक है, तो रोटर आवृत्ति मेंवृद्धि होगी, और इस प्रकार रोटर प्रतिघात व प्रतिबाधा में भी वृद्धि होगी और इस प्रकार रोटर प्रतिघात व प्रति बाधा में भी वृद्धि सराहनीय होगी। इस रोटर प्रेरणिक घात में वृद्धि से, परिणामस्वरूप रोटर 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।

Copyright Free Under CC BY Licence

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)

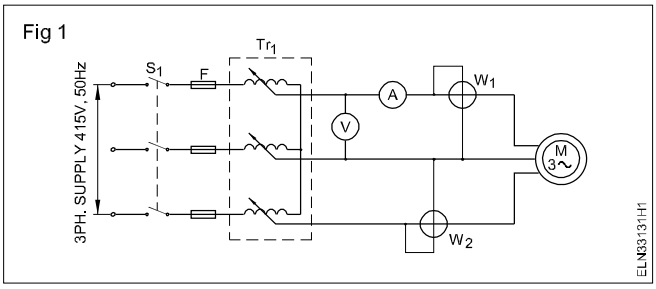
उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **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)

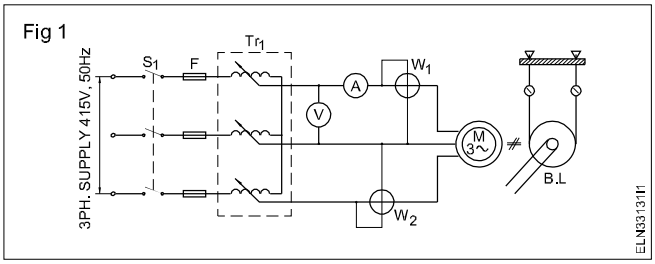
उददेश्य : इस पाठ के अंत में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **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



Copyright Free Under CC BY Licence

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	= $\cos\theta_S$
तुल्यामान प्रतिरोध, R_e/phase	
तुल्यमान प्रतिघात X_e/phase	
पूर्ण लोड ताम्र हानियाँ	= $3I^2R_e$.

ज्ञात है:

$$W_S = \sqrt{3}\, V_S I_S \quad \cos\varnothing_S$$

$$\text{Equivalent impedance } Z_e = \frac{V_s}{\sqrt{3}I_S} = \sqrt{R_e^2 + X_e^2}$$

$$R_e = \text{equivalent resistance} = \frac{P_s}{3I_s^2}$$

$$X_e = \text{equivalent reactance} = \sqrt{Z_e^2 - R_e^2}$$

हल :

$$W_S = \sqrt{3}\, V_S I_S \quad \cos\varnothing_S$$

$$\cos\phi_s = \frac{W_s}{\sqrt{3}\, V_s I_s}$$

$$\cos\phi_S = \frac{430}{1.72 \times 54 \times 7.5} = \frac{430}{696.6} = 0.61$$

$$\text{Equivalent resistance } R_e/\text{phase} = \frac{P_s}{3 \times I_S{}^2} = \frac{430}{3 \times (7.5)^2} = \frac{430}{168.75} = 2.5\Omega$$

$$X_e = \text{equivalent reactance/phase} = \sqrt{Z_e^2 - R_e^2}$$

$$Z_e = \frac{54}{\sqrt{3} \times 7.5} = \frac{54}{12.90} = 4.1$$

$$X_e = \sqrt{4.1^2 - 2.5^2} = \sqrt{16.81 - 6.25} = \sqrt{10.56} = 3.4\Omega.$$

पूर्ण लोड ताम्र हानियाँ $= 3\,I^2 R_e$
$= 3 \times 7.5^2 \times 2.5 = 421.875$ watts

उत्तर

i $\cos\phi_s = 0.61$

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

Copyright Free Under CC BY Licence

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।

Copyright Free Under CC BY Licence

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।

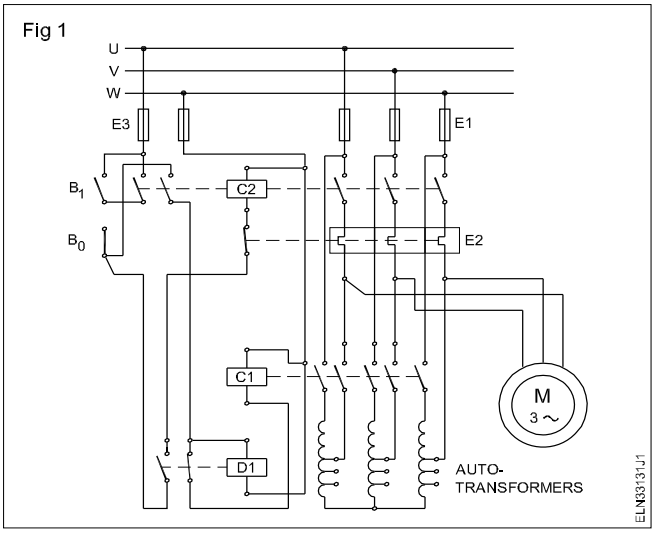


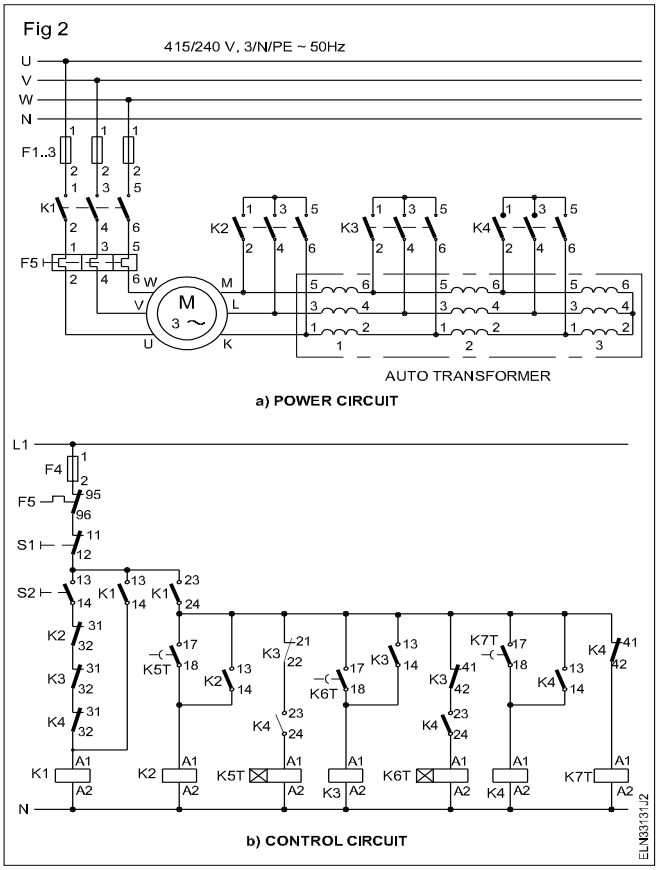
Fig 2(a) में ऑटो ट्रांसफार्मर स्टार्टर का पावर सर्किट व Fig 2(b) में ऑटो ट्रांसफार्मर स्टार्टर का कन्ट्रोल सर्किट दर्शाया गया है।

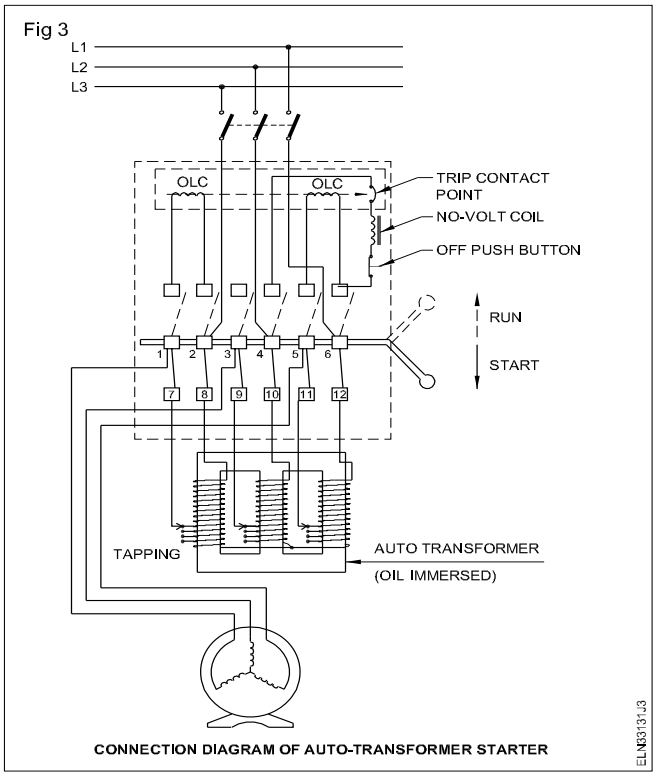
ऑटो-ट्रांसफार्मर स्टार्टर-परिचालन (Auto-transformer starter - Operation)

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।





Copyright Free Under CC BY Licence