

वैद्युत मशीन-I

(Electrical Machines-I)

(प्रयोगात्मक भाग सहित)

IN S.I. UNITS

तृतीय सत्र (द्वितीय वर्ष) इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग डिप्लोमा के छात्रों के लिए

लेखक:-

डॉ० तारा दत्त बिष्ट

पूर्व विभागाध्यक्ष, विद्युत इंजीनियरिंग
आई०ई०आर०टी०, इलाहाबाद (उत्तर प्रदेश)

परामर्शक:

पूजा यादव

2020-2021

प्रकाशक:



एशियन पब्लिशर्स, मुजफ्फरनगर®

46/20, कम्बल वाला बाग, नई मण्डी, मुजफ्फरनगर-251 001 (उ०प्र०)

विषय-सूची

क्र०सं०	अध्याय	पेज
1.	इलेक्ट्रिकल मशीनों का परिचय (Introduction of Electrical Machines)	1-30
2.	डी०सी० मशीनें (D.C. Machines)	31-123
3.	सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर (Single Phase Transformer)	124-202
4.	थ्री फेज ट्रांसफॉर्मर (Three Phase Transformer)	203-252
5.	प्रयोगात्मक (Practicals)	253-273
6.	बहुविकल्पीय प्रश्न (Multiple Choice Questions)	274-307
	प्रश्न-पत्र	

इलेक्ट्रिकल मशीनों का परिचय

(INTRODUCTION OF ELECTRICAL MACHINES)

Inside this Chapter

1.1 Definition of motor and generator; 1.2 Torque development due to alignment of two fields and the concept of torque angle; 1.3 Electro-magnetically induced emf; 1.4 Elementary concept of an electrical machine; 1.5 Comparison of generator and motor; 1.6 Generalized theory of electrical machines

1.1. परिचय (Introduction)

इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग में, इलेक्ट्रिक मशीन इलेक्ट्रोमैग्नेट बल का उपयोग करने वाली मशीनों जैसे कि इलेक्ट्रिक मोटर्स, इलेक्ट्रिक जनरेटर, और अन्य के लिए एक सामान्य शब्द है। ये इलेक्ट्रोमैकेनिकल एनर्जी कन्वर्टर्स हैं। एक इलेक्ट्रिक मोटर इलेक्ट्रिकल पावर को मेकेनिकल पावर में परिवर्तित करती है। जबकि एक इलेक्ट्रिक जनरेटर मेकेनिकल पावर को इलेक्ट्रिकल पावर में परिवर्तित करता है। किसी मशीन में मूवेबिल पार्ट रोटेटिंग (रोटेटिंग मशीन) या लीनियर (लीनियर मशीन) हो सकते हैं। मोटर्स और जनरेटर के अतिरिक्त, एक तीसरी कैटेगरी में अक्सर ट्रांसफॉर्मर शामिल होते हैं, क्योंकि इनमें कोई मूवेबिल पार्ट नहीं होता है। फिर भी यह एनर्जी कनवर्टर है, एक अल्टरनेटिव करंट के वोल्टेज मान को बदल देता है।

इलेक्ट्रिकल मशीन, जनरेटर के रूप में पृथ्वी पर लगभग सभी इलेक्ट्रिक पावर का उत्पादन करती हैं। और इलेक्ट्रिक मोटर्स के रूप में उत्पन्न इलेक्ट्रिक पावर का लगभग 60% उपभोग करते हैं। 19वीं शताब्दी के मध्य में इलेक्ट्रिक मशीनों का विकास हुआ और उस समय से यह बुनियादी ढांचे का एक सर्वव्यापी कंपोनेंट रहा है। अधिक कुशल इलेक्ट्रिक मशीन प्रौद्योगिकी विकसित करना किसी भी वैश्विक संरक्षण, ग्रीन एनर्जी या अल्टरनेटिव एनर्जी के लिए महत्वपूर्ण होता है।

1.2. इलेक्ट्रिक मोटर (Electric Motor)

इलेक्ट्रिक मोटर इलेक्ट्रोमैकेनिकल मशीन है, जो इलेक्ट्रिकल एनर्जी को मेकेनिकल एनर्जी में परिवर्तित करती है। दूसरे शब्दों में, जो उपकरण रोटेशनल फोर्स को उत्पन्न करते हैं, उन्हें मोटर के रूप में जाना जाता है। इलेक्ट्रिक मोटर का कार्य सिद्धांत मुख्य रूप से मैग्नेटिक और इलेक्ट्रिकल फील्ड की परस्पर क्रिया पर निर्भर करता है। इलेक्ट्रिक मोटर को मुख्य रूप से दो प्रकारों में वर्गीकृत किया गया है। ये ए.सी. मोटर और डी.सी. मोटर हैं। ए.सी. मोटर एक इनपुट के रूप में अल्टरनेटिंग करंट लेती है, जबकि डी. सी. मोटर डायरेक्ट करंट लेती है।

1.3. इलेक्ट्रिक मोटर के प्रकार (Types of Electric Motor)

एक इलेक्ट्रिक मोटर का वर्गीकरण चित्र 1.1 में दिखाया गया है।



चित्र 1.1

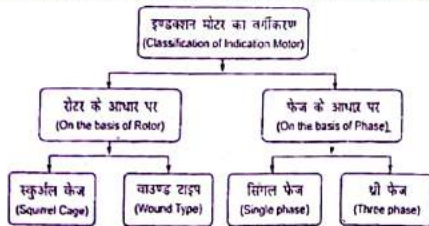
1.3.1. ए.सी. मोटर (A.C. Motor)

ए.सी. मोटर वह मोटर होती है, जो अल्टरनेटिव करंट को मैकेनिकल पावर में कन्वर्ट करती है। इसे तीन भागों में वर्गीकृत किया गया है—

- इंडक्शन मोटर (induction motor)
- लीनियर मोटर (linear motor)
- सिंक्रोनस मोटर (synchronous motor)

1.3.1.1. इंडक्शन मोटर (Induction Motor)

जो मशीन कभी भी सिंक्रोनस गति से नहीं चलती है, उसे इंडक्शन या असिंक्रोनस मोटर कहा जाता है। यह मोटर इलेक्ट्रिक पावर को मैकेनिकल पावर में बदलने के लिए इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन घटना का उपयोग करता है। रोटर के निर्माण के अनुसार, दो प्रकार की इंडक्शन मोटर होती हैं। स्क्विअल केज इंडक्शन मोटर और फेज वाउंड इंडक्शन मोटर।



चित्र 1.2

स्क्विअल केज रोटर (Squirrel Cage Rotor)—जिस मोटर में स्क्विअल केज रोटर होता है उसे स्क्विअल केज इंडक्शन मोटर के रूप में जाना जाता है। स्क्विअल केज रोटर में हमिंग साउंड और रोटर के मैग्नेटिक लॉकिंग में कमी आती है।

फेज वाउंड रोटर (Phase Wound Rotor)—इस रोटर को स्लिप रिंग रोटर के रूप में भी जाना जाता है, और इस प्रकार के रोटर का उपयोग करने वाले मोटर को फेज वाउंड रोटर के रूप में जाना जाता है।

फेजों द्वारा, इंडक्शन मोटर को दो भागों में वर्गीकृत किया जाता है—ये सिंगल फेज इंडक्शन मोटर और 3 फेज इंडक्शन मोटर हैं।

(a) सिंगल फेज इंडक्शन मोटर (Single phase induction motor)—इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन मोटर का उपयोग करके, जो मशीन सिंगल फेज ए.सी. इलेक्ट्रिक पावर को मैकेनिकल पावर में बदलती है, उसे सिंगल फेज इंडक्शन मोटर कहते हैं।

(b) 3 फेज इंडक्शन मोटर (Three-phase Induction Motor)—जो मोटर 3 फेज ए.सी. इलेक्ट्रिक पावर को मैकेनिकल पावर में परिवर्तित करती है, उसे 3-फेज इंडक्शन मोटर कहते हैं।

1.3.1.2. लीनियर मोटर (Linear Motor)

जो मोटर रोटेशनल फोर्स के अतिरिक्त लीनियर फोर्स का उत्पादन करती है, उसे लीनियर मोटर कहते हैं। इस मोटर में खुले (unrolled) रोटर और स्टैटर होते हैं। इस तरह की मोटर का उपयोग स्टाइंडिंग दरवाजों और एक्ट्यूएटर्स में किया जाता है।

1.3.1.3. सिंक्रोनस मोटर (Synchronous Motor)

वांछित (desired) फ्रीक्वेंसी पर मैकेनिकल पावर को अल्टरनेटिव करंट में बदलने वाली मशीन को सिंक्रोनस मोटर कहते हैं। सिंक्रोनस मोटर में, मोटर की गति सप्लाइ करंट फ्रीक्वेंसी के साथ सिंक्रनाइज की जाती है।

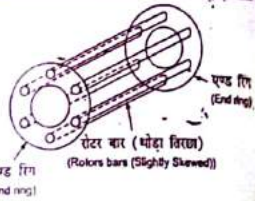
मैग्नेटिक फोल्ड के रोटेशन के संबंध में सिंक्रोनस स्पीड को मापा जाता है, और यह फ्रीक्वेंसी और मोटर के पोलों पर निर्भर करता है। सिंक्रोनस मोटर को दो भागों में वर्गीकृत किया गया है वे रिलक्टेंस और हिस्टेरिसिस मोटर हैं।

रिलक्टेंस मोटर (Reluctance Motor)—यह मोटर जिसकी आरंभिक प्रक्रिया एक इंडक्शन मोटर के समान होती है और जो सिंक्रोनस मोटर-की तरह चलती है, रिलक्टेंस मोटर कहते हैं।

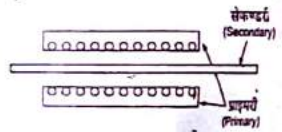
हिस्टेरिसिस मोटर (Hysteresis Motor)—हिस्टेरिसिस मोटर एक सिंक्रोनस मोटर का प्रकार है, जिसमें सघन एयर गैप होता है और इनमें कोई डी.सी. एक्साइटेशन सिस्टम नहीं होता है। मोटर में टॉर्क हिस्टेरिसिस और मोटर के एंटी करंट द्वारा निर्मित होता है।

1.3.2. डी.सी. मोटर (D.C. Motor)

एक मशीन जो डी.सी. इलेक्ट्रिकल पावर को मैकेनिकल पावर में कन्वर्ट करती है, उसे डी.सी. मोटर कहते हैं। इसका कार्य मूल सिद्धांत पर निर्भर करता है, कि जब एक करंट ले जाने वाले कंडक्टर को मैग्नेटिक फोल्ड में रखा जाता है, तो उस पर एक बल लगा होता है, और टॉर्क डेवलप होता है। डी.सी. मोटर को दो भागों में वर्गीकृत किया जाता है, अर्थात्, सेल्फ एक्साइटेड मोटर और सेपरटली एक्साइटेड मोटर।



चित्र 1.3 स्क्विअल केज मोटर (Squirrel Cage Motor)



चित्र 1.4

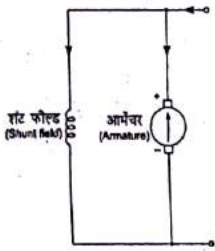
1.3.2.1. सेपरेटली एक्साइटेड मोटर (Separately Excited Motor)

जिस मोटर में डी.सी. वाइंडिंग अलग से डी.सी. सोर्स द्वारा एक्साइटेड होती है, उसे सेपरेटली एक्साइटेड डी.सी. मोटर कहते हैं। सेपरेट सोर्स की सहायता से, मोटर की आर्मेचर वाइंडिंग एनर्जीइज होती है और फ्लक्स उत्पन्न करती है।

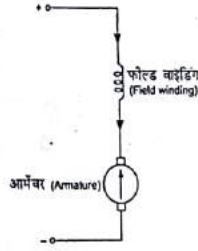
1.3.2.2. सेल्फ एक्साइटेड मोटर (Self-Excited Motor)

फील्ड के संबंध में सेल्फ एक्साइटेड डी.सी. मोटर को तीन भागों में वर्गीकृत किया गया है। ये शंट, सीरीज और कंपाउंड वाउंड डी.सी. मोटर हैं।

(a) शंट मोटर (Shunt Motor) — जिस मोटर में फील्ड वाइंडिंग को आर्मेचर के साथ समानांतर रखा जाता है, इस तरह की मोटर को शंट मोटर के रूप में जाना जाता है। चित्र 1.5 में शंट मोटर को प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 1.5 शंट मोटर



चित्र 1.6

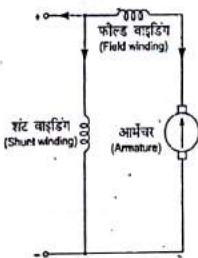
(b) सीरीज मोटर (Series Motor) — जिस मोटर में फील्ड वाइंडिंग को मोटर की आर्मेचर के साथ सीरीज में कनेक्ट किया जाता है। सीरीज मोटर कहा जाता है। चित्र 1.6 में सीरीज मोटर को प्रदर्शित किया गया है।

(c) कंपाउंड वाउंड मोटर (Compound Wound Motor) — डी.सी. मोटर जिसमें फील्ड वाइंडिंग के समानांतर और सीरीज कनेक्शन दोनों होते हैं, कंपाउंड वाउंड मोटर के रूप में जाना जाता है। चित्र 1.7 में कंपाउंड वाउंड मोटर को प्रदर्शित किया गया है। कंपाउंड वाउंड मोटर आगे वर्गीकृत शॉर्ट-शंट और लॉन्ग-शंट मोटर हैं।

शॉर्ट शंट मोटर (Short Shunt Motor) — यदि शंट फील्ड वाइंडिंग केवल मोटर के आर्मेचर के समानांतर होती है न कि सीरीज फील्ड के रूप में, तो इसे मोटर के शॉर्ट शंट मोटर कहते हैं।

लॉन्ग शंट मोटर (Long Shunt Motor) — यदि शंट फील्ड वाइंडिंग आर्मेचर और सीरीज फील्ड वाइंडिंग दोनों के समानांतर है तो मोटर को लॉन्ग शंट मोटर कहते हैं।

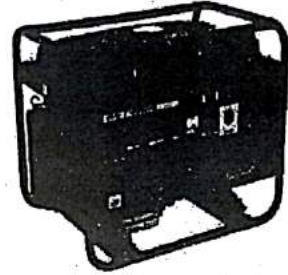
उपरोक्त मोटर्स के अलावा, कई अन्य प्रकार की विशेष मशीनें हैं जिनमें अतिरिक्त विशेषताएं हैं जैसे कि स्टेपर मोटर, ए.सी. और डी.सी. सर्विस मोटर, आदि।



चित्र 1.7 कंपाउंड वाउंड मोटर (Compound Wound Motor)

1.4. इलेक्ट्रिक जनरेटर (Electric Generator)

इलेक्ट्रिक मोटर, जनरेटर और ट्रांसफॉर्मर सभी इलेक्ट्रोमैग्नेटिक सिद्धांत पर कार्य करते हैं। इलेक्ट्रिक मोटर इलेक्ट्रिकल एनर्जी को मैकेनिकल एनर्जी कार्यों में परिवर्तित करता है। इलेक्ट्रिक जनरेटर एक इलेक्ट्रिक मोटर के विपरीत विधि से कार्य करता है। यह मैकेनिकल कार्य को इलेक्ट्रिकल एनर्जी में परिवर्तित करता है। मैकेनिकल एनर्जी का स्रोत हाथ की क्रैंक और दहन इंजन की एक विस्तृत श्रृंखला से भिन्न होता है।



चित्र 1.8

1.4.1. कार्य सिद्धांत (Working principle)

एक इलेक्ट्रिक जनरेटर एक उपकरण है, जिसका उपयोग मैकेनिकल एनर्जी को इलेक्ट्रिकल एनर्जी में बदलने के लिए किया जाता है।

एक जनरेटर का कार्य सिद्धांत ऐसा है कि इलेक्ट्रिक चार्ज के प्रवाह को एक मैग्नेटिक फील्ड में इलेक्ट्रिकल कंडक्टर को स्थानांतरित करके इंड्यूस किया जा सकता है। मैग्नेटिक फील्ड या स्थिर कंडक्टर में फ्लक्चुएटिंग (fluctuating) मैग्नेटिक फील्ड में कंडक्टर को ले जाने से वायर (इलेक्ट्रिकल कंडक्टर) के दो सिरों के बीच वोल्टेज अंतर उत्पन्न होता है, इस प्रकार एक इंड्यूस कोर्ट उत्पन्न होती है।

यह कन्वर्जन तब होता है, जब इलेक्ट्रिक चार्ज वाइंडिंग में भूब करते हैं। मॉडर्न जनरेटर के जनरेटर इलेक्ट्रोमैग्नेटिक के सिद्धांत पर कार्य करते हैं। वोल्टेज अंतर को वायर के दो सिरों के बीच बनाया जाता है, जिसके परिणामस्वरूप इलेक्ट्रिक कोर्ट उत्पन्न होती है।

1.4.2. एक इलेक्ट्रिक जनरेटर के कंपोनेंट (Component of an Electric Generator)

एक इलेक्ट्रिक जनरेटर के मुख्य कंपोनेंट नीचे दिए गए हैं—

- फ्रेम—संरचना
- एक इंजन—मैकेनिकल एनर्जी का सोर्स
- आल्टरनेटर—मैकेनिकल इनपुट से एक इलेक्ट्रिकल आउटपुट उत्पन्न करता है।
- एक फ्यूज सिस्टम—जनरेटर ऑपरेशन को रखने के लिए
- एक वोल्टेज रेगुलेटर—वोल्टेज आउटपुट को रेगुलेट करने के लिए
- एक कूलिंग सिस्टम—सिस्टम में निर्माण करने वाले हीट लेबल को रेगुलेट करने के लिए
- एक लुब्रिकेशन सिस्टम—एक अवधि में टिकाऊ और स्मूथ ऑपरेशन के लिए
- एक निकास सिस्टम—प्रक्रिया में उत्पन्न अपशिष्ट निकास मैशों के निपटारे के लिए
- एक चार्जर—जनरेटर की बैटरी को चार्ज रखने के लिए
- मैन कंट्रोल—जनरेटर इंटरफेस को कंट्रोल करने वाला कंट्रोलिंग पैनेल।

1.4.3. इलेक्ट्रिक जनरेटर के प्रकार (Types of Electric Generators)

इलेक्ट्रिक जनरेटर का वर्गीकरण उत्पन्न इलेक्ट्रिकल एनर्जी के भाग पर निर्भर करता है, जो या तो डायरेक्ट कोर्ट है या आल्टरनेटिंग कोर्ट है।

(I) ए.सी. जनरेटर (A.C. Generator)

ए.सी. जनरेटर जो सिंगल-फेज जनरेटर के रूप में जाना जाता है और 25 kW तक संमित होता है।

(II) डी.सी. जनरेटर (D.C. Generator)

इन जनरेटर को तीन कैटेगरी में विभाजित किया गया है और ये संट, सीरीज़ और कंपाउंड-वाउंड हैं। बैटरी जनरेटर में संट जनरेटर का उपयोग किया जाता है। स्टूट लाइट में सीरीज़ जनरेटर का उपयोग किया जाता है। जबकि अधिकांश डी.सी. जनरेटर कंपाउंड-वाउंड हैं।

(III) एक इलेक्ट्रिक जनरेटर का उपयोग (Uses of an Electric Generator)

- ये शहरों में अधिकांश पावर नेटवर्क के लिए पावर प्रदान करते हैं।
- छोटे पैमाने पर जनरेटर घरेलू इलेक्ट्रिसिटी की जरूरतों या छोटे व्यवसायों के लिए एक अच्छा बैकअप प्रदान करते हैं।
- निर्माण स्थलों पर, पावर स्थापित होने से पहले, बड़े पैमाने पर इलेक्ट्रिक जनरेटर का उपयोग करते हैं।
- ईंधन की खपत के रूप में एनर्जी एफिशिएंट काफी कम हो जाती है।
- चूंकि ये वोल्टेज आउटपुट को एक रेंज देते हैं, इसलिए उनका उपयोग प्रयोगशालाओं में किया जाता है।
- इनका उपयोग ड्राइव मोटर के लिए किया जाता है।
- इनका उपयोग ट्रांसपोर्टेशन में किया जाता है।

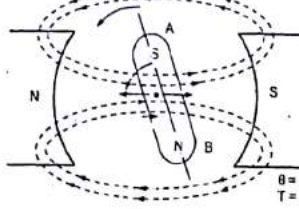
1.5. दो फील्ड के संरेखण के लिए टॉर्क डेवलपमेंट और टॉर्क कोण (Torque Development due to Alignment of Two Fields and Concept of Torque Angle)

1.5.1. जब सॉफ्ट आयरन का टुकड़ा दो परमानेंट पोलों के बीच रोटेटेड है। (When Soft Iron Piece Rotates between Two Permanent Poles)

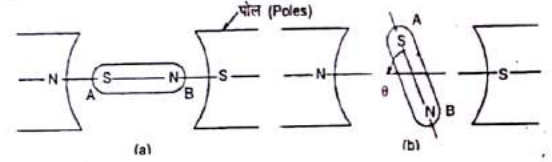
माना कि आयरन का टुकड़ा AB केंद्र में टिका हुआ है। और दो परमानेंट मैग्नेट के बीच रखा गया है और घूमने के लिए स्वतंत्र है। जब बल को रखाएँ सॉफ्ट आयरन के टुकड़े AB से होकर गुजरती है, तो सॉफ्ट आयरन का टुकड़ा मैग्नेट बन जाता है जिसमें A दक्षिणी पोलैरिटी और B उत्तरी पोलैरिटी होता है जैसा कि चित्र 1.9 में दिखाया गया है।

चित्र 1.9 में दो फील्ड एक ही दिशा में संरेखित कर रहे हैं। और इसलिए, सॉफ्ट आयरन के टुकड़े पर कोई टॉर्क अनुभव नहीं किया जाता है। हालांकि, सॉफ्ट आयरन के टुकड़े के एंड A और B के बीच केवल आकर्षण बल है। दो अंतिम A और B पर बल अनुभव करने पर ध्यान में बराबर और विपरीत दिशा एक दूसरे को कैंसिल करती है इस केस में टॉर्क कोण शून्य होता है और आयरन के टुकड़े पर अनुभव किया जाने वाला टॉर्क भी शून्य होता है।

अब हाथ से सॉफ्ट आयरन के टुकड़े AB को disturb करें जैसा कि चित्र 1.10(a) में दिखाया गया है इस क्रिया के कारण, मैग्नेट सॉफ्ट आयरन के टुकड़े AB की अक्ष में फोल्ड के साथ कोण बनाती है जैसा कि चित्र 1.10(b) में दिखाया गया है।



चित्र 1.9

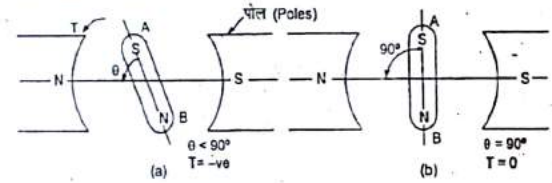


चित्र 1.10

इस स्थिति में सॉफ्ट आयरन विरोधी दक्षिणावर्त दिशा (clockwise direction) में एक टॉर्क का अनुभव करेगा।

टॉर्क कोण की अवधारणा (Concept of Torque Angle)

यह मेन मैग्नेटिक फोल्ड की अक्ष और सॉफ्ट आयरन के टुकड़े के मैग्नेटिक अक्ष के बीच का कोण है। सॉफ्ट आयरन के टुकड़े के रोटेशन की दिशा के संबंध में मापा गया कोण है। मेन फोल्ड के संबंध में सॉफ्ट आयरन के टुकड़े के विभिन्न पदों को चित्र 1.11 में दिखाया गया है।

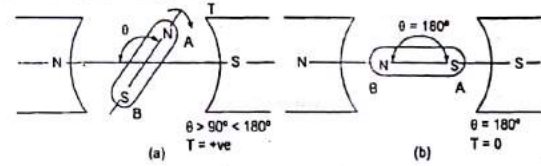


चित्र 1.11

चित्र 1.11(a) में सॉफ्ट आयरन के टुकड़े की मैग्नेटिक अक्ष में मैग्नेटिक फोल्ड की अक्ष के साथ एक कोण ($\theta < 90^\circ$) बनती है अर्थात् टॉर्क कोण $\theta, 0^\circ$ और 90° के बीच स्थित है। सॉफ्ट आयरन के टुकड़े की इस स्थिति में, यह अपने दोनों सिरो पर आकर्षण बल के कारण फोल्ड की दिशा में स्वयं को संरेखित करता है। यह टॉर्क नेगेटिव माना जाता है क्योंकि यह टॉर्क कोण को कम करने की कोशिश करता है। 90° से कम θ के किसी भी मान के लिए, टॉर्क नेगेटिव होता है।

जब टॉर्क कोण $0, 90^\circ$ हो जाता है, डेवलप टॉर्क शून्य होता है। जैसा कि चित्र 1.11(b) में दिखाया गया है। यह सॉफ्ट आयरन के टुकड़े को अस्थिर स्थिति है क्योंकि दोनों दिशाओं में मामूली परिवर्तन उस दिशा में टॉर्क डेवलप करेगा।

लेकिन चित्र 1.12 के अनुसार, जब टॉर्क कोण $\theta, 90^\circ$ से अधिक हो जाता है, 180° से अधिक नहीं होता है, तो चित्र 1.12(a) सॉफ्ट आयरन के टुकड़े A और B (अब उत्तर और दक्षिणी पोल) के एंड दक्षिण और उत्तरी पोलों की ओर आकर्षित होते हैं। मेन मैग्नेट क्रमशः और इस प्रकार टॉर्क डेवलप होता है जो टॉर्क कोण को बढ़ाता है। तो डेवलप टॉर्क को पॉजिटिव के रूप में लिया जाता है।

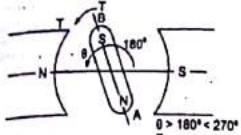


चित्र 1.12

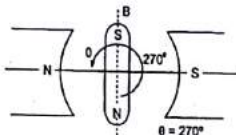
चित्र 1.12(b) के अनुसार जब $\theta = 180^\circ$ सॉफ्ट आयरन के टुकड़े AB का अक्ष मैग्नेटिक फील्ड की अक्ष के साथ संरेखित होता है। तो इस स्थिति में टॉर्क शून्य हो जाता है। यह स्थिर स्थिति है, क्योंकि स्थिति में मामूली बदलाव होता है। दोनों साइड फिर से अपनी स्थिति बहाल करेंगे।

अब सॉफ्ट आयरन के टुकड़े AB की स्थिति पर विचार करें जैसा कि चित्र 1.13 में दिखाया गया है टॉर्क कोण 180° और 270° के बीच है, निगेटिव टॉर्क उत्पन्न होता है क्योंकि टॉर्क कोण को कम किया गया है।

जब टॉर्क कोण $\theta = 270^\circ$ होता है जैसा कि चित्र 1.14 में दिखाया गया है तो इसके बाद सॉफ्ट आयरन का टुकड़ा AB पर होगा। यह स्थिति फिर से $\theta = 90^\circ$ जैसी अस्थिर स्थिति है।

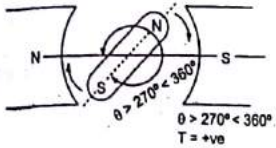


चित्र 1.13

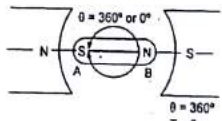


चित्र 1.14

अब उस स्थिति पर विचार करें जब टॉर्क कोण θ , 270° और 360° के बीच हो। टॉर्क को प्रकृति में पॉजिटिव माना जाता है क्योंकि यह टॉर्क कोण θ (चित्र 1.15 देखें) बढ़ा रहा है।



चित्र 1.15



चित्र 1.16

जब टॉर्क कोण $\theta = 360^\circ$ । इस स्थिति में सॉफ्ट आयरन के टुकड़े AB पर कोई टॉर्क नहीं होगा। यह फिर से स्थिर स्थिति है। (चित्र 1.16)।

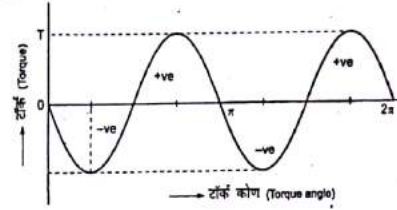
यदि हम टॉर्क कोण और टॉर्क के बीच ग्राफ ड्रा करते हैं, जब सॉफ्ट आयरन का टुकड़ा AB, 360° से घूमता है, तो प्राप्त आकृति चित्र 1.17 में दिखाया गया है।

निष्कर्ष (Conclusion)

उपरोक्त चर्चा से यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि टॉर्क कोण θ , चित्र 1.17 में ड्रा किये गये कर्व के अनुसार साथ बदलता है।

उत्पन्न टॉर्क 0 से $\frac{\pi}{2}$ रेडियन के बीच मैकेनिकल π से $\frac{3\pi}{2}$ से रेडियन के बीच नेगेटिव है, हालांकि, यह $\frac{\pi}{2}$ से π

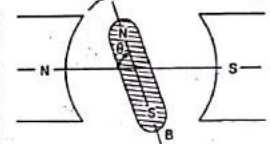
और $\frac{3\pi}{2}$ से 2π रेडियन के बीच पॉजिटिव है। तो उत्पन्न टॉर्क दो चक्र पूरा करता है। तब सॉफ्ट आयरन के टुकड़े को एक चक्र दिया जाता है। उत्पन्न इस टॉर्क को रिलक्टैस टॉर्क कहा जाता है और यह रिलक्टैस मोटर्स का सिद्धांत है।



चित्र 1.17

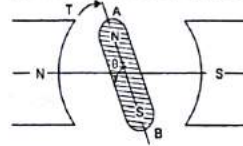
1.5.2. जब एक बार मैग्नेट दो परमानेंट पोलों के बीच घूमता है (When a bar magnet rotates between two permanent poles)

सॉफ्ट आयरन के टुकड़े को परमानेंट बार मैग्नेट द्वारा प्रतिस्थापित किया जाता है। बार मैग्नेट को केंद्र में टिका दिया गया है, और घड़ी की दिशा में घुमाया जाता है। जब θ , 90° से कम है जैसा कि चित्र 1.18 का केस है; सिरा A बार मैग्नेट, मेन मैग्नेट के निश्चित उत्तरी पोल द्वारा प्रतिकर्षित किया जाता है, और इसी तरह सिरा B बार मैग्नेट द्वारा प्रतिकर्षित किया जाता है। परिणामस्वरूप θ कोण बढ़ जाता है, इसलिए उत्पन्न टॉर्क पॉजिटिव होगा।

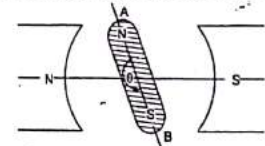


चित्र 1.18

चित्र 1.19 से पता चलता है कि बार मैग्नेट को आगे घुमाया गया है और जब θ , 90° से अधिक, लेकिन 180° से कम हो जाता है। बार मैग्नेट का सिरा A मेन मैग्नेट के दक्षिणी पोल की ओर आकर्षित होगा और सिरा B मेन मैग्नेट के उत्तरी पोल की ओर भी आकर्षित होगा। परिणामस्वरूप कोण θ में वृद्धि होती है इसलिए यह टॉर्क फिर से पॉजिटिव होगा।



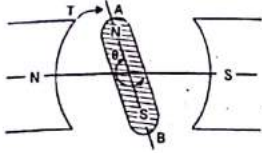
चित्र 1.19



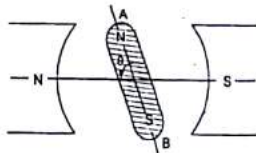
चित्र 1.20

चित्र 1.20 से पता चलता है कि रोटेटिंग बार मैग्नेट को θ से 180° रोटेट किया गया है। अब दो मैग्नेटिक फील्ड पूरी तरह से एक साथ संरेखित हो गए हैं, इसलिए उत्पन्न टॉर्क ज़ीरो होगा। यह एक स्थिर स्थिति है, जब θ , 180° से थोड़ा कम या 180° से थोड़ा अधिक हो जाता है, बार मैग्नेट के दो सिरों को मुख्य निश्चित पोलों द्वारा आकर्षित किया जाएगा। बार मैग्नेट को चित्र 1.20 में दिखाए गए स्थान पर रीस्टोर किया जाएगा।

चित्र 1.21 दिखाता है कि बार मैग्नेट को आगे रोटेट किया गया है और कोण θ , 180° और 270° के बीच है। सिरा A और सिरा B को दक्षिणी पोल और निश्चित मैग्नेट के उत्तरी पोल की ओर आकर्षित किया जाएगा। उत्पन्न टॉर्क एंटी-क्लाइब दिशा में होगा। कोण θ में कमी आएगी इसलिए टॉर्क T को नेगेटिव माना जाएगा।



चित्र 1.21

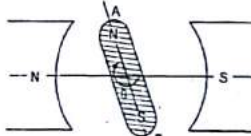


चित्र 1.22

चित्र 1.22 बार मैग्नेट को दिखाता है जब इसे आगे घुमाया जाता है और कोण θ , 270° और 360° के बीच होता है। सिरा A और B को स्थिर मैग्नेट के दो ध्रुवों द्वारा कैलिब्रेट किया जाएगा।

उत्पन्न टॉर्क फिर से एण्टीक्लॉक वाइज दिशा में होगा और कोण θ , घट जाएगा। तो टॉर्क नेगेटिव होगा।

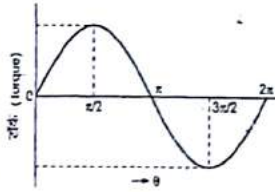
चित्र 1.23 से पता चलता है कि टॉर्क कोण $\theta = 360^\circ$ या 0° है, उत्प्रेरित टॉर्क शून्य होगा। यह एक स्थिर स्थिति नहीं है जब θ , 360° से थोड़ा कम या 360° से थोड़ा अधिक हो जाता है, तो यह क्रमशः टॉर्क विरोधी या दाक्षिणावर्त दिशा (क्लॉक वाइज) में का अनुभव करेगा।



चित्र 1.23

निष्कर्ष (Conclusion)

यह निष्कर्ष निकाला जाता है कि टॉर्क फिर से टॉर्क कोण θ का कार्य है और आकृति 1.24 में दिखाए गए कर्व के अनुसार θ के साथ टॉर्क बदलता है, उत्पन्न टॉर्क $+ve$ है जब 0° से 180° के बीच होता है यह है $-ve$ जब θ , 180° से अधिक और 360° से कम होता है। हालांकि, जब θ तो 180° या 360° है, तो उत्पन्न टॉर्क शून्य है। टॉर्क अधिकतम तब होता है जब $\theta = 90^\circ$ या 270° होता है। जब दो फ्लक्स एक दूसरे से सनकोण पर हो।

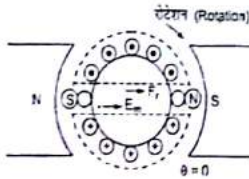


चित्र 1.24

1.5.3. जब मैग्नेटिक फील्ड में इलेक्ट्रोमैग्नेट रखा जाता है (When Electromagnet Placed in the Magnetic Field)

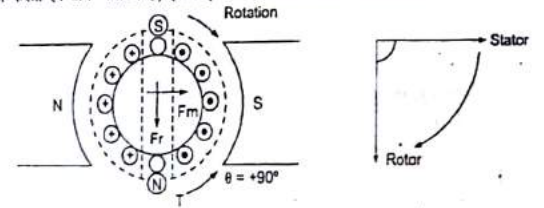
एलेक्ट्रो मैग्नेट के मैग्नेटिक फील्ड में रखे गए इलेक्ट्रोमैग्नेट पर विचार करें। इलेक्ट्रो मैग्नेट अपनी अक्ष के बारे में रोटेटेड करने के लिए स्वतंत्र है।

(a) मान इलेक्ट्रोमैग्नेट द्वारा उत्पन्न फील्ड F , और परामैग्नेट मैग्नेट द्वारा उत्पन्न फील्ड F_m है। यदि ये दोनों फील्ड F , और F_m एक ही दिशा में हैं तो उत्पन्न टॉर्क शून्य है। मशीन न तो जनरेटर के रूप में कार्य करेगी और न ही मोटर के रूप में। यह एक शून्य टॉर्क स्थिति है।



चित्र 1.25

जब इलेक्ट्रोमैग्नेट को कोण $\theta = 90^\circ$ के माध्यम से रोटेट किया जाता है, तो रोटार फील्ड F , का अक्ष मेन फील्ड F_m के साथ कोण $\theta = 90^\circ$ बना देगा और रोटेशन की विपरीत दिशा में इलेक्ट्रो-मैग्नेटिक टॉर्क अर्थात् विरोधी दिशि टॉर्क उत्पन्न करता है। टॉर्क नेगेटिव है, इसलिए मशीन जनरेटर के रूप में कार्य करती है।



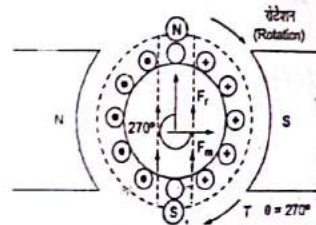
चित्र 1.26

जब इलेक्ट्रोमैग्नेट को कोण $\theta = 180^\circ$ के माध्यम से रोटेट किया जाता है तो कोई टॉर्क डेवलप नहीं होता है।

जब इलेक्ट्रोमैग्नेट को कोण $\theta = 270^\circ$ के माध्यम से घुमाया जाता है, तो रोटार फील्ड F , मुख्य फील्ड F_m के अनुरूप आने की कोशिश करेगा और इस प्रकार एक कर्ताकवाइज उत्पन्न करेगा (चित्र 1.27 देखें)। टॉर्क पॉजिटिव है, इसलिए मशीन मोटर के रूप में कार्य करती है।

जब टॉर्क कोण 0° से 180° के बीच होता है, तो टॉर्क नेगेटिव में उत्पन्न होता है, मशीन एक जनरेटर के रूप में कार्य करता है जब θ , 180° से 360° के बीच होता है। तो टॉर्क उत्पन्न होता है वह पॉजिटिव होता है, मशीन मोटर को ऑपरेट करेगी। इसलिए उत्पन्न टॉर्क इलेक्ट्रो-मैग्नेटिक टॉर्क होगा।

टॉर्क पॉजिटिव है, इसलिए मशीन मोटर का कार्य करती है।



चित्र 1.27

1.6. इंड्यूज्ड EMF, स्टैटिक और डायनामिक रूप से इंड्यूज्ड EMF (Induced EMF, Statically and Dynamically induced EMF)

इंड्यूज्ड EMF या तो डायनामिक रूप से इंड्यूज्ड EMF या स्टैटिक रूप से इंड्यूज्ड EMF हो सकता है। इस पहले सिद्ध है, आमतौर पर फील्ड स्थिर होता है और कंडक्टर इसे काटते हैं (जैसा कि d.c. जनरेटर में)। लेकिन दूसरे केस आमतौर पर कंडक्टर या क्वाइल स्थिर रहता है और इसके साथ जुड़ा हुआ फ्लक्स केवल इस फ्लक्स (ट्रांसफॉर्मर) का उत्पन्न करने वाले कोर को बढ़ा या घटाकर बदल दिया जाता है।

बता दें कि फ्लक्स N क्वाइल के साथ जुड़ने से कम समय dt में रॉल $d\phi$ से बदल जाता है।

इंड्यूज्ड EMF, e = फ्लक्स लिंकेज के परिवर्तन की दर

= टर्नों की संख्या $\times$ फ्लक्स के परिवर्तन दर

$$= N \frac{d\phi}{dt}$$

लेनज़ के नियम द्वारा बताई गई घटना को प्रदर्शित करने के लिए, उपरोक्त समीकरण के दाहिने हाथ की राशि से पहले एक नैगेटिव चिह्न रखने की आवश्यकता है, इसलिए, इंड्युज्ड EMF के लिए समीकरण के रूप में लिखा जा सकता है

$$\epsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \text{ volts} \quad \dots(1.1)$$

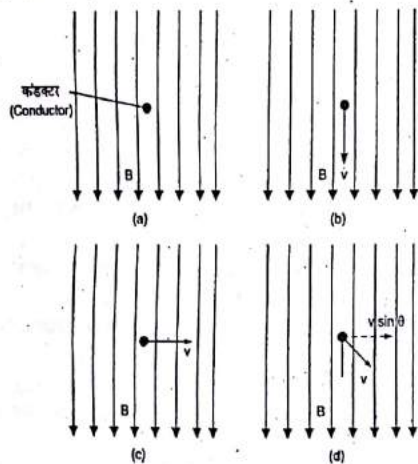
1.6.1 डायनामिक रूप से इंड्युज्ड EMF (Dynamically Induced EMF)

हम जानते हैं कि जब क्वाइल या सर्किट के साथ जुड़ने वाला फ्लक्स बदलता है, तो क्वाइल या सर्किट में एक EMF इंड्युज्ड होता है।

EMF को दो तरह से फ्लक्स लिंकिंग को बदलकर इंड्युज्ड किया जा सकता है:

1. करंट के परिमाण में वृद्धि या कमी करके, लिंकिंग फ्लक्स को उत्पन्न किया जा सकता है। इस केस में, फील्ड के सापेक्ष कंडक्टर या क्वाइल की कोई स्पीड नहीं होती है और इसलिए, इस तरह से इंड्युज्ड EMF को स्टैटिक इंड्युज्ड के रूप में जाना जाता है।
2. एक कंडक्टर को एक समान मैग्नेटिक फील्ड में स्थानांतरित करके और इस तरह से निर्मित EMF को डायनामिक इंड्युज्ड EMF के रूप में जाना जाता है।

1 मीटर लम्बाई, B Wb/m² घनत्व के कंडक्टर को एक समान मैग्नेटिक फील्ड में रखने पर विचार करें। जैसा कि चित्र 1.28(a) में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 1.28 एक समान मैग्नेटिक फील्ड में कंडक्टर (Conductor in a Uniform Magnetic Field)

इस कंडक्टर को फील्ड की दिशा में वेग v m/s के साथ ले जाया जाए, जैसा कि चित्र 1.28(b) में दिखाया गया है। इस केस में कंडक्टर द्वारा कोई फ्लक्स नहीं काटा जाता है, इसलिए, इसमें कोई EMF इंड्युज्ड नहीं होता है।

अब यदि यह कंडक्टर वेग, v m/s के साथ एक दिशा में अपनी लम्बाई और लम्बवत मैग्नेटिक फील्ड की दिशा में ले जाता है जैसा कि चित्र 1.28(c) में दिखाया गया है—

फील्ड कंडक्टर द्वारा प्रति सेकंड क्षेत्रफल $= l \times v$ m²/s

फ्लक्स कट प्रति सेकंड = फ्लक्स घनत्व $\times$ प्रति सेकंड स्वेप्ट (swept) क्षेत्रफल $= Blv$

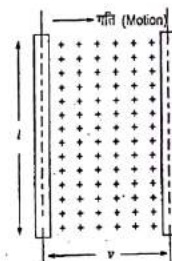
फ्लक्स के परिवर्तन की दर $\frac{d\phi}{dt}$ = प्रति सेकंड फ्लक्स $= Blv$ Wb/s

इंड्युज्ड EMF, $\epsilon = \frac{d\phi}{dt} Blv$ volts

यदि कंडक्टर वेग v मीटर प्रति सेकंड की दिशा में सीधा अपनी लंबाई और मैग्नेटिक फील्ड की दिशा में एक कोण पर ले जाया जाता है, जैसा कि चित्र 1.28(d) में दिखाया गया है।

इंड्युज्ड emf का परिमाण मैग्नेटिक फील्ड की दिशा में लंबवत दिशा में वेग के कंपोनेंट के अनुपातिक है और इंड्युज्ड emf द्वारा दिया जाता है

$$\epsilon = Blv \sin \theta \text{ Volt}$$



चित्र 1.29 मैग्नेटिक फील्ड की दिशा में कंडक्टर की गति

1.6.2 स्टैटिकली इंड्युज्ड EMF (Statically Induced EMF)

स्टैटिकली रूप से इंड्युज्ड EMF

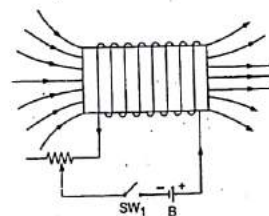
(a) सेल्फ इंड्युज्ड EMF

(b) म्यूचुअल इंड्युज्ड EMF

1.6.2.1 सेल्फ इंड्युज्ड EMF (Self-Induced EMF)

जब क्वाइल के माध्यम से प्रवाहित होने वाली करंट को बदल दिया जाता है, तो फ्लक्स अपने स्वयं की वाइंडिंग में परिवर्तनों के साथ जुड़ती है। और क्वाइल के साथ फ्लक्स को जोड़ने के परिवर्तन के कारण, एक EMF इंड्युज्ड होता है। जिसे सेल्फ इंड्युज्ड EMF कहते हैं।

चूंकि लेनज़ के नियम के अनुसार, इंड्युज्ड EMF उस बदलाव का विरोध करने का कार्य करता है जिसके कारण वह उत्पन्न होता है। सेल्फ इंड्युज्ड EMF हमेशा ऐसी दिशा में होता है, क्वाइल या सर्किट में करंट के परिवर्तन का विरोध किया गया हो जहाँ क्वाइल या सर्किट की यह गुण जिसके कारण यह क्वाइल या सर्किट में करंट के किसी भी परिवर्तन का विरोध करता है, को सेल्फ इंडक्टेंस कहते हैं।



चित्र 1.30

N टर्न, लंबाई l मीटर, X -सेक्शन का क्षेत्रफल 1 वर्ग मीटर और रिलेटिव परमेयबिलिटी μ_r का एक सोलेनोइड पर विचार करें। जब सोलेनोइड i एम्पीयर का करंट वहन करता है, तो फ्लक्स $\frac{N i l \mu}{l \mu_0 \mu_r a}$ वेबर्स का एक मैग्नेटिक फील्ड सोलनोइड के चारों ओर स्थापित होता है और इसके साथ जुड़ता है।

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} = -N \frac{d}{dt} \left[\frac{N i}{l \mu_0 \mu_r a} \right]$$

$$\text{सेल्फ इंड्यूज एमफ} = -N \frac{N}{l \mu_0 \mu_r a} \frac{di}{dt}$$

$$= -\frac{N^2 \mu_r \mu_0 a}{l} \times \frac{di}{dt} \quad \dots (1.2)$$

राशि $\frac{N^2 \mu_r \mu_0 a}{l}$ किसी भी दिए गए क्वाइल या सर्किट के लिए (constant) स्थिर है और इसे सेल्फ इंडक्शन गुणांक कहा जाता है। यह प्रतीक L द्वारा दर्शाया गया है और इसे हेनरीज़ में मापा जाता है।

$$\text{इसलिए सेल्फ इंड्यूज एमफ, } e = -L \frac{di}{dt}$$

$$\text{जहां } L = \frac{N^2 \mu_r \mu_0 a}{l} \text{ henrys}$$

1.6.2.2. सेल्फ इंडक्शन गुणांक (Coefficient of Self Induction)

सेल्फ इंडक्शन (L) के गुणांक को निम्नलिखित तीन संबंधों में से किसी एक से निर्धारित किया जा सकता है।

पहली विधि (First method)—यदि सॉलिनॉइड के परिमाण दिए गए हैं, तो संबंध से सेल्फ इंडक्शन गुणांक निर्धारित किया जा सकता है

$$L = \frac{N^2 \mu_r \mu_0 a}{l} \text{ henrys} \quad \dots (1.3)$$

दूसरी विधि (Second method)—क्वाइल में करंट के परिवर्तन की दी गई दर के लिए क्वाइल में इंड्यूज्ड एमफ के मैग्नीट्यूड को ज्ञात होने पर निम्नलिखित संबंध से क्वाइल का सेल्फ-इंडक्शन निर्धारित किया जाता है।

$$e = L \frac{di}{dt}$$

$$L = \frac{e}{di/dt} \quad \dots (1.4)$$

तृतीय विधि (Third method)—क्वाइल में करंट के प्रवाह के आधार पर क्वाइल और फ्लक्स के टर्न की संख्या ज्ञात होने पर, निम्नलिखित संबंध से क्वाइल के सेल्फ इंडक्टेस का निर्धारण किया जाता है,

$$\phi = \frac{N\phi}{i} \quad \dots (1.5)$$

उपरोक्त संबंध निम्नानुसार हो सकते हैं (The above relation can be derived as follows):

N टर्न, लंबाई l मीटर, X -सेक्शन का क्षेत्रफल a मीटर² और रिलेटिव परमेयबिलिटी μ_r के क्वाइल में उत्पन्न मैग्नेटिक फ्लक्स, जब i एम्पीयर का करंट से जाता है।

$$\phi = \frac{Ni}{l \mu_r \mu_0 a}$$

और क्वाइल का सेल्फ इंडक्शन

$$C = \frac{N^2 \mu_r \mu_0 a}{l} = \frac{N}{i} \frac{N \mu_r \mu_0 a}{l} i = \frac{N\phi}{i}$$

उपरोक्त संबंध से, यह स्पष्ट है कि क्वाइल या सर्किट का सेल्फ इंडक्शन क्वाइल या सर्किट में प्रति एम्पीयर में वेबर-टर्न के बराबर है।

उपरोक्त संबंध में यदि $N\phi = 1 \text{ Wb-turn}$ और $i = 1 \text{ A}$ तो $L = 1 \text{ H}$ है।

इसलिए कहा जाता है, कि एक क्वाइल में एक हेनरी का सेल्फ इंडक्शन होता है यदि 1 A की करंट, जब इसके माध्यम से प्रवाहित होती है, तो इसमें 1 Wb-turn का फ्लक्स लिंकेज उत्पन्न होता है।

1.6.2.3. म्यूचुअल इंड्यूज्ड एमफ (Mutually Induced EMF)

दो क्वाइल पर विचार करें A और B को एक साथ क्लोज्ड रखा गया है ताकि एक क्वाइल द्वारा बनाया गया फ्लक्स दूसरे क्वाइल के साथ पूरी तरह से लिंक करे। बता दें कि क्वाइल A में वैटरी होती है और स्विच S और क्वाइल B को गैल्वेनोमीटर G से जोड़ा जाता है।

जब स्विच SW_1 खोला जाता है, तो क्वाइल A के माध्यम से कोई भी करंट प्रवाहित नहीं होता है, इसलिए क्वाइल A में कोई फ्लक्स नहीं बनाया जाता है, यानी क्वाइल B के साथ कोई फ्लक्स लिंक नहीं होता है, इसलिए, क्वाइल B में कोई एमफ इंड्यूज नहीं होता है,

यह तथ्य गैल्वेनोमीटर शून्य डिफ्लेक्शन द्वारा प्रदर्शित किया गया है। अब जब स्विच S बंद होता है तो क्वाइल में करंट प्रवाहित होती है। एक शून्य मान से एक परिमित मान तक बढ़ने लगती है, इस अवधि के दौरान फ्लक्स का उत्पन्न होना है और क्वाइल A की करंट वृद्धि के साथ बढ़ता है, इसलिए, क्वाइल B के साथ फ्लक्स लिंकेज बढ़ जाती है और एक एमफ, जिसे म्यूचुअल इंड्यूज्ड एमफ के रूप में जाना जाता है, क्वाइल B में निर्मित होता है, इसे गैल्वेनोमीटर डिफ्लेक्शन द्वारा प्रदर्शित किया गया है। जैसे ही क्वाइल A में करंट अपने परिमित मान तक पहुंचती है, क्वाइल B के साथ फ्लक्स लिंकेज स्थिर हो जाता है, इसलिए क्वाइल B में कोई एमफ इंड्यूज नहीं होता है, और गैल्वेनोमीटर पॉइंटर वापस शून्य स्थिति में लौट आता है। अब यदि स्विच S खोला जाता है, तो करंट कम होने लगती है, जिसके परिणामस्वरूप क्वाइल B के साथ लिंकेज फ्लक्स कम हो जाएगा, एक एमफ फिर से इंड्यूज होगा लेकिन पिछले के विपरीत दिशा में, इस तथ्य को गैल्वेनोमीटर डिफ्लेक्शन द्वारा विपरीत दिशा में दिखाया जाएगा।

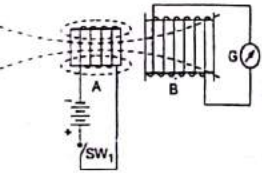
इस प्रकार जब कभी क्वाइल A में करंट बदलती है तो क्वाइल B से जुड़ा फ्लक्स भी बदल जाता है। और क्वाइल B में एक एमफ, जिसे म्यूचुअल इंड्यूज्ड एमफ कहते हैं, इंड्यूज हो जाता है।

लंबाई l मीटर की एक कोर पर N_1 टर्न के क्वाइल A पर विचार करें, क्रॉस-सेक्शन का क्षेत्रफल a वर्ग मीटर और रिलेटिव परमेयबिलिटी μ_r है।

$$\text{जब } i_1 \text{ एम्पीयर का प्रवाह होता है, तो क्वाइल } A \text{ के चारों ओर } \frac{N_1 i_1}{l \mu_r \mu_0 + a} \text{ का फ्लक्स स्थापित किया जाता है।}$$

$$\text{म्यूचुअल रूप से इंड्यूज्ड एमफ, } e_m = - \text{क्वाइल } B \text{ के फ्लक्स लिंकेज के परिवर्तन की दर}$$

$$= -N_2 \times \text{क्वाइल } A \text{ में फ्लक्स के परिवर्तन की दर}$$



चित्र 1.31 म्यूचुअल इंड्यूज्ड एमफ

$$= -N \frac{d}{dt} \left[\frac{N_1 I_1}{l \mu_0 \mu_r} \right]$$

$$= -N \frac{N_1 N_2 \mu_0 \mu_r}{l} \frac{dI_1}{dt} \quad \dots (1.6)$$

यदि $\frac{N_1 N_2 \mu_0 \mu_r}{l}$ को क्वाइल A के संबंध में क्वाइल B का म्यूचुअल इंडक्शन गुणांक कहा जाता है। इसे प्रतीक M द्वारा दर्शाया गया है और इसे हेनर में मापा जाता है।

इसलिए म्यूचुअल रूप से इंड्यूस EMF, $e_m = -M \frac{dI_1}{dt}$

$$\text{जहाँ पर } M = \frac{N_1 N_2 \mu_0 \mu_r}{l}$$

1.6.2.4. म्यूचुअल इंडक्शन गुणांक (Coefficient of Mutual Induction)

म्यूचुअल इंडक्शन को एक क्वाइल या सर्किट की क्षमता के रूप में परिभाषित किया जा सकता है जब इंडक्शन द्वारा पास के क्वाइल में एक EMF को इंड्यूस किया जाता है जब पहले क्वाइल में प्रवाहित होने वाली करंट बदल जाती है। इसकी क्रिया व्युत्क्रमानुपाती है अर्थात् दूसरे क्वाइल के माध्यम से प्रवाहित होने वाले करंट में परिवर्तन भी पहले क्वाइल में एक EMF इंड्यूस करेगा। म्यूचुअल इंडक्शन के गुणांक M के संदर्भ में व्युत्क्रमानुपाती इंडक्शन की क्षमता को मापा जाता है।

म्यूचुअल इंडक्शन (M) के गुणांक को निम्नलिखित तीन संबंधों में से किसी एक से निर्धारित किया जा सकता है—

पहली विधि (First Method)

क्वाइल की विन्यास दिए जाने की स्थिति में, म्यूचुअल गुणांक निम्न संबंध से निर्धारित किया जा सकता है

$$L = \frac{N_1 N_2 \mu_0 \mu_r}{l} \text{ Henry} \quad \dots (1.7)$$

दूसरी विधि (Second Method)

पहले क्वाइल में करंट के बदलाव की दी गई दर के लिए दूसरे क्वाइल में इंड्यूस EMF के परिमाण को ज्ञात होने पर, क्वाइल के बीच म्यूचुअल संबंध निम्न संबंध से निर्धारित हो सकते हैं—

$$e_m = M \frac{dI_1}{dt}$$

$$M = \frac{e_m}{dI_1/dt} \quad \dots (1.8)$$

तीसरी विधि (Third Method)

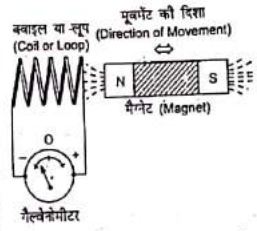
यदि क्वाइल के टर्न को संख्या और इस क्वाइल के फ्लक्स लिंकिंग को एक दूसरे क्वाइल में करंट के साथ जोड़ने पर ज्ञात हो, तो क्वाइल की म्यूचुअल इंडक्शन निम्नलिखित संबंधों से निर्धारित की जा सकती है

$$M = N_2 \frac{\Phi_2}{I_1} \text{ Henry} \quad \dots (1.9)$$

1.7. फ़ैराडे का प्रयोग (Faraday's Experiment)

इस प्रयोग में, फ़ैराडे ने एक मैग्नेट और एक क्वाइल ली और क्वाइल के एक सिर एक गैल्वेनोमीटर को जोड़ते हैं। स्टार्टिंग में, मैग्नेट रैस्ट पर होता है, इसलिए गैल्वेनोमीटर में कोई डिप्लेक्शन नहीं होता है यानी गैल्वेनोमीटर की सुई केंद्र या जीरो स्थिति पर होती है। जब मैग्नेट को क्वाइल की ओर ले जाया जाता है, तो गैल्वेनोमीटर की सुई एक दिशा में डिप्लेक्टेड हो जाती है।

जब मैग्नेट को उस स्थिति में स्थिर रखा जाता है, तो गैल्वेनोमीटर की सुई जीरो स्थिति में लौट आती है। अब जब मैग्नेट क्वाइल से दूर जाती है, तो सुई में कुछ डिप्लेक्शन होता है, लेकिन विपरीत दिशा में, और फिर जब मैग्नेट स्थिर हो जाती है, तो उस पॉइंट पर क्वाइल के संबंध में, गैल्वेनोमीटर की सुई जीरो स्थिति में लौट आती है। इसी तरह, यदि मैग्नेट को स्थिर रखा जाता है और क्वाइल दूर हो जाता है, और मैग्नेट की ओर, गैल्वेनोमीटर इसी तरह डिप्लेक्शन दिखाता है। यह भी देखा जाता है कि मैग्नेटिक फ़ील्ड में परिवर्तन जितनी तेजी से होता है, क्वाइल में इंड्यूस EMF या वोल्टेज उतना ही अधिक होगा।



चित्र 1.32

मैग्नेट की स्थिति	गैल्वेनोमीटर में डिप्लेक्शन
रैस्ट पर मैग्नेट	गैल्वेनोमीटर में कोई डिप्लेक्शन नहीं
मैग्नेट क्वाइल की ओर बढ़ता है	एक दिशा में गैल्वेनोमीटर में डिप्लेक्शन
मैग्नेट को उसी स्थान पर (क्वाइल के पास) स्थिर रखा जाता है	गैल्वेनोमीटर में कोई डिप्लेक्शन नहीं
मैग्नेट क्वाइल से दूर चला जाता है	गैल्वेनोमीटर में डिप्लेक्शन लेकिन विपरीत दिशा में
मैग्नेट को उसी स्थिति में स्थिर रखा जाता है (क्वाइल से दूर)	गैल्वेनोमीटर में कोई डिप्लेक्शन नहीं

निष्कर्ष: (Conclusion)

इस प्रयोग से, फ़ैराडे ने निष्कर्ष निकाला कि, जब भी किसी कंडक्टर और मैग्नेटिक फ़ील्ड के बीच सापेक्ष गति होती है, तो क्वाइल के साथ फ्लक्स बदल जाता है और फ्लक्स में यह परिवर्तन एक क्वाइल के एंक्रॉस एक वोल्टेज को इंड्यूस करता है।

माइकल फ़ैराडे ने प्रयोगों के आधार पर दो नियम बनाए। इन नियमों को फ़ैराडे के इलेक्ट्रो मैग्नेटिक इंडक्शन नियम कहा जाता है।

1.7.1. फ़ैराडे का पहला नियम (Faraday's First Law)

बायर के क्वाइल के मैग्नेटिक फ़ील्ड में कोई भी बदलाव क्वाइल में इंड्यूस होने का कारण होगा। इसे इंड्यूस EMF कहा जाता है और यदि कंडक्टर सर्किट बंद हो जाता है, तो करंट भी सर्किट के माध्यम से सर्कुलेट होगा और इस करंट को इंड्यूस करंट कहा जाता है।

मैग्नेटिक फ़ील्ड को बदलने की विधि (Method to change the magnetic field):

- मैग्नेट को क्वाइल से दूर या दूर ले जाकर
- क्वाइल को मैग्नेटिक फ़ील्ड में या उसके बाहर ले जाकर

- (iii) मैग्नेटिक फील्ड में रखे गए क्वाइल के फोल्ड को बदलकर
(iv) मैग्नेट के सापेक्ष क्वाइल को रोटेटिंग करने से

1.7.2 फ़ैराडे का दूसरा नियम (Faraday's Second Law)

यह बताता है, कि क्वाइल में इंड्यूस्ड EMF का परिमाण क्वाइल के साथ जुड़ने वाले फ्लक्स के परिवर्तन की दर के बराबर है। क्वाइल का फ्लक्स लिंकेज क्वाइल में टर्नों की संख्या और क्वाइल से जुड़े फ्लक्स का गुणा होता है। गौर करें। माना एक मैग्नेट एक क्वाइल को ओर आ रहा है। यहाँ हम समय T_1 और समय T_2 में दो घटनाओं पर विचार करते हैं।

$$T_1 \text{ समय पर क्वाइल के साथ फ्लक्स लिंकेज, } T_1 = N\phi_1 \text{ Wb}$$

$$T_2 \text{ समय पर क्वाइल के साथ फ्लक्स लिंकेज, } T_2 = N\phi_2 \text{ Wb}$$

$$\text{फ्लक्स लिंकेज में परिवर्तन} = N(\phi_2 - \phi_1)$$

$$\text{माना, फ्लक्स लिंकेज में परिवर्तन, } \phi = (\phi_2 - \phi_1)$$

$$\text{तो, फ्लक्स लिंकेज में परिवर्तन} = N\phi$$

$$\text{अब फ्लक्स लिंकेज के परिवर्तन की दर} = \frac{N\phi}{t}$$

$$\text{दाएँ साइड का समय के सापेक्ष अवकलन करने पर} = N \frac{d\phi}{dt}$$

$$\text{फ्लक्स लिंकेज के परिवर्तन की दर, } E = N \frac{d\phi}{dt}$$

लेकिन फ़ैराडे के इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन के नियम के अनुसार, फ्लक्स लिंकेज के परिवर्तन की दर इंड्यूस्ड EMF के बराबर होता है।

$$E = -N \frac{d\phi}{dt}$$

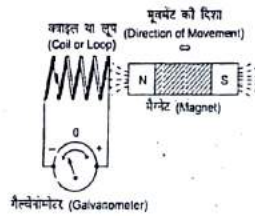
लेनज़ के नियम को ध्यान में रखते हुए।

जहाँ पर

- फ्लक्स ϕ , Wb में = B.A
- B = मैग्नेटिक फील्ड स्ट्रेथ
- A = क्वाइल का क्षेत्रफल

1.7.3. फ़ैराडे के नियम के अनुप्रयोग

- फ़ैराडे नियम इलेक्ट्रोमैग्नेट के सबसे बेसिक और महत्वपूर्ण नियमों में से एक है। यह नियम अधिकांश इलेक्ट्रिक मशीनों, उद्योगों और चिकित्सा क्षेत्र आदि में उपयोग होता है।
- पावर ट्रांसफॉर्मर फ़ैराडे के नियम के आधार पर कार्य करते हैं।
- इलेक्ट्रिक जनरेटर का मूल कार्य सिद्धांत, फ़ैराडे के म्यूचुअल इंडक्शन का नियम है।
- इंडक्शन कुकर खाना पकाने की सबसे तेज़ विधि है। यह म्यूचुअल इंडक्शन के सिद्धांत पर भी कार्य करती है। जब एक खाना पकाने के कंटेनर के नीचे रखे कॉपर वायर के से करंट प्रवाहित होता है, तो यह एक परिवर्तनशील मैग्नेटिक फील्ड का निर्माण करता है। यह बारी-बारी से या मैग्नेटिक फील्ड को बदलने से एक EMF उत्पन्न



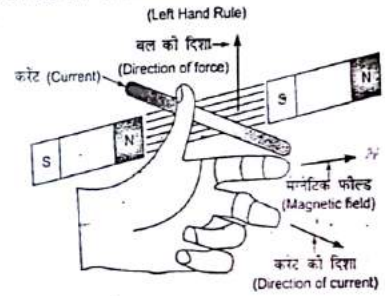
चित्र 1.33

होता है और इसलिए कंडक्टिव कंटेनर में करंट प्रवाहित होता है, और हम जानते हैं कि करंट का प्रवाह हमेशा इसमें हीट जनरेट करता है।

- कुछ तरल पदार्थों के वेग को मापने के लिए इलेक्ट्रो मैग्नेटिक फ्लो मीटर का उपयोग किया जाता है। जब एक मैग्नेटिक फोल्ड एक इलेक्ट्रिकली इमुलेटेड पाइप पर एप्लाइ होता है, जिसमें तरल पदार्थ प्रवाहित होते हैं, तो फ़ैराडे के नियम के अनुसार, इसमें एक इलेक्ट्रोमोटिव फोर्स इंड्यूस होता है। यह इंड्यूस्ड EMF द्रव प्रवाह के वेग के अनुपातिक होता है।
- इलेक्ट्रोमैग्नेटिक ध्वियों के अनुसार, फ़ैराडे के फोर्स की लाइनो का विचार प्रसिद्ध मैक्सवेल के समीकरणों में उपयोग किया जाता है। फ़ैराडे के नियम के अनुसार, मैग्नेटिक फोल्ड में परिवर्तन से इलेक्ट्रिक फोल्ड में परिवर्तन होता है और मैक्सवेल के समीकरणों में इसका उपयोग होता है।
- इसका उपयोग संगीत वाद्ययंत्र जैसे इलेक्ट्रिक गिटार, इलेक्ट्रिक बार्साइन आदि में भी किया जाता है।

1.8. फ्लेमिंग के बाएँ हाथ नियम (Fleming's Left Hand Rule)

यह पाया जाता है, कि जब भी एक करंट ले जाने वाले कंडक्टर को मैग्नेटिक फोल्ड के अंदर रखा जाता है, तो एक फोर्स कंडक्टर पर कार्य करता है, जो करंट और मैग्नेटिक फोल्ड दोनों की लम्बवत दिशा में होता है।

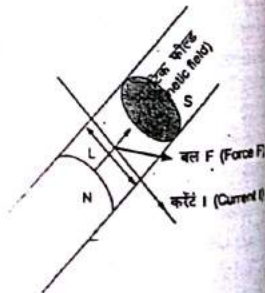


चित्र 1.34 बायाँ हाथ का नियम

दिए गए चित्र 1.34 में, लंबाई 'L' के एक कंडक्टर के एक हिस्से को न्यूथ 'H' की एक समान क्षैतिज मैग्नेटिक फोल्ड में लंबवत रखा गया है, जो दो मैग्नेटिक पोलो N और S द्वारा निर्मित है। यदि करंट 'I' इस कंडक्टर से प्रवाहित हो रही है, कंडक्टर पर कार्य करने वाले बल का परिमाण

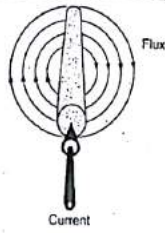
$$F = BIL$$

अपने बाएँ हाथ को एक दूसरे से 90° कोण पर तर्जनी, दूसरी उंगली और अंगूठे के साथ पकड़ें। यदि तर्जनी फोल्ड की दिशा को प्रदर्शित करती है और दूसरी उंगली करंट की दिशा को प्रदर्शित करती है, तो अंगूठे बल की दिशा देता है।



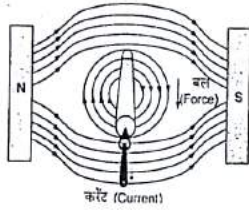
चित्र 1.35

जबकि एक कंडक्टर के माध्यम से करंट प्रवाहित होती है, इसके चारों ओर एक मैग्नेटिक फील्ड इंड्यूज होता है। कंडक्टर के चारों ओर बल के बल्लेज मैग्नेटिक लाइनों की संख्या पर विचार करके मैग्नेटिक फील्ड की कल्पना की जा सकती है। मैक्सवेल के कॉर्कस्क्रू नियम या राइट-हैंड त्रिप नियम द्वारा बल की मैग्नेटिक लाइनों की दिशा निर्धारित की जाती है। इन नियमों के अनुसार, बल की मैग्नेटिक लाइनों (या फ्लक्स लाइन्स) की दिशा दक्षिणावर्त होती है, यदि करंट दर्शक से दूर प्रवाहित हो रही है, अर्थात् यदि कंडक्टर के माध्यम से करंट की दिशा संदर्भ प्लेन से अंदर की ओर है जैसा कि चित्र 1.36 में दिखाया गया है।



चित्र 1.36

अब यदि कंडक्टर के लिए एक क्षैतिज मैग्नेटिक फील्ड को बाहरी रूप से लागू किया जाता है, तो ये दो मैग्नेटिक फील्ड अर्थात् कंडक्टर के चारों ओर की फील्ड इसके माध्यम से करंट प्रवाहित होता है और बाहरी रूप से लागू किया गया फील्ड एक दूसरे के साथ संपर्क करेगा। हम चित्र 1.37 में देखते हैं कि एक्सटर्नल मैग्नेटिक फील्ड के बल की मैग्नेटिक रेखाएं N से S पोल तक हैं जो बाएं से दाएं हैं।



चित्र 1.37

कंडक्टर में करंट के कारण एक्सटर्नल मैग्नेटिक फील्ड और फोर्स की मैग्नेटिक लाइन्स के बल की मैग्नेटिक लाइनें कंडक्टर के ऊपर एक ही दिशा में होती हैं, और वे कंडक्टर के नीचे विपरीत दिशा में होती हैं। इसलिए कंडक्टर के ऊपर बल की सह-दिशात्मक मैग्नेटिक लाइनों की बड़ी संख्या कंडक्टर के नीचे से होगी।

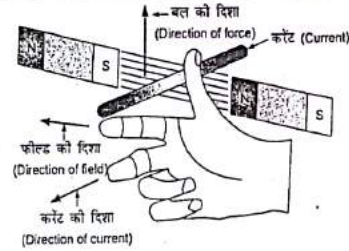
नतीजतन, कंडक्टर के ऊपर एक छोटी सी जगह में बल की मैग्नेटिक लाइनों का एक बड़ा संकेन्द्रण होगा। चूंकि बल की मैग्नेटिक लाइनें अब सीधी लाइनें नहीं हैं, वे तनाव वाले रबर बैंड की तरह तनाव में हैं।

नतीजतन, एक बल होगा जो कंडक्टर को अधिक केन्द्रित मैग्नेटिक फील्ड से कम केन्द्रित मैग्नेटिक फील्ड में स्थानांतरित करने की प्रवृत्ति रखेगा, जो वर्तमान स्थिति से नीचे की ओर है। अब यदि आप उपरोक्त स्पष्टीकरण में करंट, बल और मैग्नेटिक फील्ड की दिशा का निरीक्षण करते हैं, तो आप पाएंगे कि दिशाएं फ्लेमिंग बाएं हाथ के नियम के अनुसार हैं।

1.9. फ्लेमिंग दाएं हाथ का नियम (Fleming Right Hand Rule)

फ़ैराडे के इलेक्ट्रो मैग्नेटिक इंडक्शन के नियम के अनुसार, जब भी कोई कंडक्टर मैग्नेटिक फील्ड के अंदर जाता है, तो उसमें एक इंड्यूस करंट प्रवाहित होगी। यदि यह कंडक्टर बलपूर्वक मैग्नेटिक फील्ड के अंदर चला जाता है, तो एंस्टाई बल की दिशा, मैग्नेटिक फील्ड और करंट के बीच एक संबंध होगा। इन तीनों दिशाओं के बीच का संबंध फ्लेमिंग के दाहिने हाथ के नियम से तय होता है।

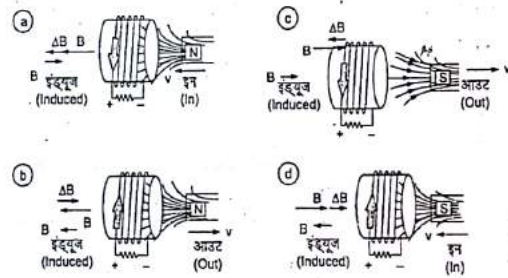
यह नियम बताता है कि "दाहिने हाथ को पहली उंगली, दूसरी उंगली और अंगूठे को एक-दूसरे के समकोण पर रखें। यदि तृतीया बल की दिशा की दिशा को प्रदर्शित करती है, अंगूठा गति या सलाई बल की दिशा में प्रदर्शित करता है, तो दूसरी उंगली इंड्यूस करंट की दिशा प्रदर्शित करती है।"



चित्र 1.38 फ्लेमिंग के दाएं हाथ का नियम

1.10. लेन्ज़ का नियम (Lenz's Law)

इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन का लेन्ज़ का नियम बताता है कि "इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन की घटना में किसी सर्किट में उत्पन्न इंड्यूसड इलेक्ट्रोमोटिव फोर्स या इंड्यूस करंट की दिशा इस प्रकार होती है, जो यह उस कारण का विरोध करती है जिसके कारण यह उत्पन्न होती है।"



चित्र 1.39

इसे पहले समझना मुश्किल हो सकता है—तो आइए एक उदाहरण पर नजर डालते हैं। याद रखें कि जब कोई करंट किसी मैग्नेटिक फील्ड से इंड्यूज होती है, तो यह इंड्यूस फील्ड, जो मैग्नेटिक फील्ड उत्पन्न करता है, वह अपना मैग्नेटिक फील्ड बनाएगा। यह मैग्नेटिक फील्ड हमेशा ऐसा होगा कि यह मैग्नेटिक फील्ड का विरोध करता है जो मूल रूप से इसे बनाता है। दिए गए उदाहरण में, यदि मैग्नेटिक फील्ड 'B' बढ़ रहा है—जैसा कि 1.39(a) में दिखाया गया है—इंड्यूस मैग्नेटिक फील्ड इसके विरोध में कार्य करेगा।

जब मैग्नेटिक फील्ड 'B' कम हो रहा है—जैसा कि (2) में दिखाया गया है—इंड्यूस मैग्नेटिक फील्ड फिर से इसके विरोध में कार्य करेगा। लेकिन इस बार विरोध का अर्थ है कि यह फील्ड को बढ़ाने के लिए कार्य कर रहा है—क्योंकि यह परिवर्तन को घटती दर का विरोध कर रहा है।

लेन्ज़ का नियम फ़ैराडे के इंडक्शन के नियम पर आधारित है, फ़ैराडे का नियम हमें बताता है कि एक परिवर्तित मैग्नेटिक फ़्लोड कंडक्टर में एक करंट उत्पन्न करेगा। लेन्ज़ नियम हमें इस इंड्यूस करंट की दिशा बताता है, जो प्रारंभिक परिवर्तन, मैग्नेटिक फ़्लोड का विरोध करती है जिसने इसको उत्पन्न किया। यह नेगेटिव चिह्न (—) द्वारा फ़ैराडे के नियम के सूत्र में दर्शाया गया है।

$$e = -\frac{d\phi_B}{dt}$$

मैग्नेटिक फ़्लोड में यह परिवर्तन एक मैग्नेट को क्वाइल से दूर या दूर ले जाकर या क्वाइल को मैग्नेटिक फ़्लोड में स्थानांतरित करके मैग्नेटिक फ़्लोड को नष्ट को बदलने के कारण हो सकता है। दूसरे शब्दों में, हम कह सकते हैं कि सर्किट में इंड्यूस EMF का परिमाण फ़्लक्स के परिवर्तन की दर के समानुपाती होता है।

$$e \propto \frac{d\phi}{dt}$$

1.10.1. लेन्ज़ के-नियम का सूत्र (Lenz's Law Formula)

लेन्ज़ के नियम में कहा गया है, कि जब फ़ैराडे के नियम के अनुसार मैग्नेटिक फ़्लक्स में परिवर्तन से एक EMF उत्पन्न होता है, तो इंड्यूस EMF को पोलैरिटी ऐसे होती है, जिससे वह एक इंड्यूस करंट उत्पन्न करता है जिसका मैग्नेटिक फ़्लोड, प्रारंभिक परिवर्तन मैग्नेटिक फ़्लोड का विरोध करता है जो इसे उत्पन्न करता है।

फ़ैराडे के इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन के नियम में उपयोग किए जाने वाले नेगेटिव संकेत से संकेत मिलता है कि इंड्यूस EMF (e) और मैग्नेटिक फ़्लक्स (ϕ_B) में विपरीत संकेत है। लेन्ज़ के नियम का सूत्र नीचे दिखाया गया है:

$$e = -N \frac{d\phi_B}{dt}$$

जहाँ

- e = इंड्यूस EMF
- ϕ_B = मैग्नेटिक फ़्लक्स में परिवर्तन
- N = क्वाइल में टर्न की संख्या

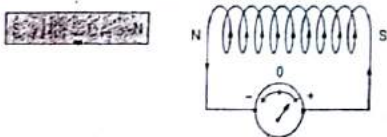
1.10.2. लेन्ज़ का नियम और एनर्जी कंजर्वेशन (Lenz's Law and Conversion of Energy)

एनर्जी कंजर्वेशन का पालन करने के लिए, लेन्ज़ के नियम के माध्यम से इंड्यूस करंट की दिशा को एक मैग्नेटिक फ़्लोड बढ़ाएगा जो इसे बनाए गए मैग्नेटिक फ़्लोड का विरोध करता है। वास्तव में, लेन्ज़ का नियम एनर्जी कंजर्वेशन के नियम का एक परिणाम होता है।

1.10.3. लेन्ज़ के नियम की व्याख्या (Lenz's Law Explained)

लेन्ज़ के नियम को बेहतर ढंग से समझने के लिए, आइए दो केस पर विचार करें:

केस 1 (Case 1)—जब कोई मैग्नेट क्वाइल की ओर बढ़ रहा हो।

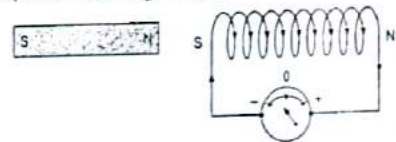


चित्र 1.40

जब मैग्नेट का उत्तरी पोल क्वाइल की ओर आ रहा है, तो क्वाइल में जुड़ने वाला मैग्नेटिक फ़्लक्स बढ़ जाता है। फ़ैराडे के इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन के नियम के अनुसार, जब फ़्लक्स में परिवर्तन होता है, तो इसलिए EMF और करंट को क्वाइल में इंड्यूस किया जाता है। और यह करंट स्वयं का मैग्नेटिक फ़्लोड बनाएगा।

अब लेन्ज़ के नियम के अनुसार, बनाया गया यह मैग्नेटिक फ़्लोड अपने स्वयं को विरोध करेगा या हम कह सकते हैं कि क्वाइल के माध्यम से फ़्लक्स में वृद्धि का विरोध करता है, और यह केवल तभी संभव है, जब क्वाइल के निकट आने पर उत्तर पोलैरिटी प्राप्त होती है, क्योंकि हम जानते हैं कि समान पोल एक दूसरे को पोछे हटाते हैं। एक बार जब हम क्वाइल साइड की मैग्नेटिक पोलैरिटी को जानते हैं, तो हम दाहिने हाथ के नियम को लागू करके आसानी से इंड्यूस करंट की दिशा निर्धारित कर सकते हैं। इस केस में, करंट एंटीक्लॉकवाइज दिशा में प्रवर्तित होता है।

केस 2 (Case 2)—जब कोई मैग्नेट क्वाइल से दूर जा रहा हो



चित्र 1.41

जब मैग्नेट का उत्तरी पोल क्वाइल से दूर जा रहा होता है, तो क्वाइल से जुड़ने वाला मैग्नेटिक फ़्लक्स कम हो जाता है। फ़ैराडे के इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन के नियम के अनुसार, इसलिए EMF और करंट क्वाइल में इंड्यूस किया जाता है और यह करंट स्वयं का मैग्नेटिक फ़्लोड बनाएगा।

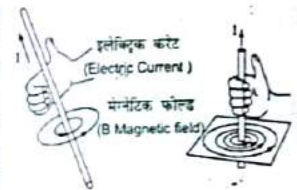
अब लेन्ज़ के नियम के अनुसार, बनाया गया यह मैग्नेटिक फ़्लोड अपने स्वयं को विरोध करती या हम कह सकते हैं, कि क्वाइल के माध्यम से फ़्लक्स में कमी का विरोध किया जा सकता है, और यह केवल तभी संभव है जब क्वाइल के निकट आने में दक्षिण पोलैरिटी प्राप्त होती है, क्योंकि हम जानते हैं कि असमान पोल एक दूसरे को आकर्षित कर सकते हैं। एक बार जब हम क्वाइल साइड की मैग्नेटिक पोलैरिटी को जानते हैं, तो हम दाहिने हाथ के नियम को लागू करके आसानी से इंड्यूस करंट की दिशा निर्धारित कर सकते हैं। इस केस में, करंट क्लॉकवाइज दिशा में प्रवर्तित होता है।

ध्यान दें कि मैग्नेटिक फ़्लोड या करंट की दिशाओं को ज्ञात करने के लिए, दाएँ हाथ के अंगूठे के नियम का उपयोग करें अर्थात् यदि दाहिने हाथ की उंगलियों को कार्य के चारों ओर रखा जाता है तबकि अंगूठे करंट प्रवाह की दिशा में प्रदर्शित करें, तो उंगलियों का फ्लिंग, बायर द्वारा उत्पन्न मैग्नेटिक फ़्लोड की दिशा बताती है।

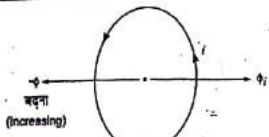
लेन्ज़ नियम को इस प्रकार कहा जा सकता है (Lenz's law can be stated as follows)

(i) यदि किसी क्वाइल को जोड़ने में मैग्नेटिक फ़्लक्स ϕ बढ़ जाता है, तो क्वाइल में करंट की दिशा ऐसी होगी कि वह फ़्लक्स में वृद्धि का विरोध करेगा और इसलिए इंड्यूस करंट नीचे दिखाएँ गयी दिशा में अपने फ़्लक्स को उत्पन्न करेगा (फ्लेमिंग के दाहिने हाथ के अंगूठे का उपयोग करें)

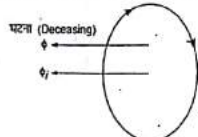
(ii) यदि किसी क्वाइल को जोड़ने वाले मैग्नेटिक फ़्लक्स ϕ कम हो रहे हैं, तो क्वाइल में करंट द्वारा उत्पन्न फ़्लक्स ऐसा होता है, जो मैन फ़्लक्स की सहायता करेगा और इसलिए करंट की दिशा चित्र 1.44 में दी गयी है।



चित्र 1.42



चित्र 1.43



चित्र 1.44

1.10.4. लेन्ज नियम के अनुप्रयोग (Lenz's Law Applications)

लेन्ज के नियम के अनुप्रयोगों में शामिल हैं:

- लेन्ज के नियम का प्रयोग एक इंडक्टर में स्टोर मैग्नेटिक एनर्जी की अवधारणा को समझने के लिए किया जा सकता है। जब EMF सोर्स एक इंडक्टर से कनेक्ट हो, तो इसमें करंट प्रवाहित होने लगती है। वैक EMF इंडक्टर में इस करंट वृद्धि का विरोध करेगा। करंट के प्रवाह को स्थापित करने के लिए, EMF के एक्सटर्नल सोर्स को इस विरोध को दूर करने के लिए कुछ कार्य करना होगा। यह कार्य EMF द्वारा किया जाता है और इस EMF को इंडक्टर में स्टोर किया जाता है और सर्किट से EMF के एक्सटर्नल सोर्स को हटाने के बाद इसे पुनर्प्राप्त किया जाता है।
- यह नियम प्रदर्शित करता है, कि इंड्यूस्ड EMF और फलक्स में परिवर्तन के विपरीत संकेत हैं जो कि फेराडे के इंडक्शन नियम, चिन्ह चुनने की भौतिक व्याख्या प्रदान करते हैं।
- इलेक्ट्रिक जनरेटर के लिए भी लेन्ज का नियम लागू होता है। जब किसी जनरेटर में करंट को इंड्यूस्ड जाता है, तो इस इंड्यूस्ड करंट की दिशा ऐसी होती है कि यह जनरेटर के रोटेशन का विरोध करता है और इसका कारण बनता है (वैसा कि लेन्ज के नियम के अनुसार) और इसलिए जनरेटर को अधिक मैकेनिकल एनर्जी की आवश्यकता होती है। यह इलेक्ट्रिक मोटर्स के केस में भी EMF प्रदान करता है।
- लेन्ज के नियम का उपयोग इलेक्ट्रो मैग्नेटिक ब्रेकिंग और इंडक्शन कुकटॉप्स में भी किया जाता है।

1.11. एक इलेक्ट्रिकल मशीन की प्राथमिक अवधारणा (Elementary Concept of an Electrical Machine)

एक वायर पर विचार करें, जो घड़ी की दिशा में कोणीय वेग ω के साथ रोटेट किया जा रहा है। रेडियन प्रति सेकंड, फ्लक्स घनत्व B टेस्ला के एक समान मैग्नेटिक फील्ड में मैकेनिकल टॉर्क T_m के प्रभाव में चित्र 1.45 में दिखाया गया है। क्वाइल में इंड्यूस्ड EMF के कारण फलक्स में चेंज होता है।

यदि क्वाइल के एंड, एक्सटर्नल रेजिस्टेंस R_L से जुड़े होते हैं। एक करंट चित्र 1.45 में दिखाए गए दिशा में प्रवाहित होगी। इस प्रकार इंड्यूस्ड EMF 'e' और करंट 'i' एक ही दिशा में हैं।

क्वाइल के माध्यम से प्रवाहित होने वाला करंट अपने स्वयं के मैग्नेटिक फील्ड को स्थापित करता है जो एक टॉर्क डेवलप करके मेन मैग्नेटिक फील्ड के साथ इंटरैक्ट (interacts) करता है, जिसे इलेक्ट्रो-मैग्नेटिक टॉर्क कहा जाता है। इस टॉर्क का परिमाण F के समानुपाती होगा।

इलेक्ट्रो-मैग्नेटिक टॉर्क T_e मैग्नेटिक फील्ड में क्वाइल को घुमाने के लिए रेसॉन्सिबल मैकेनिकल टॉर्क T_m के विपरीत दिशा में कार्य करेगा।

यदि कोई एक्सटर्नल रेजिस्टेंस R_L नहीं है, तो क्वाइल के एंड्स से जुड़ा हुआ है, तो कोई भी करंट सर्किट के माध्यम से प्रवाह नहीं करेगा और इसलिए कोई टॉर्क डेवलप नहीं किया जाएगा। T_m का मान, तब धर्षण टॉर्क को एक्जॉस करने में उपयोग किया जाएगा। T_f जब क्वाइल के सर्किट को एक्सटर्नल रेजिस्टेंस के माध्यम से बंद किया जाता है। T_m को क्वाइल द्वारा T_f के विपरीत दिशा में स्थापित किया जाता है। इसलिए, T_f को दूर करने के लिए T_m का मान बढ़ाया जाना चाहिए, साथ ही साथ T_e का। इस प्रकार

$$T_m = T_e + T_f$$

If T_f नगण्य माना जाता है,

$$T_m = T_e$$

क्वाइल के माध्यम से इलेक्ट्रिक करंट का परिमाण

$$i = \frac{e}{R + r}$$

यहां

r = क्वाइल का रजिस्टेंस

R_L = लोड रजिस्टेंस

इस प्रकार,

$$e = iR_L + ir$$

दोनों ओर i से गुणा करने पर

$$ei = i^2 R_L + i^2 r = vi + i^2 r$$

जहां ei = विकसित इलेक्ट्रिक पावर

तथा $i^2 R_L$ = इलेक्ट्रिक लोड में इलेक्ट्रिक पावर का उपयोग,

v = टर्मिनल का वोल्टेज = iR_L

$i^2 r$ = क्वाइल के रजिस्टेंस में पावर लॉस

विकसित इलेक्ट्रिक पावर, $ei = \omega T_e$, जहां T_e मैकेनिकल पावर है।

सम्यक्, $ei = \omega T_e$ इस प्रकार सिद्ध किया जा सकता है—

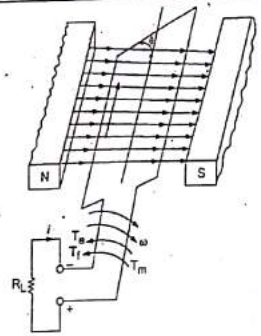
हम लिख सकते हैं,

$$ei = 2 B l v i$$

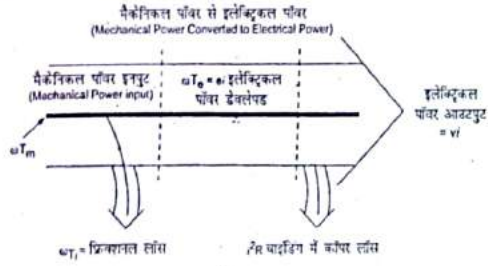
$$ei = 2 B l v = 2 F_e v/r = T_e \omega$$

$$ei = \omega T_e$$

इसलिए, ωT_e मैकेनिकल पावर उपलब्ध है जो कि उत्पन्न पावर के बराबर है या कुल मैकेनिकल इनपुट पावर है। केवल, ωT_m को इलेक्ट्रिक पावर में परिवर्तित किया जाता है और लोड पर उपलब्ध पावर उत्पन्न इलेक्ट्रिक पावर क्वाइल में कॉपर लॉस के अन्तर के बराबर होती है। उपरोक्त व्याख्या जनरेटर के लिए इलेक्ट्रिक कंजर्वेशन के सिद्धांत को स्थापित करती है। जनरेटर का पावर फ्लो डायग्राम चित्र 1.46 में दिया गया है।



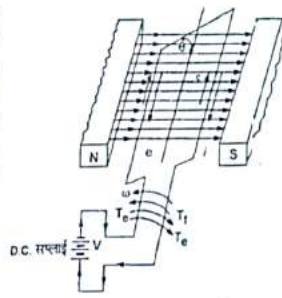
चित्र 1.45



चित्र 1.46

1.12. मोटर ऑपरेशन (Motor Operation)

अब डी. सी. के सोर्स से जुड़े क्वाइल पर विचार करें। सप्लाय और स्टैंड B टेस्टा को एक समान मैग्नेटिक फील्ड में रखा, जैसा कि चित्र 1.47 में दिखाया गया है। इलेक्ट्रो-मैग्नेटिक टॉर्क T क्वाइल में करंट प्रवाह के कारण भेन मैग्नेटिक फील्ड और मैग्नेटिक फील्ड की interaction के कारण डेवलप किया गया है। उत्पन्न इलेक्ट्रो-मैग्नेटिक टॉर्क की दिशा काउंटर क्लॉकवाइज है, जैसा कि फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम से निर्धारित होता है। जब क्वाइल मैग्नेटिक फील्ड में इलेक्ट्रो मैग्नेटिक क्वाइल टॉर्क T_e के प्रभाव में घूमती है, तो क्वाइल मैग्नेटिक फ्लक्स को काट देता है, जिससे इसमें EMF उत्पन्न होता है। इंड्यूस्ड EMF की दिशा एप्लाय वोल्टेज के विपरीत होती है। एप्लाय वोल्टेज को इंड्यूस्ड EMF पर काबू पाने के लिए काफी बड़ा होना चाहिए, जिसे क्वाइल रजिस्टर्स में काउंटर या बैक EMF और वोल्टेज ड्रॉप iR कहा जाता है।



चित्र 1.47

$$v = e + ir$$

उपरोक्त समीकरण में दोनों पक्षों में i को गुणा करने पर

$$vi = ei + i^2r$$

जहाँ vi इनपुट इलेक्ट्रिकल पावर है, ei डेवलप इलेक्ट्रिकल पावर है और i^2r क्वाइल रजिस्टर्स में लॉस पावर है जिसे कॉपर लॉस कहा जाता है।

$$ei = \omega T_e$$

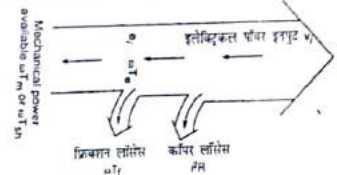
इस प्रकार कुल इलेक्ट्रिकल इनपुट या सप्लाय की गई vi में से केवल ei को मैकेनिकल पावर में परिवर्तित किया जाता है और शेष को हीट के रूप में डिस्चार्ज किया जाता है।

अगर T_m मैकेनिकल विरोध टॉर्क और है T_f घर्षण टॉर्क है।

$$T_e = T_m + T_f$$

$$\omega T_e = \omega T_m + \omega T_f$$

मैकेनिकल पावर (ωT_m) में परिवर्तित इलेक्ट्रिकल पावर लोड को चलाने के लिए शाफ्ट पर उपलब्ध पावर और घर्षण लॉस को दूर करने के लिए आवश्यक पावर के योग के बराबर होता है। कभी-कभी मैकेनिकल टॉर्क T_m को शाफ्ट टॉर्क T_{sh} भी कहा जाता है। चित्र 1.48 में पावर फ्लो डायग्राम दिया गया है।



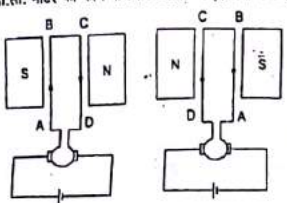
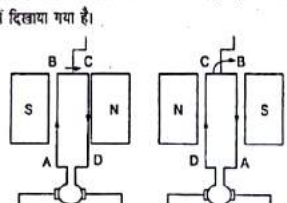
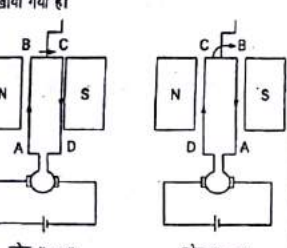
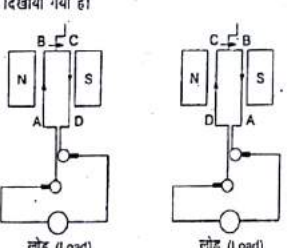
चित्र 1.48 मोटर के लिए पावर फ्लो डायग्राम

1.13. मोटर और जनरेटर के बीच अंतर (Difference between Motor and Generator)

जनरेटर और मोटर के बीच मुख्य अंतर नीचे दिया गया है:

- जनरेटर ऑपरेशन में इंड्यूस्ड EMF 'e' और करंट 'i' एक ही दिशा में हैं जबकि मोटर ऑपरेशन में इंड्यूस्ड EMF और करंट एक दूसरे के विरोध में हैं।
- एक जनरेटर के मामले में, इलेक्ट्रोमैग्नेटिक टॉर्क के डेवलप होने से रोटेशन का विरोध होता है। T_e और ω विपरीत दिशाओं में हैं जबकि एक मोटर में T_e और ω एक ही दिशा में हैं।
- जनरेटर के केस में इलेक्ट्रोमैग्नेटिक टॉर्क T_e डेवलप हुआ। और घर्षण टॉर्क T_f , एक ही दिशा में हैं जबकि एक मोटर में T_e और T_f विपरीत दिशाओं में हैं।

क्र.सं.	मोटर	जनरेटर
1.	यह इलेक्ट्रिकल एनर्जी को मैकेनिकल एनर्जी में बदलता है।	यह मैकेनिकल एनर्जी को इलेक्ट्रिकल एनर्जी में बदलता है।
2.	करंट सप्लाय वॉइडिंग द्वारा दी जाती है।	करंट को उत्पन्न अंदर किया जाता है और आर्मेचर वॉइडिंग को सप्लाय दी जाती है।
3.	दी गई सप्लाय के प्रवाह के आधार पर इसे डी.सी. या ए.सी. मोटर के रूप में वर्गीकृत किया गया है।	इनपुट एक प्राइम मूवर द्वारा दिया जाता है। आउटपुट या तो डी.सी. या ए.सी. होता है। यदि आउटपुट डी.सी. है, तो यह डी.सी. जनरेटर है। यदि यह ए.सी. है, तो यह एक अल्टरनेटर या ए.सी. जनरेटर है।
4.	यह फील्ड के इलेक्ट्रो मैग्नेटिक इंडक्शन और लॉरेंज बल समीकरण के नियम के सिद्धांत पर कार्य करता है।	यह फील्ड के इलेक्ट्रो मैग्नेटिक इंडक्शन के नियम के सिद्धांत पर भी कार्य करता है।
5.	मैग्नेटिक फील्ड के प्रभाव में वॉइडिंग में करंट को बनाए रखने के लिए एक कम्यूटेटर का उपयोग किया जाता है।	एक कम्यूटेटर का उपयोग यूनिटोपेक्सनल टॉर्क के उत्पन्न के लिए किया जाता है।
6.	बुश का उपयोग डी.सी. के केस में सोर्स से पावर सप्लाय करने के लिए किया जाता है।	बुश का उपयोग डी.सी. के केस में कम्यूटेटर से करंट प्राप्त करने के लिए किया जाता है।
7.	ए.सी. के केस में करंट अल्टरनेटिंग को बनाए रखने के लिए स्लिप रिंग का उपयोग किया जाता है।	ए.सी. के केस में करंट अल्टरनेटिंग को बनाए रखने के लिए स्लिप रिंग का उपयोग किया जाता है।

क्र.सं.	मोटर	जनरेटर
8.	डी.सी. मोटर का कार्य नीचे चित्र 1.49 में दिखाया गया है। 	डी.सी. जनरेटिंग मशीन का कार्य नीचे दिए गए चित्र 1.50 में दिखाया गया है। 
	चित्र 1.49	चित्र 1.50
9.	इन्हें दिए गए एक्साइटेशन के आधार पर विभिन्न प्रकारों में वर्गीकृत किया गया है। ये सेपरेटली एक्साइटिड और सेल्फ एक्साइटिड हैं।	एक्साइटेशन के आधार पर इन्हें भी दिए गए विभिन्न प्रकारों में वर्गीकृत किया गया है। ये सेपरेटली एक्साइटिड और सेल्फ एक्साइटिड हैं।
10.	उदाहरण के लिए: कोई भी घरेलू उपकरण जिसके लिए भिन्न-भिन्न ग्राइंडर जैसी मोटर, ट्रिपर और सबमर्सिबल पंप आदि भी शामिल हैं।	उदाहरण के लिए: इलेक्ट्रिक स्टेशनों में और इलेक्ट्रिक को फैलियर आदि के केस में घरेलू और कार्यालय परिसर में भी उपयोग किया जा सकता है।
11.	इस मशीन को दिया गया इनपुट इलेक्ट्रिकल है यानी या तो ए.सी. या डी.सी. और आउटपुट मैकेनिकल है।	इस मशीन को दिया गया इनपुट मैकेनिकल है और आउटपुट इलेक्ट्रिकल है यानी या तो ए.सी. या डी.सी.
12.	बैक ई.एम.एफ. इंड्यूज है।	वोल्टेज उत्पन्न होता है।
13.	$V = E + I_a R_a$	$E = V + I_a R_a$
14.	ए.सी. मशीनों के कार्य का उपयोग दिए गए चित्र 1.51 में दिखाया गया है। 	ए.सी. जनरेटिंग मशीन का कार्य नीचे दिए गए चित्र 1.52 में दिखाया गया है। 
	चित्र 1.51	चित्र 1.52

क्र.सं.	मोटर	जनरेटर
15.	फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम का उपयोग बल दिशा ज्ञात करने के लिए किया जाता है।	फ्लेमिंग के दाहिने हाथ का नियम करंट दिशा ज्ञात करने के लिए किया जाता है।
16.	इस मशीन के शाफ्ट को विकसित मैग्नेटिक बल द्वारा रोटेड किया जाता है।	इस मशीन का शाफ्ट ग्राइन मूलर द्वारा रोटेड किया जाता है।
17.	यह एनर्जी का उपयोग करता है।	यह एनर्जी उत्पन्न करता है।

1.14. मशीनों के सामान्य सिद्धांत (Generalised Theory of Machines)

सामान्यीकृत मशीन सिद्धांत का उद्देश्य मशीन चर (i और θ) के संदर्भ में इलेक्ट्रो मैग्नेटिक टॉर्क के समीकरण को स्थापित करना है। यह सिद्धांत निम्नलिखित में से किसी एक सिद्धांत के आधार पर विकसित किया जा सकता है:

- मैग्नेटिक रूप से कपलड सर्किटों के समतुल्य सर्किट की व्युत्पत्ति को प्रदर्शित करता है।
- साइनसोइडली डिस्ट्रीब्यूटेड वाइंडिंग की अवधारणा।
- एयर गैप मैग्नेटिक मोटिव फोर्स (m.m.f.) को रोटेटिंग करने की अवधारणा।
- वाइंडिंग इंडक्टेस को व्युत्पत्ति, सिंक्रोनस और असिंक्रोनस मशीनें।

सामान्यीकृत सिद्धांत को एक बेसिक या एक आदर्शित दो-पोल मशीन के लिए डेवलप किया गया था, जो एक वास्तविक मशीन से निकटता से संबंधित है। सिंगल सर्किट बनाने वाले प्रत्येक भाग को मूल दो-पोल मशीन में सिंगल वाइंडिंग को प्रदर्शित किया जाता है। इस प्रकार, एक बेसिक दो-पोल मशीन वह है, जिसमें प्रत्येक क्वाइल वास्तविक मशीन के सिंगल सर्किट बनाने वाले वाइंडिंग के प्रत्येक भाग को प्रदर्शित करता है।

सामान्यीकृत मशीन सिद्धांत के विकास में, सिद्धांत के विनिर्देश के लिए कुछ प्वाइंट को अपनाया गया है और उन्हें निरंतर बनाए रखा गया है। तब से कुछ इस प्रकार हैं:

- एक जोड़ी पोल के नीचे करंट और फ्लक्स का डिस्ट्रीब्यूशन, अन्य सभी पोलों के अंतर्गत खुद को दोहराता है।
- सिंगल सर्किट बनाने वाली वास्तविक मशीन के प्रत्येक भाग को सिंगल क्वाइल द्वारा आदर्श या मूल दो-पोल मशीन में दर्शाया गया है। ये सिंगल क्वाइल रोटर और स्टैटर पर त्रिज्या के केवल एक हिस्से पर कब्जा कर लेते हैं, क्वाइल केवल मशीन के एक तरफ दिखाए जाते हैं।
- पोलों के अक्ष को मशीन का प्रत्यक्ष अक्ष (D अक्ष) कहा जाता है। वह अक्ष जो उससे 90° दूर होता है उसे चतुर्भुज अक्ष (Q अक्ष) कहा जाता है।
- किसी क्वाइल में केन्द्र के पास क्वाइल की तरफ करंट की पॉजिटिव डायरेक्शन लोड में होती है।
- रोटर के रोटेशन की पॉजिटिव दिशा को क्लॉकवाइज या एंटी-क्लॉकवाइज के रूप में लिया जाता है और पॉजिटिव रोटेशन के अर्थ में कार्य करते समय टॉर्क को भी पॉजिटिव लिया जाता है।

1.15. बेसिक दो-पोल मशीन (Basic two-pole machine)

दो-पोल मशीन प्रदर्शन में, एक सिंगल सर्किट बनाने वाले वाइंडिंग के प्रत्येक भाग को एक सिंगल वायर द्वारा दर्शाया जाता है। सामान्य तौर पर, किसी भी प्रकार की रोटेड इलेक्ट्रिक मशीनों के लिए बेसिक दो-पोल मशीन आरेखों को जानकर तैयार किया जा सकता है:

- स्टैटर और रोटर विन्यास, स्थिर पोल भद्रस्य को स्थिर रूप में लिया जा रहा है।
- स्टैटर और रोटर दोनों पर वाइंडिंग व्यवस्था।
- रोटर द्रुम की स्थिति।

अभ्यास

1. रोटेटेड इलेक्ट्रिक मशीनों में दो मैग्नेटिक फील्डों के संरेखण पर उत्पन्न टॉर्क सिद्धांत पर चर्चा करें और डी.सी. मोटर्स में इन मैग्नेटिक फील्डों की पहचान करें।
2. मोटर और जनरेटर के बीच अंतर स्पष्ट करें।
3. जनरेटर और मोटर की परिभाषा लिखें।
4. इलेक्ट्रो मैग्नेटिक इंडक्शन के नियम लिखिए।
5. फ्लेमिंग के बाएं हाथ और दाहिने हाथ के नियमों की व्याख्या करें।
6. इलेक्ट्रिक मशीन की इलेक्ट्रिक अवधारणाओं की व्याख्या करें।
7. इलेक्ट्रिक मशीन के सामान्यीकृत सिद्धांत की व्याख्या करें।
8. रोटेटेड मशीनों की बेसिक संरचनाओं का वर्णन करें।
9. बताइए कि रोटेटे करने वाली इलेक्ट्रिक मशीन और टॉर्क कोण में टॉर्क कैसे उत्पन्न होता है।



डी०सी० मशीनें (D.C. MACHINES)

Inside this Chapter

2.1 Main constructional features, Types of armature winding; 2.2 Function of the commutator for motoring and generation action; 2.3 Factors determining induced emf; 2.4 Factors determining the electromagnetic torque; 2.5 Various types of DC generators; 2.6 Significance of back e.m.f., the relation between back emf and Terminal voltage; 2.7 Armature Reaction; 2.8 Methods to improve commutation; 2.9 Performance and characteristics of different types of DC motors; 2.10 Speed control of dc shunt/series motors; 2.11 Need of starter, three point dc shunt motor starter and 4 point starter; 2.12 Electric Braking; 2.13 Applications of DC motors; 2.14 Faults in dc machines and their retrospective; 2.15 Losses in a DC machine; 2.16 Determination of losses by Swinburne's test; 2.17 Rating and Specifications of DC machines

2.1 परिचय (Introduction)

एक डी०सी० मशीन एक इलेक्ट्रो-मैकेनिकल एनर्जी कंजर्वेशन उपकरण है। डी०सी० मशीन दो प्रकार की होती हैं—

- डी०सी० जनरेटर
- डी०सी० मोटर

एक डी०सी० जनरेटर मैकेनिकल पावर (ωT) को डी०सी० इलेक्ट्रिकल पावर (EI) में परिवर्तित करता है, जबकि एक डी०सी० मोटर, डी०सी० इलेक्ट्रिकल पावर को मैकेनिकल पावर में परिवर्तित करती है। ए.सी. मोटर को औद्योगिक रूप से इलेक्ट्रिकल पावर को मैकेनिकल पावर में बदलने के लिए उद्योग में प्रयोग कि जाती है, लेकिन उन स्थानों पर जहां इलेक्ट्रिक ट्रेक्शन सिस्टम में डी०सी० मोटर का उपयोग किया जाता है, वहां जरूरत स्पीड और अच्छे स्पीड रेगुलेशन की आवश्यकता होती है।

डी०सी० मोटर और जनरेटर का निर्माण लगभग एक जैसा है। जनरेटर को बहुत सुरक्षित विधि से कार्यरत किया जाता है। इसलिए इसका निर्माण ओपन टाइप होता है। लेकिन मोटर उस स्थान पर प्रयोग की जाती है जहां धूल और नमी ना हो और आपकी आवश्यकता के अनुसार इसे एंक्लोजर (उदाहरण—डस्ट प्रूफ और फायर प्रूफ) बनाया जाता है।

यद्यपि बैटरी डी०सी० इलेक्ट्रिकल पावर का एक महत्वपूर्ण स्रोत है, यह केवल किसी भी मशीन को सीमित पावर की सप्लाई कर सकती है। कुछ अनुप्रयोग ऐसे हैं जहां बड़ी मात्रा में डी०सी० पावर की आवश्यकता होती है, (जैसे कि इलेक्ट्रोप्लेटिंग, इलेक्ट्रोलिसिस, आदि।) इसलिए, ऐसी जगहों पर, डी०सी० पावर पहुंचाने के लिए जनरेटर का उपयोग किया जाता है।

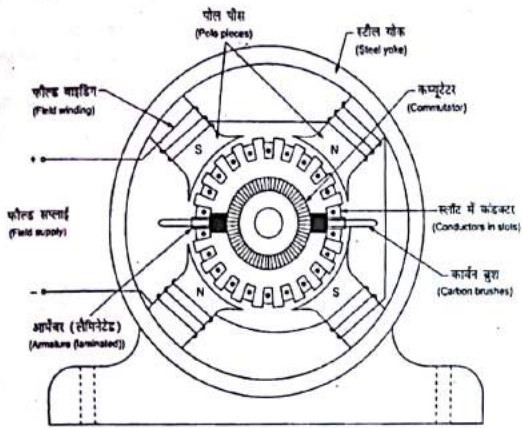
2.2 एक डी०सी० जनरेटर का निर्माण (Construction of a D.C. Generator)

एक डी०सी० मशीन के मुख्य भाग निम्नलिखित हैं—

- | | |
|---|------------------------------------|
| (i) डी०सी० जनरेटर का मैग्नेटिक फील्ड सिस्टम | (ii) मैग्नेटिक फ्रेम और योक |
| (iii) पोल कोर और पोल शूज | (iv) फील्ड या एक्ससाइटिंग क्वाइल्स |
| (v) डी०सी० जनरेटर की आर्मेचर | (vi) आर्मेचर कोर |
| (vii) आर्मेचर वाइंडिंग्स | (viii) डी०सी० जनरेटर में कम्यूटेटर |

- (ix) बुना
(xi) बिपरीत

- (x) एंड हाउसिंग
(xii) शॉफ्ट



चित्र 2.1 डी०सी० मशीन

2.2.1. डी०सी० जनरेटर के मैग्नेटिक फील्ड सिस्टम (Magnetic Field System of D.C. Generator)

मैग्नेटिक फील्ड सिस्टम मशीन का स्विच या विनिर्वात हिस्सा होता है। यह मुख्य मैग्नेटिक फ्लक्स उत्पन्न करता है। मैग्नेटिक फील्ड सिस्टम में मैग्नेटिक योक, पोल कोर और पोल शूज और फोल्ड या एक्साइटिंग क्वाइल होते हैं। डी०सी० जनरेटर के इन विभिन्न भागों को नीचे विस्तार से वर्णित किया गया है।

2.2.2. मैग्नेटिक फ्रेम और योक (Magnetic Frame and Yoke)

बाहरी छोखला बेलनाकार फ्रेम जिसे मुख्य पोल और इंटरपोल फिक्स किया जाता है और जिस मशीन से फाउंडेशन को फिक्स किया जाता है, उसे योक के रूप में जाना जाता है। यह बड़ी मशीनों के लिए कास्ट स्टील या रोलड स्टील से बना होता है और छोटे आकार की मशीन के लिए आमतौर पर कास्ट आयरन से बनाया जाता है।

योक के दो मुख्य उद्देश्य इस प्रकार हैं—

- यह पोल कोर को सपोर्ट और मशीनों के भीतरी भागों को मैकेनिकल सुरक्षा प्रदान करता है।
- यह मैग्नेटिक फ्लक्स के लिए कम रिलक्टेंस पथ प्रदान करता है।

2.2.3. पोल कोर और पोल शू (Pole Core and Pole Shoes)

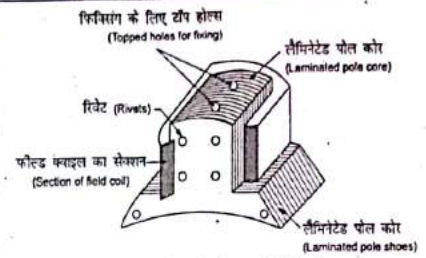
पोल कोर और पोल शू को मैग्नेटिक फ्रेम से फिक्स किया जाता है या बोल्ट द्वारा फिक्स किया जाता है। इस प्रकार जो पोल अंदर होते हैं उन्हें सेलेंट पोल कहते हैं। प्रत्येक पोल कोर में एक कर्ब सतह होता है। आमतौर पर, पोल कोर और शू पतले

कास्ट स्टील या रफ आयरन लैमिनेशन से बने होते हैं जो हाइड्रोलिक दबाव में एक साथ रिवेट होते हैं। ऐंड्री कर्बेंट लॉस को कम करने के लिए पोलों को लैमिनेटेड किया जाता है।

पोल कोर और पोल शू को चित्र में दिखाया गया है।

पोल कोर नीचे दिए गए निम्नलिखित उद्देश्यों को पूरा करता है।

- यह फोल्ड या एक्साइटिंग क्वाइल को सपोर्ट करता है।
- वे आर्मेचर परिधि पर मैग्नेटिक फ्लक्स को समान रूप से फैलाते हैं।
- यह मैग्नेटिक सर्किट के ब्रांस-सेक्शनल क्षेत्रफल को बढ़ाता है, परिणामस्वरूप, मैग्नेटिक पथ की रिलक्टेंस कम हो जाती है।

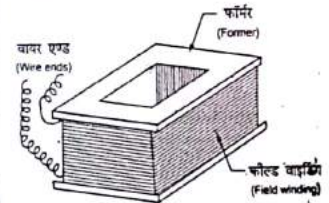


चित्र 2.2 पोल कोर और पोल शू लैमिनेटेड पोल शू

2.2.4. फोल्ड या एक्साइटिंग क्वाइल (Field or Exciting Coils)

प्रत्येक पोल कोर में एक या एक से अधिक फोल्ड क्वाइल (वाइंडिंग्स) होते हैं जो मैग्नेटिक फोल्ड उत्पन्न करने के लिए उस पर रखे जाते हैं। एनामेलड कॉपर के बसर का उपयोग फोल्ड या एक्साइटिंग क्वाइल के निर्माण के लिए किया जाता है। क्वाइल फॉर्मर पर बाउंड है और जिसे पोल कोर के चारों ओर रखा गया है।

जब डाइरेक्ट करंट 'फोल्ड वाइंडिंग से गुजरती है, तो यह पोलों को मैग्नेटाइज करती है, जो कि फ्लक्स को उत्पन्न करती है। सभी पोलों के फोल्ड क्वाइल, सीरीज में इस तरह से जुड़े होते हैं कि जब उनके माध्यम से करंट प्रवाहित होती है, तो निकटवर्ती पोल विपरीत पोलारिटी प्राप्त करते हैं।



चित्र 2.3

2.2.5. डी०सी० जनरेटर का आर्मेचर (Armature of D.C. Generator)

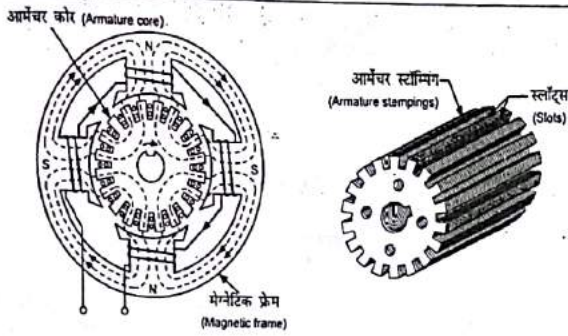
D.C. मशीन या D.C. जनरेटर के घूमने वाले भाग को आर्मेचर कहा जाता है। आर्मेचर में एक शॉफ्ट होती है, जिस पर लैमिनेटेड सिलिण्डर होता है, जिसे आर्मेचर कोर कहते हैं।

2.2.6. आर्मेचर कोर (Armature Core)

डी०सी० जनरेटर का आर्मेचर कोर आकार में बेलनाकार है और रोटेटिंग शॉफ्ट के लिए महत्वपूर्ण होता है। आर्मेचर की बाहरी परिधि में खाँचे या स्लॉट होते हैं जो आर्मेचर वाइंडिंग को समायोजित करते हैं जैसा कि चित्र 2.3 में दिखाया गया है।

डी०सी० जनरेटर या मशीन का आर्मेचर कोर निम्नलिखित उद्देश्यों को पूरा करता है।

- यह स्लॉट्स में कंडक्टरों को रखता है।
- यह मैग्नेटिक फ्लक्स के लिए एक आसान मार्ग प्रदान करता है।



चित्र 2.4

चूंकि आर्मेचर डी०सी० जेनरेटर या मशीन का एक घूमने वाला हिस्सा होता है, इसलिए फ्लक्स का रिवर्सल, कोर में होता है, इसलिए हिस्टेरिसिस लॉस जनरेट होता है। हिस्टेरिसिस लॉस को कम करने के लिए कोर के निर्माण के लिए स्लिक्कोन स्टील सामग्री का उपयोग किया जाता है।

रोटेटिंग आर्मेचर मैग्नेटिक फोल्ड को काट देता है, जिसके कारण इसमें एक EMF इंड्यूज होता है। यह EMF ऐंड्री कोट को संकुंचित करता है जिसके परिणामस्वरूप ऐंड्री कोट लॉस होते हैं। इस प्रकार लॉस को कम करने के लिए आर्मेचर कोर को लगभग 0.3 से 0.5 मिमी की मोटाई के स्टैम्पिंग के साथ लेमिनेटेड किया जाता है। वॉर्निश को कोटिंग द्वारा प्रत्येक लेमिनेशन एक दूसरे से इंसुलेटेड करते हैं।

2.2.7. आर्मेचर वाइंडिंग (Armature Winding)

इंसुलेटेड कंडक्टर आर्मेचर कोर के स्टैट में रखे गए हैं। कंडक्टर वेज, और कोर के चारों ओर स्टील वायर वाउण्ड के बंड होते हैं, और उपयुक्त रूप से जुड़े होते हैं। कंडक्टरों की इस व्यवस्था को आर्मेचर वाइंडिंग कहा जाता है। आर्मेचर वाइंडिंग डी०सी० मशीन का दिल होता है।

आर्मेचर वाइंडिंग एक पावर को दूसरी पावर में कन्वर्ट करती है। (ए०सी० से डी०सी० या डी०सी० से ए०सी०) डी०सी० जेनरेटर में, मैकेनिकल पावर को इलेक्ट्रिकल पावर में परिवर्तित किया जाता है। कनेक्शन के आधार पर वाइंडिंग को दो प्रकारों में वर्गीकृत किया जाता है—

- लैप वाइंडिंग (Lap Winding)
- वेव वाइंडिंग (Wave Winding)

(a) लैप वाइंडिंग (Lap Winding)

लैप वाइंडिंग में, कंडक्टर इस तरह से जुड़े हुए हैं कि समानांतर पथ की संख्या पोलों की संख्या के बराबर होती है। इस प्रकार, यदि किसी मशीन में P पोल और Z आर्मेचर कंडक्टर हैं, तो P समानांतर पथ होंगे, प्रत्येक पथ में सीरीज में Z/P कंडक्टर जुड़े होंगे।

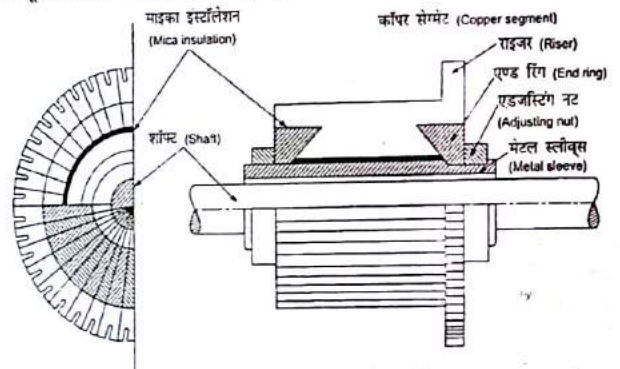
लैप वाइंडिंग में, ब्रश की संख्या समानांतर पथों की संख्या के बराबर होती है। जिसमें से आधे ब्रश पॉजिटिव हैं और शेष आधे नेगेटिव हैं।

(b) वेव वाइंडिंग (Wave Winding)

वेव वाइंडिंग में, कंडक्टर इतने जुड़े होते हैं कि उन्हें मशीन के पोलों की संख्या के बावजूद दो समानांतर पथ में बिभाजित किया जाता है। इस प्रकार, यदि मशीन में Z आर्मेचर कंडक्टर हैं, तो सीरीज में $Z/2$ कंडक्टर वाले प्रत्येक 2 समानांतर पथ होंगे। इस केस में ब्रश की संख्या, समानांतर पथों की संख्या अर्थात् 2 के बराबर है।

2.2.8. डी०सी० जेनरेटर में कम्यूटेटर (Commutator in D.C. Generator)

कम्यूटेटर, जो आर्मेचर के साथ घूमता है, आकार में बेलनाकार होता है और इसे कई आकार के हार्ड ड्रॉन कॉपर बार या सेगमेंट में एक दूसरे से और शाफ्ट से इंसुलेटेड बनाया जाता है। सेगमेंट आर्मेचर के शाफ्ट के चारों ओर एक रिंग बनाते हैं। प्रत्येक कम्यूटेटर आर्मेचर क्वाइल के सिरो से जुड़ा हुआ है।



चित्र 2.5

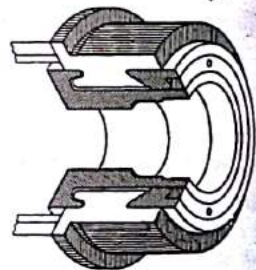
यह एक डी०सी० मशीन का सबसे महत्वपूर्ण हिस्सा है और निम्नलिखित उद्देश्यों को पूरा करता है।

- यह रोटेटिंग वाले आर्मेचर कंडक्टरों को ब्रश के माध्यम से स्थिर एक्सटर्नल सर्किट से जोड़ता है।
- यह आर्मेचर जेनरेटर में इंड्यूज्ड अल्टरनेटिंग कोरंट को डी०सी० जेनरेटर एक्शन में एक्सटर्नल लोड सर्किट में यूनिडायरेक्शनल कोरंट में परिवर्तित करता है, जबकि यह अल्टरनेटिंग टॉर्क को मोटर एक्शन में आर्मेचर में उत्पन्न यूनिडायरेक्शनल (कॉन्स्टेंट) टॉर्क में परिवर्तित करता है।

2.2.9. ब्रश (Brushes)

कार्बन ब्रश कम्यूटेटर पर माउंट किए जाते हैं और दो या दो से अधिक कार्बन ब्रश कोरंट की मदद से आर्मेचर वाइंडिंग को कलेक्ट किया जाता है। प्रत्येक ब्रश को धातु के बक्से में सपोर्ट किया जाता है जिसे ब्रश बॉक्स या ब्रश होल्डर कहा जाता है। ब्रश कम्यूटेटर पर प्रेस किये जाते हैं और आर्मेचर वाइंडिंग और बाहरी सर्किट के बीच कनेक्टिंग लिंक बनाते हैं।

चित्र 2.6



कम्प्यूटर पर बुझा द्वारा लगाए गए प्रेसर को समायोजित किया जा सकता है और सिंग्स के माध्यम से कॉस्टेंट वोल्ट पर बनाए रखा जाता है। बुझा को मदद से जो क्रेट वाइंडिंग पर उत्पन्न होता है, उसे कम्प्यूटर और फिर बाहरी सर्किट में पास किया जाता है।

वे आमतौर पर उच्च ग्रेड के कार्बन से बने होते हैं क्योंकि कार्बन एक कंडक्टर पदार्थ होता है और पाउडर के रूप में एक ही समय में कम्प्यूटर सतह पर एक लुब्रिकेटिंग इफेक्ट प्रदान करता है।

2.2.10. एंड हाउसिंग (End Housings)

एंड हाउसिंग मेनफ्रेम के सिरो से जुड़ी हुई है, और बियरिंगों को सहायता प्रदान करती हैं। फ्रंट हाउसिंग बियरिंग का समर्थन करते हैं और बुझा असेंबली, जहां रियर हाउसिंग आमतौर पर केबल बियरिंग का समर्थन करते हैं।

2.2.11. बियरिंग्स (Bearings)

बॉल या रोलर बियरिंग को अंतिम एंड में फिट किया जाता है। बियरिंग का कार्य मशीन के रोटेटिंग और फिक्स भागों के बीच घर्षण को कम करना है। अधिकतर उच्च कार्बन स्टील का उपयोग बियरिंग के निर्माण के लिए किया जाता है क्योंकि यह बहुत हार्ड मटेरियल होता है।

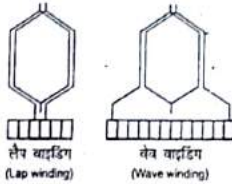
2.2.12. शाफ्ट (Shaft)

शाफ्ट अधिकतम टूटने की पावर के साथ हल्के स्टील से बनी होती है। शाफ्ट का उपयोग मैकेनिकल पावर को मशीन से या उसके पास ट्रांसफर करने के लिए किया जाता है। रोटेटिंग भागों जैसे आर्मेचर कोर, कम्प्यूटर, कूलिंग फैन, आदि को शाफ्ट में रखा जाता है।

2.3. डी०सी० जनरेटर में आर्मेचर वाइंडिंग के प्रकार (Types Of Armature Winding In D.C. Generator)

हमने देखा है कि आर्मेचर कंडक्टरों की संख्या है, जो आवश्यकताओं के अनुसार विभिन्न विधि से जुड़े हुए हैं, जिन्हें आर्मेचर वाइंडिंग कहा जाता है। कंडक्टरों को जोड़ने की विधि के अनुसार, आर्मेचर वाइंडिंग में मूल रूप से दो प्रकार होते हैं,

- लैप वाइंडिंग
- वेव वाइंडिंग



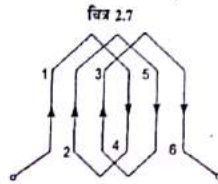
चित्र 2.7

2.3.1. लैप वाइंडिंग (Lap Winding)

इस विधि में, यदि कनेक्शन को स्टार्ट 1 में कंडक्टर से स्टार्ट किया जाता है, तो कनेक्शन एक-दूसरे को वाइंडिंग के रूप में ओवरलैप करते हैं, जब तक कि स्टार्टिंग प्वाइंट फिर से स्टार्ट नहीं हो जाता है।

चित्र 2.8 में लैप फैशन आर्मेचर वाइंडिंग पार्ट का डेवलप व्यू दिखाया गया है।

जैसा कि चित्र 2.8 से देखा जाता है, आगे बढ़ने के दौरान क्वाइल को ओवरलैपिंग होती है।



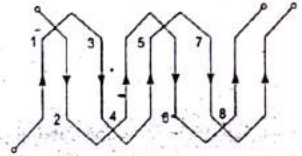
चित्र 2.8 लैप वाइंडिंग

नोट: इस तरह के कनेक्शन के कारण, कंडक्टर की कुल संख्या समानांतर पथों की संख्या में विभाजित हो जाती है, जहां $P =$ मशीन के पोल की संख्या।

बड़ी संख्या में समानांतर पथ उच्च क्रेट क्षमता वाली मशीन का संकेत देते हैं इसलिए लैप वाइंडिंग को उच्च क्रेट रेडिंग जनरेटर के लिए पसंद किया जाता है।

2.3.2. वेव वाइंडिंग (Wave Winding)

इस प्रकार के कनेक्शन में, ओवरलैपिंग से बचने के लिए वाइंडिंग हमेशा आगे टूटल करती है। यह एक प्रोग्रेसिव वेव की तरह टूटल करती है इसलिए इसे वेव वाइंडिंग कहा जाता है। वेव फैशन में आर्मेचर वाइंडिंग के एक पार्ट को वेव वाइंडिंग के लिए चित्र 2.9 में दिखाया गया है।



चित्र 2.9

स्टार्ट 1 और स्टार्ट 2 से स्टार्ट होने वाले दोनों क्वाइल वेव फैशन में प्रोग्रेसिव कर रहे हैं।

नोट: इस प्रकार के कनेक्शन के कारण, कंडक्टर की कुल संख्या 2 समानांतर पथों में हमेशा विभाजित हो जाती है। समानांतर पथों की संख्या कम होने के कारण, यह कम क्रेट, उच्च वोल्टेज क्षमता वाले जनरेटरों के लिए बेहतर है।

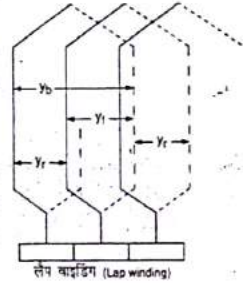
समानांतर पथ की संख्या जिसमें आर्मेचर कंडक्टर को लैप की बजाय वेव से विभाजित किया जाता है या कनेक्शन के वेव फैशन को A के रूप में निरूपित किया जाता है। लैप कनेक्शन के लिए $A = P$ और वेव कनेक्शन के लिए $A = 2$ ।

2.3.3. लैप और वेव टाइप वाइंडिंग की तुलना (Comparison of Lap and Wave Type Winding)

मूल रूप से डी०सी० मशीन को आर्मेचर वाइंडिंग दो विधियों में से एक है, लैप वाइंडिंग या वेव वाइंडिंग। इन दोनों के बीच अंतर केवल कंडक्टर के एंड कनेक्शन और कम्प्यूटर कनेक्शन के कारण है। आर्मेचर वाइंडिंग कैसे की जाती है, यह जानने के लिए निम्नलिखित शब्दावली जानना आवश्यक है—

(i) पोल पिच (Pole Pitch):

इसे प्रति पोल आर्मेचर स्टार्ट की संख्या के रूप में परिभाषित किया गया है। उदाहरण के लिए, यदि 36 कंडक्टर और 4 पोल हैं, तो पोल पिच $36/4 = 9$ है।



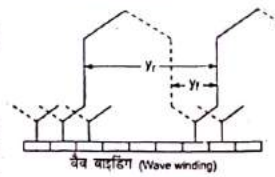
लैप वाइंडिंग (Lap winding)

(ii) क्वाइल स्पैन या क्वाइल पिच (Coil Span or Coil Pitch) (Yc):

यह आर्मेचर स्टार्ट के संदर्भ में मापी जाने वाली क्वाइल के दो किनारों के बीच की दूरी है।

(iii) फ्रंट पिच (Front Pitch) (Yf):

यह दूरी है, जो आर्मेचर कंडक्टरों के संदर्भ में, एक क्वाइल के दूसरे कंडक्टर और अगले क्वाइल के पहले कंडक्टर के बीच की दूरी है, या यह दो क्वाइल साइडों के बीच की दूरी है जो एक ही कम्प्यूटर सेगमेंट से जुड़े हैं।



वेव वाइंडिंग (Wave winding)

चित्र 2.10

(iv) बैक पिच (Back Pitch) (Yb):

वह दूरी, जिसमें द्वारा आर्मेचर के पीछे एक क्वाइल आगे बढ़ायी जाती है, उसे क्वाइल को बैक पिच कहा जाता है। आर्मेचर कंडक्टर के संदर्भ में मापा जाता है।

(v) परिणामी पिच (Resultant Pitch) (Yr):

वह दूरी, जिसमें आर्मेचर कंडक्टर के संदर्भ में, एक क्वाइल को शुरुआत और अगले क्वाइल को शुरुआत के बीच क्वाइल को परिणामी पिच कहा जाता है।

आर्मेचर वाइंडिंग सिंगल लेयर या डबल लेयर में कार्य कर सकती है। यह सिंगल लेयर, डुप्लेक्स या मल्टीप्लेक्स हो सकती है और यह मल्टीप्लेक्स समानांतर पथ की संख्या को बढ़ाती है।

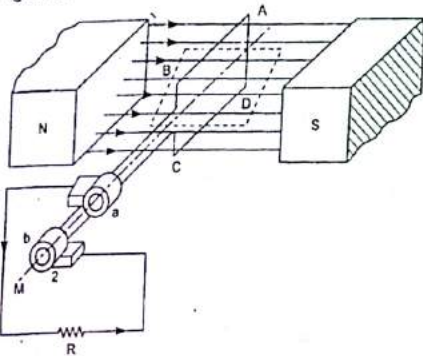
2.4. एक जनरेटर का कार्य सिद्धांत (Working Principle of a Generator)

जनरेटर इलेक्ट्रो-मैग्नेटिक इंडक्शन सिद्धांत पर कार्य करता है। अर्थात् जब भी किसी कंडक्टर द्वारा फ्लक्स को काटा जाता है, तो एक EMF इंड्यूस हो जाता है जो कंडक्टर सर्किट बंद होने पर एक फ्लक्स का कारण होगा। इस प्रकार, इलेक्ट्रिक जनरेटर के आवश्यक भाग निम्नलिखित हैं—

- एक मैग्नेटिक फील्ड
- कंडक्टर
- फील्ड के सापेक्ष कंडक्टर की गति

2.4.1. सरल लूप जनरेटर (Simple Loop Generator)

एक सिंगल टर्न आयताकार कॉपर का वायर ABCD पर विचार करें जो एक समान मैग्नेटिक फील्ड में अपने स्वयं के अक्ष में घुमाया जाता है, जो मैग्नेट या इलेक्ट्रो-मैग्नेट द्वारा प्रदान किया गया। क्वाइल के दो किनारे क्रमशः दो स्लिप रिंग, a और b से जुड़े होते हैं जो एक दूसरे से और शाफ्ट से भी इंसुलेटेड रहते हैं। दो ब्रश B_1 और B_2 स्लिप रिंग पर रखे गये। इन ब्रश का कार्य क्वाइल से इंड्यूस्ड करंट को कलेक्ट करना है और इसे एक्सटर्नल लोड रजिस्टर या सर्किट तक पहुंचाना है।



चित्र 2.11

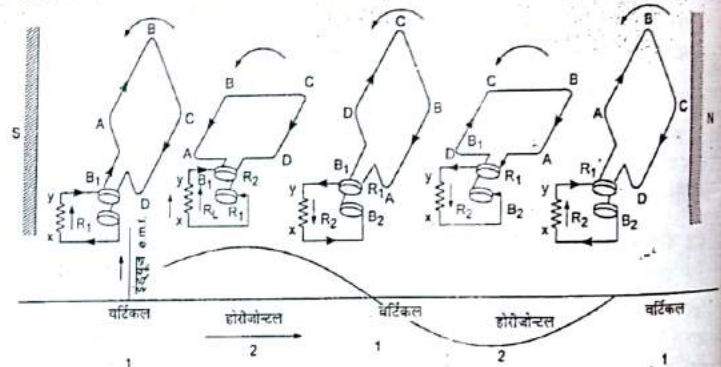
चित्र 2.11 एंडो-क्वाइलिंग दिशा में घूमते हुए एक क्वाइल को दर्शाता है। जब क्वाइल, मैग्नेटिक फील्ड में घूमता है, तो क्वाइल को जोड़ने वाला फ्लक्स बदल जाता है और एक EMF क्वाइल में इंड्यूस किया गया है।

$$e = -N \frac{d\phi}{dt}$$

अर्थात्

जब क्वाइल को फ्लेन बल लाइनों के समकोण पर होता है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है तो क्वाइल के साथ जोड़ने वाली फ्लक्स अधिकतम होती है, लेकिन फ्लक्स लिंक के परिवर्तन की दर न्यूनतम होती है, क्योंकि इस इंस्टेंट पर, क्वाइल साइड AB और CD द्वारा कोई भी फ्लक्स नहीं काटा जाता है जो कि उनके समानांतर आगे बढ़ रहे हैं। इसलिए, कोई EMF क्वाइल में इंड्यूस नहीं होता है। आइए हम इस स्थिति या क्वाइल को ऊर्ध्वाधर स्थिति को एक प्रारंभिक स्थिति मान लें और इस स्थिति से रोटेशन के कोण को मापा जाए।

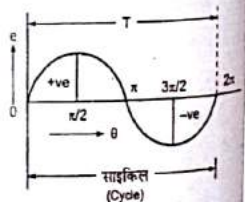
जैसा कि क्वाइल चलती रहती है, फ्लक्स लिंक के परिवर्तन की दर और इसलिए, इसमें इंड्यूस्ड EMF अगली स्थिति तक पहुंचने तक बढ़ जाता है जब तक कि अगली स्थिति $\theta = 90^\circ$ तक न पहुंच जाए। अब, क्वाइल का तल क्षैतिज है अर्थात् बल की रेखाओं के समानांतर। इस स्थिति में, क्वाइल से जुड़ा फ्लक्स न्यूनतम होता है लेकिन फ्लक्स लिंक के परिवर्तन की दर अधिकतम होती है। इसलिए, अधिकतम EMF क्वाइल में इंड्यूस होता है चित्र 2.12 (2) देखें।



चित्र 2.12

लूप (क्वाइल) की रिवॉल्यूशन की अगली क्वार्टर के यानी 90° से 180° तक, क्वाइल को प्रवाहित करने वाला फ्लक्स धीरे-धीरे EMF को बढ़ाता है, धीरे-धीरे कम हो जाता है और तुरंत शून्य हो जाता है, क्वाइल साइड फोल्ड मैग्नेट के पोल के समानांतर हो जाते हैं, लेकिन उनके साइडों के साथ AB और CD की स्थिति अंतर-शून्य स्थिति के संबंध में बदल जाती है।

क्वाइल के रिवॉल्यूशन के तीसरे क्वार्टर में, 180° से 270° के बीच जिस दर पर मैग्नेटिक फील्ड में कंडक्टर से काटे जाते हैं, इसलिए उन्हें c.m.f धीरे-धीरे बढ़ता है और तत्काल में अधिकतम हो जाता है, क्वाइल इस स्थिति को लेता है चित्र 2.12(4) में दिखाया गया है।



चित्र 2.13

हालांकि, इंड्यूल EMF की दिशा, क्वाइल अब A से B यानी C से D के विपरीत दिशा में है, क्योंकि कंडक्टर जो एक दिशा में फ्लक्स को काट रहा था, अब इसे दूसरे में काट रहा है। दूसरे शब्दों में, कंडक्टर जो एक N-पोल के प्रभाव में था, अब S-पोल और इसके विपरीत के प्रभाव में है।

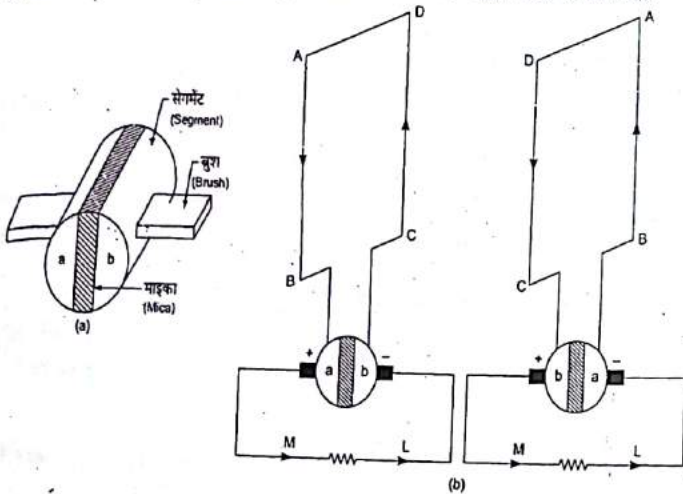
क्वाइल की रेवोल्यूशन के चौथे क्वार्टर में अर्थात् 270° से 360° के बीच, इंड्यूल EMF घटता है, जैसे क्वाइल चलती है और शून्य हो जाती है जब क्वाइल एक चक्र पूरा करता है अर्थात् 360° प्रारंभिक स्थिति से, क्वाइल अपनी मूल स्थिति में आ जाता है। यह चक्र फिर आगे की प्रत्येक रेवोल्यूशन को दोहराता है। इसलिए, EMF क्वाइल में उत्पन्न चित्र 2.11(4) में दिखाया गया है।

यह स्पष्ट है कि EMF क्वाइल में इंड्यूल प्रकृति में पल्सेटिंग है। ऐसा EMF को अल्टरनेटिंग EMF कहते हैं।

2.4.2. एक सरल डी०सी० जनरेटर (A Simple DC Generator)

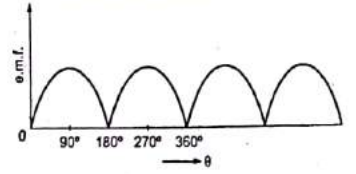
यूनिटायरेक्सनल करंट प्राप्त करने के लिए, क्वाइल के सिरे स्लिप रिंग्स के बजाय एक स्विट से जुड़े होते हैं। स्विट रिंग (कम्यूटेटर) का कार्य फ्लक्स ब्रश के माध्यम से रोटेटिंग क्वाइल के कनेक्शन को रिवर्स करना और EMF को एक दिशा में कलेक्ट करना है। इस प्रकार, एक्सटर्नल सर्किट में परिणामी करंट यूनिटायरेक्सनल हो जाती है।

स्विट रिंग एक कंडक्टिंग सिलेंडर से बने होते हैं, जो माइका की पतली शीट द्वारा एक दूसरे से इंजुलेटेड सेगमेंटों के दो हिस्सों में कट जाता है। सेगमेंट क्वाइल के एण्ड से जुड़े होते हैं और इसके साथ घूमते हैं। फिक्स्ड ब्रश के द्वारा एक्सटर्नल लोड के माध्यम से सर्किट पूरा किया जाता है। जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। स्विट रिंग चित्र 2.14(a) में अलग से दिखाई गई है। इस चित्र 2.14(b) में देखा गया है कि फर्स्ट हाफ रिवॉल्यूशन में, ABMLCDA के साथ करंट प्रवाहित होती है अर्थात् ब्रश M सेगमेंट के संपर्क में "a" + ब्रश के रूप में कार्य करता है, अर्थात् सप्लाय का पॉजिटिव एंड और L सेगमेंट के साथ "b" ब्रश एक -ve ब्रश के रूप में कार्य करता है अर्थात्, सप्लाय का नेगेटिव एंड।



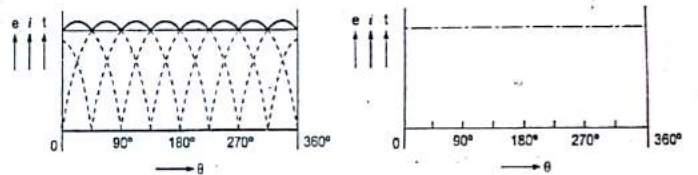
चित्र 2.14

अगले हाफ रिवॉल्यूशन में, क्वाइल में इंड्यूल करंट की दिशा रिवर्स हो जाती है, लेकिन साथ ही साथ सेगमेंट "a" और "b" की स्थिति भी रिवर्स हो जाती है, जिसके परिणामस्वरूप +ve सेगमेंट "b" और -ve सेगमेंट "a" क्रमशः M और L ब्रश के संपर्क में आते हैं। एक्सटर्नल रेजिस्टेंस के माध्यम से ऑउटपुट करंट का वेव चित्र 2.15 में दिखाया गया है।



चित्र 2.15

इस प्रकार, एक्सटर्नल लोड सर्किट में करंट की दिशा समान (यूनिटायरेक्सनल) है। ब्रशों की स्थिति को सेगमेंट के एक से दूसरे सेगमेंट में तबदील करने की व्यवस्था की जाती है जब क्वाइल का प्लेन बल की रेखाओं के प्लेन पर समकोण पर होता है क्योंकि इस स्थिति में इंड्यूल EMF या करंट शून्य है। इस प्रकार, यह देखा गया है कि EMF या d.c के क्वाइल (आर्मेचर) में करंट इंड्यूल होता है। जनरेटर पहले की तरह अल्टरनेटिंग होता है, लेकिन स्विट रिंग या कम्यूटेटर की मदद से रेक्टिफाई किया जाता है। एक वास्तविक मशीन में, कई क्वाइल कम्यूटेटर के सेगमेंटों को संख्या से जुड़े होते हैं और इसलिए EMF या बाहरी लोड को क्वाइल द्वारा दिया गया करंट चित्र 2.16 में दिखाया गया है। एक्सटर्नल सर्किट में करंट का वास्तविक प्रवाह डार्क लाइन द्वारा दिखाया गया है। इस प्रकार, जनरेटर के केस में कम्यूटेटर का कार्य एक्सटर्नल आर्मेचर सर्किट में उत्पन्न अल्टरनेटिंग करंट को डायरेक्ट करंट में बदलना है।



चित्र 2.16

2.5. डी०सी० मोटर का कार्य सिद्धांत (Working Principle of a DC Motor)

वह सिद्धांत है, जिस पर एक डी०सी० मोटर कार्य करती है। यदि एक करंट केरिंग कंडक्टर को मैग्नेटिक फोल्ड में रखा जाता है, तो कंडक्टर पर मैकेनिकल बल का अनुभव होता है, जिसकी दिशा फ्लेमिंग के बाएं हाथ के नियम (जिसे मोटर नियम भी कहा जाता है) द्वारा दी गई है और इसलिए कंडक्टर बल की दिशा में आगे बढ़ता है। मैकेनिकल बल का अनुभव कंडक्टर का परिमाण B द्वारा दिया जाता है।

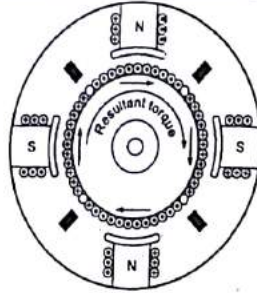
$$F = BIl_c \text{ newtons}$$

जहां B फोल्ड की स्ट्रेंथ teslas (Wb/m^2) में है, I = कंडक्टर के माध्यम से प्रवाहित होने वाली करंट एम्पीयर में है और L कंडक्टर की लंबाई मोटर में है।

जब मोटर डी०सी० में सप्लाय से जुड़ा होता है, तो एक डायरेक्ट करंट ब्रश और कम्यूटेटर से आर्मेचर वाइंडिंग से गुजरती है; कम्यूटेटर से गुजरते समय इसे ए०सी० में परिवर्तित किया जाता है ताकि क्रमिक फोल्ड पोलों के नीचे कंडक्टरों का समूह विपरीत दिशाओं में करंटों को ले जाए, जैसा कि चित्र 2.17 में दिखाया गया है।

अकेले कंडक्टरों में करंट की दिशा भी रिवर्स हो जाती है क्योंकि ये एक पोल के प्रभाव से जुड़ते हुए अगले की ओर जाते हैं। चित्र 2.17 में एक 4-पोल डी०सी० मोटर दिखायी गयी है। जब फील्ड और आर्मेचर सर्किट डी०सी० सर्पटों के मुख्य हिस्सों से जुड़े होते हैं। माना आर्मेचर कंडक्टर में करंट N पोल से बाहर की ओर (डॉट द्वारा प्रदर्शित) और S पोल से अन्दर की ओर (क्रॉस द्वारा प्रदर्शित) किए जाते हैं।

फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम को लागू करके, बल कंडक्टर की दिशा निर्धारित की जा सकती है, जिसे चित्र 2.17 में चित्रित किया गया है। यह देखा गया है कि प्रत्येक कंडक्टर एक बल का अनुभव करता है जो मोटर आर्मेचर को दक्षिणावर्त दिशा में घुमाता है। ये बल सामूहिक रूप से ट्राइबिंग टॉर्क को उत्पन्न करते हैं।

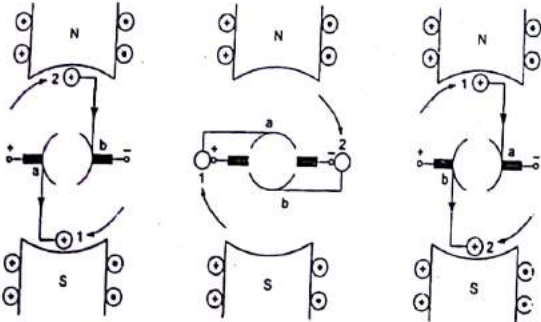


चित्र 2.17

2.6. एक डी०सी० मोटर में कम्यूटेटर एक्शन (Commutator Action in DC Motor)

डी०सी० मोटर के केस में, यह आवश्यक है कि आर्मेचर वाइंडिंग के क्वाइल्स के माध्यम से करंट को रिवर्स किया जाए क्योंकि एक विशेष क्वाइल्स एक पोल (उत्तरी पोल) को छोड़ देता है। न्यूट्रल लाइन को पार करता है और अगले पोल के प्रभाव में आता है जो विपरीत पोलैरिटी (अर्थात् दक्षिणी पोल) का है। कम्यूटेटर का ऑपरेशन, जो उल्लेख उद्देश्य को पूरा करता है, नीचे दिया गया है:

एक सिंगल टर्न क्वाइल पर विचार करें, जिसके लीड कम्यूटेटर सेगमेंट में a और b हैं, प्रत्येक करिंग (carring) चुरा, जैसा कि चित्र 2.18 में दिखाया गया है। आपूर्ति लाइन का पॉजिटिव साइड बाएँ हाथ के चुरा से और नेगेटिव साइड दाहिने हाथ के चुरा से जुड़ा हुआ है। स्थिति में 1 लाइन करंट कम्यूटेटर सेगमेंट में आती है a , रीडर से दूर क्वाइल के मोचे की तरफ 1 से होकर प्रवाहित होती है (जैसा कि सर्कल में क्रॉस द्वारा दिखाया गया है) और फिर क्वाइल के ऊपरी तरफ 2 से रीडर की तरफ जाती है (जैसा कि सर्कल में डॉट द्वारा दिखाया गया है), कम्यूटेटर सेगमेंट तक पहुँचती है और चुरा के माध्यम से फिर से लाइन में प्रवाहित होती है। क्वाइल दक्षिणावर्त दिशा में घूमते रहेंगे, जैसा कि फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम से निर्धारित होता है।



चित्र 2.18 डी०सी० मोटर में कम्यूटेशन (Commutation in a DC Motor)

स्थिति II में क्वाइल मैग्नेटिक न्यूट्रल लाइन पर होती है; कम्यूटेटर सेगमेंट और चुरा के बीच कोई संपर्क नहीं होता है। क्वाइल के माध्यम से करंट का प्रवाह नहीं होता है। क्वाइल जड़त्व द्वारा न्यूट्रल लाइन को पार करती है। क्वाइल के केस में, क्वाइल के शेष टर्न आवश्यक टॉर्क की आपूर्ति करेंगे।

स्थिति III में, क्वाइल के दो साइड, 1 और 2, पोल बदल गए हैं, और उनके माध्यम से करंट रिवर्स की गयी। कम्यूटेटर सेगमेंट ने हालाँकि, चुरा के साथ संपर्क भी बदल दिया है। इस प्रकार क्वाइल पहले की तरह, अर्थात् दक्षिण घूमती रहेगी।

2.7. मोटरिंग और जनरेशन के लिए कम्यूटेटर का कार्य (Function of the Commutator for Motoring and Generation Action)

कम्यूटेटर एक रिवर्सिंग स्विच के रूप में कार्य करता है। मोटर और जनरेटर में इसकी क्रिया इस प्रकार है:

डी०सी० मोटर के केस में, कम्यूटेटर करंट (एक डी०सी० सोर्स से उपलब्ध) को रिवर्स कर देता है जब क्वाइल मैग्नेटिक न्यूट्रल अक्ष को पार करता है। यह एक यूनिट्रायरेक्शनल टॉर्क को बनाए रखने के लिए आवश्यक है। प्रकार, कम्यूटेटर डायरेक्ट करंट को अल्टरनेटिव करंट में परिवर्तित करता है।

एक डी०सी० जनरेटर में आर्मेचर क्वाइल में इंड्यूस्ड EMF प्रकृति में अल्टरनेटिव होता है। उदाहरण, आर्मेचर को प्रवाहित होने वाला करंट भी अल्टरनेटिव होता है। जब आर्मेचर क्वाइल मैग्नेटिक न्यूट्रल अक्ष को पार करता है, कम्यूटेटर सटीक इन्वर्शन समय में इस करंट को रिवर्स कर देता है। इसलिए, लोड (जो जनरेटर के लिए बाहरी) को एक यूनिट्रायरेक्शनल करंट या डायरेक्ट करंट मिलता है।

2.8. एक डी०सी० जनरेटर का EMF समीकरण (EMF Equation of a DC Generator)

निम्नलिखित गणन के साथ एक डी०सी० जनरेटर पर विचार करें,

P = फील्ड पोलों की संख्या

ϕ = प्रति पोल निर्मित फ्लक्स Wb (वेबर) में

Z = आर्मेचर कंडक्टर की कुल संख्या

A = आर्मेचर में समानांतर पथ की संख्या

N = आर्मेचर की रोटेटिंग स्पीड (rpm) रिवॉल्यूशन प्रति मिनट में

कंडक्टर प्रति उत्पन्न औसत EMF = $\frac{d\phi}{dt}$ (वोल्ट)

एक रिवॉल्यूशन में एक कंडक्टर द्वारा काटा गया फ्लक्स = $d\phi = P\phi$

प्रति सेकंड रिवॉल्यूशन की संख्या (rps में स्पीड) = $\frac{N}{60}$

इसलिए, एक रिवॉल्यूशन के लिए समय = $dt = \frac{60}{N}$ (सेकंड)

समीकरण (2.1), से उत्पन्न EMF प्रति कंडक्टर = $\frac{d\phi}{dt} = \frac{P\phi N}{60}$ (वोल्ट)

ऊपर समीकरण (2.2) जनरेटर के एक कंडक्टर में उत्पन्न EMF देता है। कंडक्टर प्रति समानांतर पथ सीरीज में जुड़े हैं, और जनरेटर टर्मिनलों में EMF किसी भी समानांतर पथ पर उत्पन्न EMF के बराबर है।

इसलिए,

$$E_g = \frac{P\phi NZ}{60A}$$

सिलेक्स तैय बाइंडिंग के लिए, समानांतर पथ की संख्या पोलों की संख्या के बराबर है (यानी $A = P$), इसलिए, सिलेक्स तैय बाउंड डी०सी० जनरेटर के लिए,

$$E_g = \frac{P\phi NZ}{60P}$$

सिलेक्स वेब बाइंडिंग के लिए, समानांतर पथ की संख्या 2 के बराबर है (यानी $P = 2$),

इसलिए, सिलेक्स वेब बाउंड डी०सी० जनरेटर के लिए,

$$E_g = \frac{P\phi NZ}{120}$$

2.9. जनरेटर EMF को प्रभावित करने वाले कारक (Factors upon which the EMF of a Generator Depends)

जनरेटर के e.m.f. का मोनोटूड विभिन्न कंडक्टर द्वारा कटिंग फ्लक्स पर निर्भर करता है इसलिए यह निर्भर करेगा—

1. आर्मेचर कंडक्टर की संख्या
2. जनरेटर की स्पीड
3. फ्लक्स/पोल
4. आर्मेचर बाइंडिंग की प्रकृति।

2.9.1. डी०सी० जनरेटर को स्टार्ट करना और रोकना (Starting and Stopping of DC Generator World)

निम्नलिखित प्रक्रिया को डी०सी० जनरेटर स्टार्ट करने के लिए निम्न अनुक्रम में होना चाहिए—

1. सबसे पहले, सुनिश्चित करें कि जनरेटर को लोड, लोड करने वाले सभी स्विच डिस्कनेक्ट हो गए।
2. फील्ड रजिस्टर को कट करें।
3. जनरेटर स्टार्ट करें और इसे रेटेड स्पीड तक लाएं।
4. फील्ड सर्किट को बंद करें और धीरे-धीरे रजिस्टर को तब तक काटें जब तक कि सामान्य वोल्टेज को न प्राप्त हो जाए।
5. लोड स्विच को बंद करें।

2.9.2. डी०सी० जनरेटर रोकने के लिए (Stopping of DC Generator)

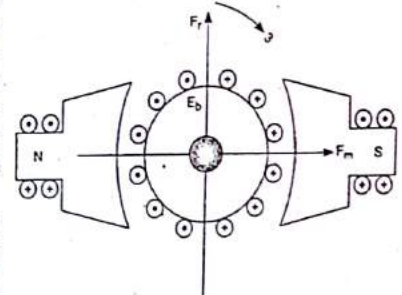
निम्नलिखित प्रक्रिया अपनाई जानी चाहिए—

1. कट-इन फील्ड रजिस्टर, ठीक एमोटर हल्के लोड का संकेत दे।
2. लोड सर्किट ब्रेकर दिये।
3. प्रथम मूल बंद करें।
4. फील्ड स्विच खोलें।
5. जब मशीन काम नहीं कर रही हो, तो सभी स्विच को डिस्कनेक्ट कर दें।

2.10. डी०सी० मोटर में बैक EMF (Back EMF in DC Motor)

जब एक मैग्नेटिक फील्ड में रखा जाने वाला करंट कैरिंग कंडक्टर, कंडक्टर पर टॉर्क उत्पन्न करता है। टॉर्क कंडक्टर को घुमाता है जो मैग्नेटिक फील्ड के फ्लक्स को काट देता है। इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन नियम के अनुसार "जब कंडक्टर मैग्नेटिक फील्ड में कट करता है, तो EMF कंडक्टर में इंड्यूज करता है"। फ्लेमिंग दाएं हाथ के नियम द्वारा इंड्यूज्ड EMF की दिशा निर्धारित होती है।

फ्लेमिंग दाएं हाथ के नियम के अनुसार, यदि हम 90 डिग्री के कोण से अपने अंगूठे, मध्यम और दाहिने हाथ की उर्वनी को फुकाते हैं, तो उर्वनी मैग्नेटिक फील्ड की दिशा को प्रदर्शित करता है। अंगूठा कंडक्टर की गति की दिशा दिखाता है और मध्य उंगली कंडक्टर पर EMF इंड्यूज्ड को प्रदर्शित करता है।



चित्र 2.19

दिखाए गए चित्र 2.19 में दाहिने हाथ के नियम को लागू करने पर, यह देखा जाता है कि इंड्यूज्ड EMF की दिशा एप्लाइड वोल्टेज के विपरीत है। हालांकि EMF को काउंटर EMF या बैक EMF के रूप में जाना जाता है। बैक EMF को एप्लाइड वोल्टेज के साथ सीरीज में डेवलप किया जाता है, लेकिन दिशा में विपरीत, अर्थात् बैक EMF करंट का विरोध करता है जो इसका कारण बनता है।

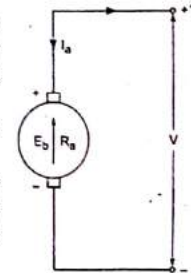
बैक EMF का परिमाण नीचे दिखाए गए समीकरण द्वारा दिया गया है।

$$E_b = \frac{NP\phi Z}{60A}$$

जहां E_b मोटर का इंड्यूज्ड EMF है जिसे बैक EMF के रूप में जाना जाता है, A विपरीत पोलैरिटी के ब्रश के बीच आर्मेचर के माध्यम से समानांतर पथ की संख्या है। P पोलों की संख्या है, N स्पीड है, Z आर्मेचर में कुल कंडक्टर हैं और ϕ पोल के लिए उपयोगी फ्लक्स है।

मोटर के रूप में कार्य करने वाली मशीन का एक साधारण बैसिक सर्किट डायग्राम दिए गए चित्र 2.20 में दिखाया गया है।

इस केस में, बैक EMF का परिमाण हमेशा एप्लाइड वोल्टेज से कम होता है। जब मोटर सामान्य परिस्थितियों में चलती है तो दोनों के बीच अंतर लगभग बराबर होता है। मेन सर्प्टाई के कारण करंट मोटर पर इंड्यूज्ड होता है। मेन सर्प्टाई, बैक EMF और आर्मेचर करंट के बीच संबंध को $E_b = V - I_a R_a$ के रूप में दिया गया है।



चित्र 2.20

2.10.1. बैक EMF का विवरण (Significance of Back EMF)

- (i) बैक EMF सर्प्टाई वोल्टेज का विरोध करता है। सर्प्टाई वोल्टेज क्वाइल में करंट को इंड्यूज्ड करता है जो आर्मेचर को घुमाता है। बैक EMF के खिलाफ मोटर द्वारा आवश्यक इलेक्ट्रिकल कार्य को मैकेनिकल एनर्जी में परिवर्तित

किया जाता है। और वह एनर्जी मोटर के आर्मेचर में इंड्यूज होता है। इस प्रकार, हम कह सकते हैं कि डी०सी० मोटर में एनर्जी कंजर्वेशन केवल बैक EMF के कारण संभव है।

मोटर में इंड्यूज मैकेनिकल एनर्जी, बैक EMF और आर्मेचर करंट का गुणनफल होता है अर्थात्, $E_b I_a$ ।

- (ii) बैक EMF डी०सी० मोटर को सेल्फ रेगुलेशन करने वाली मशीन बनाता है, यानी, बैक EMF मोटर की आवश्यकता के अनुसार आर्मेचर करंट डेवलप करता है। मोटर का आर्मेचर करंट के रूप में गणना की जाती है,

$$I = \frac{V - E_b}{R_a}$$

आइए समझते हैं कि EMF कैसे मोटर को सेल्फ रेगुलेशन करता है।

- विचार करें कि मोटर बिना लोड की स्थिति में चल रही है। लोड न होने पर, डी०सी० मोटर को चर्पण और बेस्टेज लॉस को कंट्रोल करने के लिए छोटे टॉर्क की आवश्यकता होती है। मोटर कम करंट निकालता है, जैसा कि बैक EMF करंट पर निर्भर करता है, उनकी बैल्यू भी घट जाती है। बैक EMF की परिमाण सप्लाई आपूर्ति वोल्टेज के लगभग बराबर होता है।
- यदि मोटर पर अचानक लोड दिया जाता है, तो मोटर धीमी हो जाती है। जैसे-जैसे मोटर को स्पीड कम होती जाती है तो उसकी बैक EMF का परिमाण भी कम होता जाता है। कम बैक EMF सप्लाई से हैवी करंट निकालती है। बड़ी आर्मेचर करंट आर्मेचर में बड़े टॉर्क को इंड्यूज करती है, जो मोटर की आवश्यकता है। इस प्रकार, मोटर नई स्पीड से लगातार चलती रहती है।
- यदि मोटर पर लोड अचानक कम हो जाता है, तो मोटर पर ड्राइविंग टॉर्क लोड टॉर्क से अधिक होता है। ड्राइविंग टॉर्क मोटर को स्पीड को बढ़ाता है जिससे उनकी बैक EMF भी बढ़ जाती है। बैक EMF को उच्च बैल्यू आर्मेचर करंट को घटाती है। आर्मेचर करंट का छोटा मैग्नीट्यूड कम ड्राइविंग टॉर्क डेवलप करता है, जो लोड टॉर्क के बराबर है। और मोटर नई स्पीड से समान रूप से घूमती है।

2.11. मैकेनिकल पावर (P_m), सप्लाई वोल्टेज (V) और बैक EMF (E_b) के बीच संबंध (Relation Between Mechanical Power (P_m), Supply Voltage (V) and Back EMF (E_b))

डी०सी० मोटर में बैक EMF के रूप में व्यक्त किया जाता है,

$$E_b = V - I_a R_a$$

जहां E_b = बैक EMF

I_a = आर्मेचर करंट

V = टर्मिनल वोल्टेज

R_a = आर्मेचर का रजिस्टेंस

मोटर पर डेवलप अधिकतम पावर द्वारा व्यक्त की जाती है।

$$P_m = VI_a - 2I_a R_a$$

$$\frac{dP}{dI} = VI_a - 2I_a R_a$$

$$VI_a - 2I_a R_a = 0$$

$$V = 2I_a R_a$$

$$\frac{V}{2} = I_a R_a$$

बैक EMF समीकरण से, हम प्राप्त करते हैं

$$V = E_b + I_a R_a$$

उपरोक्त समीकरण में $I_a R_a$ को प्रतिस्थापित करने पर, हम प्राप्त करते हैं—

$$V = E_b + \frac{V}{2}$$

$$V - \frac{V}{2} = E_b$$

$$\frac{V}{2} = E_b$$

उपरोक्त समीकरण से पता चलता है कि मोटर में अधिकतम पावर तब डेवलप होती है जब बैक EMF सप्लाई के आधे हिस्से के बराबर होता है।

2.12. डी०सी० मोटर का टॉर्क समीकरण (Torque Equation of a D.C. Motor)

जब एक डी०सी० मशीन को या तो मोटर या जनरेटर के रूप में लोड दिया जाता है, तो रोटार कंडक्टर करंट को ले जाते हैं। ये कंडक्टर एयर गैप के मैग्नेटिक फोल्ड में हैं। इस प्रकार, प्रत्येक कंडक्टर एक बल का अनुभव करता है। कंडक्टर अपने केंद्र से एक सामान्य त्रिज्या पर रोटार की सतह के पास स्थित हैं। इसलिए, रोटार की परिधि के चारों ओर एक टॉर्क उत्पन्न होता है और रोटार घूमने लगता है।

जब मशीन एक स्थिर स्पीड पर एक जनरेटर के रूप में कार्य करती है, तो यह टॉर्क समान और इसके विपरीत होता है जो कि प्राइम मूवर द्वारा प्रदान किया जाता है। जब मशीन मोटर के रूप में कार्य कर रही होती है, तो टॉर्क रोटार के शाफ्ट में ट्रांसफर हो जाता है और मैकेनिकल लोड को ड्राइव करता है। जनरेटर और मोटर के लिए समीकरण समान होता है।

जब करंट को ले जाने वाले करंट को मैग्नेटिक फोल्ड में रखा जाता है तो एक बल को लगाया जाता है जो टर्मिनल मुंसेट या टॉर्क $F \times r$ पर लगाता है। यह टॉर्क इलेक्ट्रो-मैग्नेटिक इफेक्ट के कारण उत्पन्न होता है इसलिए इसे इलेक्ट्रो मैग्नेटिक टॉर्क कहा जाता है। आर्मेचर में जो टॉर्क उत्पन्न होता है, उसका उपयोग पूरी तरह से उपयोगी कार्य करने के लिए शाफ्ट पर नहीं किया जाता है। इसका कुछ हिस्सा जहां मैकेनिकल लॉस के कारण लॉस हो जाता है। जो शाफ्ट टॉर्क के रूप में जाना जाता है टॉर्क में उपयोगी कार्य करने के लिए शाफ्ट टॉर्क उपयोग किया जाता है।

इस प्रकार,

$$V = E_b + I_a R_a \quad \dots(2.3)$$

I_a द्वारा समीकरण (2.3) को गुणा करना

$$VI_a = E_b I_a + I_a^2 R_a \quad \dots(2.4)$$

जहां पर

$$VI_a = \text{आर्मेचर का इनपुट इलेक्ट्रिक पावर}$$

$$I_a^2 R_a = \text{आर्मेचर में कॉपर लॉस}$$

हम जानते हैं कि,
आर्मेचर को सप्लाय की गई कुल इलेक्ट्रिक पावर = आर्मेचर द्वारा डेवलप मैकेनिकल पावर + आर्मेचर रजिस्टेंस के कारण होने वाले लॉस

अब, आर्मेचर द्वारा डेवलप मैकेनिकल पावर P_m है।

$$P_m = E_b I_a \quad \dots(2.5)$$

इसके अलावा, मैकेनिकल पावर रोटेटिंग आर्मेचर टॉर्क T और स्पीड n के बारे में दिया जा सकता है।

$$P_m = \omega T = 2\pi n T \quad \dots(2.6)$$

जहाँ n साइकिल प्रति सेकंड (rps) और T न्यूटन-मीटर में है।

इसलिए,

$$2\pi n T = E_b I_a$$

और

$$T = \frac{E_b I_a}{2\pi n}$$

परंतु,

$$E_b = \frac{\phi ZNP}{60A}$$

जहाँ, N प्रति मिनट साइकिल में स्पीड (rpm) और

$$n = \frac{N}{60}$$

जहाँ, n स्पीड (rps) में है।

इसलिए,

$$E_b = \frac{\phi ZNP}{A}$$

तो, टॉर्क समीकरण के रूप में दिया गया है

$$T = \frac{\phi ZP}{2\pi A} \cdot I_a$$

एक विशेष डी०सी० मोटर के लिए, पोलों की संख्या (P) और समानांतर पथ (Z/A) प्रति कंडक्टर की संख्या स्थिर है।

$$T = K \phi I_a$$

$$\text{जहाँ पर } K = \frac{ZP}{2\pi A}$$

$$T \propto \phi I_a \quad \dots(2.7)$$

इस प्रकार, उपरोक्त समीकरण (2.7) से यह स्पष्ट है कि आर्मेचर में निर्मित टॉर्क फ्लक्स प्रति पोल और आर्मेचर करंट के सीधे समानुपाती है। इसके अलावा, आर्मेचर में डेवलप इलेक्ट्रो-मैग्नेटिक टॉर्क की दिशा आर्मेचर कंडक्टर में करंट पर निर्भर करती है। यदि दोनों में से कोई एक रिवर्स है इसलिए रोटेशन और उत्पादित टॉर्क की दिशा रिवर्स हो जाती है और तब दोनों पलट जाते हैं, और टॉर्क की दिशा नहीं बदलती है।

2.12.1. शाफ्ट टॉर्क (Shaft Torque)

डी०सी० मोटर में आर्मेचर में डेवलप पूरे इलेक्ट्रो-मैग्नेटिक टॉर्क (T) शाफ्ट पर उपलब्ध नहीं है। इसका एक हिस्सा आयरन और मैकेनिकल (फर्षण और बिंडोज) लॉस को दूर करने के लिए खराब हो जाता है। इसलिए, शाफ्ट टॉर्क (T_{sh}) आर्मेचर में डेवलप टॉर्क से कुछ हद तक कम है।

इस प्रकार डी०सी० मोटर्स के केस में उपयोगी मैकेनिकल कार्य करने के लिए शाफ्ट पर उपलब्ध वास्तविक टॉर्क को शाफ्ट टॉर्क के रूप में जाना जाता है। यह इसलिए कहा जाता है क्योंकि यह मोटर के शाफ्ट पर उपलब्ध है। यह प्रतीक T_{sh} द्वारा दर्शाया गया है। मोटर का आउटपुट नीचे दिखाए गए समीकरण द्वारा दिया गया है, जहाँ T_{sh} r.p.s में शाफ्ट टॉर्क है और R.p.m में N मोटर का रोटेशन है। शाफ्ट टॉर्क के रूप में व्यक्त किया जाता है।

$$\text{आउटपुट} = T_{sh} \times 2\pi N$$

$$T_{sh} = \frac{\text{आउटपुट वाट में}}{2\pi N} \text{ N-m in r.p.s}$$

$$T_{sh} = \frac{\text{आउटपुट वाट में}}{2\pi N/60} \text{ N-m in r.p.s}$$

$$T_{sh} = \frac{60}{2\pi} \frac{\text{आउटपुट}}{N} = 9.55 \frac{\text{आउटपुट}}{N} \text{ N-m in r.p.s}$$

आर्मेचर टॉर्क और शाफ्ट टॉर्क ($T_a - T_{sh}$) के बीच के अंतर को लॉस टॉर्क के रूप में जाना जाता है और यह टॉर्क के निर्माण के कारण होता है।

2.12.2. ब्रेक हॉर्स पावर (B.H.P) (Brake Horse Power)

मोटर के केस में शाफ्ट पर उपलब्ध मैकेनिकल पावर को ब्रेक हॉर्स पावर के रूप में जाना जाता है। यदि T_{sh} न्यूटन मोटर में शाफ्ट टॉर्क है और N. r.p.m में गति है तो,

$$\text{उपयोगी आउटपुट पावर} = \omega T_{sh} = \frac{2\pi N T_{sh}}{60} \text{ watts}$$

$$\text{B.H.P. में आउटपुट} = \frac{2\pi N T_{sh}}{60 \times 735.5} \quad \dots(2.8)$$

आउटपुट ब्रेक हॉर्स पावर ऊपर दिखाए गए समीकरण (2.8) द्वारा दिया गया है।

2.13. डी०सी० मोटर के प्रकार (Types of D.C. Motor)

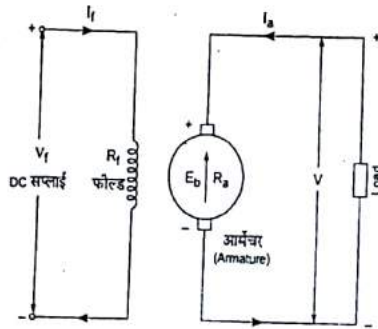
एक डायरेक्ट करंट मोटर डी०सी० नाम आर्मेचर के साथ फील्ड वाइंडिंग के कनेक्शन के अनुसार रखा गया है। मुख्य रूप से डी०सी० मोटर्स दो प्रकार के होते हैं। सबसे पहले, एक सेपरेटली एक्साइटेड डी०सी० मोटर और सेल्फ एक्साइटेड डी०सी० मोटर है। सेल्फ एक्साइटेड मोटर्स को आगे शंट वाउंड या शंट मोटर, सीरीज वाउंड या सीरीज मोटर और कंपाउंड वाउंड या कंपाउंड मोटर के रूप में वर्गीकृत किया गया है।

डी०सी० मोटर इलेक्ट्रिकल पावर को मैकेनिकल पावर को में परिवर्तित करता है जिसे डी०सी० मोटर के रूप में जाना जाता है। डी०सी० मोटर और जनरेटर का निर्माण समान है। लेकिन डी०सी० मोटर में स्पीड और अच्छी स्पीड रेगुलेशन की विस्तृत रेंज होती है जो इलेक्ट्रिक ट्रैक्शन में होती है। डी०सी० मोटर का कार्य सिद्धांत इस सिद्धांत पर आधारित होता है कि करंट ले जाने वाला कंडक्टर मैग्नेटिक फील्ड में रखा जाता है और इसके द्वारा एक मैकेनिकल बल अनुभव होता है।

डी०सी० मोटर आमतौर पर उस स्थान पर उपयोग किया जाता है जहाँ आवश्यकताओं के अनुसार सुरक्षात्मक संलग्नक की आवश्यकता होती है, उदाहरण के लिए, हिप-प्रूफ, फायरप्रूफ आदि। विभिन्न प्रकार के मोटर का विस्तृत विवरण नीचे दिया गया है।

2.13.1. सेपरेटली एक्साइटेड डी०सी० मोटर (Separately Excited D.C. Motor)

जैसा कि नाम से पता चलता है, फोल्ड क्वाइल या फोल्ड वाइंडिंग्स एक अलग डी०सी० सोर्स द्वारा एनर्जाइज है, जैसा कि चित्र 2.21 दिखाए गए सर्किट डायग्राम में दिखाया गया है।



चित्र 2.21 सेपरेटली एक्साइटेड डी०सी० मोटर

फोल्ड सर्किट में वोल्टेज समीकरण

$$V_f = I_f R_f$$

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} \quad \text{तथा} \quad R_f = \frac{V_f}{I_f}$$

आर्मेचर सर्किट में वोल्टेज समीकरण

$$V = I_a R_a + E_b$$

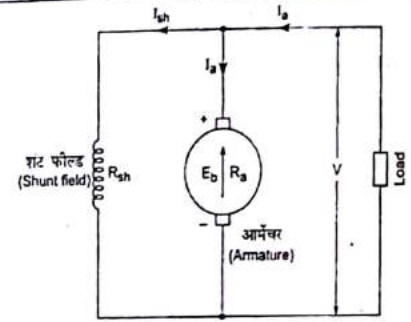
$$I_a = \frac{V - E_b}{R_a} \quad \text{तथा} \quad R_a = \frac{V - E_b}{I_a}$$

2.13.2. सेल्फ एक्साइटेड डी०सी० मोटर (Self Excited D.C. Motor)

जैसा कि नाम से सेल्फ एक्साइटेड है, इसलिए, इस प्रकार की मोटर में, वाइंडिंग में करंट की सप्लाई मशीन या मोटर द्वारा की जाती है। सेल्फ एक्साइटेड डी०सी० मोटर आगे शंट वाउंड, और सीरीज वाउंड मोटर में विभाजित है। इन्हें नीचे विस्तार से बताया गया है।

2.13.2.1. शंट वाउंड मोटर (Shunt Wound Motor)

यह डी०सी० मोटर का प्रकार है। यहाँ फोल्ड वाइंडिंग आर्मेचर के साथ समानांतर में जुड़ा हुआ है जैसा कि नीचे की आकृति में दिखाया गया है।



चित्र 2.22 शंट वाउंड डीसी मोटर

शंट मोटर के लिए करंट, वोल्टेज और पावर समीकरण निम्नानुसार लिखे गए हैं।

उपरोक्त चित्र में बंक्शन A पर KCL को एप्लाइ करने से A पर आने वाली करंटों का योग = A पर जाने वाली करंटों का योग।

$$I = I_a + I_{sh} \quad (2.9)$$

जहाँ पर

I = इनपुट लाइन करंट

I_a = आर्मेचर करंट

I_{sh} = शंट फोल्ड करंट

समीकरण (2.9) करंट समीकरण है।

फोल्ड वाइंडिंग सर्किट के लिए किरचॉफ के वोल्टेज नियम (KVL) का उपयोग करके वोल्टेज समीकरण लिखेंगे।

$$V = I_{sh} R_{sh} \quad (2.10)$$

आर्मेचर वाइंडिंग सर्किट के लिए समीकरण के रूप में दिया जाएगा

$$V = E + I_a R_a \quad (2.11)$$

पावर समीकरण के रूप में दिया गया है

पावर इनपुट = डेवलप मैकेनिकल पावर + आर्मेचर में लॉस + फोल्ड में लॉस

$$VI = P_m + I_a^2 R_a + I_{sh}^2 R_{sh} \quad (2.12)$$

$$VI = P_m + I_a^2 R_a + VI_{sh}$$

$$P_m = VI - VI_{sh} - I_a^2 R_a = V(I - I_{sh}) - I_a^2 R_a$$

$$P_m = VI - I_a^2 R_a = (V - I_a R_a) I_a$$

$$P_m = EI_a \quad (2.13)$$

समीकरण (2.11) में दोनों साइड I_a का गुणा करने पर

$$VI_a = EI_a + I_a^2 R_a \quad \dots(2.14)$$

$$VI_a = P_m + I_a^2 R_a \quad \dots(2.15)$$

यहां पर, VI_a मोटर की आर्मेचर को सप्लाई की जाने वाली इलेक्ट्रिकल पावर है।

2.13.2.2. सीरीज वाउंड मोटर (Series Wound Motor)

सीरीज मोटर में फील्ड वाइंडिंग को आर्मेचर वाइंडिंग के साथ सीरीज में जोड़ा जाता है। कनेक्शन डायग्राम नीचे दिखाया विवर 2.23 गया है।

उपरोक्त विवर में KCL लागू करके

$$I = I_{sc} = I_a$$

यहां पर

I_{sc} सीरीज फील्ड करंट है

उपरोक्त विवर में KVL को लागू करके वोल्टेज समीकरण प्राप्त किया जा सकता है

$$V = E + I(R_a + R_{se}) \quad \dots(2.16)$$

पावर समीकरण को प्राप्त समीकरण (2.16) से गुणा करके प्राप्त किया जाता है

$$VI = EI + I^2(R_a + R_{se}) \quad \dots(2.17)$$

पावर इनपुट = मैकेनिकल पावर डेवलप

$$VI = P_m + I^2 R_a + I^2 R_{se} \quad \dots(2.18)$$

समीकरण (2.17) और (2.18) की तुलना करने पर, हम नीचे दिखाए गए समीकरण (2.19) को प्राप्त करेंगे।

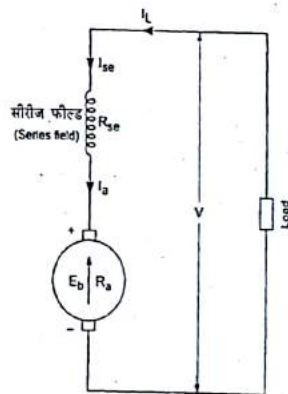
$$P_m = EI \quad \dots(2.19)$$

2.13.3. डी०सी० कंपाउंड मोटर (D.C. Compound Motor)

डी०सी० कंपाउंड मोटर या कंपाउंड वाउंड डी०सी० मोटर भी एक सेल्फ एक्साइटेड मोटर है, लेकिन यह आर्मेचर वाइंडिंग से जुड़े सीरीज और शंट फील्ड क्वाइल दोनों का कंपाउंड है, आर्मेचर के साथ सीरीज में जुड़ा एक सीरीज फील्ड वाइंडिंग और एक आर्मेचर के समानांतर शंट फील्ड वाइंडिंग से जुड़ा हुआ है।

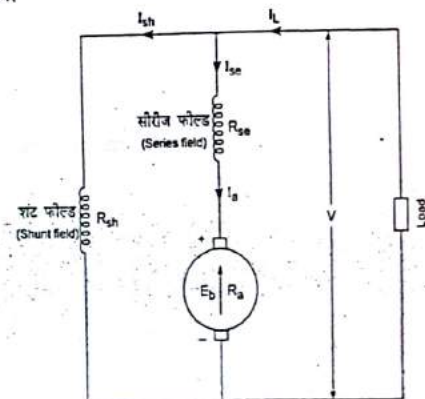
संक्षेप में, हम कह सकते हैं कि डी०सी० कंपाउंड मोटर एक शंट वाउंड डी०सी० मोटर और सीरीज वाउंड डी०सी० मोटर दोनों का एक संयोजन है जिसका अर्थ है कि कंपाउंड मोटर में हाई स्टार्टिंग टॉर्क और अच्छी स्पीड रेगुलेशन का लक्ष्य है, इसलिए इसका उपयोग औद्योगिक अनुप्रयोगों में किया जा सकता है:

- इस्कर
- फ्रेट लिफ्ट
- स्टॉपिंग प्रेस
- रोलिंग मिल्स



चित्र 2.23 सीरीज वाउंड मोटर

- मिक्सर
- रेसिप्रोकेटिंग मशीनें
- और मेटल शियर



चित्र 2.24 डी०सी० कंपाउंड मोटर

2.13.3.1. कंपाउंड वाउंड डी०सी० मोटर के प्रकार (Types of Compound Wound D.C. Motor)

1. लॉन्ग शंट कंपाउंड डी०सी० मोटर: (Long Shunt Compound D.C. Motor)

लॉन्ग शंट मोटर में हम शंट फील्ड वाइंडिंग को सीरीज फील्ड वाइंडिंग और आर्मेचर दोनों के सीरीज संयोजन के समानांतर जोड़ते हैं।

वोल्टेज और लॉन्ग शंट कंपाउंड मोटर का करंट समीकरण:

कुल सप्लाई करंट I_L के साथ स्टार्ट करते हैं—

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

और जैसा कि यह स्पष्ट है—

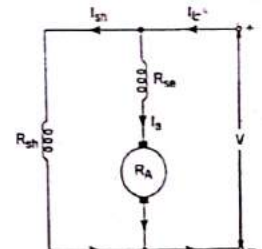
$$I_a = I_{sc}$$

इसलिए

$$I_L = I_{sc} + I_{sh}$$

और कुल सप्लाई वोल्टेज होगा—

$$V = E_b + I_a(R_a + R_{se})$$



चित्र 2.25 लॉन्ग शंट कंपाउंड डी०सी० मोटर

2. शॉर्ट शंट कंपाउंड वाउंड डी०सी० मोटर (Short Shunt Compound Wound D.C. Motor)

शॉर्ट शंट मोटर में, हम शंट फील्ड वाइंडिंग को केवल आर्मेचर वाइंडिंग के समानांतर में जोड़ते हैं और हम सीरीज के फील्ड वाइंडिंग को सप्लाई करंट से जोड़ते हैं।

शॉर्ट शंट कंपाउंड मोटर का वोल्टेज और करंट समीकरण: हम कुल सप्लाय करंट के साथ भी स्टार्ट करेंगे

$$I_L = I_{se}$$

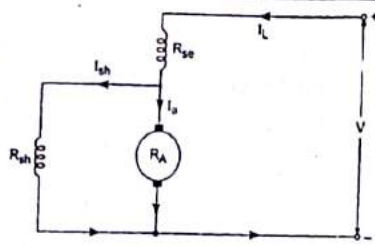
जैसा कि यह स्पष्ट है कि सप्लाय करंट सीरीज फील्ड वाइंडिंग से होकर गुजरा और

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

और हम सर्किट में KVL लगाकर वोल्टेज प्राप्त करेंगे और यह होगा:

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

$$\text{या } V = E_b + I_a R_a + I_L R_{se}$$



चित्र 2.26 शॉर्ट शंट कंपाउंड वाउंड डी०सी० मोटर

3. डी०सी० कंपाउंड मोटर के प्रकार (Types of D.C. Compound Motor)

जैसा कि हमने पहले कहा था, लॉग और शॉर्ट दोनों प्रकार की कंपाउंड मोटर को कंपाउंडिंग को एक्साइटेशन या प्रकृति के अनुसार उप-विभाजित किया जा सकता है।

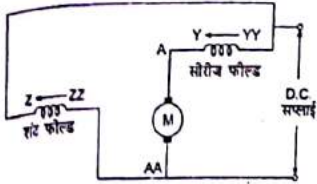
2.13.3.2. क्यूमुलेटिव कंपाउंड डी०सी० मोटर: (Cumulative Compound D.C. motor)

हम कह सकते हैं कि कंपाउंड मोटर क्यूमुलेटिव होती है जब शंट वाइंडिंग द्वारा निर्मित शंट फील्ड फ्लक्स सीरीज वाइंडिंग द्वारा उत्पन्न मुख्य फील्ड फ्लक्स के प्रभाव को सहायता करता है; संक्षेप में:

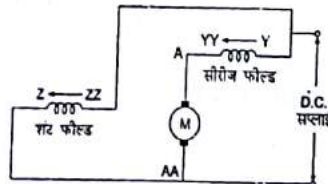
$$\phi_{\text{total}} = \phi_{\text{series}} + \phi_{\text{shunt}}$$

आपको पता होना चाहिए कि क्यूमुलेटिव मोटर सबसे आग है क्योंकि यह हार्ड स्टार्टिंग टॉर्क और अच्छी स्पीड रेगुलेशन हाई स्पीड प्रदान करती है जो इसे सबसे अच्छा बनाती है।

- इलेक्ट्रिक shovels
- स्टॉपिंग मशीन।
- रिसिप्रोकेटिंग पंप।
- Hoist
- कम्प्रेसर



(a) क्यूमुलेटिव कंपाउंड मोटर (Cumulative compound motor)



(b) डिफरेंशियल कंपाउंड मोटर (Differential compound motor)

चित्र 2.27

2.13.3.3. डिफरेंशियल कंपाउंड डी०सी० मोटर (Differential Compound D.C. Motor)

हम कह सकते हैं कि कंपाउंड मोटर को डिफरेंशियल किया जाता है जब शंट फील्ड वाइंडिंग द्वारा उत्पन्न फ्लक्स मुख्य सीरीज वाइंडिंग फ्लक्स के प्रभाव को कम करता है; इसलिए

$$\phi_{\text{total}} = \phi_{\text{series}} - \phi_{\text{shunt}}$$

कुल उत्पन्न फ्लक्स मूल फ्लक्स को गुलना में कम है, इसलिए डिफरेंशियल मोटर का उपयोग किया जाता है जो लोड के बावजूद कॉन्स्टेंट स्पीड की आवश्यकता होती है विशेष रूप से यह लिफ्ट और एस्केलेटर में उपयोग किया जाता है।

2.14. डी०सी० जनरेटर के प्रकार (Types of D.C. Generator) :

डी०सी० जनरेटर मैकेनिकल पावर को इलेक्ट्रिक पावर में परिवर्तित करता है। एक डी०सी० मशीन में मैग्नेटिक फ्लक्स कोट से जाने वाले फील्ड क्वाइल द्वारा निर्मित होता है। फील्ड वाइंडिंग में मकुलेंटिंग कोट एक मैग्नेटिक फ्लक्स उत्पन्न करती है और इस घटना को एक्साइटेशन के रूप में जाना जाता है। डी०सी० जनरेटर को उनके फील्ड एक्साइटेशन को विधियों के अनुसार वर्गीकृत किया जाता है।

एक्साइटेशन से डी०सी० जनरेटर को सेपरेटेड एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर और सेल्फ एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर के रूप में वर्गीकृत किया जाता है। परमानेंट मैग्नेट प्रकार डी०सी० जनरेटर भी है। सेल्फ एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर को शंट वाउंड डी०सी० जनरेटर के रूप में वर्गीकृत किया जाता है;

सीरीज वाउंड डी०सी० जनरेटर और कंपाउंड वाउंड डी०सी० जनरेटर। कंपाउंड वाउंड डी०सी० जनरेटर को लॉग शंट वाउंड डी०सी० जनरेटर और शॉर्ट शंट वाउंड डी०सी० जनरेटर के रूप में विभाजित किया जाता है।

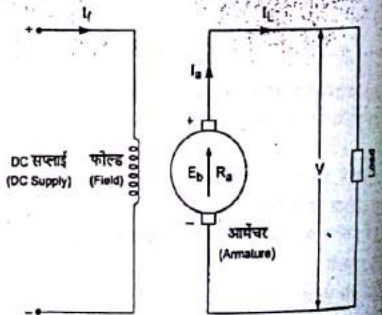
डी०सी० जनरेटर का फील्ड पोल स्थिर है, और आर्मेचर कंडक्टर घूमता है। आर्मेचर कंडक्टर में उत्पन्न वोल्टेज आल्टरनेटिव प्रकृति का है, और यह वोल्टेज कम्यूटेटर की मदद से ब्रश में डायरेक्ट वोल्टेज में परिवर्तित हो जाता है। विभिन्न प्रकार के जनरेटर का विस्तृत विवरण नीचे दिया गया है।

2.14.1. परमानेंट मैग्नेट टाइप डी०सी० जनरेटर (Permanent Magnet Type D.C. Generator)

इस प्रकार के डी०सी० जनरेटर में, पोलो के चारों ओर कोई फील्ड वाइंडिंग नहीं होती है। इन मशीनों के पोलों द्वारा निर्मित फील्ड स्थिर रहता है। हालांकि ये मशीनें बहुत कॉम्पैक्ट हैं लेकिन मोटरसाइकिलों में डायनेमो जैसे छोटे आकार में उपयोग की जाती हैं आदि। इन मशीनों का मुख्य लॉस यह है कि मैग्नेट द्वारा निर्मित फ्लक्स समय बीतने के साथ बिगड़ता जाता है जो मशीन की विशेषताओं को बदल देता है।

2.14.2. सेपरेटली एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर (Separately Excited D.C. Generator)

एक डी०सी० जनरेटर जिसका फील्ड वाइंडिंग या क्वाइल एक अलग या एक्सटर्नल डी०सी० सोर्स द्वारा इनर्जिज होता है, एक सेपरेटली एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर कहा जाता है। पोलों द्वारा उत्पन्न फ्लक्स पोलो को मैग्नेटिक पदार्थ के अनसेपरेटेड फील्ड के साथ फील्ड को कोरेंट पर निर्भर करता है। अर्थात् फ्लक्स सोधे फील्ड कोरेंट के समानुपाती होता है। लेकिन सेचुरेशन फील्ड में फ्लक्स कॉन्स्टेंट रहता है।



चित्र 2.28 सेपरेटली एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर

सेल्फ एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर का चित्र 2.28 में दिखाया गया है।

यहाँ, $I_a = I_L$
जहाँ I_a आर्मेचर करंट है और I_L लाइन करंट है।
टर्मिनल वोल्टेज के रूप में

$$V = E_g - I_a R_a \quad \dots(2.20)$$

यदि कॉन्टैक्ट ब्रश डॉप जात है, तो समीकरण (2.20) के रूप में लिखा जाता है

$$V = E_g - I_a R_a - 2V_b \quad \dots(2.21)$$

डेवलप पावर नीचे दिखाए गए समीकरण द्वारा दी गई है।

$$\text{पावर डेवलप} = E_g I_a \quad \dots(2.22)$$

$$\text{पावर आउटपुट} = V I_L = V I_a \quad \dots(2.23)$$

पावर आउटपुट ऊपर दिखाए गए समीकरण (2.23) द्वारा दिया गया है।

2.14.3 सेल्फ एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर (Self Excited D.C. Generator)

सेल्फ-एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर एक डिवाइस है, जिसमें करंट वाइंडिंग से करंट की सप्लाई जनरेटर द्वारा ही की जाती है। सेल्फ एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर में, फील्ड क्वाइल्स सीरीज में आर्मेचर के साथ समानांतर में जुड़ा हुआ है या यह आंशिक रूप से सीरीज में और आंशिक रूप से आर्मेचर वाइंडिंग के साथ समानांतर में जुड़ा हो सकता है।

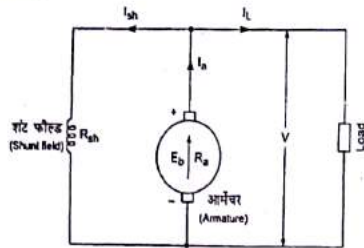
सेल्फ एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर को आगे वर्गीकृत किया गया है

2.14.3.1 शंट वाउण्ड डी०सी० जनरेटर (Shunt Wound Generator)

शंट फील्ड करंट के रूप में दिया जाता है—

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

जहाँ R_{sh} शंट फील्ड वाइंडिंग रजिस्टेंस है।



चित्र 2.29 शंट वाउण्ड डी०सी० जनरेटर

करंट फील्ड I_{sh} व्यावहारिक रूप से सभी लोडों पर स्थिर है। इसलिए, डी०सी० शंट मशीन को एक कॉन्स्टेंट फ्लक्स मशीन माना जाता है।

आर्मेचर करंट के रूप में दिया जाता है

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

टर्मिनल वोल्टेज नीचे दिखाए गए समीकरण द्वारा दिया गया है

$$V = E_g - I_a R_a$$

यदि ब्रश कॉन्टैक्ट डॉप शामिल है, तो टर्मिनल वोल्टेज का समीकरण बन जाता है

$$V = E_g - I_a R_a - 2V_b$$

$$\text{पावर डेवलप} = E_g I_a$$

$$\text{पावर आउटपुट} = V I_L$$

2.14.3.2 सीरीज वाउण्ड जनरेटर (Series Wound Generator)

सीरीज वाउण्ड जनरेटर फील्ड क्वाइल्स आर्मेचर वाइंडिंग के साथ सीरीज में जुड़े हुए हैं। सीरीज फील्ड वाइंडिंग आर्मेचर करंट को वहन करता है। सीरीज फील्ड वाइंडिंग में बड़े क्रॉस-सेक्शन क्षेत्रफल के मोटे वायर के कुछ टर्न होते हैं और कम रजिस्टेंस होता है जो आमतौर पर 1 ओहम से कम का होता है क्योंकि आर्मेचर करंट मान बहुत बड़ा होता है।

इसका कनेक्शन डायग्राम चित्र 2.30 में नीचे दिखाया गया है सीरीज फील्ड करंट के रूप में दिया जाता है

$$I_{se} = I_L = I_a$$

R_{se} को सीरीज फील्ड वाइंडिंग रजिस्टेंस के रूप में जाना जाता है।

टर्मिनल वोल्टेज के रूप में

$$V = E_g - I_a R_a - I_{se} R_{se}$$

$$V = E_g - I_a (R_a + R_{se})$$

यदि ब्रश संपर्क डॉप शामिल है, तो टर्मिनल वोल्टेज समीकरण के रूप में लिखा जाता है—

$$V = E_g - I_a (R_a + R_{se}) - 2V_b$$

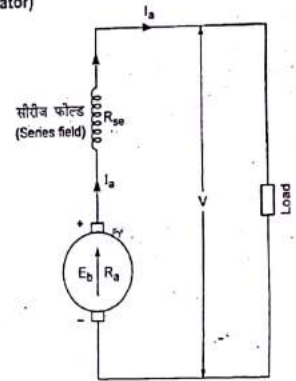
$$\text{पावर डेवलप} = E_g I_a$$

$$\text{पावर आउटपुट} = V I_L = V I_a$$

सीरीज फील्ड वाइंडिंग द्वारा डेवलप फ्लक्स इसके माध्यम से प्रवाहित होने वाली करंट के सीधे अनुपातिक है। लेकिन यह मैग्नेटिक सैचुरेशन से पहले केवल सच है सैचुरेशन फ्लक्स के बाद भी कॉन्स्टेंट हो जाता है, फले ही इसके माध्यम से करंट बढ़ रहा हो।

2.14.4. कंपाउंड वाउण्ड जनरेटर (Compound Wound Generator)

एक कंपाउंड वाउण्ड जनरेटर में प्रत्येक पोल पर फील्ड वाइंडिंग के दो सेट होते हैं। उनमें से एक मोटे वायर के कुछ टर्न वाले सीरीज में जुड़ा हुआ है और दूसरा समानांतर में आर्मेचर वाइंडिंग के साथ पतले वायर के कई टर्न से जुड़ा हुआ है। दूसरे शब्दों में, जनरेटर जिसमें शंट और सीरीज फील्ड दोनों होते हैं कंपाउंड वाउण्ड जनरेटर कहा जाता है।



चित्र 2.30 सीरीज वाउण्ड डी० सी० जनरेटर

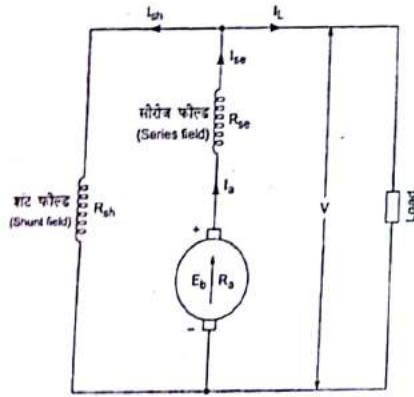
यदि सीरीज वाइंडिंग द्वारा निर्मित मैग्नेटिक फ्लक्स शंट वाइंडिंग द्वारा निर्मित फ्लक्स को सहायक करता है, तो मशीन को कम्प्यून्डेड कम्पाउंड कहा जाता है। यदि सीरीज फील्ड फ्लक्स शंट फील्ड फ्लक्स का विरोध करता है, तो मशीन को डिस्क्रिप्टिव कम्पाउंड कहा जाता है।

यह दो तरह से जुड़ा हुआ है। एक लॉन्ग शंट कम्पाउंड जेनरेटर है और दूसरा एक शॉर्ट शंट कम्पाउंड जेनरेटर है। यदि शंट फील्ड को केवल आर्मेचर के साथ समानांतर में जोड़ा जाता है तो मशीन को शॉर्ट कम्पाउंड जेनरेटर कहा जाता है। लंबे शंट फील्ड जेनरेटर में, शंट फील्ड को आर्मेचर के साथ सीरीज में जोड़ा जाता है। नीचे दिए गए विवरणों में दो प्रकार के जेनरेटर की चर्चा की गई है।

- लॉन्ग शंट कम्पाउंड जेनरेटर
- शॉर्ट शंट कम्पाउंड जेनरेटर

2.14.4.1. लॉन्ग शंट कम्पाउंड वाइंड जेनरेटर (Long Shunt Compound Wound Generator)

एक लॉन्ग शंट कम्पाउंड जेनरेटर में, शंट फील्ड वाइंडिंग आर्मेचर और सीरीज फील्ड वाइंडिंग दोनों के साथ समानांतर है। लॉन्ग शंट कम्पाउंड जेनरेटर का कनेक्शन आरेख नीचे दिखाया गया है।



चित्र 2.31 लॉन्ग शंट कम्पाउंड जेनरेटर

शंट फील्ड करंट के रूप में

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

सीरीज फील्ड करंट के रूप में

$$V = E_g - I_a(R_a + R_{se})$$

टर्मिनल वोल्टेज के रूप में

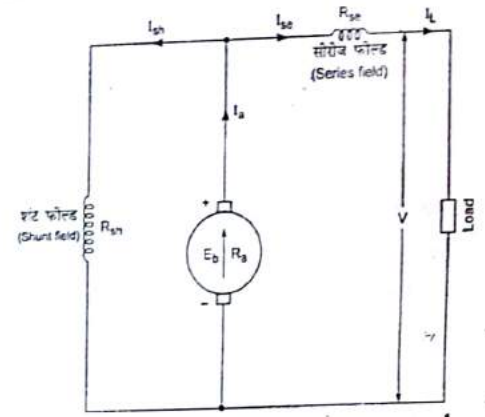
$$V = E_g - I_a(R_a + R_{se}) - 2V_b$$

$$\text{पॉवर डेवलप} = E_g I_a$$

$$\text{पॉवर आउटपुट} = VI_L$$

2.14.4.2. शॉर्ट शंट कम्पाउंड वाइंड जेनरेटर (Short Shunt Compound Wound Generator)

एक शॉर्ट शंट कम्पाउंड वाइंड जेनरेटर में, शंट फील्ड वाइंडिंग केवल आर्मेचर वाइंडिंग के साथ समानांतर में जुड़ा हुआ है। शॉर्ट शंट कम्पाउंड जेनरेटर का कनेक्शन डायग्राम नीचे दिखाया गया है।



चित्र 2.32 शॉर्ट शंट कम्पाउंड जेनरेटर

सीरीज फील्ड करंट के रूप में

$$I_{se} = I_L$$

शंट फील्ड करंट के रूप में

$$I_{sh} = \frac{V + I_L R_{se}}{R_{sh}} = \frac{E_g - I_a R_a}{R_{sh}}$$

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

टर्मिनल वोल्टेज के रूप में

$$V = E_g - I_a R_a - I_L R_{se}$$

यदि ब्रुश कॉन्टैक्ट ड्रॉप शामिल है, तो टर्मिनल वोल्टेज समीकरण के रूप में लिखा जाता है

$$V = E_g - I_a R_a - I_L R_{se} - 2V_b$$

$$\text{पॉवर डेवलप} = E_g I_a$$

$$\text{पॉवर आउटपुट} = VI_L$$

इस प्रकार के डी०सी० जनरेटर में शंट द्वारा और साथ ही सीरीज वाइंडिंग द्वारा फील्ड को उत्पन्न किया जाता है। शंट फील्ड सीरीज फील्ड की तुलना में अधिक मजबूत है। यदि सीरीज वाइंडिंग द्वारा उत्पादित मैग्नेटिक फ्लक्स, शंट फील्ड वाइंडिंग द्वारा निर्मित फ्लक्स को सहायता करता है तो जनरेटर को कम्प्यूलेटिव कंपाउंड जनरेटर कहा जाता है। यदि सीरीज फील्ड फ्लक्स शंट फील्ड फ्लक्स का विरोध करता है तो जनरेटर को डिफ़ीसियल कंपाउंड कहा जाता है।

2.15. एक डी०सी० जनरेटर में आर्मेचर रिएक्शन (Armature Reaction in a D.C. Generator)

आर्मेचर रिएक्शन में फील्ड पर आर्मेचर फील्ड के प्रभाव को दर्शाती है। दूसरे शब्दों में, आर्मेचर रिएक्शन में फील्ड फ्लक्स पर आर्मेचर फ्लक्स के प्रभाव को प्रदर्शित करती है। आर्मेचर फील्ड का निर्माण आर्मेचर कंडक्टरों द्वारा किया जाता है जब इनके माध्यम से कोरंट प्रवाहित होता है। और मेन फील्ड मैग्नेटिक पोलों द्वारा निर्मित होता है।

आर्मेचर फ्लक्स में फील्ड फ्लक्स पर दो प्रभावों का कारण बनता है।

1. आर्मेचर रिएक्शन में मेन फील्ड फ्लक्स को डिस्टोर्ड कर दिया
2. यह मेन फील्ड फ्लक्स की मैग्नीट्यूड को कम करता है।

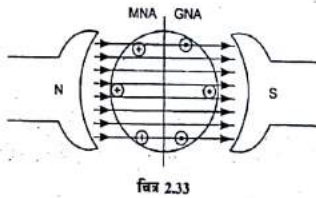
दिए गए चित्र 2.33 पर विचार करें दो पोल डी०सी० जनरेटर दिखाता है। जब कोई लोड जनरेटर से जुड़ा नहीं होता है, तो आर्मेचर कोरंट शून्य हो जाता है। इस स्थिति में, जनरेटर में केवल मुख्य पोल का MMF उपलब्ध है। MMF फ्लक्स मैग्नेटिक अक्ष के साथ समान रूप से वितरित किया जाता है। मैग्नेटिक अक्ष का अर्थ उत्तरी और दक्षिणी पोल के बीच केंद्र रेखा है। नीचे दिये गये चित्र में तौर मैग्नेटिक फ्लक्स ϕ_M की दिशा को दर्शाता है। मैग्नेटिक न्यूट्रल अक्ष या प्लेन मैग्नेटिक फ्लक्स के अक्ष के लंबवत है।

MNA ज्योमेट्रिकल न्यूट्रल अक्ष (GNA) के साथ मेल खाता है डी०सी० मशीन के ब्रश हमेशा इस अक्ष में रखे जाते हैं, और इसलिए इस अक्ष को कम्प्यूटेशन का अक्ष कहा जाता है।

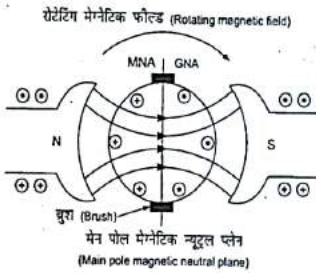
उस स्थिति पर विचार करें जिसमें केवल आर्मेचर कंडक्टर कोरंट ले जाए और कोई कोरंट उनके मुख्य पोलों से न प्रवाहित हो। कोरंट की दिशा सभी कंडक्टरों में समान रहती है जो एक पोल के नीचे होती है। कंडक्टर में कोरंट की दिशा फ्लेमिंग दाहिने हाथ के नियम द्वारा दी गई है। और कंडक्टरों में फ्लक्स की दिशा कॉर्क-स्क्रू नियम द्वारा दी गई है।

आर्मेचर कंडक्टर के बाईं ओर कोरंट की दिशा कागज में जाती है (सर्कल के अंदर क्रॉस द्वारा दर्शाया गया है)। आर्मेचर कंडक्टर अपने MMF को नीचे की दिशा में आर्मेचर के माध्यम से फ्लक्स बनाने के लिए जोड़ते हैं।

इसी तरह दाहिने हाथ के कंडक्टर कोरंट ले जाते हैं और उनकी दिशा कागज से बाहर जाती है (सर्कल के अंदर डॉट द्वारा दर्शाया गया है)। दाएं हाथ के कंडक्टर भी नीचे की दिशा में फ्लक्स उत्पन्न करने के लिए अपने MMF का



चित्र 2.33



चित्र 2.34

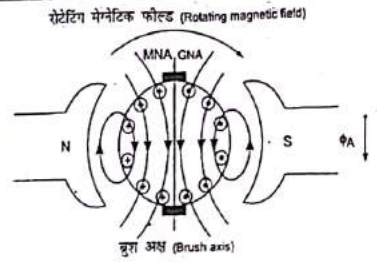
संयोजन कर रहे हैं। इसलिए दोनों तरफ के कंडक्टर अपने MMF को इस तरह से जोड़ते हैं ताकि उनका फ्लक्स नीचे की दिशा में चला जाए। आर्मेचर कंडक्टर में फ्लक्स ϕ_A इंड्यूज करता है जिसे चित्र में 2.35 में दिखाया गया है।

नीचे दिया गया चित्र 2.36 उस स्थिति को दर्शाता है जिसमें फील्ड कोरंट और आर्मेचर कोरंट एक साथ कंडक्टर पर कार्य कर रहे हैं।

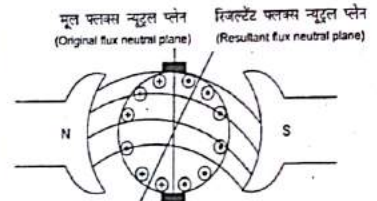
यह तब होता है जब मशीन में दो फ्लक्स हैं, यानी आर्मेचर फ्लक्स और फील्ड पोल फ्लक्स। आर्मेचर फ्लक्स को आर्मेचर कंडक्टरों में कोरंट इंड्यूज द्वारा निर्मित किया जाता है, जबकि मेन फील्ड अक्ष के कारण फील्ड पोल फ्लक्स इंड्यूज होता है। ये दो फ्लक्स संयोजित होते हैं और परिणामी फ्लक्स ϕ_R देते हैं जैसा कि ऊपर दिए गए चित्र 2.36 में दिखाया गया है।

जब फील्ड फ्लक्स आर्मेचर में प्रवेश करता है, तो वे डिस्टोर्ड हो सकते हैं। डिस्टॉर्शन N-पोल के ऊपरी पोल टिप और दक्षिणी पोल के निचले पोल टिप में फ्लक्स घनत्व को बढ़ाता है। इसी तरह, उत्तरी पोल के निचले पोल सिरे और दक्षिणी पोल के ऊपरी पोल सिरे में फ्लक्स घनत्व कम हो जाता है।

जनरेटर में परिणामी फ्लक्स इंड्यूज जनरेटर के रोटेशन की दिशा में स्थानांतरित कर दिया जाता है। पोलों की मैग्नेटिक न्यूट्रल अक्ष हमेशा परिणामी फ्लक्स के अक्ष के लंबवत होती है। MNA को परिणामी फ्लक्स के साथ लगातार स्थानांतरित किया जाता है।



चित्र 2.35



चित्र 2.36

2.15.1. आर्मेचर रिएक्शन के इफ़ेक्ट (Effect of Armature Reaction)

- (i) आर्मेचर रिएक्शन फ्लक्स प्रति पोल के वैल्यू में कमी के कारण उत्पन्न EMF को कम कर देगा।
- (ii) दांती और पोल शू में आयरन लॉसेज फ्लक्स घनत्व के अधिकतम वैल्यू से निर्धारित होता है जिस पर ये कार्य करते हैं। मेन फील्ड फ्लक्स में विकृति के कारण लोड में अधिकतम घनत्व बिना किसी लोड के बढ़ जाता है। इस प्रकार लोड से अधिक आयरन लॉसेज पर देखे जाते हैं।
- (iii) इस प्रक्रिया के कारण इंटर फ्लक्स घनत्व की अधिकतम वैल्यू बढ़ जाता है। इससे लोड पर आसन्न कम्प्यूटर सेगमेंट के बीच अधिकतम वोल्टेज में वृद्धि होगी। यदि यह वोल्टेज 30V से अधिक है तो निकटवर्ती कम्प्यूटर सेगमेंटों के बीच स्पार्किंग हो सकती है।
- (iv) आर्मेचर रिएक्शन GNA से ब्रश अक्ष को स्थानांतरित करती है। इस प्रकार इंटरपोलर अक्ष में फ्लक्स घनत्व शून्य नहीं है, लेकिन कुछ मान है। इस प्रकार क्वाइल से गुजरने वाले एक इंड्यूज EMF होगा जो मूल दिशा में कोरंट को बनाए रखने की कोशिश करेगा। यह कम्प्यूटेशन को मुश्किल बना देगा और विलंबित कम्प्यूटेशन का कारण बनेगा।

2.15.2 आर्मेचर रिएक्शन के प्रभाव को कम करें (Reduce The Effects of Armature Reaction)

आर्मेचर रिएक्शन के प्रभाव को कम करने के लिए निम्न विधियों का उपयोग किया जाता है।

- आर्मेचर रिएक्शन में फोल्ड फ्लक्स में विकृति का कारण बनती है।
 - इसे कम किया जा सकता है यदि क्रॉस-मैग्नेटाइजिंग फोल्ड के पथ को रिलक्टेंस बढ़ा दिया जाए।
 - पोल टिप्प पर आर्मेचर के दांत और एयर गैप आर्मेचर फ्लक्स के प्रति रिलक्टेंस प्रदान करता है।
 - इस प्रकार एयर गैप की लंबाई बढ़ाने से आर्मेचर रिएक्शन इफैक्ट कम हो जाता है।
- यदि पोल टिप्प में रिलक्टेंस बढ़ा दिया जाए तो यह आर्मेचर रिएक्शन के विकृत प्रभाव को कम कर देगा।
 - विशेष निर्माण का उपयोग करके जिसमें लेमिनेशन के लॉडिंग व ट्रेलिंग पोल भाग को बारी-बारी से छोड़ा जाता है।
- कंपनसेटिंग वाइंडिंग के रिएक्शन से आर्मेचर रिएक्शन के प्रभाव को बेअसर किया जा सकता है।
 - इसे हमेशा आर्मेचर वाइंडिंग के साथ सीरीज में रखा जाता है।
 - पोल शू के तहत आर्मेचर एम्पीयर कंडक्टर वाइंडिंग एम्पीयर कंडक्टर को कंपनसेट के बराबर होना चाहिए जो आर्मेचर MMF को पूरी तरह से कंपनसेट करेगा।
- आर्मेचर रिएक्शन मैग्नेटिक न्यूट्रल अक्ष को स्थानांतरित करने का कारण बनती है।
 - इसलिए ब्रश अक्ष पर कुछ फ्लक्स घनत्व होगा जो क्वाइल के दौर से गुजरने वाले EMF का उत्पादन करता है।
 - इससे विलंबित कम्यूटेशन होगा।
 - इस प्रकार ब्रश अक्ष पर आर्मेचर रिएक्शन को बेअसर किया जाना चाहिए।
 - इसके लिए आर्मेचर MMF के बराबर और विपरीत MMF की आवश्यकता होती है।
 - इसे इंटरपोल द्वारा लागू किया जा सकता है जिसे मुख्य पोलो के बीच में ज्योमेट्रिकल न्यूट्रल अक्ष पर रखा जाता है।

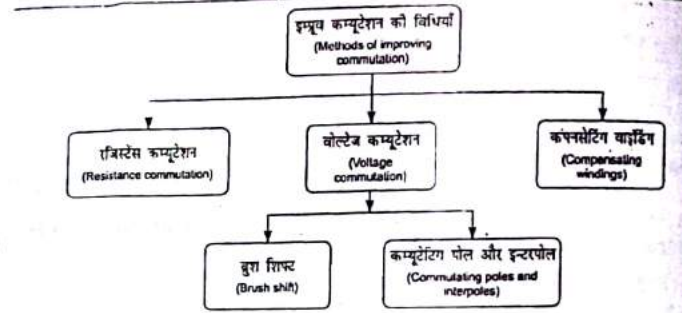
इन कठोरी विधियों में, डी०सी० मशीनों के बास्तविक में कंपनसेटिंग वाइंडिंग विधि सबसे लोकप्रिय होती है।

2.16. इंप्रूव कम्यूटेशन की विधियाँ (Methods of Improving Commutation)

कम्यूटेशन में इंप्रूव करने या sparkles प्राप्त करने के तीन मुख्य विधियाँ हैं, कम्यूटेशन रजिस्टेंस और वोल्टेज कम्यूटेशन और कंपनसेटिंग वाइंडिंग है। इसके अलावा, वोल्टेज कम्यूटेशन में एक और दो विधियाँ होती हैं, जो कि इंजेक्टेड वोल्टेज को उत्पन्न करने के लिए उपयोग किया जाता है, जिसका नाम कम्यूटिंग पोल या इंटरपोल और ब्रश शिफ्ट है।

इंप्रूव करने के निम्नलिखित विधियों को नीचे विस्तार से बताया गया है—

- रजिस्टेंस कम्यूटेशन
- वोल्टेज कम्यूटेशन
- ब्रश शिफ्ट
- पोल या इंटरपोल को कम्यूट करना
- कंपनसेटिंग वाइंडिंग



चित्र 2.37

2.16.1. रजिस्टेंस कम्यूटेशन (Resistance Commutation)

रजिस्टेंस कम्यूटेशन विधि कम्यूटेशन में सुधार के लिए कार्बन ब्रश का उपयोग करती है। कार्बन ब्रश का उपयोग कम्यूटेशन सेगमेंट और ब्रश के बीच सर्पक रजिस्टेंस को उच्च बनाता है। इस उच्च सर्पक रजिस्टेंस में शॉर्ट-सर्कुलेटेड क्वाइल में करंट को मजबूर करने के लिए कम्यूटेशन आवश्यकताओं के अनुसार परिवर्तन करने की प्रवृत्ति होती है।

2.16.2. वोल्टेज कम्यूटेशन (Voltage Commutation)

वोल्टेज कम्यूटेशन विधि में, कम्यूटेशन प्रक्रिया से गुजरने वाले क्वाइल में एक वोल्टेज को इंजेक्ट करने के लिए व्यवस्था की जाती है, जो रिएक्शन वोल्टेज को बेअसर करेगी। यह इंजेक्शन वोल्टेज रिएक्शन वोल्टेज के विरोध में है। यदि इंजेक्टेड वोल्टेज का मान रिएक्शन वोल्टेज के बराबर बनाया जाता है, तो शॉर्ट-सर्कुलेटेड क्वाइल में करंट का एक त्वरित रिवर्सल होगा और इसके परिणामस्वरूप स्पाकलेस कम्यूटेशन होगा।

रिएक्शन वोल्टेज के विरोध में इंजेक्टेड वोल्टेज को उत्पन्न करने के लिए प्रयोग की जाने वाली दो विधियाँ इस प्रकार हैं।

2.16.3. ब्रश शिफ्ट (Brush Shift)

आर्मेचर रिएक्शन का प्रभाव जनांतर के लिए रोटेशन की दिशा में और मोटर के लिए रोटेशन की दिशा के खिलाफ मैग्नेटिक न्यूट्रल अक्ष (MNA) को स्थानांतरित करना है। आर्मेचर रिएक्शन न्यूट्रल फोल्ड में एक फ्लक्स स्थापित करती है। कम्यूटेशन क्वाइल में एक छोटा वोल्टेज इंजेक्ट होता है क्योंकि यह फ्लक्स को काट रहा है।

2.16.4. पोल या इंटरपोल को कम्यूटिंग करना (Commutating Poles or Interpoles)

इंटरपोल, मेन पोलो के बीच में रखे जाने वाले छोटे पोल होते हैं और स्टेर से जुड़े होते हैं इंटरपोल को कम्यूटिंग पोल या कैम्पोल (Campoles) भी कहा जाता है। इंटरपोल पोलिंग आर्मेचर के माध्य सीरीज में जुड़े हुए हैं क्योंकि इंटरपोल को फ्लक्स को उत्पन्न करना चाहिए जो आर्मेचर करंट के सीधे समानुपाती है।

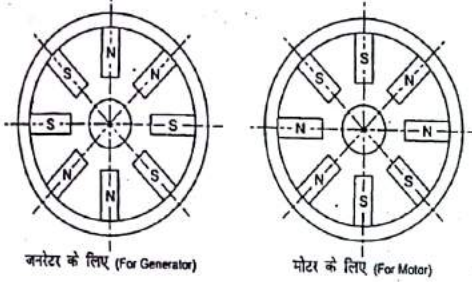
आर्मेचर और इंटरपोल MMF एक ही आर्मेचर करंट से एक साथ प्रभावित होते हैं। नतीजतन, कम्यूटिंग ज़ोन में आर्मेचर फ्लक्स, जो मैग्नेटिक न्यूट्रल अक्ष को स्थानांतरित करने के लिए जाता है, इंटरपोल फ्लक्स के एक उपयुक्त कंसेट द्वारा न्यूट्रल हो जाता है।

इंटरपोल को कम्यूटेशन से गुजरने वाले कंडक्टरों में एक वोल्टेज को इंड्यूस करना चाहिए जो कि न्यूट्रल प्लेन शिफ्ट और रिएक्शन वोल्टेज के कारण वोल्टेज के विपरीत है।

(i) एक जनरेटर के केस में (In Case of Generator)—न्यूट्रल प्लेन शिफ्ट रोटेसन की दिशा में है। इस प्रकार कम्यूटेशन से गुजरने वाले कंडक्टर, इंटरपोल की पोलैरिटी समान होनी चाहिए यानी रोटेसन की दिशा में अगले मेन पोल के समान। इस वोल्टेज का विरोध करने के लिए, इंटरपोल में विपरीत प्लक्स होना चाहिए, जो रोटेसन की दिशा के अनुसार आगे मेन पोल का प्लक्स है।

(ii) एक मोटर के केस में (In Case of Motor)—एक मोटर के लिए, न्यूट्रल प्लेन रोटेसन की दिशा के विपरीत बदलता है, और कम्यूटेशन से गुजरने वाले कंडक्टर में मेन पोल के समान प्लक्स होता है। इस वोल्टेज का विरोध करने के लिए, इंटरपोल में पिछले मेन पोल के समान पोलैरिटी, होना चाहिए। एक इंटरपोल और मेन पोल की पोलैरिटी, रोटेसन की दिशा में विपरीत है।

इंटरपोल के पोलैरिटी को नीचे दिए गए चित्र 2.38 में दिखाया गया है।



चित्र 2.38

इंटरपोल केवल अच्छे प्लक्स को सुनिश्चित करने के लिए पर्याप्त प्लक्स प्रदान करने के लिए सेवा करते हैं। ये आर्मेचर के ब्रॉस-मैग्नेटाइजिंग MMF से उत्पन्न प्लक्स की विकृति को दूर नहीं करते हैं। गंभीर ओवरलोड या तेजी से बदलते लोड के दौरान, आसन्न कम्यूटेटर सेगमेंटों के बीच वोल्टेज बहुत अधिक हो सकता है। यह कम्यूटेटर के चारों ओर एयर को इस हद तक आयतित करता है कि वह पर्याप्त रूप से कंडक्टिव हो जाता है। बुरा से बुरा तक एक आर्क स्थापित किया जाता है। इस घटना को फ्लैशओवर के रूप में जाना जाता है।

यह आर्क कम्यूटेटर सेगमेंटों को पिघलाने के लिए पर्याप्त रूप से गर्म होती है। इसे जल्दी से बुझाया जाना चाहिए। फ्लैशओवर को रोकने के लिए, कंपनसेटिंग वाइंडिंग का उपयोग किया जाता है।

2.16.5. कंपनसेटिंग वाइंडिंग (Compensating Windings)

आर्मेचर MMF को संतुलित करके आर्मेचर रिएक्शन और फ्लैशओवर की समस्या को समाप्त करने का सबसे अच्छा तरीका कंपनसेटिंग वाइंडिंग है। रोटर कंडक्टर के समानांतर पोल फेस में प्रदान किए गए स्लॉट में वाइंडिंग रखी गई है। ये वाइंडिंग आर्मेचर वाइंडिंग के साथ सीरीज में जुड़े हुए हैं।

कंपनसेटिंग वाइंडिंग में कोटों की दिशा पोलैरिटी फेसों के ठीक नीचे आर्मेचर वाइंडिंग में होनी चाहिए। इस प्रकार कंपनसेटिंग वाइंडिंग MMF को उत्पन्न करता है जो आर्मेचर MMF के बराबर और विपरीत होता है। कंपनसेटिंग वाइंडिंग आर्मेचर कंडक्टरों द्वारा निर्मित आर्मेचर प्लक्स को विघटित या बेअसर करता है। प्रति पोल प्लक्स तब आर्मेचर प्लक्स द्वारा लोड सिग्नलों को परावर्तित किए बिना undisturbed है।

कंपनसेटिंग वाइंडिंग के साथ बड़ी कमी यह है, कि ये बहुत महंगे हैं। कंपनसेटिंग वाइंडिंग का प्राथमिक उपयोग विशेष मामलों में है, जैसा कि नीचे दिया गया है—

- भारी ओवरलोड या फ्लिंग के अधीन बड़ी मशीन में
- छोटी मोटरों में अचानक विपरीत और उच्च त्वरण के अधीन

2.17. डी०सी० जनरेटर के अभिलक्षण (Characteristic of D.C. Generator)

2.17.1 ओपन सर्किट अभिलक्षण (O.C.C) (E_0/I_f) (Open Circuit Characteristic)

ओपन सर्किट अभिलक्षण को मैग्नेटिक अभिलक्षण या नो-लोड सैचुरेशन अभिलक्षण के रूप में भी जाना जाता है। यह अभिलक्षण बिना किसी लोड (E_0) पर उत्पन्न EMF और दिए गए निश्चित गति से फील्ड करंट (I_f) के बीच के संबंध को दर्शाती है। O.C.C. कर्व सिर्फ मैग्नेटाइजेशन कर्व है और यह सभी प्रकार के जनरेटर के लिए प्रैक्टिकल रूप से समान है। डेटा के लिए O.C.C. कर्व बिना किसी लोड के जनरेटर को ऑपरेट करने और एक कॉन्स्टेंट स्पीड रखने के द्वारा प्राप्त किया जाता है। फील्ड करंट को धीरे-धीरे बढ़ाया जाता है और इसी टर्मिनल वोल्टेज को रिकॉर्ड किया जाता है। O.C.C प्राप्त करने के लिए कनेक्शन की व्यवस्था कर्व नीचे दिए गए चित्र 2.39 में दिखायी गयी है। शंट या सीरीज एक्साइटेड जनरेटर के लिए फील्ड वाइंडिंग को मशीन से काट दिया जाता है और बाहरी आपूर्ति से जोड़ा जाता है।

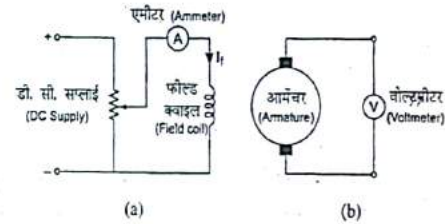
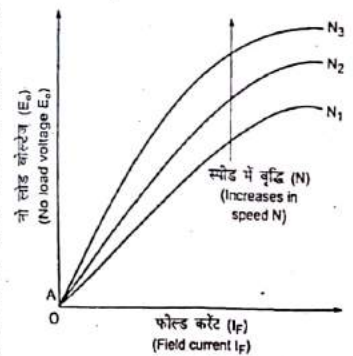


Fig. 2.39

अब, D.C. जनरेटर के EMF समीकरण से, हम जानते हैं कि $E_g = k\phi$ इसलिए, उत्पन्न EMF सीधे फील्ड प्लक्स के लिए समानुपाती होना चाहिए (और इसलिए सीधे फील्ड के लिए समानुपाती भी)। हालाँकि, फील्ड के शून्य होने पर भी EMF को कुछ मात्रा उत्पन्न होती है (दिए गए चित्र 2.40 में OA द्वारा दर्शाया गया है)। यह शुरू में इंड्यूस्ड EMF इस तथ्य के कारण है कि फील्ड के पोलो में कुछ रेजिडुअल मैग्नेटिज्म उपलब्ध है। रेजिडुअल मैग्नेटिज्म के कारण आर्मेचर में एक छोटा इनिशियल EMF इंड्यूस होता है। यह इनिशियल इंड्यूस्ड EMF उपलब्ध रेजिडुअल प्लक्स को सहायता करता है और इसलिए ओवर ऑल फील्ड प्लक्स को बढ़ाता है। इसके परिणामस्वरूप इंड्यूस्ड EMF बढ़ता है। इस प्रकार O.C.C. एक सीधी रेखा का अनुसरण करता है। हालाँकि, जैसे-जैसे प्लक्स घनत्व बढ़ता है, पोल सेचुरेटेड हो जाते हैं और ϕ प्रैक्टिकली कॉन्स्टेंट हो जाता है। इस प्रकार, यहां

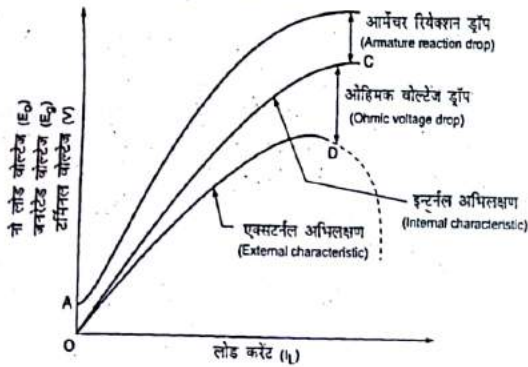


चित्र 2.40 ओपन परिपथ विशेषता

कम किया जा सकता है, जिसके बाद टर्मिनल वोल्टेज बहुत अधिक आर्मेचर करंट पर अत्यधिक आर्मेचर रिएक्शन के कारण कम हो जाता है और $1/2R$ लॉस में वृद्धि होती है। इसलिए, इस सीमा से परे लोड करंट घटने में लोड रजिस्टर्स परिणामों में और कमी होती है। नतीजतन, एक्सटर्नल अभिलक्षण कर्व के चित्र 2.43 में बिंदीदार रेखा द्वारा दिखाए गए अनुसार वापस मुड़ जाती है।

2.17.6. डी०सी० सीरीज जनरेटर के अभिलक्षण (Characteristics of D.C. Series Generator)

चित्र 2.44 की आकृति में कर्व AB ओपन सर्किट विशेषता (O.C.C.) कर्व के समान है। इसका कारण यह है कि डी०सी० सीरीज जनरेटर फील्ड वाइंडिंग, आर्मेचर और लोड के साथ सीरीज में जुड़ा हुआ है। इसलिए, यहां लोड करंट फील्ड करंट (अर्थात् $I_L = I_a$) के समान है। कर्व OC और OD क्रमशः इंटर्नल और एक्सटर्नल अभिलक्षण को प्रदर्शित करते हैं। एक डी०सी० सीरीज जनरेटर में, लोड करंट के साथ टर्मिनल वोल्टेज बढ़ता है। ऐसा इसलिए है, क्योंकि लोड करंट बढ़ने पर फील्ड करंट भी बढ़ता है। हालांकि, एक निश्चित सीमा से परे, टर्मिनल वोल्टेज लोड में वृद्धि के साथ कम होने लगता है। यह आर्मेचर रिएक्शन के अत्यधिक डिमैग्निटाइजिंग प्रभावों के कारण होता है।



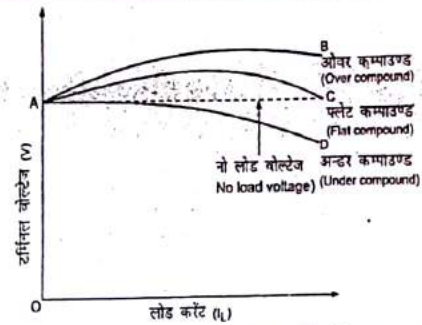
चित्र 2.44 DC श्रृंखला जनरेटर के अभिलक्षण (Characteristics of DC Series Generator)

2.17.7. डी०सी० कंपाउंड जनरेटर के अभिलक्षण (Characteristics of D.C. Compound Generator)

चित्र 2.45 डी०सी० कंपाउंड जनरेटर को एक्सटर्नल अभिलक्षणों को दर्शाता है। यदि सीरीज वाइंडिंग एम्पियर टर्न को समायोजित किया जाता है, ताकि टर्मिनल वोल्टेज में लोड करंट कारणों में वृद्धि हो तो जनरेटर को कंपाउंड कहा जाता है। कंपाउंड जनरेटर की एक्सटर्नल अभिलक्षण उपरोक्त आकृति में कर्व AB द्वारा दिखाई जाती है।

यदि सीरीज वाइंडिंग एम्पियर टर्न समायोजित किए जाते हैं तो टर्मिनल वोल्टेज स्थिर रहता है यहां तक कि लोड करंट बढ़ जाता है फिर जनरेटर को फ्लैट कंपाउंड कहा जाता है। एक फ्लैट कंपाउंड जनरेटर के लिए एक्सटर्नल अभिलक्षण कर्व AC द्वारा दिखाया गया है।

यदि सीरीज वाइंडिंग में टर्न की संख्या कम होती है तो इसकी तुलना ओवर कंपाउंड करने की आवश्यकता होगी तो जनरेटर को ओवर कंपाउंड किया जाना कहा जाता है। एक ओवर कंपाउंड जनरेटर के लिए एक्सटर्नल अभिलक्षण को कर्व AD द्वारा दिखाया गया है।



चित्र 2.45 DC कंपाउंड जनरेटर के एक्सटर्नल अभिलक्षण (External Characteristics of DC Compound Generator)

2.18. डी०सी० मोटर के अभिलक्षण (Characteristics of DC Motors)

2.18.1. डी०सी० सीरीज मोटर्स की अभिलक्षण (Characteristics of D.C. Series Motors)

2.18.1.1. टॉर्क vs आर्मेचर करंट ($T_a - I_a$) (Torque vs Armature Current)

इस अभिलक्षण को इलेक्ट्रिकल अभिलक्षण के रूप में भी जाना जाता है। हम जानते हैं कि टॉर्क सीधे आर्मेचर करंट और फील्ड फ्लक्स के गुणनफल के लिए समानुपाती है, $T_a \propto \phi I_a$ । डी०सी० सीरीज मोटर्स, फील्ड वाइंडिंग को आर्मेचर के साथ सीरीज में जोड़ा जाता है अर्थात् $I_a = I_f$, इसलिए फ्लक्स ϕ सीधे आर्मेचर करंट I_a के समानुपाती, फील्ड के मैग्नेटिक सैचुरेशन से पहले होती है। अतः मैग्नेटिक सैचुरेशन से पहले $T_a \propto I_a^2$ । इसलिए, आर्मेचर करंट I_a की छोटी वैल्यू के लिए कर्व $T_a - I_a$ परवलय है।

मैग्नेटिक सैचुरेशन के बाद, फील्ड पोत, फ्लक्स ϕ आर्मेचर करंट I_a से स्वतंत्र है। इसलिए टॉर्क समानुपाती के रूप में केवल I_a में बदलता है, $T \propto I_a$ । इसलिए मैग्नेटिक सैचुरेशन के बाद $T_a - I_a$ कर्व एक सीधी रेखा बन जाती है। शॉर्ट टॉर्क (T_{sh}) स्ट्रेट लाइन के कारण आर्मेचर टॉर्क (T_a) से कम है। इसलिए कर्व T_{sh} vs I_a थोड़ा कम है।

डी०सी० सीरीज मोटर्स में (मैग्नेटिक सैचुरेशन से पहले) टॉर्क आर्मेचर करंट के वर्ग के रूप में बढ़ जाती है इन मोटर्स का उपयोग किया जाता है जहां हाई स्टार्टिंग टॉर्क की आवश्यकता होती है।

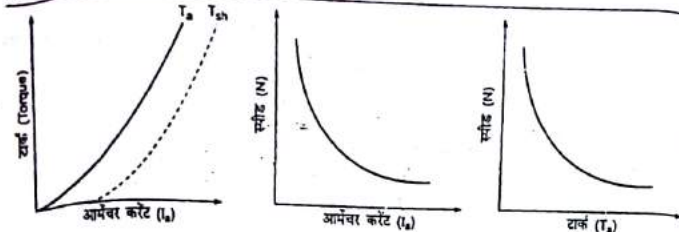
2.18.1.2. स्पीड vs आर्मेचर करंट ($N - I_a$) (Speed vs Armature Current ($N - I_a$))

हम जानते हैं कि EMF में परिवर्तन छोटी लोड करंट (आर्मेचर करंट) के लिए होती है और यह नगण्य लिया जा सकता है। इसलिए छोटी करंटों के लिए स्पीड ϕ के व्युत्क्रमानुपाती है। जैसा कि हम जानते हैं फ्लक्स I_a के सीधे समानुपाती है गति I_a की व्युत्क्रमानुपाती है। इसलिए जब आर्मेचर करंट बहुत छोटी होती है तो स्पीड खतरनाक रूप से अधिक हो जाती है। यही कारण है कि एक सीरीज मोटर को कुछ मैकेनिकल लोड के बिना कभी भी स्टार्ट नहीं किया जाना चाहिए।

लेकिन हेवी लोड पर आर्मेचर करंट I_a बढ़ी होती है। और इसलिए स्पीड कम होती है, जिसके परिणामस्वरूप EMF E_b में कमी आ जाती है। E_b कम होने के कारण अधिक आर्मेचर करंट की अनुमति होती है।

2.18.1.3. स्पीड vs टॉर्क ($N - T_a$) (Speed Vs Torque ($N - T_a$))

इस अभिलक्षण को मैकेनिकल अभिलक्षण भी कहा जाता है। डी०सी० सीरीज मोटर की दो अभिलक्षणों से, यह पाया जा सकता है कि जब स्पीड अधिक होती है, तो टॉर्क कम होता है और यदि स्पीड कम होती है, तो टॉर्क अधिक होता है।



चित्र 2.46 डी० सी० शंट मोटर्स (Characteristics of D.C. Shunt Motors)

2.18.2. डी० सी० शंट मोटर्स के अभिलक्षण (Characteristics of D.C. Shunt Motors)

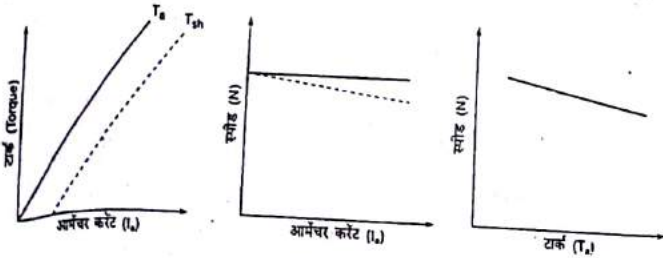
2.18.2.1. टॉर्क vs. आर्मेचर करंट (Torque Armature Current) [$T_a - I_a$]

डी० सी० शंट मोटर्स के केस में, हम फ्लड फ्लक्स ϕ को स्थिर मान सकते हैं। हालांकि हैवी लोड आर्मेचर रिएक्शन बढ़ने के कारण थोड़ा घटा में ϕ घट जाती है। जैसा कि हम फ्लक्स में परिवर्तन को नगण्य मानते हैं। हम कह सकते हैं, कि टॉर्क आर्मेचर करंट के समानुपाती है। इसलिए डी० सी० शंट मोटर के लिए अभिलक्षण T_a / I_a मूल बिन्दु के माध्यम से एक सीधी रेखा होगी।

चूँकि हैवी स्टार्टिंग लोड को हैवी स्टार्टिंग करंट की आवश्यकता होती है, शंट मोटर को कभी भी हैवी लोड पर स्टार्ट नहीं करना चाहिए।

2.18.2.2. स्पीड vs. आर्मेचर करंट ($N - I_a$) (Speed vs. Armature Current ($N - I_a$))

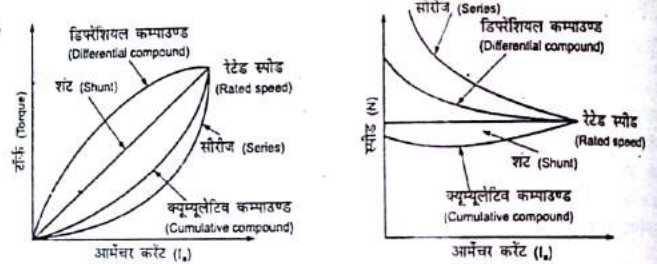
जैसा कि फ्लक्स ϕ को स्थिर माना जाता है तो हम कह सकते हैं कि $N \propto E_b$ लेकिन जैसा कि बैक EMF भी लगभग स्थिर है तो स्पीड स्थिर होनी चाहिए। लेकिन व्यावहारिक रूप से फ्लक्स ϕ और साथ ही E_b लोड में वृद्धि के साथ घट जाती है। बैक EMF E_b की तुलना में ϕ थोड़ा कम हो जाता है। इसलिए स्पीड थोड़ा कम हो जाती है। आमतौर पर फुल लोड स्पीड के केवल 5 से 15% को स्पीड कम हो जाती है। इसलिए एक शंट मोटर को कॉन्स्टेंट स्पीड माना जा सकता है। निम्नलिखित चित्र 2.47 में स्पीड vs आर्मेचर करंट अभिलक्षण में सीधी क्षैतिज रेखा आदर्श अभिलक्षण को प्रदर्शित करती है और वास्तविक अभिलक्षण बिंदोदार रेखा द्वारा दिखाई जाती है।



चित्र 2.47

2.18.3. डी० सी० कंपाउंड मोटर के अभिलक्षण (Characteristics of DC Shunt Motor)

डी० सी० कंपाउंड मोटर्स में दोनों सीरीज के साथ-साथ शंट वाइंडिंग भी है। एक कंपाउंड मोटर में, यदि सीरीज और शंट वाइंडिंग ऐसे जुड़े होते हैं कि सीरीज फ्लक्स दिशा में होती है जैसे कि शंट फ्लक्स तब मोटर को क्यूमुलेटिव कंपाउंड कहा जाता है। और यदि सीरीज फ्लक्स शंट फ्लक्स की दिशा के विपरीत है, तो मोटर को डिफरेंशियल कंपाउंड कहा जाता है। इन दोनों कंपाउंड मोटर्स के अभिलक्षण नीचे दिए गए हैं।



चित्र 2.48 DC कंपाउंड मोटर के अभिलक्षण (Characteristics of DC Compound Motor)

2.18.3.1. क्यूमुलेटिव कंपाउंड मोटर (Cumulative Compound Motor)

क्यूमुलेटिव कंपाउंड मोटर्स का उपयोग वहां किया जाता है, जहां सीरीज अभिलक्षण की आवश्यकता होती है लेकिन लोड पूरी तरह से हटाए जाने को संभावना हो। सीरीज वाइंडिंग हैवी लोड का ध्यान रखती है जबकि शंट वाइंडिंग मोटर को खतरनाक हाई स्पीड पर चलने से रोकती है। जब लोड अचानक हटा दिया जाता है। इन मोटर्स ने आमतौर पर एक फ्लायव्हील लगाया जाता है जहां रोलिंग मिलों की तरह अचानक और अस्थायी लोड लगाए जाते हैं।

2.18.3.2. डिफरेंशियल कंपाउंड मोटर (Differential Compound Motor)

चूँकि डिफरेंशियल फ्लड मोटर्स में सीरीज फ्लक्स शंट फ्लक्स का विरोध करता है। कुल फ्लक्स लोड में वृद्धि के साथ घटता है। इनके कारण स्पीड लगभग स्थिर रहती है या यहां तक कि लोड में वृद्धि ($N \propto E_b / \phi$) के साथ थोड़ा बढ़ सकता है। डिफरेंशियल कंपाउंड मोटर्स का आमतौर पर उपयोग नहीं किया जाता है, लेकिन ये प्रायोगिक और अनुसंधान कार्यों में सीमित अनुप्रयोग पाते हैं।

2.19. एक डी० सी० मोटर के कंट्रोल की विधियां

(Speed Control Methods of a D.C. Motor)

एक डी० सी० मोटर की स्पीड अलग-अलग फ्लक्स, आर्मेचर रजिस्टेंस या एप्टाई वोल्टेज से भिन्न हो सकती है। विभिन्न डी० सी० शंट और सीरीज विधियों के लिए विभिन्न स्पीड कंट्रोल विधियां हैं।

2.19.1 शंट मोटर्स का स्पीड कंट्रोल (Speed Control of Shunt Motors)

2.19.1.1. फ्लक्स कंट्रोल विधि (Flux Control Method)

इस फ्लक्स कंट्रोल विधि में मोटर की स्पीड फ्लक्स के व्युत्क्रमानुपाती होती है। इस प्रकार फ्लक्स में कमी से इसकी स्पीड को बढ़ाया जा सकता है और फ्लक्स में वृद्धि से इसकी स्पीड को घटाया जा सकता है। फ्लक्स को कंट्रोल करने के

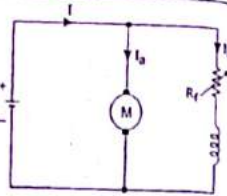
लिए रिओस्टेट को सीरीज में जोड़ा जाता है जिससे फील्ड वाइडिंग स्पीड (N) बढ़ेगी, क्योंकि इससे फ्लक्स कम हो जाएगा तो फील्ड का फ्लक्स अपेक्षाकृत छोटा है और इसलिए E_b तब कम हो जाता है। यह विधि काफी कुशल है।

2.19.1.2. आर्मेचर कंट्रोल विधि (Armature Control Method)

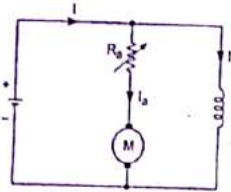
आर्मेचर कंट्रोल विधि में डी०सी० मोटर को स्पीड सीधे बैक EMF (E_b) और $E_b = V - I_a R_a$ के समानुपाती होती है। जब सप्लाय वोल्टेज (V) और आर्मेचर रेजिस्टेंस R_a को कांस्टेंट रखा जाता है। तो स्पीड सीधे आर्मेचर करंट (I_a) के समानुपाती होती है। यदि हम आर्मेचर के साथ सीरीज में रेजिस्टेंस जोड़ते हैं, तो आर्मेचर करंट (I_a) कम हो जाता है और इसलिए स्पीड कम हो जाती है।

यह आर्मेचर कंट्रोल विधि इस तथ्य पर आधारित है कि वोल्टेज को अव्यक्त वोल्टेज में भिन्न करके, मोटर की बैक EMF (E_b) और स्पीड को बदल जा सकता है। यह विधि आर्मेचर के साथ सीरीज में चर रेजिस्टेंस (R_c) को सम्मिलित करके की जाती है।

आर्मेचर कंट्रोल विधि का मूल समीकरण, N सीधे $V - I_a (R_a + R_c)$ का समानुपाती है जहाँ R_c कंट्रोल रेजिस्टेंस, R_a आर्मेचर रेजिस्टेंस है। कंट्रोल रेजिस्टेंस में वोल्टेज के कारण बैक EMF कम हो जाता है। चूँकि N, E_b के सीधे समानुपाती है।



चित्र 2.49 फ्लक्स कंट्रोल विधि



चित्र 2.50 आर्मेचर कंट्रोल विधि

2.19.2. डी०सी० मोटर की वोल्टेज कंट्रोल विधि (Voltage Control Method of D.C. Motor)

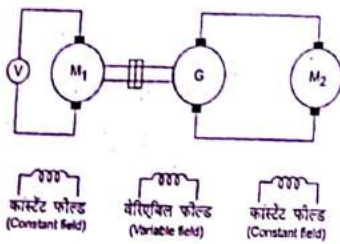
2.19.2.1. मल्टीपल वोल्टेज कंट्रोल (Multiple Voltage Control)

इस सिस्टम में ग्रेट फील्ड एक निश्चित एक्ससाइटेड वोल्टेज से जुड़ा हुआ है। आर्मेचर को विभिन्न वोल्टेज के साथ सप्लाय दी जाती है। इसलिए उपयुक्त स्विचिंगयर डिवाइसेज को मदद से आर्मेचर के एक्सस वोल्टेज को बदल दिया जाता है। आर्मेचर स्पीड आर्मेचर के एक्सस वोल्टेज के लगभग समानुपाती है।

2.19.2.2. वार्ड-लियोनार्ड सिस्टम (Ward-Leonard System)

इस वार्ड-लियोनार्ड सिस्टम का उपयोग वहाँ किया जाता है जहाँ मोटर के बहुत सेसेटिव स्पीड कंट्रोल की आवश्यकता होती है (जैसे इलेक्ट्रिक उखान, लिफ्ट, आदि)। इस सिस्टम को व्यवस्था दिखाए गए चित्र 2.51 के अनुसार होती है।

M_2 मोटर यह जनरेटर की स्पीड कंट्रोल करती है। M_1 कांस्टेंट स्पीड के साथ कोई ए.सी. मोटर या डी०सी० मोटर हो सकता है। जनरेटर G, M_1 से सीधे जुड़ा हुआ है। इस विधि में जनरेटर G से आउटपुट को मोटर M_2 को आर्मेचर को फीड किया जाता है जिसकी स्पीड को कंट्रोल किया जाता है। जनरेटर आउटपुट वोल्टेज को मोटर M_2 से जोड़ा जा सकता है और यह जोरी से इसके अधिकतम मान तक भिन्न हो सकता है, और इसलिए मोटर M_2 का आर्मेचर वोल्टेज बहुत आसानी से वैरी करता है। अतः इस विधि द्वारा मोटर बहुत सूक्ष्म स्पीड कंट्रोल प्राप्त कर सकती है।

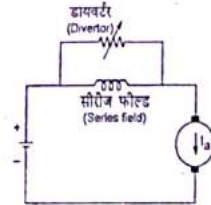


चित्र 2.51 वार्ड-लियोनार्ड सिस्टम

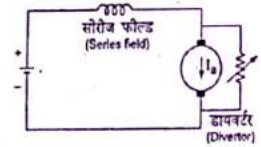
2.19.3. सीरीज मोटर की स्पीड कंट्रोल (Speed Control Of Series Motor)

2.19.3.1. फ्लक्स कंट्रोल विधि (Flux Control Method)

फील्ड डायवर्टर (Field Diverter)—एक रिओस्टेट सीरीज फील्ड के समानांतर जुड़ा हुआ है जैसा कि चित्र 2.52(a) में दिखाया गया है। इस वैरिएबल रेजिस्टर को डायवर्टर के रूप में भी कहा जाता है क्योंकि इस रेजिस्टर के माध्यम से करंट के वांछित मान को डायवर्टर किया जा सकता है और इसलिए फील्ड क्वाइल के माध्यम से करंट को कम किया जा सकता है। इसलिए फ्लक्स को वांछित मात्रा में घटाया जा सकता है और स्पीड (N) को बढ़ाया जा सकता है।



(a) फील्ड डायवर्टर (Field diverter)



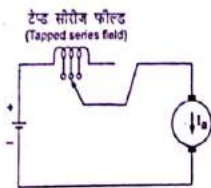
(b) आर्मेचर डायवर्टर (Armature diverter)

चित्र 2.52 फील्ड आर्मेचर

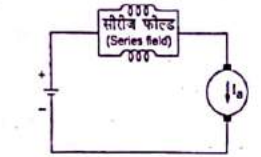
(ii) आर्मेचर डायवर्टर (Armature Diverter)—रिओस्टेट (diverter) क्वाइल को आर्मेचर से कनेक्ट है, जैसा कि चित्र 2.52(b) में दिखाया गया है। किसी दिये गये कांस्टेंट लोड टॉर्क के लिए यदि आर्मेचर करंट कम हो जाती है, तो फ्लक्स में वृद्धि होनी चाहिए। आर्मेचर वॉक $T_a \propto \phi I_a$ के रूप में। यह सप्लाय से ली गयी करंट में वृद्धि का परिणाम देगा और इसलिए फ्लक्स ϕ बढ़ेगा और वाद में मोटर की गति कम हो जायेगी।

2.19.3.3. ट्रेप्ड फील्ड कंट्रोल (Trapped Field Control)

इस ट्रेप्ड फील्ड कंट्रोल विधि को चित्र 2.53(a) में दिखाया गया है। इस विधि में फील्ड क्वाइल को टर्न की संख्या को विभाजित करते हुए टैप किया जाता है। इस प्रकार हम अलग-अलग संख्याओं का चयन करके ϕ के विभिन्न मान चुन सकते हैं। इस विधि में फ्लक्स कम किया जाता है और सीरीज फील्ड में वाइडिंग के टर्न की संख्या घटाकर गति बढ़ाई जाती है। स्विच S फील्ड वाइडिंग के किसी भी हिस्से में शॉर्ट सर्किट हो सकता है, इस प्रकार फ्लक्स को कम कर सकता है और क्वाइल के फुल टर्न के साथ स्पीड (N) बढ़ा सकता है।



(a) ट्रेप्ड फील्ड कंट्रोल



(b) फ्लक्स फील्ड क्वाइल

चित्र 2.53 ट्रेप्ड फील्ड कंट्रोल

2.19.3.4. पैरलल फील्ड क्वाइल (Paralleling Field Coils)

यह फैन मोटर्स के लिए उपयोग किया जाता है डी०सी० आर्मेचर के साथ सीरीज में फील्ड क्वाइल को रिपुगिंग करके कई स्पीड प्राप्त की जा सकती है।

2.19.3.5. आर्मेचर विधि के साथ सीरीज में चर रजिस्टेंस (Variable Resistance In Series with Armature Method)

इस विधि में रजिस्टेंस (R) मोटर की आर्मेचर के साथ सीरीज में जोड़ा जाता है। आर्मेचर के एंक्रॉस वोल्टेज को कम किया जा सकता है। तो गति इसके अनुपात में कम हो जाती है। यह देखा जाता है कि 4 पोल मोटर की गति आसानी से प्राप्त की जा सकती है।

2.19.3.6. सीरीज-समानांतर कंट्रोल विधि (Series-Parallel Control Method)

इस तरह की विधि का व्यापक रूप से इलेक्ट्रिक ट्रैक्शन में उपयोग किया जा सकता है, जहां दो या अधिक मैकेनिक कपलड सीरीज मोटर्स कार्यरत हैं। यदि आवश्यक हो तो कम स्पीड वाली मोटरे सीरीज में शामिल हो जाती हैं, और हाई स्पीड के लिए मोटर्स समानांतर में जुड़ जाती हैं।

जब मोटर्स को सीरीज में जोड़ा जाता है, तो मोटर्स का करंट एक समान होता है, हालांकि प्रत्येक मोटर में वोल्टेज विभाजित होता है। जब समानांतर में जोड़ा जाता है तो प्रत्येक मोटर पर वोल्टेज समान होता है, हालांकि करंट विभाजित हो जाता है।

2.20. डी०सी० मोटर्स की स्टार्टिंग (Starting of D.C. Motors)

स्टार्टर एक मोटर स्टार्ट करने और त्वरित करने का एक उपकरण है। जो कंट्रोलर मोटर को स्टार्ट करने तथा डी०सी० मोटर को गति को कंट्रोल करने और रिवर्स करने और मोटर को रोकने का एक उपकरण है। डी०सी० मोटर को स्टार्ट करते समय हैवी करंट ड्रा करता है जो मोटर को नुकसान पहुंचाती है। स्टार्टर इस हैवी करंट को कम करता है और सिस्टम को नुकसान से बचाता है।

2.20.1. डी०सी० मोटर्स के लिए स्टार्टर्स की आवश्यकता (Need of Starters for D.C. Motors)
डी०सी० मोटर में कोई बैक EMF नहीं होता है। मोटर को स्टार्टिंग में आर्मेचर करंट को सर्किट के रजिस्टेंस द्वारा कंट्रोल किया जाता है। आर्मेचर का रजिस्टेंस कम है और जब मोटर के स्टैंडस्टिल स्थिति में फुल वोल्टेज लगाया जाता है, तो आर्मेचर करंट बहुत अधिक हो जाती है जो मोटर के हिस्सों को नुकसान पहुंचाती है।

उच्च आर्मेचर करंट के कारण अतिरिक्त रजिस्टेंस स्टार्ट होने पर आर्मेचर सर्किट में रखा जाता है। मशीन के स्टार्टिंग रजिस्टेंस को सर्किट से काट दिया जाता है जब मशीन स्पीड प्राप्त करती है। मोटर का आर्मेचर करंट निम्नलिखित समीकरण द्वारा दिया जाता है—

$$I_a = \frac{V - E}{R_a} \quad \dots(2.24)$$

इस प्रकार यदि V को स्थिर रखा जाए तो I_a , E और R_a पर निर्भर करता है, जब मोटर को पहले स्टार्ट किया जाता है, तो आर्मेचर स्थिर होता है। इसलिए बैक EMF E_b भी शून्य है। स्टार्टिंग आर्मेचर करंट I_{a1} नीचे दिखाए गए समीकरण द्वारा दिया गया है।

$$I_{a1} = \frac{V - 0}{R_a} = \frac{V}{R_a} \quad \dots(2.25)$$

चूंकि, मोटर का आर्मेचर रजिस्टेंस बहुत छोटा है आमतौर पर एक ओह से कम होता है। इसलिए स्टार्टिंग आर्मेचर करंट बहुत बड़ा हो सकता है।

उदाहरण के लिए—यदि 0.5 ओह के आर्मेचर रजिस्टेंस के साथ एक मोटर सीधे 230 V की supply से जुड़ा हुआ है, तो मानों को समीकरण (5.25) में रखकर हम प्राप्त करेंगे।

$$I_{a1} = \frac{V}{R_a} = \frac{230}{0.5} = 460 \text{ Ampere}$$

यह बड़ा करंट बुरा, कम्प्यूटर और वाइडिंग्स को लॉस पहुंचाती है।

जैसे-जैसे मोटर को स्पीड बढ़ती है बैक EMF बढ़ता है और अंतर (V - E) घटता जाता है। इसके परिणामस्वरूप आर्मेचर करंट की क्रमिक कमी होती है जब तक कि मोटर अपनी स्थिर स्पीड और संबंधित बैक EMF को प्राप्त नहीं करता है। इस शर्त के अन्तर्गत आर्मेचर करंट अपने इच्छित मान तक पहुंच जाता है। इस प्रकार यह पाया गया है कि बैक EMF आर्मेचर के माध्यम से करंट को सीमित करने में आर्मेचर रजिस्टेंस में मदद करता है।

चूंकि डी०सी० मोटर को स्टार्ट करते समय स्टार्टिंग करंट बहुत हैवी होता है। सभी डी०सी० मोटर्स को स्टार्ट करते समय (बहुत छोटी मोटर्स को छोड़कर) अतिरिक्त रजिस्टेंस को आर्मेचर के साथ सीरीज में जोड़ा जाना चाहिए। यह अतिरिक्त रजिस्टेंस इसलिए जोड़ा जाता है ताकि मोटर को सुरक्षित बनाए रखा जाए और स्टार्टिंग करंट को जब तक सीमित रखा जाए जब तक कि मोटर ने अपनी स्थिर स्पीड प्राप्त नहीं कर ली हो।

सीरीज रजिस्टेंस को उन सेक्शन में विभाजित किया जाता है जो एक-एक करके काट जाते हैं, जैसे मोटर की स्पीड बढ़ जाती है और बैक EMF का निर्माण होता है। अतिरिक्त रजिस्टेंस काट दिया जाता है जब मोटर की स्पीड अपने सामान्य मान तक पहुंच जाती है।

2.20.2 3 प्वाइंट स्टार्टर (3 Point Starter)

एक 3 प्वाइंट स्टार्टर एक इलेक्ट्रिकल डिवाइस है, जिसका उपयोग डीसी गंत मोटर की गति को बनाए रखने के साथ-साथ स्टार्ट करने के लिए किया जाता है। इस सर्किट में रजिस्टेंस का कनेक्शन सीरीज में है जो प्रारंभिक हाई करंट को कम करता है और किसी भी इलेक्ट्रिकल फेलियर के खिलाफ उपकरण को रक्षा करता है। यहां, मोटर के ऑपरेशन में बैक e.m.f को घटना एक आवश्यक भूमिका निभाती है। यह e.m.f तब फैलता है जब मोटर की आर्मेचर मैग्नेटिक फोल्ड में घूमने के लिए स्टार्ट होती है और साथ ही वॉल्टेज सप्लाय का विरोध करती है।



चित्र 2.54 3 प्वाइंट स्टार्टर की संरचना

2.20.2.1. 3 प्वाइंट स्टार्टर की संरचना (Construction of 3 Point Starter)

डीसी मोटर आधारित 3 प्वाइंट स्टार्टर में मुख्य रूप से L, A, और F जैसे तीन टर्मिनल सम्मिलित हैं।

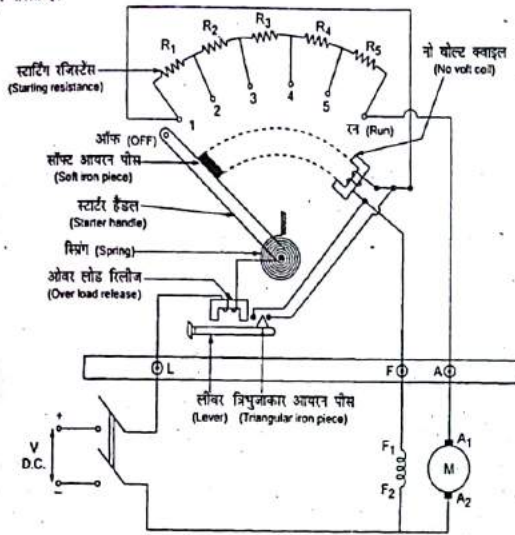
यहां, L (लाइन टर्मिनल) पॉजिटिव सप्लाय से जुड़ा है, A (आर्मेचर टर्मिनल) आर्मेचर टर्मिनल की वाइडिंग से जुड़ा है, और F (फील्ड टर्मिनल) फोल्ड टर्मिनल की वाइडिंग से जुड़ा है।

3 प्वाइंट स्टार्टर के संरचना में प्रारंभिक करंट को कंट्रोल करने के लिए रजिस्टेंस 'R' सम्मिलित है। 'H'— एक स्विच 'S' के साथ OFF स्थिति में रखे गए सर्किट को संपादित है।

H-हैटल को मोटर ऑपरेशन के लिए मैन्युअल रूप से ऑपरेट किया जा सकता है। मोटर स्थिति को शुरुआत में, मोटर फोल्ड वाइंडिंग को कुल सप्लाय वोल्टेज मिलता है, और आर्मेचर करंट को रजिस्टर्स R द्वारा विशेष सुरक्षित मान तक सीमित किया जाता है।

2.20.2.2. ग्री प्वाइंट स्टार्टर की कार्य विधि (Working of a Three-Point Starter)

3 प्वाइंट स्टार्टर के हैटल को एक स्टड से दूसरे स्टड (कॉन्टैक्ट पोजिशन) में ले जाया जा सकता है और इससे RUN पोजिशन मिलने तक मोटर की गति बढ़ जाती है। इस स्थिति में तीन मुख्य बिंदुओं पर विचार किया जाता है जिसमें निम्नलिखित सम्मिलित हैं।



चित्र 2.55 ग्री प्वाइंट स्टार्टर की संरचना डायग्राम

(i) डी०सी० शंट मोटर को फुल स्पीड मिलती है।

(ii) सर्किट में वोल्टेज की सप्लाय दोनों मोटर की वाइंडिंग में सीधी होती है।

(iii) R-रजिस्टर्स पूरी तरह से कट-आउट हैं।

सर्किट में H-हैटल RUN स्थिति में एक NVC (कोई वोल्ट ट्रिप क्वाइल) द्वारा मजबूत इलेक्ट्रोमैग्नेट के साथ आयोजित किया जाता है। इस NVC क्वाइल को मोटर फोल्ड वाइंडिंग के साथ सीरीज में जोड़ा जा सकता है।

OFF या एक निश्चित मान से नीचे चला गया, तो NVC एनर्जाइज हो जाएगा। S-स्प्रिंग के नियम द्वारा, हैटल-H को रिलीज किया जाता है और साथ ही इसे बंद हात में वापस खींच लिया जाता है। पहली बार जब OFF पोजिशन में H-हैटल से DC सप्लाय ON की जाती है, तो हैटल क्लॉक वाइंड दिशा में स्टड 1 पर चला जाएगा। शंट फोल्ड की वाइंडिंग से वोल्टेज की सप्लाय में कुल रजिस्टर्स के रूप में जुड़ी हुई है, स्टार्टिंग में, आर्मिंग सर्किट के साथ सीरीज में

सम्मिलित है। यदि वोल्टेज की सप्लाय अप्रत्याशित रूप से बाधित हो जाती है, तो नो-वोल्ट डिस्चार्ज क्वाइल को डिमैग्नेटाइज किया जाता है और साथ ही H-हैटल स्प्रिंग के ब्रिज में वापस बंद स्थान पर चला जाता है। यदि नो-वोल्ट क्वाइल का उपयोग नहीं किया गया था, तो सप्लाय फेल होगी। H-हैटल अंतिम स्टड पर रहेगा। यदि वोल्टेज की सप्लाय वापस आ जाती है, तो डीसी मोटर को सप्लाय के दौरान खुले तौर पर संबद्ध किया जाएगा, जिसके परिणामस्वरूप चरम आर्मेचर करंट प्रवाहित होगा। यदि डीसी मोटर ओवरलोडेड है, तो यह करंट सप्लाय से फेज करंट को आकर्षित करेगा, तो यह एम्पीयर को अतिरिक्त रिलीज क्वाइल से घुमाता है और साथ ही आर्मेचर को खींचता है, इसलिए नो-वोल्ट क्वाइल शॉर्ट-सर्किट नहीं होगा। इस क्वाइल को डिमैग्नेट किया गया है और साथ ही H-हैटल को एस-स्प्रिंग द्वारा ऑन लोकेशन के पास खींचा गया है। इसलिए इलेक्ट्रिकल मोटर करंट सप्लाय से ऑटोमैटिक रूप से अलग हो जाती है।

2.20.2.3. तीन प्वाइंट स्टार्टर की कमियां (Drawbacks of a Three-Point Starter)

- तीन प्वाइंट स्टार्टर का मुख्य दोष यह है यह फोल्ड के रीओस्टेट के मॉडिफिकेशन के साथ हैवी स्पीड के अंतर से मोटर्स की एक बड़ी कमी का अनुभव करता है।
- मोटर की स्पीड बढ़ाने के लिए फोल्ड रजिस्टर्स को बढ़ाना होगा। तो पूरे शंट फोल्ड में करंट का प्रवाह कम हो जाता है।
- हाई स्पीड प्राप्त करने के लिए हाई रजिस्टर्स को जोड़ना फोल्ड करंट को बहुत कम कर देगा।
- जब NVC (कोई वोल्ट ट्रिप क्वाइल) शंट फोल्ड द्वारा सीरीज में जुड़ा हुआ है तो मिनट करंट इलेक्ट्रोमैग्नेट के पावर को कम कर देगा।
- यह मैनेट समान्य मोटर ऑपरेशन के माध्यम से H-हैटल की आर्म को मुक्त कर सकता है और साथ ही इसे पावर सप्लाय से अलग कर सकता है।
- इसलिए चार प्वाइंट स्टार्टर का उपयोग किया जा सकता है जहां समानांतर फोल्ड में कोई वोल्ट ट्रिप क्वाइल "संबद्ध नहीं है।

2.20.3. 4. प्वाइंट स्टार्टर (Four Point Starter)

चार प्वाइंट स्टार्टर की कार्यात्मक अभिलक्षण तीन प्वाइंट स्टार्टर के समान है। 4 प्वाइंट स्टार्टर डी.सी. मोटर के चलने के दौरान ईएमएफ की कमी में करंट कटौत उपकरण के रूप में कार्य करता है। एक 4 प्वाइंट स्टार्टर एक सुरक्षा उपकरण के रूप में भी कार्य करता है। तीन प्वाइंट स्टार्टर की तुलना में 4 प्वाइंट स्टार्टर के बीच मुख्य अंतर है, होल्डिंग क्वाइल को शंट फोल्ड सर्किट से अलग किया जाता है। इसके बाद सीरीज को साइन के एक्जॉस लिमिटिंग रजिस्टर्स (R) के साथ सीरीज में जोड़ा जाता है। सर्किट के संपर्क प्वाइंटों को स्टड कहा जाता है जिन्हें 1, 2, 3, 4, 5 के साथ दर्शाया जाता है जो चार प्वाइंट स्टार्टर सर्किट आरेख चित्र 2.57 में दिखाया गया है।



चित्र 2.56 चार प्वाइंट स्टार्टर

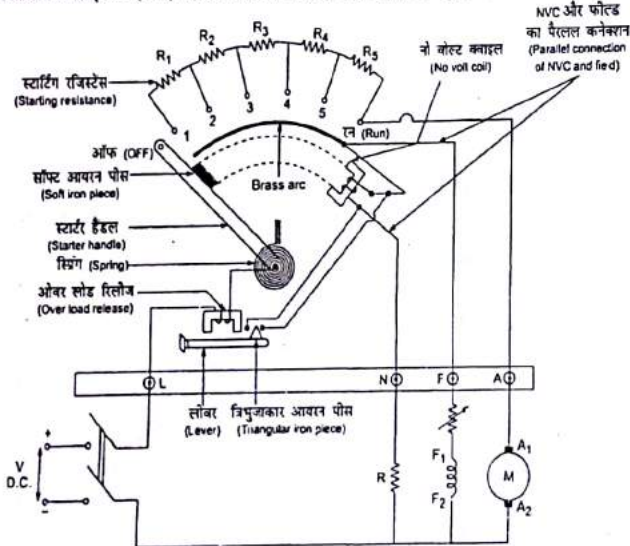
- लाइन टर्मिनल (L) एक पॉजिटिव सप्लाय में जुड़ा है।
- आर्मेचर टर्मिनल (A) को आर्मेचर की वाइंडिंग से जोड़ा जाता है।
- फोल्ड टर्मिनल (F) फोल्ड वाइंडिंग से जुड़ा होता है।
- 3 प्वाइंट स्टार्टर के अलावा, एक अतिरिक्त ऑपरेटिंग प्वाइंट है जिसे N अक्षर से दर्शाया गया है, और यह NVC (नो वोल्ट क्वाइल) से जुड़ा है।

2.20.3.1. चार प्वाइंट स्टार्टर सर्किट डायग्राम (Four Point Starter Circuit Diagram)

चार-प्वाइंट स्टार्टर का सर्किट आरेख नीचे दिखाया गया है और इसकी व्यवस्था तीन समानांतर सर्किट बना सकती है।

- आर्मेचर, शंट फील्ड वाइंडिंग और स्टार्टिंग रेजिस्टेंस
- शंट फील्ड वाइंडिंग और एक बैरिएबल रेजिस्टेंस क्वाइल
- कॉरेंट लिमिटेड रेजिस्टेंस और होल्डिंग क्वाइल

उपरोक्त तीन सर्किट व्यवस्था से मोटर की गति में कुछ अंतर होने पर होल्डिंग क्वाइल का उपयोग करके कॉरेंट इफेक्ट का प्रभाव नहीं होता है। वर्तमान में रेगुलेटेड पुश-बटन स्टार्टर्स का भी उपयोग किया जाता है। इन स्टार्टर्स में ऑन-स्विच को आर्मेचर सर्किट के माध्यम से सीरीज में कॉरेंट रेजिस्टेंसों को सीमित करने के लिए पुश किया जाता है फिर पूरी लाइन वोल्टेज सर्किट के लिए प्राप्त होती है। स्टार्टिंग रेजिस्टेंस धीरे-धीरे एक ऑटोमैटिक कंट्रोल प्लान के साथ अलग हो जाता है।



चित्र 5.57 4 प्वाइंट स्टार्टर (4 Point Starter)

एक बार ऑफ स्विच दबाने पर आर्मेचर सर्किट अलग हो जाता है। सामान्य स्टार्टर सर्किट को समय टाइम रिले और इलेक्ट्रोमैग्नेटिक कॉन्टैक्टर के साथ डिजाइन किया गया है। इस स्टार्टर का मुख्य लाभ यह है कि यह नए ऑपरेटर को भी आसानी से मोटर ऑपरेट करने की अनुमति देता है।

2.20.3.2. चार प्वाइंट स्टार्टर की कमियाँ (Drawbacks of Four Point Starter)

चार-प्वाइंट स्टार्टर का एकमात्र दोष या सीमा यह है कि यह मोटर में हाई कॉरेंट को स्पीड को कंट्रोल नहीं कर सकता है। जब मोटर वाइंडिंग को कार्य करने की स्थिति के तहत खोला जाता है तो फील्ड कॉरेंट आपतौर पर घटकर शून्य हो जाता है। हालाँकि डी०सी० मोटर में कुछ शेष फ्लक्स अभी भी मौजूद है, साथ ही हम जानते हैं कि यह फ्लक्स मोटर को स्पीड

के लिए सहायक है। इस प्रकार मोटर की स्पीड पूरी तरह से बढ़ जाती है जो असुरक्षित और इसलिए सुरक्षा संचयन के लिए मोटर को स्पीड में यह अप्रत्याशित वृद्धि 'मोटर की हाई स्पीड अभिनियम' के रूप में जानी जाती है।

2.20.3.3. तीन प्वाइंट और चार प्वाइंट स्टार्टर के बीच अंतर (Difference Between Three Point and Four Point Starter)

स्टार्टर एक उपकरण है जिसका उपयोग मोटर को स्टार्ट करने और चलाने के लिए किया जाता है। तीन प्वाइंट और चार प्वाइंट स्टार्टर के बीच सबसे महत्वपूर्ण अंतर यह है कि तीन प्वाइंट स्टार्टर में कोई वोल्टेज क्वाइल (NVC) फील्ड वाइंडिंग के साथ सीरीज में जुड़ा हुआ है जबकि चार प्वाइंट स्टार्टर में NVC सीधे वोल्टेज सप्लाय से जुड़ा हुआ है।

नो वोल्टेज क्वाइल (NVC) एक प्रकार का रिले है, जिसका उपयोग मोटर के स्विचिंग के लिए किया जाता है। यह मोटर को स्टार्ट करने के लिए एक प्रकार का रिले है, जिसका उपयोग मोटर के स्विचिंग के लिए किया जाता है। यह मोटर को स्टार्ट करने के लिए एक प्रकार का रिले है, जिसका उपयोग मोटर के स्विचिंग के लिए किया जाता है।

चार प्वाइंट स्टार्टर में NVC को फील्ड वाइंडिंग के समानांतर रखा गया है। इस प्रकार NVC और फील्ड वाइंडिंग दोनों के लिए कॉरेंट की बैल्यू अलग-अलग है। मोटर की स्पीड में भिन्नता उनके फील्ड में भिन्न होती है। लेकिन नो वोल्टेज क्वाइल के समानांतर कनेक्शन और NVC से होकर गुजरने वाले फील्ड में वाइंडिंग फील्ड प्रभावित नहीं होता है। इसलिए होता है क्योंकि NVC और फील्ड वाइंडिंग के सर्किट एक दूसरे से स्वतंत्र होते हैं।

तुलना चार्ट (Comparison Chart)

तुलना के लिए आधार	तीन प्वाइंट स्टार्टर	चार प्वाइंट स्टार्टर
परिभाषा	स्टार्टर, जो मोटर स्टार्ट करने के लिए तीन टर्मिनलों का उपयोग करता है।	चार प्वाइंट स्टार्टर मोटर के चलने के लिए चार टर्मिनलों का उपयोग करता है।
टर्मिनल	आर्मेचर टर्मिनल, फील्ड टर्मिनल और लाइन टर्मिनल।	आर्मेचर टर्मिनल, फील्ड टर्मिनल, लाइन टर्मिनल और अतिरिक्त टर्मिनल जो सीधे आपूर्ति को बिना वोल्टेज के क्वाइल (NVC) से जोड़ता है।
नो वोल्टेज क्वाइल (NVC)	फील्ड वाइंडिंग के साथ सीरीज में जोड़ता है।	फील्ड वाइंडिंग के साथ समानांतर में जोड़ता है।

2.21. D.C. मोटर्स की इलेक्ट्रिक ब्रेकिंग (Electric Braking of D.C. Motors)

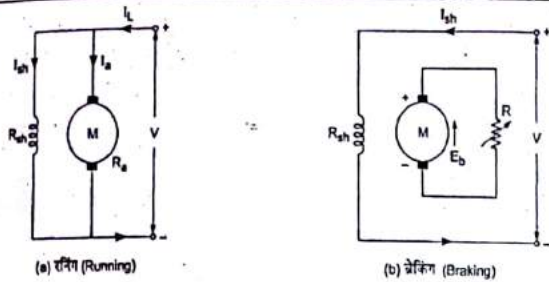
एक इलेक्ट्रिक मोटर को सामान्य मैकेनिकल ब्रेक या इलेक्ट्रिक ब्रेक का उपयोग करके जल्दी से आराम करने के लिए लाया जा सकता है। मैकेनिकल ब्रेक के साथ एक स्मूथ स्टॉप को प्राप्त करना संभव नहीं है और साथ ही लाइनिंग, लैंड और मैकेनिकल व्यवस्था आवश्यक है। यह ऑपरेटर के स्किल पर भी निर्भर करता है।

जैसा कि इलेक्ट्रिक ब्रेकिंग जो मोटर बहुत जल्दी रैस्ट करने के लिए लाती है, आसान, विश्वसनीय है, तीन प्रकार की इलेक्ट्रिक ब्रेकिंग विधियाँ उपलब्ध हैं (i) रीओस्टैटिक या डायनेमिक ब्रेकिंग (ii) प्लेनिंग और (iii) रीजनेरेटिव ब्रेकिंग। हालाँकि मोटर को इलेक्ट्रिक रूप से रैस्ट करने के लिए लाया जाता है, लेकिन वाक्य की स्थिति को बनाए रखने के लिए एक मैकेनिकल ब्रेक होना आवश्यक होता है।

2.21.1. डी०सी० शंट मोटर की इलेक्ट्रिक ब्रेकिंग (Electric Braking of D.C. Shunt Motor)

2.21.1.1. रीओस्टैटिक और डायनेमिक ब्रेकिंग (Rheostatic or Dynamic Braking)

इस विधि में आर्मेचर सप्लाय से डिस्कनेक्ट होता है और रेजिस्टेंस से कनेक्ट होता है। जबकि फील्ड सप्लाय से कनेक्ट रहती है जैसा कि चित्र 2.58(a) और (b) में दिखाया गया है।

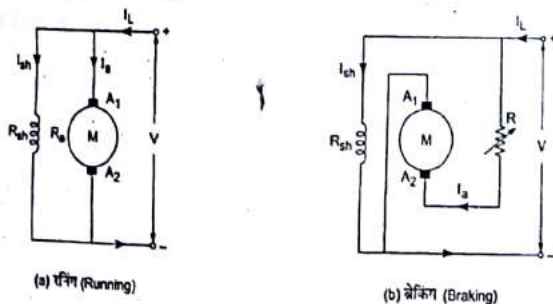


चित्र 2.58

प्रतिमान द्रव्यमान को सभी काइनेटिक एनर्जी को इलेक्ट्रिकल एनर्जी में परिवर्तित किया जाता है जो जुड़े हुए चर रजिस्टर्स में डिस्कनेक्ट होती है। ब्रेकिंग टॉर्क के परिमाण को रजिस्टर्स R के मान को अलग करके कंट्रोल किया जा सकता है। इस विधि का लक्ष्य यह है, कि इलेक्ट्रिक सप्लाय के फेलियर की स्थिति में, यह विधि अप्रभावी होती है।

2.21.1.2. प्लगिंग (Plugging)

इसमें मोटर के आर्मेचर कनेक्शन को रिवर्स करना शामिल है। हमने देखा है कि यदि आर्मेचर या फोल्ड के माध्यम से करंट की दिशा रिवर्स की जाती है। प्लगिंग की स्थिति में मोटर को रिवर्सली डायरेक्टेड टार्क के अधीन किया जाता है। ऐसी स्थिति में बैक EMF और वोल्टेज एक ही दिशा में कार्य करता है इसलिए सर्किट में प्रवाहित करंट एक वोल्टेज $V + E_b$ द्वारा निर्मित होती है अर्थात् लगभग $2V$ । करंट के हाई प्रेशर को सोमित करने के लिए एक अतिरिक्त रजिस्टर्स R जुड़ा होता है। इस विधि में, मोटर रैस्ट करने के बाद दूसरी दिशा में तेजी लाने की कोशिश करता है। तो मोटर के रैस्ट करते ही सप्लाय में कटौती करने के लिए कुछ सहायक उपकरण की आवश्यकता होती है। सप्लाय के फेलियर की स्थिति में यह विधि अप्रभावी है। यह विधि अधिक ब्रेकिंग टॉर्क देती है जो कि रियोस्टैटिक ब्रेकिंग है। शॉट मोटर के लिए लागू विधि चित्र 2.59(a) और (b) में दिखाई गई है।

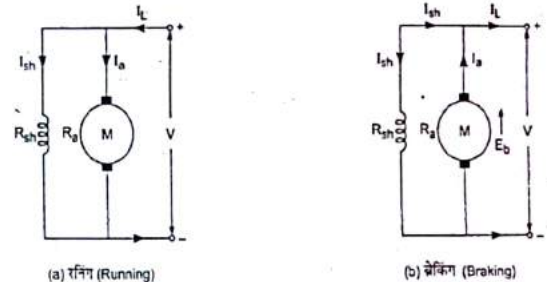


चित्र 2.59

विधि का उपयोग आमतौर पर ब्रेकिंग लिफ्ट, रोलिंग मिल, मशीन टूल्स आदि में किया जाता है।

2.21.1.3. रीजेनेरेटिव ब्रेकिंग (Regenerative Braking)

इस विधि में, सप्लाय से डिस्कनेक्ट होने के बजाय यह जुड़ा रहता है और ब्रेकिंग एनर्जी को लाइन में वापस करता है। एक शॉट मोटर पर विचार करें जैसा कि चित्र 2.60(b) में दिखाया गया है। मान लीजिए कि लोड सामान्य से ऊपर होने की स्पीड का कारण बनता है तो फोल्ड का शेष करंट तब बैक EMF सप्लाय वोल्टेज ($E_b > V$) से अधिक हो जाता है।



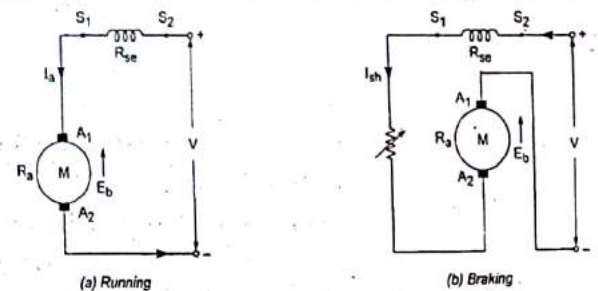
चित्र 2.60

करंट में रिवर्स हो जाता है और लाइन में पावर सप्लाय की जाती है जिससे स्पीड में वृद्धि को रोका जा सके। वैकल्पिक रूप से एक ही प्रभाव फोल्ड करंट को बढ़ाकर प्राप्त किया जा सकता है जहां मोटर जल्दी से फोल्ड करंट के नए मान के अनुरूप स्पीड को धीमा कर देती है। $E_b > V$ के रूप में आर्मेचर करंट की दिशा रिवर्स के कारण, आर्मेचर टॉर्क रिवर्स हो जाता है और स्पीड तब तक गिरती है जब तक E_b , V से कम नहीं बन जाता है।

2.21.2. डी०सी० सीरीज मोटर की इलेक्ट्रिक ब्रेकिंग (Electric Braking of D.C. Series Motor)

2.21.2.1. रियोस्टैटिक या डायनेमिक ब्रेकिंग (Rheostatic or Dynamic Braking)

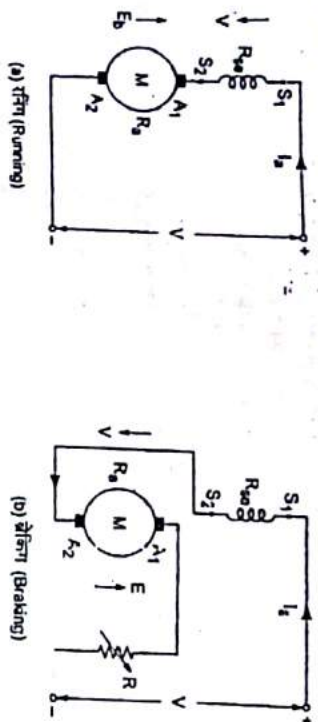
सप्लाय से आर्मेचर को डिस्कनेक्ट करने का मूल सिद्धांत समान रहता है। आर्मेचर रिवर्स के माध्यम से करंट की दिशा, ब्रेकिंग करते समय, मोटर एक जनरेटर के रूप में चलता है। सीरीज की स्थिति में मोटर की देखभाल यह देखने के लिए की जानी चाहिए कि फोल्ड के माध्यम से करंट की दिशा नहीं बदलती है। यह चित्र 2.61(a) और (b) में दिखाया गया है।



चित्र 2.61

2.21.2.2. प्लगिंग (Plugging)

आर्मेचर को रिवर्स करने का मूल सिद्धांत समान रहता है। शंट मोटर के समान, R जोड़ा गया रजिस्टरस ब्रेकिंग टर्क के परिमाण को कंट्रोल करने के लिए किया जा सकता है। इसका सिद्धांत चित्र 2.62(a) और (b) में चित्रित किया गया है।



चित्र 2.62

2.21.2.3. रीजेनेरेटिव ब्रेकिंग (Regenerative Braking)

शेन्सी: सीरीज मोटर के केस में एक्ससाइशन के परिणामों में वृद्धि की गति में कमी आती है। ऐसे में वोल्टेज से अधिक EMF प्राप्त करना संभव नहीं है। आर्मेचर कंटेंट से अधिक फील्ड कंटेंट करना संभव नहीं है। इसलिए सीरीज मोटर के साथ रीजेनेरेटिव ब्रेकिंग संभव नहीं है। लेकिन कुछ विशेष व्यवस्थाओं के साथ देखान मोटर्स के साथ प्रयोग किया जा सकता है।

रीजेनेरेटिव ब्रेकिंग के लिए आवश्यक शर्तें (Conditions Necessary for Regenerative Braking)

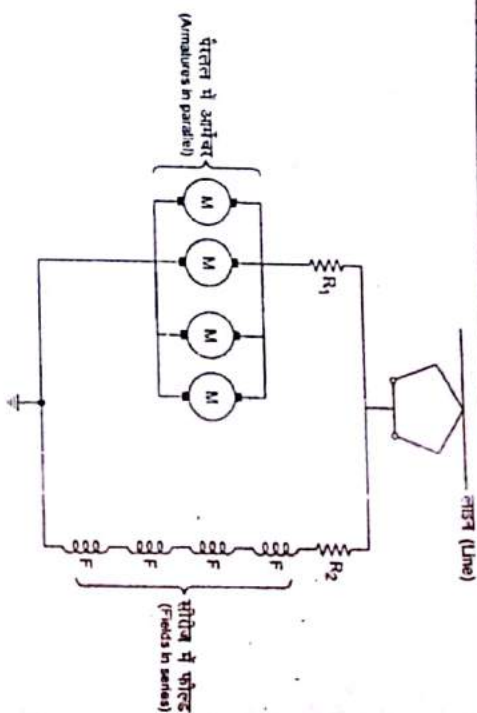
1. ज़नोटर वोल्टेज दर्जित वोल्टेज से अधिक है इसलिए आर्मेचर स्विच को कंटेंट की सलाह करता है। मोटर्स में उत्पन्न वोल्टेज E_b एप्लाइड वोल्टेज V से कम है इसलिए सलाह से आर्मेचर तक कंटेंट प्रवाहित होता है। इसलिए रीजेनेरेटिव ब्रेकिंग के लिए यह आवश्यक है कि मोटर एक ज़नोटर की तरह कार्य करे। वैसे कि उत्पन्न वोल्टेज सलाह वोल्टेज से अधिक है और उसी समय इसकी स्पीड कम हो जाती है। यह एक्ससाइशन सेवक को कंट्रोल करके संभव होता है।

2. ब्रेकिंग सिस्टम में मैकेनिकल स्टैबिलिटी होनी चाहिए। इसका अर्थ यह है कि अगर पावरफुल सभी बलों के कारण मोटर को स्पीड बढ़ जाती है तो स्थिर बनाए रखने के लिए ब्रेकिंग सिस्टम को अधिक से अधिक ब्रेकिंग टर्क देना चाहिए।

3. ब्रेकिंग सिस्टम में इलेक्ट्रिकली स्थिरता होनी चाहिए। इसका अर्थ यह है कि लाइन वोल्टेज में फ्लक्चुएशन के कारण ब्रेकिंग सिस्टम को प्रभावशालिता में गड़बड़ी नहीं होनी चाहिए।

4. यदि रीजेनेरेटिव एनर्जी अपनी डिमांड से अधिक हो जाती है तो ऐसी परिस्थिति उत्पन्न होगी जो स्टेबल उपकरण उत्पन्न करके बनाए दिया जाता है।

यह जलते बिजली का है, कि सीरीज मोटर रीजेनेरेटिव ब्रेकिंग के लिए उपयुक्त नहीं है क्योंकि ये मोटर्स रीजेनेरेटिव ब्रेकिंग के लिए उपयुक्त किए जाने पर इलेक्ट्रिकल रूप से अस्थिर हैं। बिना कंटेंट कि रीजेनेरेटिव ब्रेकिंग के लिए सीरीज मोटर का उपयोग करते समय फ्लक्चुएशन के कारण लाइन वोल्टेज बढ़ जाता है। इसके कारण E_b और V के बीच अंतर कम हो जाता है। इसलिए रीजेनेरेटिव कंटेंट कम हो जाती है। सीरीज फील्ड के माध्यम से एक ही कंटेंट प्रवाह इंफ्यूज्ड EMF को कम करता है। यह रीजेनेरेटिव कंटेंट को कम करता है और क्यूंप्यूलेटिव रूप से E_b और V समान हो जाता है और कंटेंट रीजेनेरेटिव क्रिया नहीं हो सकता है। इसे तरह अगर लाइन वोल्टेज बढ़ता है तो रीजेनेरेटिव कंटेंट अत्यधिक बढ़ जाता है।



चित्र 2.63

नोट (Note)—सीरीज फील्ड के माध्यम से कंटेंट डिस्टर्बेस प्रवाह रीजेनेरेटिव ब्रेकिंग के लिए उपयोग किए जाने पर सीरीज मोटर्स के लिए इलेक्ट्रिकल स्टैबिलिटी का कारण बनता है।

इसलिए रीजेनेरेटिव ब्रेकिंग के लिए उपयोग किए जाने पर सीरीज मोटर्स के लिए व्यवस्था को दर्शाता है। चित्र रीजेनेरेटिव ब्रेकिंग के लिए उपयोग किए जाने पर सीरीज मोटर्स के लिए व्यवस्था को दर्शाता है। सभी मोटर्स को आर्मेचर या तो सीरीज में या समानांतर में जुड़े होते हैं। जबकि फील्ड सीरीज में जुड़ी होती है। रीजल रीजेनेरेटिव ब्रेकिंग के लिए सीरीज मोटर्स का उपयोग करने की विधियां स्टैबलाइजेशन क्रिया द्वारा प्राप्त किया जा सकता है।

R_1 और R_2 प्रोटेक्टिव रजिस्टर हैं।

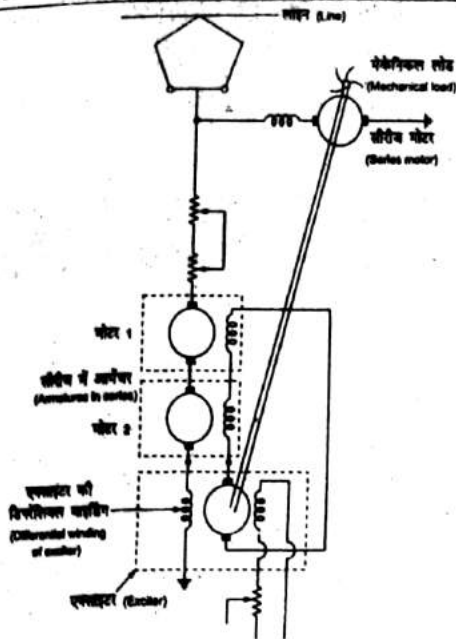
1. डिस्ट्रिब्यूशन एक्ससाइटर का उपयोग करना।

चित्र 2.64 डिस्ट्रिब्यूशन एक्ससाइटर का उपयोग के उपयोग को दर्शाता है। आर्मेचर सीरीज में जुड़े हुए हैं जबकि लाइन मोटर्स के फील्ड सीरीज में जुड़े हुए हैं।

एक्ससाइटर को अलग-अलग सीरीज मोटर द्वारा ऑपरेट किया जाता है, जो एक मैकेनिकल लोड से भी जुड़ा होता है। यह फ्लक्चुएशन के कारण लाइन वोल्टेज में कमी होती है तो कंटेंट सर्व मोटर्स से लाइन तक इंफ्यूज्ड होता है। यह कंटेंट एक्ससाइटर के डिस्ट्रिब्यूशन वाइडिंग के माध्यम से प्रवाहित होती है। अपने डिस्ट्रिब्यूशन स्वभाव के कारण यह अपने फील्ड को डिस्ट्रिब्यूशन कर देता है। यह उत्पन्न वोल्टेज को कम करने वाले मेन मोटर्स के फील्ड क्वाइल के एक्ससाइटर को कम करता है। इस प्रकार E_b और V के बीच अंतर कंटेंट बनाए रखा जाता है। इससे इलेक्ट्रिकल स्टैबिलिटी बनी रहती है।

चित्र 2.64 इलेक्ट्रिकल स्टैबिलिटी प्राप्त करने के लिए रजिस्टरों का उपयोग करने के उपयोग को दर्शाता है। भूपूर्ण फील्ड मार्किट गगानांतर में जुड़ा हुआ है जिसमें स्थिर रजिस्टर उनके एनर्जी अधिक गिरावट का कारण बनता है। एक्ससाइटर सीरीज में है। और इसलिए रजिस्टरों को स्थिर करने में वृद्धि के कारण मुख्य मोटर्स के फील्ड क्वाइल को कम कंटेंट की सलाह करता है। इसके कारण उत्पन्न वोल्टेज कम हो जाता है। इस प्रकार वोल्टेज के बीच का अंतर कम हो जाता है।

चित्र 2.64



चित्र 2.64 रिवरर्स को स्थिर करने का उपयोग

2.22. डी०सी० जनरेटर के अनुप्रयोग (Applications of D.C. Generators)

यहाँ प्रकाश की स्थिति के लिए विभिन्न प्रकार के डी०सी० जनरेटर उपलब्ध हैं। इन डी०सी० जनरेटर के अनुप्रयोग उनकी विशेषता के आधार पर नीचे दिए गए हैं:

सेपरेटली एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर के अनुप्रयोग (Application of Separately Excited D.C. Generator)
 इस प्रकार के डी०सी० जनरेटर आमतौर पर अलग-अलग एक्साइटेशन सोर्स की आवश्यकता के कारण, सेल्फ एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर से अधिक महंगे हैं। उसके कारण इनके अनुप्रयोग प्रतिबंधित हैं। वे आमतौर पर उपयोग किए जाते हैं जहाँ सेल्फ एक्साइटेड जनरेटर का उपयोग असंतोषजनक होता है।

- कोस्टेज अडजस्ट की विस्तृत सीरीज देने की उनकी क्षमता के कारण उनका उपयोग आम तौर पर प्रयोगशालाओं में टेस्ट के उद्देश्य के लिए किया जाता है।
- फील्ड एक्साइटेशन में किसी भी पिना के साथ सेपरेटली एक्साइटेड जनरेटर स्थिर स्थिति में कार्य करते हैं। इस गुण के कारण वे डी०सी० मोटर्स की सप्लाय सोर्स के रूप में उपयोग किए जाते हैं, जिनकी स्पीड को विभिन्न अनुप्रयोगों के लिए कंट्रोल किया जाना है। उदाहरण—स्पीड कंट्रोल का बार्ड सियोनार्ड सिस्टम।

2.22.1. शंट वाउंड डी०सी० जनरेटर के अनुप्रयोग (Applications of Shunt Wound D.C. Generators)

शंट जनरेटर के अनुप्रयोग इसके ड्रॉपिंग वोल्टेज अनुप्रयोग के लिए बहुत अधिक प्रतिबंधित हैं। वे अपनी स्थिति के बहुत करीब स्थित उपकरण को सप्लाय पावर करने के लिए उपयोग किए जाते हैं। इस प्रकार के डी०सी० जनरेटर ने लोड से लेकर फुल लोड के फील्ड रेगुलेटर की मदद से छोटी दूरी के ऑपरेशन के लिए कॉन्स्टेंट टर्मिनल वोल्टेज देते हैं।

- इनका उपयोग सामान्य प्रकाश व्यवस्था के लिए किया जाता है।
- इनका उपयोग बैटरी चार्ज करने के लिए किया जाता है क्योंकि उन्हें कॉन्स्टेंट अडजस्टेड वोल्टेज देने के लिए बनाया जा सकता है।
- इनका उपयोग आल्टरनेटर को एक्साइटेशन देने के लिए किया जाता है।
- वे छोटे पावर सप्लाय (जैसे कि एक पोर्टेबल जनरेटर) के लिए भी उपयोग किए जाते हैं।

2.22.2. सीरीज वाउंड डी०सी० जनरेटर के अनुप्रयोग (Applications of Series Wound D.C. Generators)

इस प्रकार के जनरेटर पावर सप्लाय के उपयोग के लिए प्रतिबंधित हैं क्योंकि उनके बढ़ते टर्मिनल वोल्टेज का अभिलक्षण है जिससे लोड करंट में नो लोड से फुल लोड तक वृद्धि होती है। हम इस अभिलक्षण को सीरीज वाउंड जनरेटर की सीरीज वाउंड कर्ब से स्पष्ट रूप से देख सकते हैं। वे अभिलक्षण कर्ब के छोड़ने वाले हिस्से में निरंतर करंट देते हैं। इस गुण के लिए उन्हें निरंतर करंट सोर्स के रूप में प्रयोग किया जा सकता है और विभिन्न अनुप्रयोगों के लिए नियोजित किया जा सकता है।

- उनका उपयोग रीजेनेरेटिव ब्रेकिंग के लिए डी०सी० लोकोमोटिव में फील्ड करंट एक्साइटेशन की सप्लाय के लिए किया जाता है।
- रेलवे सर्विस के विभिन्न प्रकार के डिस्ट्रीब्यूशन सिस्टम में वोल्टेज ड्रॉप फीडर की भरपाई के लिए इस प्रकार के जनरेटर को बूस्टर के रूप में उपयोग किया जाता है।
- सीरीज आर्क को लाइटनिंग करने में इस प्रकार के जनरेटर मुख्य रूप से उपयोग किए जाते हैं।

2.22.3. कंपाउंड वाउंड डी०सी० जनरेटर के अनुप्रयोग (Applications of Compound Wound D.C. Generators)

विभिन्न प्रकार के डी०सी० जनरेटर में कंपाउंड वाउंड डी०सी० जनरेटर सबसे अधिक व्यापक रूप से इसकी कंपनसेटिंग गुण के कारण उपयोग किया जाता है। सीरीज फील्ड टर्न की संख्या पर निर्भर करता है क्यूम्यूलेटिव कंपाउंड जनरेटर ओवर कंपाउंड, फ्लैट कंपाउंड और अंडर कंपाउंड के तहत हो सकता है। हम आमतौर पर एक्साइशन और लाइन में ओहिक ड्रॉप के कारण कंपनसेटिंग ड्रॉप के द्वारा वांछित टर्मिनल वोल्टेज प्राप्त कर सकते हैं। ऐसे जनरेटर के पास विभिन्न अनुप्रयोग हैं।

- क्यूम्यूलेटिव कंपाउंड वाउंड जनरेटर आमतौर पर लाइटिंग, पावर सप्लाय और हैवी पावर सर्विस के लिए उपयोग किया जाता है क्योंकि ये कॉन्स्टेंट वोल्टेज गुण वाली होती हैं। वे मुख्य रूप से कंपाउंड होते हैं।
- मोटर चलाने के लिए क्यूम्यूलेटिव कंपाउंड वाउंड जनरेटर का भी उपयोग किया जाता है।
- छोटी दूरी के ऑपरेशन के लिए जैसे कि होटल, कार्यालयों, घरों और लॉज के लिए पावर सप्लाय, आमतौर पर फ्लैट कंपाउंड किए गए जनरेटर का उपयोग किया जाता है।
- डिफरेंशियल कंपाउंड वाउंड जनरेटर क्योंकि उनके बड़े डिमैग्नेटाइजेशन आर्मेचर रिएक्शन के लिए आर्क वेल्डिंग के लिए उपयोग किया जाता है जहाँ बहुत वोल्टेज ड्रॉप और कॉन्स्टेंट करंट की आवश्यकता होती है।

वर्तमान समय में टेक्निकल और आर्थिक कारणों से डी०सी० जनरेटर के अनुप्रयोग बहुत सीमित हो गए हैं। अब एक दिन इलेक्ट्रिक पावर मुख्य रूप से बिजली पावर इलेक्ट्रोनिक्स डिवाइस को सहायता से अल्टरनेटिंग करंट के रूप में उत्पन्न होती है।

2.23. डी०सी० मोटर (सीरीज, शंट और कंपाउंड मोटर) के अनुप्रयोग (Applications of D.C. Motor [Series, Shunt & Compound Motor])

2.23.1. डी०सी० शंट मोटर के अनुप्रयोग (Application of D.C. shunt motor)

- डी०सी० शंट मोटरों का उपयोग किया जाता है जहां कॉन्स्टेंट स्पीड की आवश्यकता होती है। इसलिए इन मोटरों का उपयोग आमतौर पर क्रिकेट स्मॉल अनुप्रयोगों में किया जाता है।
- इस प्रकार की मोटर का उपयोग खराद मशीनें, मैट्रॉनमूल पंपों, फैन, ब्लेअर, कन्वेयर, लिफ्ट, बुवाई मशीन, कटाई मशीनें आदि में किया जाता है।

2.23.2. डी०सी० सीरीज मोटर अनुप्रयोग (Application of D.C. Series Motor)

डी०सी० सीरीज मोटर का उपयोग वहीं किया जाता है। जहाँ हाई स्टार्टिंग टॉर्क की आवश्यकता होती है। इन मोटरों का उपयोग केवल ठोस स्थान पर किया जाता है जहाँ गति का परिवर्तन सम्भव है। सीरीज मोटरों को कॉन्स्टेंट गति अनुप्रयोगों के लिए उपयुक्त नहीं है। डी०सी० सीरीज मोटर का प्रयोग वैक्यूम क्लीनर, ट्रैक्टर सिस्टम, सिलार्ड मशीन, ड्रेन, एयर कम्प्रेसर्स आदि में किया जाता है।

2.23.3. डी०सी० कंपाउंड मोटर के अनुप्रयोग (Application of D.C. Compound Motor)

- कंपाउंड मोटर ड्रेम, इन हाई स्टार्टिंग टॉर्क और लगातार कॉन्स्टेंट स्पीड प्राप्त करते हैं। इसके कारण से कंपाउंड मोटरों का उपयोग किया जाता है जहाँ हमें हाई स्टार्टिंग टॉर्क और कॉन्स्टेंट स्पीड की आवश्यकता होती है।
- एक कंपाउंड मोटर का उपयोग ड्रेम, शिपर्स, कन्वेयर, लिफ्ट, रोलिंग मिल, ईको बैनर आदि में किया जाता है।

2.24. डी०सी० मशीनों और उनके पूर्वव्यापी फॉल्ट (Fault in d.c. Machines and their Retropective)

क्र.सं.	परिभाषिका	कारण	उपाय
1.	स्टार्ट करने के लिए फेल	(a) सप्लाय कर ऑफ (b) ओपन सर्किट (c) ब्रश कम्यूटेटर के साथ संपर्क नहीं बढ़ रहा है (d) बिजली स्रोत है	(a) स्ट्रुट या सप्लाय चेक करें। (b) लोड या फॉलो विद्युत की मायमा करें। (c) रिफ्र एडजस्ट करो जिससे हुए ब्रश को चेंज करें। (d) बेयरिंग चेक रिपेयर करें।
2.	स्टार्टिंग के बाद रोटेशन रुक जाय	डी० सी० सप्लाय की पोलैरिटी रिवर्स करो।	जनरेटर की पोलैरिटी चेक करके चेक करें।
3.	मोटर रेटेड स्पीड से ऊपर गति पाती है।	(a) ओवर लोड (b) वोल्टेज लो (c) स्टार्टिंग रजिस्टर को पूरी तरह काट नहीं दिया गया है। (d) अर्मेचर वार्डिंग का शॉर्ट सर्किटेड	(a) बेयरिंग को चेक कर कि यह OK है। लोड को रोकें और सुनिश्चित करें कि यह मोटर की क्षमता की भीतर है। (b) वोल्टेज की जाँच करें (c) स्टार्टर की पूरी जाँच की आवश्यकता है।

क्र.सं.	परिभाषिका	कारण	उपाय
		(c) स्ट्रुट उपलब्ध नहीं है।	(a) जल्दी हुए स्क्राइल या कम्प्यूटेर का चार होने की स्थिति में नौक पर गले हैं। मोटर को मायमा की दुकान पर से चेक चाहिए। (b) स्ट्रुट के लिए मोटर का परीक्षण करें।
4.	मोटर शटक देता है	(a) अर्मेचर फोल्ड स्क्राइल को अर्बैट करो। (b) मोटर इन्सुलेशन लोकेज या अर्बैट हो सकता है।	(a) जॉय वायर को कम लें। (b) मोटर इन्सुलेशन को मेजर से टेस्ट करें।
5.	मोटर स्टार्ट में ध्रुव हो जाती है।	(a) कम से कम क्षमता का ध्रुवहन करना होगा। (b) प्रोबलरोड (c) स्टार्टर रजिस्टर में शॉर्ट सर्किट	(a) एल्टी की मदद से लोड करंट की जाँच करें। (b) इसके मोटर की बेयरिंग के लिए ओ करो। (c) मशीनरी की मदद से सुधार के लिए टेस्ट करें।
6.	मोटर बहुत तेज चलती है	(a) रेटेड वोल्टेज से अधिक वोल्टेज उपलब्ध है। (b) लोड बहुत कम है। (c) गत वोल्टेज स्क्राइल को छोटा किया जाता है। (d) गत वोल्टेज स्क्राइल रिवर्स है।	(a) रेटेड वोल्टेज सुनिश्चित करें (b) लोड बढ़ाएं या अर्मेचर सर्किट में रिजिस्टर रजिस्टर डालें। (c) इसे गत स्क्राइल से बदलें। (d) स्क्राइल को सही दग में कनेक्ट करें।
7.	लोड बढ़ने के कारण मोटर रोको नहीं होती है	अनपेक्षित स्पीड रीगुलेशन	स्ट्रुट उपलब्ध है। सीरीज फोल्ड के लिए चेक आवश्यक है
8.	मोटर बहुत धीमे स्पीड में चलती है	(a) कम वोल्टेज (b) ओवर लोडिंग (c) कम्प्यूटर का शॉर्ट	(a) मोटो वोल्टेज के लिए जाँच करें। (b) बिजली की जाँच करें, अनपेक्षित लोड की जाँच करें। (c) मायमा की दुकान में मोटर की मायमा करावा।
9.	मोटर बहुत गर्म चलती है	(a) यह ओवरलोड है और अधिक करंट खींच रहा है। (b) वोल्टेज नौकपूर्ण है (c) छोटा स्क्राइल	(a) पावर कम करें (b) वोल्टेज की जाँच करें (c) स्क्राइल को मायमा
10.	वोल्टेज वार्डिंग गर्म हो जाती है	(a) वोल्टेज रेटेड से अधिक है (b) वोल्टेज डिवाइस	(a) मोटो वोल्टेज सुनिश्चित करें (b) इन प्रोबलरोड को इटा दे को छुआर वोल्टेज के लिए डिपेंडेंस है
11.	ब्रश पर स्पर्शित	(a) गलत स्ट्रुट (b) गलत ड्राफ़ोस पोलैरिटी (c) खुले मरुटेड स्क्राइल (d) ब्रश बहुत गम है	(a) रिजिस्टर को मोटिंग के अनुसार स्ट्रुट की गरी करें। (b) पोलैरिटी को ठीक करें (c) स्क्राइल की मायमा करें। (d) उन्हे ठीक से रीसेट करें

क्र.सं.	परिणामिका	कारण	उपाय
12.	बुश बहुत तेजी से खराब हो रहे हैं	(a) बुश बहुत नरम है (b) कम्यूटेटर रफ पधा जाता है (c) नमी	(a) बुशों को मैनुकेवर द्वारा फिर से बुश के ग्रेड के साथ बदलें। (b) इसके फेस को पोंस लें। (c) मोटर को नमी से बचाएं या इसे संलग्न मोटर से बदलें।
13.	(a) असामान्य कंपन जो असंतुलित होने का संकेत हो सकता है (b) असामान्य शोर कर रहा है	(a) गलत संरेखण (b) पुली असंकेन्द्रीय या ढीली (c) बेंट शाफ्ट (a) बुश स्विचिंग या चैटरिंग (b) माउंटिंग ढीली है। (c) आर्मेचर का लेमिनेशन ढीला है। (d) आर्मेचर पोल फेस को रगड़ रहा है। (e) शोर कंपन सहित मैकेनिकल कंपन।	(a) पुनः संरेखण करें (b) शाफ्ट पर पुली को कस लें/ढीक करें (c) शाफ्ट को सीधा करें या इसे बदलें। (a) बुश कोण को जांचना आवश्यक है। (b) फाउंटेशन बोल्ट टाइट करें (c) कोर को बदलें। (d) रोटर को पुनः संरेखित करें। (e) कारणों को पता लगाएं और उपचारणमक उपाय करें
14.	मोटर चोड़े समय के लिए चलने के बाद रुक जाती है	(a) सप्लाय अवधान फेल हो सकती है (b) ओवरलोड रिले ट्रिप	(a) सप्लाय लैप टेस्ट के साथ चेक करें (b) ओवरलोड रिले को जांच करें। यदि योगपूर्ण इसे प्रतिस्थापित करना है या सप्लाय लैप करवा दें

2.25. एक रोटेड डी०सी० मशीन में लॉस (Losses in a Rotating D.C. Machine)

2.25.1. कॉपर लॉसेस (Copper Losses)

ये लॉस आर्मेचर और फील्ड कॉपर वाइडिंग में होते हैं। कॉपर के लॉस में बुश काटेक्ट रजिस्टेंस के कारण आर्मेचर लॉस, कॉपर लॉस और फील्ड कॉपर लॉस शामिल हैं।

$$\text{आर्मेचर कॉपर लॉस} = I_a^2 R_a \quad (\text{जहां, } I_a = \text{आर्मेचर करंट और } R = \text{आर्मेचर रेजिस्टेंस})$$

यह लॉस फुल लोड लॉस के लिए लगभग 30 से 40% योगदान देता है। आर्मेचर कॉपर लॉस परिवर्तनीय लॉस है और मशीन के लोडिंग दिश पर निर्भर करता है।

$$\text{फील्ड कॉपर लॉस} = I_f^2 R_f \quad (\text{जहां, यदि } I_f \text{ फील्ड करंट और } R_f = \text{फील्ड रजिस्टेंस})$$

एक शंट वाउटेड फील्ड की स्थिति में, फील्ड कॉपर लॉस व्यावहारिक रूप से स्थिर है। यह फुल लोड लॉस में लगभग 20 से 30% का योगदान देता है।

बुश काटेक्ट रजिस्टेंस भी कॉपर लॉस में योगदान देता है। आमतौर पर इस लॉस को आर्मेचर कॉपर लॉस में शामिल किया जाता है।

2.25.2. आयरन लॉसेस या कोर लॉसेस (Iron Losses or Core Losses)

जैसा कि आर्मेचर कोर आयरन से बना है और यह मैग्नेटिक फील्ड में घूमता है कोर में एक छोटा सा फ्लक्स भी इंड्यूज होता है। इस करंट के कारण आर्मेचर आयरन कोर में एडी करंट लॉस और हिस्टेरिसिस लॉस होता है। आयरन लॉस को कोर लॉस या मैग्नेटिक लॉस भी कहा जाता है। हिस्टेरिसिस लॉस आर्मेचर कोर के मैग्नेटिक रिवर्स के होने के कारण होता है। जब कोर एक पोल के जोड़े के नीचे से गुजरता है तो यह मैग्नेटिक रिवर्सल के पूर्ण चक्र से गुजरता है। मैग्नेटिक रिवर्सल को प्रोक्सेसि,

$$f = \frac{PN}{120} \quad (\text{जहां, } P = \text{पोलों की संख्या और } N = \text{rpm में स्पीड है})$$

आयरन लॉस, मैग्नेटिक रिवर्सल को प्रोक्सेसि और फ्लक्स घनत्व के आयतन और ग्रेड पर निर्भर करती है, हिस्टेरिसिस लॉस, स्ट्राइनमेन्ट्स सूत्र द्वारा दी गई है।

$$W_h = \eta B_{max}^{1.6} f V \text{ (watts)}$$

यहां, η = Steinmetz हिस्टेरिसिस कॉन्स्टेंट
 V = कोर का आयतन m^3 में

2.25.3. एडी करंट लॉस (Eddy Current Loss)

जब आर्मेचर कोर मैग्नेटिक फील्ड में घूमता है, तो इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन के फील्ड के नियम के अनुसार कोर में भी एक EMF को इंड्यूज किया जाता है (जैसे यह आर्मेचर कंडक्टर में इंड्यूज होता है)। हालांकि यह इंड्यूज्ड EMF छोटा है, यह कोर के कम रजिस्टेंस के कारण बॉडी में एक बड़ा फ्लक्स का कारण बनता है। इस करंट को एडी करंट के रूप में जाना जाता है। इस करंट के कारण होने वाली पावर लॉस को एडी करंट लॉस के रूप में जाना जाता है।

2.25.4. मैकेनिकल लॉसेस (Mechanical Losses)

ब्रिचिंग और कम्यूटेटर में घर्षण के कारण होने वाले लॉस से मैकेनिकल लॉस होते हैं। रोटेड आर्मेचर का एयर फ्रिक्शन लॉस भी इनमें योगदान देता है।

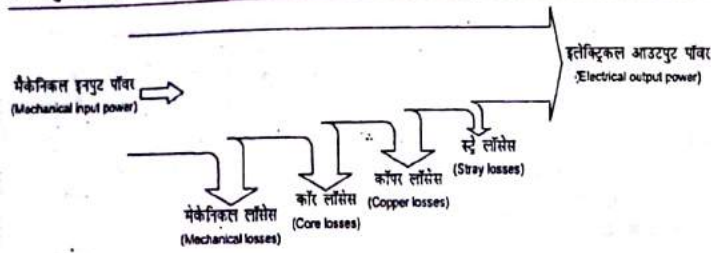
ये लॉस फुल लोड के लॉस का लगभग 10 से 20% होते हैं।

2.25.5. स्ट्रे लॉसेस (Stray Losses)

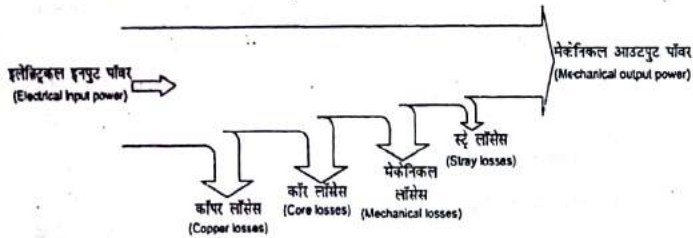
ऊपर बताए गए लॉसेस के अलावा, छोटे लॉस उपलब्ध हो सकते हैं जिन्हें स्ट्रे लॉस या बिचिंग लॉस कहा जाता है। इन लॉसेस की गणना करना मुश्किल है। ये आमतौर पर मशीन के डिजाइन और माडलिंग में अशुद्धियों के कारण होते हैं। अधिकतर समय, स्ट्रे लॉसेस को फुल लोड का 1% माना जाता है।

2.25.6. पावर फ्लो डायग्राम (Power Flow Diagram)

डी०सी० जनरेटर या डी०सी० मोटर में इन लॉसेस को समझने के लिए सबसे सुविधाजनक विधि पावर प्रवाह आरेख का उपयोग करना है। आरेख पावर को मात्रा को दर्शाता है जो बिचिंग प्रकार के लॉसेस में खराब हो जाती है और पावर को मात्रा जो वास्तव में आउटपुट में परिवर्तित हो गई है। डी०सी० जनरेटर और डी०सी० मोटर के लिए बिचिंग पावर प्रवाह आरेख चित्र 2.65 तथा 2.66 में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 2.65 DC जनरेटर का पावर फ्लो डायग्राम (Power Flow Diagram of a DC Generator)



चित्र 2.66 DC मोटर का पावर फ्लो डायग्राम (Power Flow Diagram of a DC Motor)

2.26. स्विनबर्न डी०सी० मशीन का टेस्ट

स्विनबर्न का टेस्ट डी०सी० मशीनों (या तो मोटर या जनरेटर) विशेष रूप से शंट और कंपाउंड मशीनों के टेस्ट की एक प्रायरेक्ट विधि है जहाँ फ्लक्स की मान लगभग स्थिर रहता है।

नीचे दिखाया गया चित्र डी०सी० मशीन पर स्विनबर्न टेस्ट के लिए व्यवस्था दिखाता है।

सबसे पहले, जिस मशीन की एफिशिएंसी निर्धारित की जानी है वह बिना किसी लोड के ऑपरेट की जाती है और उस मशीन का लगातार लॉस निर्धारित किया जाता है।

माना,

$$V = \text{सप्लाय वोल्टेज}$$

$$I_o = \text{नो-लोड करंट}$$

$$I_{sh} = \text{शंट फ़ील्ड करंट}$$

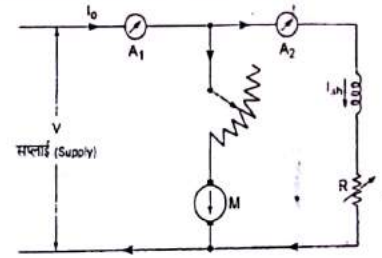
$$I_{ao} = I_o - I_{sh} = \text{नो-लोड आर्मेचर करंट}$$

$$R_a = \text{आर्मेचर रजिस्टेंस}$$

ध्यान दें कि शंट फ़ील्ड करंट लोड के बावजूद समान रहता है।

$$\text{नो-लोड इनपुट पावर} = V \times I_o \quad \dots(2.26)$$

हम जानते हैं कि जब D.C. मशीन बिना लोड के होती है तो इसकी इनपुट पावर का उपयोग केवल लॉस की सप्लाय के लिए किया जाता है और बिना लोड के लॉस होते हैं:



चित्र 2.67 DC मशीन का स्विनबर्न टेस्ट (Swinburn Test of DC Machine)

$$\text{तो, नो-लोड आर्मेचर कॉपर लॉस} = I_{ao}^2 \times R_a = (I_o - I_{sh})^2 \times R_a \quad \dots(2.27)$$

$$\text{चूंकि, नो-लोड इनपुट पावर} = \text{नो-लोड आर्मेचर कॉपर लॉस} + \text{कांस्टेंट लॉस;}$$

$$\text{कांस्टेंट लॉस} = \text{नो-लोड इनपुट पावर} - \text{नो-लोड आर्मेचर कॉपर लॉस}$$

तो समीकरण (2.26) तथा (2.7) से मान रखने पर से मान डालते हैं हम प्राप्ति करते हैं कांस्टेंट लॉस,

$$\text{कांस्टेंट लॉस, } P_c = (V \times I_o) - (I_o - I_{sh})^2 \times R_a$$

चूंकि हमने मशीन के कांस्टेंट लॉस को निर्धारित किया है अब मशीन की एफिशिएंसी किसी अन्य लोड पर पाई जा सकती है।

2.26.1. मोटर के रूप में प्रभावी ढंग से कार्य करना

I = लोड करंट जिस पर एफिशिएंसी पाई जानी है।

$$\text{मोटर का इनपुट पावर} = V \times I$$

$$\text{मोटरिंग ऑपरेशन के मामले में आर्मेचर करंट} = I_a = I_o - I_{sh}$$

$$\text{आर्मेचर कॉपर लॉस} = I_a^2 \times R_a = (I - I_{sh})^2 \times R_a$$

$$\text{मोटर में कुल लॉस} = \text{आर्मेचर कॉपर लॉस} + \text{कांस्टेंट लॉस}$$

$$\text{मोटर में कुल लॉस} = ((I - I_{sh})^2 \times R_a) + P_c$$

$$\text{मोटर एफिशिएंसी} = \frac{\text{इनपुट-लॉस}}{\text{इनपुट}}$$

$$\text{मोटर एफिशिएंसी} = \frac{\{(V \times I) - [(I - I_{sh})^2 \times R_a] + P_c\}}{V \times I}$$

2.26.2. एफिशिएंसी, जब जनरेटर रनिंग स्थिति (Efficiency When Running as Generator)

माना I = लोड करंट जिस पर एफिशिएंसी पाई जानी है।

$$\text{जनरेटर का इनपुट पावर} = V \times I$$

$$\text{जनरेट ऑपरेशन की स्थिति में आर्मेचर करंट} = I_a = I + I_{sh}$$

$$\begin{aligned}\text{आर्मेचर कॉपर लॉस} &= I_a^2 \times R_a = (I + I_{sh})^2 \times R_a \\ \text{जनरेटर में कुल लॉस} &= \text{आर्मेचर कॉपर लॉस} + \text{कांस्टेंट लॉस} \\ \text{जनरेटर में कुल लॉस} &= [(I + I_{sh})^2 \times R_a] + P_C \\ \text{जनरेटर क्षमता} &= \frac{\text{आउटपुट}}{\text{आउटपुट-लॉस}} \\ \text{जनरेटर क्षमता} &= \frac{(V \times I)}{[(V \times I) + \{(I + I_{sh})^2 \times R_a\} + P_C]}\end{aligned}$$

2.26.3. स्वाइनबर्न टेस्ट के लाभ (Advantages Of Swinburne's Test)

1. इस टेस्ट को करने के लिए आवश्यक पावर छोटा है इसलिए यह विधि डी०सी० मशीनों के टेस्ट का एक किफायती और सुविधाजनक विधि है।
2. चूंकि कांस्टेंट टेस्ट पहले से ही निर्धारित है इसलिए किसी भी लोड पर एफिशियेंसी पाई जा सकती है।

2.26.4. स्वाइनबर्न टेस्ट की हानियाँ (Disadvantages Of Swinburne's Test)

1. गणना के दौरान फुल लोड से नो-लोड तक आयरन लॉस में भिन्नता पर विचार नहीं किया जाता है। आर्मेचर रिएक्शन के कारण आयरन लॉस फुल लोड पर बढ़ जाता है।
2. जैसा कि स्वाइनबर्न टेस्ट नो-लोड पर किया जाता है इसलिए कांस्टेंट लॉस में गणना करते समय तापमान में वृद्धि और फुल लोड पर कम्प्यूटेशन पर विचार नहीं किया जाता है।

2.26.5. स्वाइनबर्न के टेस्ट की सीमा (Limitation of Swinburne Test)

स्विनबर्न टेस्ट केवल मशीनों के लिए लागू होता है जिसमें शंट और कंपाउंड जैसे कांस्टेंट फ्लक्स होता है। डी०सी० सीरीज मशीन के लिए स्विनबर्न टेस्ट उपयुक्त नहीं होता है।

2.27. डी०सी० मशीन की रेटिंग तथा विशेषताएँ (Rating and Specification of DC Machine)

डी०सी० मशीन को नेमप्लेट रेटिंग वोल्टेज, करंट, गति और पावर की स्थिति को संदर्भित करती है, जिस पर मोटर सामान्य रूप से ऑपरेट होती है। सिद्धांत रेटिंग को कांस्टेंट रेटिंग के रूप में जाना जाता है, जो किसी मशीन की नेमप्लेट पर वर्णित रेटिंग है।

कांस्टेंट पावर रेटिंग एक घर्मल रेटिंग है।

इस पावर पर मोटर को तापमान में बड़ी वृद्धि के बिना लंबे समय तक ऑपरेट किया जा सकता है और कंडक्टर इन्सुलेट पदार्थ, बिबरिंग और अन्य कंपोनेंट को रेंज से परे होता है, जो तापमान से बहुत प्रभावित होते हैं।

डी०सी० मशीन को स्पीड रेटिंग नेमप्लेट पर दी गई है। यह गति ऊपरी सीमा है जिस पर एक मशीन को मैकेनिकल स्ट्रेस के बिना ऑपरेट किया जा सकता है।

डी०सी० मशीन के और विशेषताएँ नीचे दिए गए हैं।

1. रॉडल नंबर : -----
2. नॉमल वोल्टेज : ऑपरेटिंग रेंज — वोल्ट में
3. नो लोड : करंट — एंपियर में
स्पीड — r.p.m. में

4. अधिकतम एफिशियेंसी पर : करंट — एंपियर में
टॉर्क — N-m में
स्पीड — r.p.m. में
आउटपुट — वाट में
5. स्टॉल : टॉर्क — N-m में
6. रेटेड लोड : करंट — एंपियर में
7. मोटर का आकार : -----
8. बजन : -----

उदाहरण 2.1 डायनेमो में 250 A पर रेटेड आर्मेचर करंट प्रवाहित होता है। यदि आर्मेचर वाइंडिंग सामान्य वेव वाइंड या सामान्य लेप वाइंड है, तो आर्मेचर की प्रति पथ संख्या ज्ञात करें? जहाँ मशीन में 12 पोल हैं।

हल : रेटेड आर्मेचर करंट, $I_a = 250$ A

पोल की संख्या, $P = 12$

सिम्पलेक्स वेव वाइंडिंग के साथ समानांतर पथों की संख्या,

$$A = 2$$

$$\therefore \text{करंट प्रति पथ, } I_c = \frac{I_a}{A} = \frac{250}{2} = 125 \text{ A उत्तर}$$

सिम्पलेक्स लेप वाइंडिंग के साथ समानांतर पथों की संख्या,

$$A = P = 12$$

$$\text{करंट प्रति पथ, } I_c = \frac{I_a}{A} = \frac{250}{12} = 20.833 \text{ A उत्तर}$$

उदाहरण 2.2 एक 500 वोल्ट, 8 पोल डी०सी० जनरेटर में 18 स्लॉट/पोल हैं। प्रत्येक स्लॉट में दो क्वाइल साइड होती हैं, प्रत्येक क्वाइल की साइड में चार कंडक्टर होते हैं। आर्मेचर में सामान्य लेप वाइंड होता है। आर्मेचर में फ्लक्स प्रति पोल 0.03 Wb है। जबकि 500V उत्पन्न करने के लिए RPM में स्पीड ज्ञात कीजिए।

हल : EMF उत्पन्न होने के लिए, $E_g = 500$ V

पोल प्रति फ्लक्स, $\phi = 0.03$ Wb

पोलों की संख्या, $P = 8$

समानांतर पथों की संख्या, $A = P = 8$

(चूंकि आर्मेचर को लेन वाइंड है।)

आर्मेचर कंडक्टर की संख्या,

$$\begin{aligned}Z &= \text{पोलों की संख्या} \times \text{स्लॉट्स/पोल} \times \text{स्लॉट्स/क्वाइल की संख्या} \times \\ &\quad \text{कंडक्टर/क्वाइल साइड} \\ &= 8 \times 18 \times 2 \times 4 = 1152\end{aligned}$$

संबंध में उपरोक्त मानों को प्रतिस्थापित करके,

$$E_g = \frac{\phi Z N}{60} \times \frac{P}{A} \text{ volt}$$

$$\text{मान रखने पर, } 500 = \frac{0.03 \times 1152 \times N}{60} \times \frac{8}{8}$$

$$N = 868 \text{ r.p.m.}$$

उत्तर

उदाहरण 2.3 एक 4 पोल, डी०सी० जनरेटर में 410 V देता है, जब 900 RPM पर ऑपरेट होता है। यदि 312 कंडक्टर प्रति समानांतर पथ हैं, तो प्रति पोल की गणना करें।

$$\text{हल : हम जानते हैं कि } E_g = \frac{\phi PN}{60} \times \frac{Z}{A} \text{ volt} \quad \dots(i)$$

$$\text{अतः कंडक्टर/पथ की संख्या, } \frac{Z}{A} = 312$$

$$\text{पोलों की संख्या, } P = 4$$

$$\text{जनरेटर की गति, } N = 900 \text{ r.p.m.}$$

$$\text{उत्पन्न EMF } E_g = 410 \text{ V}$$

समी० (i) में उपर्युक्त मानों को प्रतिस्थापित करना,

$$410 = \frac{\phi \times 4 \times 900}{60} \times 312$$

$$\text{और } \phi = 21.9 \text{ mWb}$$

उत्तर

उदाहरण 2.4 डी०सी० जनरेटर की EMF समीकरण में बदलाव किया जाए, जहाँ 20% फ्लक्स में कमी और 20% स्पीड में बढ़ दिया जाए तो EMF समीकरण ज्ञात करो?

हल : चूंकि इंड्यूस EMF, $E \propto \phi N$

$$\text{और } E_2 = E_1 \times \frac{\phi_2}{\phi_1} \times \frac{N_2}{N_1} = E_1 \times 0.8 \times 1.2 = 0.96 E_1$$

$$\text{इसलिए EMF में परिवर्तन} = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \times 100 = \frac{E_1 - 0.96 E_1}{E_1} \times 100 = 4\% \text{ decrease उत्तर}$$

उदाहरण 2.5 एक 6 पोल लेप वाउण्ड आर्मेचर में 480 कंडक्टर हैं और 0.018 वेबर के प्रति पोल फ्लक्स हैं। मशीन 600 RPM पर चल रही है। तो जेनरेट EMF समीकरण की गणना करें?

हल : पोल प्रति फ्लक्स, $\phi = 0.018 \text{ Wb}$

आर्मेचर कंडक्टर की संख्या, $Z = 480$

आर्मेचर की स्पीड (गति), $N = 600 \text{ rpm}$

पोलों की संख्या, $P = 6$

समानांतर पथों की संख्या, $A = P = 6$

(∵ आर्मेचर लेप वाउण्ड है)

$$\text{उत्पन्न EMF, } E = \frac{\phi ZN}{60} \times \frac{P}{A} \text{ volts} = 0.018 \times 480 \times \frac{600}{60} \times \frac{6}{6} = 151.2 \text{ V}$$

उत्तर

उदाहरण 2.6 एक 6 पोल जनरेटर की आर्मेचर 664 कंडक्टरों वाली एक वेब वाइंडिंग होती है। उत्पन्न EMF की गणना करें? जब फ्लक्स प्रति पोल $6 \times 10^{-2} \text{ Wb}$ और स्पीड 250 rpm होती है। अगर फ्लक्स प्रति पोल 5.8×10^{-2} तक कम हो जाए तो 550 V का EMF उत्पन्न करने के लिए आर्मेचर को किस स्पीड से चलाना होगा? वेब वाइंडिंग, उत्पन्न EMF के लिए

$$\text{यहाँ } E_g = \frac{\phi NZ}{60} \times \frac{P}{2}$$

पोलों की संख्या, $P = 6$

समानांतर पथों की संख्या, $A = 2$ (वेब वाउण्ड)

आर्मेचर कंडक्टर की संख्या, $Z = 664$

फ्लक्स/पोल, $\phi = 6 \times 10^{-2} \text{ Wb}$

जनरेटर की स्पीड, $N = 250 \text{ r.p.m.}$

$$E_g = \frac{6 \times 10^{-2} \times 664 \times 250}{60} \times \frac{6}{2} = 500 \text{ V}$$

सूत्र से Z, P और A स्थिरांक हैं। अर्थात् $E_g \propto \phi N$

अब, जब फ्लक्स कम हो जाता है तो $5.8 \times 10^{-2} \text{ Wb}$,

$$E_{g2} = 550 \text{ V}$$

$$E_{g1} \propto N_1 \phi_1$$

और

$$E_{g2} \propto N_2 \phi_2$$

समी० (i) को (ii) से भाग देने पर

$$\frac{E_{g1}}{E_{g2}} = \frac{N_1 \phi_1}{N_2 \phi_2}$$

$$N_2 = \frac{E_{g2}}{E_{g1}} \times \frac{N_1 \phi_1}{\phi_2}$$

और

$$N_2 = \frac{550}{500} \times \frac{250 \times 6 \times 10^{-2}}{5.8 \times 10^{-2}} = 284 \text{ r.p.m.}$$

अतः जनरेटर की स्पीड, जब फ्लक्स/पोल कम हो जाती है तो

$$= 284 \text{ r.p.m.}$$

उदाहरण 2.7 एक 6 पोल लेप वाउण्ड डी०सी० जनरेटर में आर्मेचर पर 600 कंडक्टर हैं। फ्लक्स प्रति पोल 0.02 Wb है। 300 V उत्पन्न करने के लिए जनरेटर को स्टार्ट करने के लिए स्पीड की गणना करें? जनरेटर स्पीड क्या होगी, यदि जनरेटर वेब वाउण्ड है।

हल : (i)

पोलों की संख्या, $P = 6$

समानांतर पथों की संख्या, $A = 6$

कंडक्टर की संख्या, $z = 600$ फ्लक्स/पोल, $\phi = 0.02 \text{ Wb}$ उत्पन्न EMF, $E_g = 300 \text{ V}$

चूंकि

$$E_g = \frac{\phi Z N}{60} \times \frac{P}{A}$$

$$300 = \frac{0.02 \times 600 \times N}{60} \times \frac{6}{6}$$

$$N = 1500 \text{ r.p.m.}$$

उत्तर

अब, यदि मशीन वेब वाउण्ड वे, तो

$$300 = \frac{0.02 \times 600 \times N}{60} \times \frac{6}{2}$$

$$A \text{ का मान } = 2,$$

उत्तर

अर्थात् स्लोड 500 r.p.m. से कम यदि जनरेटर वेब वाउण्ड है समानतर पथों की संख्या,

$$A = P = 4$$

$$\text{फ्लक्स/पोल, } \phi = E \times \frac{A}{P} \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{Z}$$

$$\therefore E = \frac{\phi Z N}{60} \times \frac{P}{A}$$

$$= 220 \times \frac{4}{4} \times \frac{60}{600} \times \frac{1}{200} = 0.11 \text{ Wb}$$

उत्तर

(ii) जब आर्मेचर वेब से कनेक्ट है।

समानतर पथों की संख्या, $A' = 2$

$$\text{और फ्लक्स/पोल, } \phi' = \frac{220 \times 2}{4} \times \frac{60}{600} \times \frac{1}{200} = 0.055 \text{ Wb}$$

उत्तर

उदाहरण 2.8 750 RPM पर चलने पर एक डी० सी० मशीन में इंड्यूस्ड EMF 220 वोल्ट है जो 250 V के एक इंड्यूस्ड EMF और 700 RPM की स्पीड के लिए प्रतिशत ने मैन फ्लक्स फील्ड में वृद्धि की गणना करो?

हल : दिया है,

$$E_1 = 250 \text{ volts}$$

$$N_1 = 700 \text{ rpm}$$

$$E_2 = 220 \text{ volts}$$

$$N_2 = 700 \text{ rpm}$$

$$E_1 = \frac{\phi_1 N_1 Z}{60 \times A}$$

$$E_2 = \frac{\phi_2 N_2 Z}{60 \times A}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\phi_2 N_2 P}{\phi_1 N_1 P}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\phi_2}{\phi_1} \times \frac{N_2}{N_1}$$

or

$$\frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{E_2}{E_1} \times \frac{N_1}{N_2} = \frac{250 \times 750}{220 \times 700} = 1.2175$$

उत्तर

अर्थात् फ्लक्स में वृद्धि = 21.75%

उत्तर

उदाहरण 2.9 5 H.P. 110 V मोटर को तब तक लोड किया जाता है, जब तक कि यह 40 A का करंट ड्रा करे। यदि आर्मेचर रजिस्टेंस 0.20 है तो मोटर का बैक EMF ज्ञात करो?

हल :

$$\text{सप्लाय वोल्टेज, } V = 110 \text{ V}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = 40 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर रजिस्टेंस, } R_a = 0.2 \Omega$$

$$\text{बैक EMF, } E_b = V - I_a R_a$$

$$\text{उत्पन्न EMF, } E_g = 300 \text{ V}$$

$$= 110 - 40 \times 0.2 = 102 \text{ V}$$

उत्तर

उदाहरण 2.10 230 V मोटर में आर्मेचर सर्किट रजिस्टेंस 0.6Ω है यदि लोड आर्मेचर करंट 30 A और लो लोड आर्मेचर करंट 4 A है, तो बैक EMF में नो लोड से लेकर फुल लोड तक होने वाले परिवर्तन को ज्ञात करें?हल : मोटर का रेट वोल्टेज, $V = 230 \text{ Volt}$

(i) जब मोटर फुल लोड पर चल रहा है

$$\text{लोड आर्मेचर करंट, } I_{a1} = 30 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर रजिस्टेंस, } R_a = 0.6 \Omega$$

बैक EMF के लोड करंट के नीचे

$$E_{b1} = V - I_{a1} R_a = 230 - 30 \times 0.6 = 212 \text{ V}$$

(ii) जब मोटर नो लोड पर चल रही है

$$\text{नो लोड आर्मेचर करंट, } I_{a1} = 4 \text{ A}$$

बैक EMF के लोड करंट अन्तर्गत,

$$E_{b2} = V - I_{a2} R_a = 230 - 4 \times 0.6 = 227.6 \text{ V}$$

बैक EMF में नो लोड से फुल लोड तक परिवर्तन

$$= E_{b2} - E_{b1} = 227.6 - 212 = 15.6 \text{ V}$$

उत्तर

उदाहरण 2.11 440 V शंट मोटर में आर्मेचर रजिस्टेंस 0.8Ω और फील्ड रजिस्टेंस 200Ω है। 85% एफिशिएंसी 80% पर 7.46 kW का आउटपुट देने समय बैक EMF समीकरण की गणना करें?

हल :

$$\text{मोटर की आउटपुट पावर } = 7.46 \text{ kW} = 7460 \text{ W}$$

$$\text{दक्षता, } \eta = 85\% = 0.85$$

सप्लाय वोल्टेज, $V = 440$ Vआर्मेचर रेजिस्टेंस, $R_a = 0.8 \Omega$ शंट फील्ड, $R_{sh} = 200 \Omega$

$$\text{मोटर की इनपुट पावर, } P = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{एफिशिएंसी}} = \frac{7450}{0.85} = 8776.5 \text{ W}$$

$$\text{मोटर की इनपुट करंट, } I_L = \frac{\text{इनपुट पावर}}{\text{सप्लाय वोल्टेज}} = \frac{8776.5}{440} = 19.95 \text{ A}$$

$$\text{शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{440}{200} = 2.2 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = I_L - I_{sh} = 19.95 - 2.2 = 17.75 \text{ A}$$

$$\text{बैक EMF, } E_b = V - I_a R_a$$

$$= 440 - 17.75 \times 0.8 = 425.8 \text{ V}$$

उत्तर

उदाहरण 2.12 एक 25 किलोवाट, 250 V, डी०सी० शंट जनरेटर में क्रमशः 0.06Ω और 100Ω का आर्मेचर और फील्ड रेजिस्टेंस है। कार्य करते समय डेवलप कुल आर्मेचर पावर की गणना करें। (i) एक जनरेटर के रूप में 25 kW आउटपुट और (ii) 25 kW इनपुट लेने वाली मोटर के रूप में।

हल : (i) जब मशीन जनरेटर के रूप में चलती है—

$$\text{जनरेटर की आउटपुट, } P = 25 \text{ kW} = 25000 \text{ W}$$

$$\text{टर्मिनल, वोल्टेज, } V = 250 \text{ V}$$

$$\text{आउटपुट करंट, } I_L = \frac{25,000}{250} = 100 \text{ A}$$

$$\text{शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{250}{100} = 2.5 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = I_L + I_{sh}$$

$$= 100 + 2.5 = 102.5 \text{ A}$$

$$\text{उत्पन्न e.m.f., } E_g = V + I_a R_a$$

$$= 250 + 102.5 \times 0.06 = 256.15 \text{ V}$$

$$\text{आर्मेचर में डेवलप पावर, } P_a = E_g \cdot I_a \text{ watt}$$

$$P_a = \frac{256.15 \times 102.5}{1000} = 26.25 \text{ kW}$$

उत्तर

(ii) जब मशीन एक मोटर के रूप में चलती है—

$$\text{मोटर की इनपुट पावर, } P = 25000 \text{ W}$$

$$\text{सप्लाय वोल्टेज, } V = 250 \text{ V}$$

$$\text{इनपुट करंट, } I_L = \frac{25,000}{250} = 100 \text{ A}$$

$$\text{शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = 2.5 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = 100 - 2.5 = 97.5 \text{ A}$$

$$\text{बैक ई० एम० एफ०, } E_b = V - I_a R_a = 250 - 97.5 \times 0.06 = 244.15 \text{ V}$$

$$\text{आर्मेचर में डेवलप पावर, } P_a = E_b \cdot I_a \text{ watt}$$

$$P_a = \frac{244.15 \times 97.5}{1000} = 23.8 \text{ kW}$$

उत्तर

उदाहरण 2.13 235.2 V के कांडर EMF के रूप में एक डी०सी० मोटर जिसमें 240 V का टर्मिनल वोल्टेज और 60 A का आर्मेचर करंट होता है। (i) आर्मेचर रेजिस्टेंस (ii) मोटर में डेवलप हुई पावर, वॉट में और (iii) हॉर्स पावर में डेवलप की गई पावर।

हल : (i) आर्मेचर रेजिस्टेंस—

$$\text{सप्लाय वोल्टेज, } V = 240 \text{ V}$$

$$\text{उत्पन्न EMF } E_b = 235.2 \text{ V}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = 60 \text{ A}$$

$$R_a = \frac{V - E_b}{I_a} = \frac{240 - 235.2}{60} = 0.08 \Omega \quad \text{Ans.}$$

(ii) आर्मेचर डेवलप पावर वॉट में—

$$P_a = E_b I_a = 235.2 \times 60 = 14112 \text{ W}$$

उत्तर

(iii) आर्मेचर में डेवलप पावर अश्व पावर में—

$$P_a = \frac{14112}{735.5} = 19.2 \text{ H.P.}$$

उत्तर

उदाहरण 2.14 लैप से जुड़े आर्मेचर के साथ एक 4 पोल डी०सी० शंट जनरेटर 200 V पर 100 A का लोड सप्लाय करता है। आर्मेचर रेजिस्टेंस 0.1Ω है और शंट फील्ड रेजिस्टेंस 80Ω है। कुल आर्मेचर करंट और EMF उत्पन्न होता है।

हल :

$$\text{टर्मिनल वोल्टेज, } V = 200 \text{ V}$$

$$\text{लोड करंट, } I_L = 100 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर रेजिस्टेंस, } R_a = 0.1 \Omega$$

$$\text{शंट फील्ड रेजिस्टेंस, } R_{sh} = 80 \Omega$$

$$\text{शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{200}{80} = 2.5 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = I_L + I_{sh} = 100 + 2.5 = 102.5 \text{ A}$$

उत्तर

$$\text{उत्पन्न EMF } E_g = V + I_a R_a = 200 + 102.5 \times 0.1 = 210.25 \text{ V}$$

उत्तर

उदाहरण 2.15 एक 20 kW किलोवाट, 200 V शंट जनरेटर में 0.05 Ω का आर्मेचर और 200 Ω का एक शंट फील्ड रजिस्टेंस है। जब यह रेडेड आउटपुट डिस्ट्रीब्यूट करता है तो आर्मेचर में डेवलप पॉवर की गणना करें।

हल : लोड करंट, $I_L = \frac{P}{V} = \frac{20,000}{200} = 100 \text{ A}$

शंट फील्ड रजिस्टेंस, $R_{sh} = 200 \Omega$

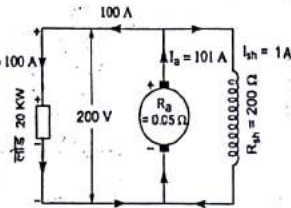
शंट फील्ड करंट, $I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{200}{200} = 1 \text{ A}$ $I_L = 100 \text{ A}$

आर्मेचर करंट, $I_a = I_L + I_{sh}$
 $= 100 + 1 = 101 \text{ A}$

जनरेटेड emf, $E_g = V + I_a R_a$
 $= 200 + 101 \times 0.05$
 $= 205.05 \text{ V}$

पॉवर डेवलप, $P_g = E_g \times I_a = 205.05 \times 101 = 20,710 \text{ W}$ or 20.71 kW

उत्तर



चित्र 2.68

उदाहरण 2.16 एक डी०सी० शंट जनरेटर 200 पर 7.5 kW का लोड देता है। इंड्यूज्ड EMF की गणना करें यदि आर्मेचर 0.6 Ω और फील्ड रजिस्टेंस 80 Ω है।

हल :

शंट जनरेटर की रेडेड पॉवर = 7.5 kW

टर्मिनल वोल्टेज, $V = 200 \text{ V}$

फील्ड रजिस्टेंस, $R_{sh} = 80 \Omega$

आर्मेचर रजिस्टेंस $R_a = 0.6 \Omega$

आर्मेचर करंट, $I_a = I_L + I_{sh}$

उत्पन्न EMF $E_g = V + I_a R_a$

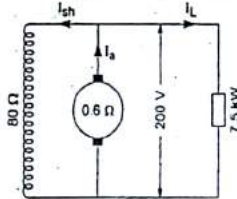
लोड करंट, $I_L = \frac{P}{V} = \frac{7500}{200} = 37.5 \text{ A}$

शंट फील्ड करंट, $I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{200}{80} = 2.5 \text{ A}$

आर्मेचर करंट, $I_a = 37.5 + 2.5 = 40 \text{ A}$

उत्पन्न EMF $E_g = V + I_a R_a = 200 + 40 \times 0.6 = 224 \text{ V}$

उत्तर



चित्र 2.69

उदाहरण 2.17 एक शंट जनरेटर में 127 V के ओपन सर्किट पर एक इंड्यूज्ड वोल्टेज होता है। जब मशीन को लोड किया जाता है तो टर्मिनल वोल्टेज 120 V होता है। लोड करंट ज्ञात करें, यदि फील्ड रजिस्टेंस 1.5 Ω है और आर्मेचर रजिस्टेंस 0.02 Ω है।

हल :

नो लोड इंड्यूज्ड वोल्टेज, $E_g = 127 \text{ V}$

टर्मिनल वोल्टेज, $V = 120 \text{ V}$

शंट फील्ड रजिस्टेंस, $R_{sh} = 15 \Omega$

आर्मेचर रजिस्टेंस, $R_a = 0.02 \Omega$

शंट जनरेटर के लिए, $E_g = V + I_a R_a$

$I_a = \frac{E_g - V}{R_a} = \frac{127 - 120}{0.02} = \frac{7}{0.02} = 350 \text{ A}$

शंट फील्ड करंट, $I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{120}{15} = 8 \text{ A}$

लोड करंट, $I_L = I_a - I_{sh} = 350 - 8 = 342 \text{ A}$

उत्तर

उदाहरण 2.18 4 पोल डायनेमो में 480 कंडक्टर के साथ एक लैप जुड़ा आर्मेचर होता है और 400 RPM पर चलाया जाता है, आर्मेचर रजिस्टेंस 0.2 Ω होता है और शंट फील्ड सर्किट रजिस्टेंस 250 V है। तो फ्लक्स/पोल की गणना करें जब मशीन 60 A लोड करंट सप्लाय कर रही है।

हल :

पोलों की संख्या, $P = 4$

समानान्तर पथों की संख्या, $A = 4$ (Lap wound)

कंडक्टरों की संख्या, $Z = 480$

जेनरेटर की गति, $N = 400$

टर्मिनल वोल्टेज, $V = 250 \text{ V}$

लोड करंट, $I_L = 60 \text{ A}$

शंट फील्ड रजिस्टेंस, $R_{sh} = 50 \Omega$

आर्मेचर रजिस्टेंस, $R_a = 0.2 \Omega$

शंट फील्ड करंट, $I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{250}{50} = 5 \text{ A}$

आर्मेचर करंट, $I_a = I_L + I_{sh} = 60 + 5 = 65 \text{ A}$

$E_g = V + I_a R_a = 250 + 65 \times 0.2 = 263 \text{ V}$

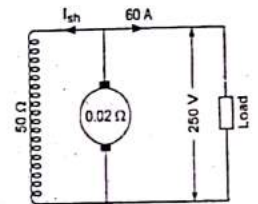
इसलिए

$E_g = \frac{\phi Z N}{60} \times \frac{P}{A}$ volt

$263 = \frac{\phi \times 480 \times 400}{60} \times \frac{4}{4}$

$\phi = \frac{263 \times 60}{480 \times 400} = 0.082 \text{ Wb}$

उत्तर



चित्र 2.70

उदाहरण 2.19 एक 4 पोल डी० सी० शंट जनरेटर जिसके साथ एक वेब वाउण्ड आर्मेचर होता है जिसमें 390 कंडक्टरों को 500 लैप का लोड देना पड़ता है, प्रत्येक 250 V पर 100 W। तब वोल्टेज ड्रॉप के लिए 10 V को जनरेटर और को जोड़ने और वृष्टि प्रति 1 V ड्रॉप की अनुमति देता है। उस स्पीड की गणना करें जिस पर जनरेटर को चलाया जाना चाहिए। पोल प्रति फ्लक्स 30 mWb है और आर्मेचर और शंट फील्ड रजिस्टेंस क्रमशः 0.5 Ω और 65 Ω है।

102 वैद्युत मशीन-1

हल : टर्मिनल वोल्टेज, $V = 250$ V
 100 W प्रत्येक के 500 लैप का कुल लोड,
 $P = 500 \times 100 = 50,000$ W

$$\text{लोड करंट, } I_L = \frac{50,000}{250} = 200 \text{ A}$$

कनेक्टिंग लोड में वोल्टेज ड्रॉप = 10 V

शंट फील्ड के एक्रॉस वोल्टेज, $= 250 + 10 = 260$ V

$$\text{शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{260}{65} = 4 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = 200 + 4 = 204 \text{ A}$$

$$\text{कुल उत्पन्न, EMF, } E_g = 260 + 2 + 204 \times 0.05 = 272.2 \text{ V}$$

इसलिए,

$$E_g = \frac{\phi Z N}{60} \times \frac{P}{A}$$

$$272.2 = \frac{30 \times 10^{-3} \times 390 \times N}{60} \times \frac{4}{2}$$

$$N = \frac{272.2 \times 60 \times 2}{30 \times 10^{-3} \times 390 \times 4}$$

अर्थात्

$$N = 698 \text{ r.p.m. उत्तर}$$

उदाहरण 2.20 एक वेव वाइण्ड आर्मेचर के साथ एक 4 पोल शंट जनरेटर में 41 स्लॉट, 12 कंडक्टर हैं, आर्मेचर रजिस्टेंस 0.05Ω है और शंट फील्ड रजिस्टेंस 200Ω है। पोल प्रति फ्लक्स 25 mWb है यदि 10Ω का लोड रजिस्टेंस आर्मेचर टर्मिनलों से जुड़ा हुआ है, तो लोड पर वोल्टेज की गणना करें, जब जनरेटर 1000 RPM पर ऑपरेट होता है।

हल :

पोलों की संख्या, $P = 4$

समानर पथों की संख्या, $A = 2$ (wave wound)

कंडक्टरों की संख्या, $Z = 41 \times 12 = 492$

जेनरेटर की गति, $N = 1000 \text{ r.p.m.}$

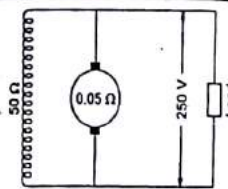
फ्लक्स/पोल, $\phi = 25 \times 10^{-3} \text{ Wb}$

शंट फील्ड रजिस्टेंस, $R_{sh} = 200 \Omega$

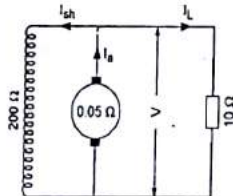
आर्मेचर रजिस्टेंस, $R_a = 0.05 \Omega$

हम जानते हैं कि उत्पन्न EMF

$$E_g = \frac{\phi Z N}{60} \times \frac{P}{A} \text{ volt}$$



चित्र 2.71



चित्र 2.72

टी.सी. मशीनें 103

$$E_g = \frac{25 \times 10^{-3} \times 492 \times 1000}{60} \times \frac{4}{2} = 410 \text{ V}$$

माना V टर्मिनल वोल्टेज

इसलिए,

$$E_g = V + I_a R_a$$

या

$$E_g = V + \left[\frac{V}{R_L} + \frac{V}{R_{sh}} \right] \times 0.05$$

या

$$410 = V + \left[\frac{V}{10} + \frac{V}{200} \right] \times 0.05$$

या

$$410 = V + \frac{21V}{200} \times 0.05$$

या

$$410 = \frac{200V + 21V + 0.05}{200}$$

या

$$410 = \frac{201.05V}{200}$$

$$V = \frac{410 \times 200}{201.05} = 407.8 \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 2.21 एक कम्पाउण्ड जनरेटर 240 A पर 120 V का लोड दे रहा है। इसके आर्मेचर, शंट और सीरीज वाइंडिंग का रजिस्टेंस क्रमशः 0.1Ω , 120Ω और 0.05Ω है। मशीन से जुड़े होने पर इंड्यूज्ड EMF mWb आर्मेचर करंट ज्ञात करें, (i) शॉर्ट शंट (ii) लॉन्ग शंट।

हल :

टर्मिनल वोल्टेज, $V = 240 \text{ V}$

लोड करंट, $I_L = 120 \text{ A}$

आर्मेचर रजिस्टेंस, $R_a = 0.1 \Omega$

शंट फील्ड रजिस्टेंस, $R_{sh} = 120 \Omega$

सीरीज फील्ड, $R_{se} = 0.05 \Omega$

(i) जब शॉर्ट शंट के रूप में कनेक्ट हो-

सीरीज फील्ड करंट, $I_{se} = 120 \text{ A}$

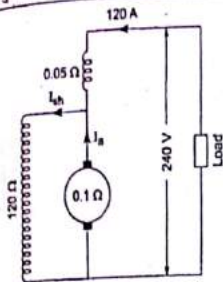
सीरीज फील्ड वाइंडिंग में वोल्टेज ड्रॉप $= 120 \times 0.05 = 6.00 \text{ V}$

शंट फील्ड के एक्रॉस वोल्टेज, $V_{sh} = 240 + 6 = 246 \text{ V}$

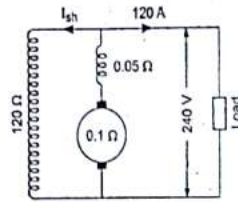
$$\text{शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{246}{120} = 2.05 \text{ A}$$

आर्मेचर करंट, $I_a = 120 + 2.05 = 122.05 \text{ A}$

जनरेटेड EMF, $E_g = V_{sh} + I_a R_a = 246 + 122.05 \times 0.1 = 258.205 \text{ V Ans.}$



चित्र 2.73



चित्र 2.74

(ii) जब लांग शंट के रूप में कनेक्ट हो-

$$\text{शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{240}{120} = 2 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = I_L + I_{sh} = 120 + 2 = 122 \text{ A}$$

$$\text{जनरेटर्ड EMF, } E_g = V + I_a R_a + I_{se} R_{se}$$

$$= 240 + 122 \times 0.1 + 122 \times 0.05 = 258.3 \text{ V}$$

उत्तर

उदाहरण 2.22 शंट एक्साइटेड डी.सी. जनरेट के फील्ड सर्किट रजिस्टेंस 200 Ω। जब जनरेटर का जनरेट आउटपुट 100 kW है, तो टर्मिनल वोल्टेज 500 V है और उत्पन्न EMF 525 V है। गणना करें: (i) आर्मेचर रजिस्टेंस (ii) उत्पन्न EMF का मान जब आउटपुट 60 kW होता है। यदि टर्मिनल वोल्टेज 520 V है।

हल : (i) आर्मेचर रजिस्टेंस :

$$\text{जनरेटर की आउटपुट पावर} = 100 \text{ kW}$$

$$\text{टर्मिनल वोल्टेज, } V = 500 \text{ V}$$

$$\text{उत्पन्न EMF, } E_g = 525 \text{ V}$$

$$\text{शंट फील्ड रजिस्टेंस, } R_{sh} = 200 \Omega$$

$$\text{लोड करंट, } I_L = \frac{100,000}{500} = 200 \text{ A}$$

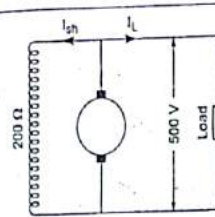
$$\text{शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{500}{200} = 2.5 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = 200 + 2.5 = 202.5 \text{ A}$$

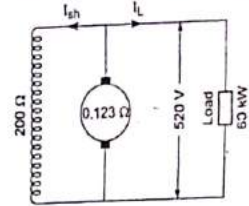
$$\text{उत्पन्न EMF, } E_g = V + I_a R_a$$

$$R_a = \frac{E_g - V}{I_a} = \frac{525 - 500}{202.5} = \frac{25}{202.5} = 0.123 \text{ W}$$

उत्तर



चित्र 2.75



चित्र 2.76

(ii) जब आउटपुट 60 kW होता है और टर्मिनल वोल्टेज 520 V:

$$\text{लोड करंट, } I_L = \frac{60000}{520} = 115.4 \text{ A}$$

$$\text{शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{520}{200} = 2.6 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = 115.4 + 2.6 = 118 \text{ A}$$

$$\text{उत्पन्न EMF } E_g = 520 + 118 \times 0.123 = 534.514 \text{ V}$$

उत्तर

उदाहरण 2.23 शंट कम्पाउण्ड जनरेटर के साथ, वोल्टेज 230 V है, जब जनरेटर 150 A चलता है। निर्धारित करें- (i) ईड्यूज EMF (ii) कुल पावर का डिस्ट्रीब्यूशन (iii) शंट फील्ड, सीरीज फील्ड, डाइवर्टर और आर्मेचर रजिस्टेंस 92 Ω, 0.015 Ω, 0.03 Ω है।

हल :

$$\text{टर्मिनल वोल्टेज, } V = 230 \text{ V}$$

$$\text{लोड करंट, } I_L = 150 \text{ A}$$

$$\text{शंट फील्ड रजिस्टेंस, } R_{sh} = 92 \Omega$$

$$\text{सीरीज फील्ड रजिस्टेंस, } R_{se} = 0.015 \Omega$$

$$\text{डाइवर्टर रजिस्टेंस, } R_d = 0.03 \Omega$$

$$\text{आर्मेचर रजिस्टेंस, } R_a = 0.032 \Omega$$

$$\text{शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{230}{92} = 2.5 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = 150 + 2.5 = 152.5 \text{ A}$$

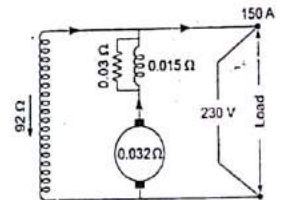
चूंकि सीरीज फील्ड और डाइवर्टर रजिस्टेंस समान्तर में जुड़े हैं, इसलिए उनका संयुक्त रजिस्टेंस,

$$= \frac{0.03 \times 0.015}{0.03 + 0.015} = 0.01 \Omega$$

$$\text{कुल आर्मेचर रजिस्टेंस} = 0.032 + 0.01 = 0.042 \Omega$$

वोल्टेज के कारण आर्मेचर सर्किट रजिस्टेंस करने के लिए

$$= 152.5 \times 0.042 = 6.4 \text{ V}$$



चित्र 2.77

- (i) इंड्यूज्ड EMF, $E_g = 230 + 6.4 = 236.4 \text{ V}$ उत्तर
 (ii) आर्मेचर में कुल उत्पन्न पॉवर $= E_g \cdot I_a \text{ watt}$
 $= 236.4 \times 152.5 = 36051 \text{ W}$ उत्तर
 (iii) आर्मेचर में डेवलप पॉवर $= I_a^2 \cdot R_a = (152.5)^2 \times 0.032 = 744 \text{ W}$
 सीरीज फील्ड और डाइवर्टर में डेवलप पॉवर $= (152.5)^2 \times 0.01 = 232 \text{ W}$
 शंट फील्ड में डेवलप पॉवर $= (2.5)^2 \times 92 = 575 \text{ W}$
 लोड सर्किट के लिए दिसा पॉवर $= 230 \times 150 = 34500 \text{ W}$

उदाहरण 2.24 एक 120 V, कम्पाउण्ड जनरेटर में, आर्मेचर शंट और सीरीज वाइंडिंग का रजिस्टेंस क्रमशः 0.05Ω , 25Ω और 0.04Ω है। लोड करंट 100 A पर 120 V है। मशीन के रूप में जुड़ा होने पर आर्मेचर करंट और इंड्यूज्ड EMF को ज्ञात करें: (i) लॉन्ग शंट (ii) शॉर्ट शंट के रूप में। यदि सीरीज वाइंडिंग के समानांतर 0.1Ω के एक डायवर्टर को समानान्तर में जोड़ा जाए तो सीरीज फील्ड के एम्पियर तरुण कैसे बदलते जाएंगे। इसा कांटेक्ट ड्राप और आर्मेचर रिएक्शन की उपेक्षा करें।

हल : टर्मिनल वोल्टेज, $V = 120 \text{ V}$
 आर्मेचर रजिस्टेंस, $R_a = 0.06 \Omega$
 शंट फील्ड रजिस्टेंस, $R_{sh} = 25 \Omega$
 सीरीज फील्ड रजिस्टेंस, $R_{sc} = 0.04 \Omega$

(i) लॉन्ग शंट के लिए,

लोड करंट, $I_L = 100 \text{ A}$
 शंट फील्ड करंट, $I_{sh} = \frac{120}{25} = 4.8 \text{ A}$

आर्मेचर करंट, $I_a = 100 + 4.8 = 104.8 \text{ A}$ उत्तर

सीरीज फील्ड वाइंडिंग में वोल्टेज $= 104.8 \times 0.04 = 4.19 \text{ V}$

आर्मेचर वोल्टेज ड्राप $= 104.8 \times 0.06 = 6.29 \text{ V}$

उत्पन्न EMF $E_g = V + I_a R_a + I_a R_{sc}$
 $= 120 + 6.29 + 4.19$
 $= 130.48 \text{ V}$

(ii) शॉर्ट शंट के लिए

सीरीज वाइंडिंग के एक्रॉस वोल्टेज ड्राप $= 100 \times 0.04 = 4 \text{ V}$

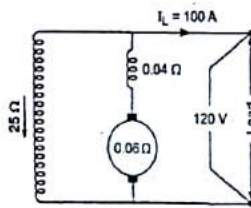
शंट वाइंडिंग के एक्रॉस वोल्टेज ड्राप $= 120 + 4 = 124 \text{ V}$

शंट फील्ड करंट, $I_{sh} = \frac{124}{25} = 5 \text{ A (say)}$

$I_a = 100 + 5 = 105 \text{ A}$ उत्तर

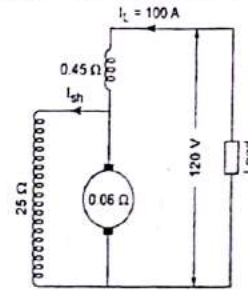
आर्मेचर वॉल्टेज ड्राप $= I_a \cdot R_a = 105 \times 0.06 = 6.3 \text{ V}$

उत्पन्न EMF $E_g = 120 + 4 + 6.3 = 130.3 \text{ V}$ उत्तर

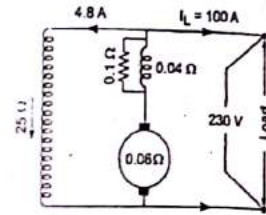


चित्र 2.78

उत्तर



चित्र 2.79



चित्र 2.80

(iii) जब एक 0.1Ω डायवर्टर लॉन्ग शंट जनरेटर के सीरीज फील्ड में जोड़ना होता है। करंट डायवर्टर के नियम से,

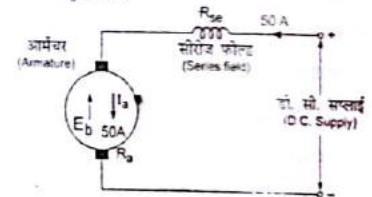
सीरीज वाइंडिंग के माध्यम से करंट $= I_a \times \frac{R_{div}}{R_{div} + R_{sc}}$
 $= 104.8 \times \frac{0.1}{0.1 + 0.04} = 74.86 \text{ A}$

चूँकि सीरीज वाइंडिंग को सख्ता सीरीज फील्ड में परिवर्तन है।

अर्थात् सीरीज फील्ड एम्पियर में कमी हो जाती है $= \frac{104.8 - 74.86}{104.8} \times 100 = 28.6\%$ उत्तर

उदाहरण 2.25. 60-स्लॉट के रूप में 6-पोल डी.सी. से एक लेप वाउंड आर्मेचर, प्रत्येक स्लॉट में 12 कंड होते हैं। यदि आर्मेचर करंट 50 A है, तो $N\phi$ में कुल टॉर्क की गणना करें। प्रति पोल फ्लक्स 20 mWb हल : दिया है—

$P = A = 6$
 $Z = 60 \times 12 = 720$
 $I_a = 50 \text{ A}$



चित्र 2.81

$\phi = 20 \text{ mWb}$ or $20 \times 10^{-3} \text{ Wb}$

$T = \frac{1}{2\pi} \times \phi Z P \frac{I_a}{A}$

इसलिए

$$T = \frac{1}{2 \times 3.14} \times 20 \times 10^{-3} \times 720 \times 6 \times \frac{50}{6} = 114.65 \text{ Nw-m}$$

और

$$\text{टॉर्क} = 114.65 \text{ Nw-m}$$

उत्तर

उदाहरण 2.26. एक 220 V, डी०सी० शंट मोटर 1200 rpm पर चलता है और 5.4 A लेता है। आर्मेचर रजिस्टेंस 0.1 Ω है और फील्ड रजिस्टेंस 220 Ω है। गति में गिरावट की गणना करें, जब मोटर लोड पर है और 51 एम्पीयर करंट ले रहा है। आर्मेचर रिएक्टेंस की उपेक्षा करें।

हल :

$$I_{sh} = \frac{220}{220} = 1 \text{ A}$$

इसलिए

$$I_{a1} = 5.4 - 1 = 4.4 \text{ A}$$

और

$$I_{a2} = 51 - 1 = 50 \text{ A}$$

∴

$$E_b = \phi ZNP$$

$$60 A$$

और

$$E_b \propto \phi N$$

चूंकि आर्मेचर रिएक्सन के कारण फ्लक्स में कमी को नगण्य किया जाना है, तो शंट मोटर के लिए ϕ स्थिर है

इसलिए

$$E_b \propto N$$

$$E_{b1} = 220 - 4.4 \times 0.2$$

$$E_{b1} = 219.12 \text{ volts}$$

और

$$E_{b2} = 200 - 50 \times 0.2$$

$$E_{b2} = 210 \text{ volts}$$

∴

$$219.12 \propto 1200$$

और

$$210 \propto N_2$$

और

$$\frac{N_2}{1200} = \frac{210}{219.12}$$

और

$$N_2 = \frac{1200 \times 210}{219.12} = 1150 \text{ rpm}$$

$$\text{इसलिए गति में कमी} = 1200 - 1150 = 50 \text{ rpm}$$

उत्तर

उदाहरण 2.27. DC मोटर के आर्मेचर पर वोल्टेज 220 वोल्ट है और आर्मेचर के माध्यम से करंट 15 amps है। आर्मेचर रजिस्टेंस 1.0 ohm है। मशीन की गति प्रति सेकंड 100 रेडियन है।

Calculate :

(i) इंड्यूस emf

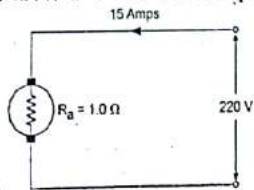
(ii) इलेक्ट्रोमैग्नेटिक टॉर्क

(iii) आर्मेचर कॉपर लॉस

हल : चित्र 2.83. देखिए

(i)

$$\text{इंड्यूस emf, } E = (V - I_a R_a)$$



चित्र 2.83

$$= 220 - 15 \times 1.0$$

$$= 205 \text{ volts.}$$

उत्तर

$$(ii) \text{ डेवलप इलेक्ट्रोमैग्नेटिक टॉर्क} = \frac{EI_a}{\omega} = \frac{205 \times 15}{100} = 30.75 \text{ Nw-m}$$

उत्तर

$$(iii) \text{ आर्मेचर कॉपर लॉस} = I_a^2 R_a = (15)^2 \times 1 = 225 \text{ W}$$

उत्तर

उदाहरण 2.28. डी०सी० मशीन में इंड्यूस emf 1500 rpm की गति से 250 वोल्ट है। इलेक्ट्रोमैग्नेटिक टॉर्क की गणना करें जब आर्मेचर के माध्यम से प्रवाहित होने वाली करंट 20 एम्पियर हो।

हल : समीकरण से—

$$T_e = \frac{EI_a \times 60}{2\pi \times N} = \frac{250 \times 20 \times 60}{2\pi \times 1500} = 31.92 \text{ Nw-m}$$

$$T_e = 31.83 \text{ Nw-m}$$

उत्तर

उदाहरण 2.29. एक 50 H.P. 400 V, 4 पोल, 1000 rpm डी०सी० 1600 कंडक्टर वाली मोटर और वेब से जुड़ा हुआ फ्लक्स प्रति पोल 0.027 Wb के बराबर है। जब मशीन 75 amps लेती है, तो ब्रॉस टॉर्क की गणना करें।

हल :

$$\text{पोलो की संख्या, } P = 4$$

$$\text{आर्मेचर कंडक्टरों की संख्या, } Z = 1600$$

$$\text{फ्लक्स, } \phi = 0.027 \text{ Wb.}$$

$$\text{पैरालल पाथों की संख्या, } A = 2 \text{ (wave connected)}$$

$$\text{करंट, } I = 75 \text{ Amps.}$$

$$N = 1000 \text{ rpm}$$

$$T_e = 0.1591 \times \frac{PZ\phi I}{A} = \frac{0.1591 \times 4 \times 1600 \times 0.027 \times 75}{2}$$

$$\text{टॉर्क, } T = 1030.96 \text{ Nw-m}$$

उत्तर

उदाहरण 2.30. डी०सी० की सेपरेटली एक्साइटेट मशीन की आर्मेचर में 01 W का रजिस्टेंस होता है और यह 230 V सप्लाय से जुड़ी होती है। जेनरेटर emf की गणना करें जब यह चल रहा है (i) एक जनरेटर के रूप में 80 A (ii) 60 A लेने वाली मोटर के रूप में।

हल : जनरेटर के रूप में—

$$\text{जेनरेटर emf, } E_G = V + I_a R_a = 230 + 80 \times 0.1 = 238 \text{ V}$$

उत्तर

मोटर के रूप में—

$$\text{जेनरेटर emf, } E_G = E_b = V - I_a R_a = 230 - 60 \times 0.1 = 224 \text{ V}$$

उत्तर

उदाहरण 2.31. 230 V dc सीरीज मोटर 50 A ले रही है। आर्मेचर और सीरीज फील्ड वाइडिंग के रजिस्टेंस क्रमशः 0.2 Ω और 0.1 Ω हैं। गणना करें (i) ब्रुश वोल्टेज (ii) वैक emf

हल :

$$\text{सप्लाय वोल्टेज, } V = 230 \text{ V}$$

$$\text{लाइन करंट, } I = 50 \text{ A}$$

शंट फील्ड करंट, $R_a = 0.2 \Omega$ इनपुट करंट, $R_{se} = 0.1 \Omega$

$$(i) \text{ ब्रुश वोल्टेज} = V - I \times R_{se} = 230 - 50 \times 0.1 = 225 \text{ V} \quad \text{उत्तर}$$

$$(ii) \text{ बैक emf} = \text{ब्रुश वोल्टेज} - I \times R_a = 225 - 50 \times 0.2 = 215 \text{ V} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 2.32. 230 V dc शंट मोटर पर पावर इनपुट 8.477 kW है। फील्ड रजिस्टेंस 230 Ω है और आर्मेचर रजिस्टेंस 0.28 Ω है। इनपुट करंट, आर्मेचर करंट और बैक emf का ज्ञात कीजिए।

हल : पावर इनपुट, $P = 8.477 \text{ kW}$ or 8,477 watts

सप्लाय वोल्टेज, $V = 230 \text{ V}$

$$\text{शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{230}{230} = 1 \text{ A}$$

$$\text{इनपुट करंट, } I_L = \frac{P}{V} = \frac{8,477}{230} = 36.86 \text{ A} \quad \text{उत्तर}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = I_L - I_{sh} = 36.86 - 1 = 35.86 \text{ A} \quad \text{उत्तर}$$

$$\text{बैक emf, } E_b = V - I_a R_a = 230 - 35.86 \times 0.28 = 219.96 \text{ V} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 2.33. एक 20 kW, 240 V डी०सी० शंट जनरेटर में क्रमशः 0.05 Ω और 80 Ω का कवच और फील्ड रजिस्टेंस है। काप करते समय विकसित कुल आर्मेचर पावर की गणना करें:

(i) 20 kW आउटपुट देने वाले जनरेटर के रूप में।

(ii) 20 kW इनपुट लेने वाली मोटर के रूप में।

$$\text{हल : शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{240}{80} = 3 \text{ A}$$

(i) जनरेटर की तरह

$$\text{लोड करंट, } I_L = \frac{\text{आउटपुट (kW)} \times 1,000}{V} = \frac{20 \times 1,000}{240} = 83.33 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = I_L + I_{sh} = 83.33 + 3 = 86.33 \text{ A}$$

$$\text{जेनरेटर्ड emf, } E_g = V + I_a R_a = 240 + 86.33 \times 0.05 = 244.32 \text{ V}$$

$$\text{कुल डेवलप आर्मेचर पावर, } P_g = \frac{E_g \times I_a}{1,000} = \frac{244.32 \times 86.33}{1,000} = 20.36 \text{ kW} \quad \text{उत्तर}$$

(ii) मोटर की तरह

$$\text{लाइन करंट, } I_L = \frac{\text{इनपुट (kW)} \times 1,000}{V} = \frac{20 \times 1,000}{240} = 83.33 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = I_L - I_{sh} = 83.33 - 3 = 80.33 \text{ A}$$

$$\text{बैक emf, } E_b = V - I_a R_a = 240 - 80.33 \times 0.05 = 235.98 \text{ V}$$

$$\text{पावर डेवलप, } P_m = \frac{E_b \times I_a}{1,000} = \frac{235.98 \times 80.33}{1,000} = 18.96 \text{ kW} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 2.34. 6-पोल लेप वाउंड शंट मोटर में आर्मेचर में 500 कंडक्टर होते हैं। आर्मेचर पथ का रजिस्टेंस 0.05 Ω है। शंट फील्ड का रजिस्टेंस 25 Ω है। मोटर की गति ज्ञात करें जब यह 100 V सप्लाय के DC स्रोत से 120 A लेता है। प्रति पोल फ्लक्स $2 \times 10^{-2} \text{ Wb}$ है।

$$\text{हल : शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{100}{25} = 4 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = I_L - I_{sh} = 120 - 4 = 116 \text{ A}$$

$$\text{बैक emf, } E_b = V - I_a R_a = 100 - 116 \times 0.05 = 94.2 \text{ V}$$

$$\text{मोटर की गति, } N = \frac{E_b \times 60 A}{\phi Z} = \frac{94.2 \times 60 \times 6}{2 \times 10^{-2} \times 500 \times 6} = 565 \text{ rpm} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 2.35. 220 V डी०सी० सप्लाय पर कार्य करने वाला 4-पोल डी०सी० शंट मोटर 1,500 rpm पर चलने के दौरान बिना लोड के 3 A की लाइन करंट लेता है। गति निर्धारित करें जब मोटर 50 A का लाइन करंट लेती है। आर्मेचर और फील्ड रजिस्टेंस क्रमशः 0.2 ओहम और 400 ओहम मानें।

$$\text{हल : शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{220}{400} = 0.55 \text{ A}$$

$$\text{नो लोड आर्मेचर करंट, } I_{a0} = I_{L0} - I_{sh} = 3 - 0.55 = 2.45 \text{ A}$$

$$\text{नो लोड बैक emf, } E_{b0} = V - I_{a0} R_a = 220 - 2.45 \times 0.2 = 219.51 \text{ V}$$

जब लोड हो—

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_{af} = I_{Lf} - I_{sh} = 50 - 0.55 = 49.45 \text{ A}$$

$$\text{बैक emf, } E_{bf} = V - I_{af} R_a = 220 - 49.45 \times 0.2 = 210.11 \text{ V}$$

$$\text{स्पीड, } N_f = N_0 \times \frac{E_{b0}}{E_{bf}} = 1,500 \times \frac{219.51}{210.11} = 1,436 \text{ rpm} \quad \text{उत्तर}$$

∴ फ्लक्स को स्थिर रहने के लिए माना जाता है।

उदाहरण 2.36. एक डी०सी० शंट मोटर 600 rpm पर 230 V सप्लाय से 60 A लेता है। आर्मेचर रजिस्टेंस 0.2 ओहम है और फील्ड रजिस्टेंस 115 ओहम है। गति ज्ञात करें जब आर्मेचर के माध्यम से करंट 30 A है।

$$\text{हल : शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{230}{115} = 2 \text{ A}$$

$$\text{जब लाइन करंट } I_{L1} = 60 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_{a1} = I_{L1} - I_{sh} = 60 - 2 = 58 \text{ A}$$

$$\text{बैक emf, } E_{b1} = V - I_{a1} R_a = 230 - 58 \times 0.2 = 218.4 \text{ V}$$

$$\text{स्पीड, } N_1 = 600 \text{ rpm}$$

जब आर्मेचर करंट $I_a = 30$ A

$$\text{बैक emf, } E_{b2} = V - I_a R_a = 230 - 30 \times 0.2 = 224 \text{ V}$$

$$\text{स्पीड, } N_2 = N_1 \times \frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{600 \times 224}{218.4} = 615.4 \text{ rpm. उत्तर}$$

उदाहरण 2.37. 230 वोल्ट की सप्लाय से 110 A की करंट लेने पर एक सीरीज मोटर 600 rpm पर चलती है। 110 A के लिए प्रति पोल उपयोगी फ्लक्स 24 mWb है और 50 A के लिए 16 mWb है। आर्मेचर रजिस्टेंस और सीरीज फील्ड रजिस्टेंस क्रमशः 0.12 ओहम और 0.03 ओहम हैं। गति की गणना तब करें जब करंट 50 A तक गिर गया हो।

हल : सप्लाय वोल्टेज, $V = 230$ V

110 A की सप्लाय करंट के लिए:

$$\text{फ्लक्स प्रति पोल, } F_1 = 24 \text{ mWb or } 0.024 \text{ Wb}$$

$$\text{स्पीड, } N_1 = 600 \text{ rpm}$$

$$\text{बैक emf, } E_{b1} = V - I(R_a + R_{se}) = 230 - 110 \times (0.12 + 0.03) = 213.5 \text{ V}$$

50 A की सप्लाय करंट के लिए:

$$\text{फ्लक्स प्रति पोल, } F_2 = 16 \text{ mWb} = 0.016 \text{ Wb}$$

$$\text{बैक emf, } E_{b2} = 230 - 50(0.12 + 0.03) = 222.5 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} \text{स्पीड } N_2 &= N_1 \times \frac{E_{b1}}{E_{b2}} \times \frac{\phi_1}{\phi_2} \quad \because E_b \propto \phi N \\ &= 600 \times \frac{222.5}{213.5} \times \frac{0.024}{0.016} = 938 \text{ rpm उत्तर} \end{aligned}$$

उदाहरण 2.38. 230 V dc शंट जनरेटर में 0.4 Ω का आर्मेचर सर्किट रजिस्टेंस (हृश सहित) और 120 Ω का फील्ड सर्किट रजिस्टेंस होता है। यदि मशीन इसे 230 V dc मेन से जोड़कर मोटर के रूप में चलती है, तो जनरेटर के रूप में और मोटर के रूप में गति का अनुपात ज्ञात करें। प्रत्येक केस में लाइन करंट 45 A है।

$$\text{हल : शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{230}{120} = 1.9 \text{ A}$$

जनरेटर के रूप में लाइन करंट, $I_{Lg} = 45$ A

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_{ag} = I_{Lg} + I_{sh} = 45 + 1.9 = 46.9 \text{ A}$$

$$\text{जनरेटर emf, } E_g = V + I_{ag} R_a = 230 + 46.9 \times 0.4 = 248.76 \text{ V}$$

मोटर के रूप में लाइन करंट, $I_{Lm} = 45$ A

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_{am} = I_{Lm} - I_{sh} = 45 - 1.9 = 43.1 \text{ A}$$

$$\text{बैक emf डेवलप, } E_b = V - I_{am} R_a = 230 - 43.1 \times 0.4 = 212.76 \text{ V}$$

मोटर के रूप में गति करने के लिए जनरेटर के रूप में गति का अनुपात,

$$\frac{N_g}{N_m} = \frac{E_g}{E_b} = \frac{248.76}{212.76} = 1.169$$

उत्तर

उदाहरण 2.39. टर्मिनलों के बीच रजिस्टेंस की एक डी०सी० सीरीज मोटर, 15 A की एक करंट के साथ 200 V पर 800 rpm पर चलती है। 4 Ω रजिस्टेंस के साथ सीरीज में कनेक्ट होने और उसी सप्लाय पर समान करंट लेने पर जिस स्पीड से चलेगा उसे ज्ञात करें।

हल : सप्लाय वोल्टेज, $V = 200$ volts

$$\text{मोटर रजिस्टेंस, } R_m = R_a + R_{se} = 1 \Omega$$

$$\text{मोटर रजिस्टेंस, } I_1 = 15 \text{ A}$$

$$\text{बैक emf डेवलप, } E_{b1} = V - I_1 R_m = 200 - 15 \times 1 = 185 \text{ V}$$

$$\text{स्पीड, } N_1 = 800 \text{ rpm}$$

जब 4 Ω का रजिस्टेंस मोटर के साथ सीरीज में जुड़ा होता है और इनपुट करंट समान होता है

अर्थात्

$$I_2 = I_1 = 15 \text{ A}$$

$$\text{बैक emf डेवलप, } E_{b2} = V - I_2 (R_m + R)$$

$$= 200 - 15(1 + 4) = 125 \text{ V.}$$

चूँकि इनपुट करंट d.c. मोटर समान है, इसलिए प्रवाह समान रहता है और विकसित बैक EMF गति के साथे अनुपातिक है

अर्थात्

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

और

$$N_2 = \frac{E_{b2}}{E_{b1}} \times N_1 = \frac{125}{185} \times 800 = 540.5 \text{ rpm. उत्तर}$$

उदाहरण 2.40. आर्मेचर रजिस्टेंस के साथ एक सीरीज मोटर और सीरीज फील्ड रजिस्टेंस क्रमशः 0.03 ओहम और 0.07 ओहम की 220 वोल्ट के मुख्य भाग से जुड़ा हुआ है। आर्मेचर 900 rpm की गति के साथ 40 एम्पीयर लेता है। गति का निर्धारण तब करें जब आर्मेचर करंट 75 एम्पीयर हो और एक्साइटेशन 15 प्रतिशत बढ़ जाए।

हल : वोल्टेज, $V = 220$ V

$$\text{आर्मेचर रजिस्टेंस, } R_a = 0.03 \Omega$$

$$\text{सीरीज फील्ड रजिस्टेंस, } R_{se} = 0.07 \Omega$$

$$\text{स्पीड, } N_1 = 900 \text{ rpm}$$

(i) जब $I_{a1} = 40$ A

माना प्रारम्भिक N_1, I_1 , और ϕ_1 को गति करंट और फ्लक्स है।

तब

$$N_1 \propto \frac{E_b}{\phi_1} = \frac{V - I_1(R_a + R_{se})}{\phi_1} \quad \dots(i)$$

$$\text{इंड्यूज्ड emf, } E_1 = V - I_a(R_a + R_{se}) = 220 - 40(0.03 + 0.07) \\ = 220 - 40 \times 0.1 = 216 \text{ volts.}$$

(ii) माना ϕ_2 फ्लक्स जब $I_{a2} = 75 \text{ A}$

$$\text{इंड्यूज्ड emf, } E_2 = V - I_a(R_a + R_{se}) = 220 - 75(0.03 + 0.07) \\ = 200 - 75 \times 0.1 = 212.5 \text{ volts}$$

$$f_2 = 1.15 \quad (\because \text{एक्ससाइटेशन में 15\% की वृद्धि हुई है})$$

बता दें कि N_1, I_1 और ϕ_1 क्रमशः स्पीड, करंट और फ्लक्स रजिस्टेंस है जब एक्ससाइटेशन 15% बढ़ जाती है।

$$\text{तब} \quad N \propto \frac{E_b}{\phi_2} \propto \frac{V - I_2(R_a + R_{se})}{\phi_2} \quad \dots(ii)$$

(i) को (ii) से भाग देने पर

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\phi_2}{\phi_1} \times \frac{V - I_1(R_a + R_{se})}{V - I_2(R_a + R_{se})}$$

$$\frac{900}{N_2} = \frac{1.15\phi_1}{\phi_1} \times \frac{216}{212.5}$$

$$N_2 = \frac{900 \times 212.5}{1.15 \times 216} = 770 \text{ rpm उत्तर}$$

उदाहरण 2.41. एक 220 V शंट मोटर 900 rpm पर चल रही है। टॉर्क एक्सटेंड 1000 (Nw-m) है। क्या H.P. ट्रांसमिट किया जा रहा है?

हल :

$$N = 900 \text{ rpm}$$

$$T = 1000 \text{ Nw-m}$$

$$\text{कोणीय गति, } \omega = \frac{2\pi N}{60} = 0.10472 \text{ N} = 0.10472 \times 900 = 94.248 \text{ rad/sec.}$$

$$\text{शॉवर} = \omega T \text{ वॉट} = 94.248 \times 1000 \text{ W} = 94240 \text{ W}$$

$$(\text{Metric}) \text{ H.P.} = \frac{94248}{735.5} = 128.1 \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 2.42. मोटर के शॉफ्ट द्वारा पॉवर ट्रांसमिट 70 H.P. है। (मैट्रिक) गति 500 rpm जो टॉर्क की गणना करती है।

हल :

$$\text{HP} = 70$$

$$\text{पॉवर} = 70 \times 735.5 = 51,485 \text{ watts}$$

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2 \times 3.1416 \times 500}{60} \\ = 52.36 \text{ radians/sec.}$$

$$T = \frac{51485}{\omega} = \frac{51485}{52.36} = 983.5 \text{ Nw-m उत्तर}$$

उदाहरण 2.43. एक 400 V शंट मोटर की गति 100 Amps की आर्मेचर करंट में 1000 rpm है। गति का मान ज्ञात जब आर्मेचर 70 Amps लेता है, आर्मेचर सर्किट का रजिस्टेंस 0.2 ओहम है।

फ्लक्स कांस्टेंट मान लें।

हल : 1000 rpm गति के लिए, 100 Amps पर, आर्मेचर करंट :

$$E_1 = (V - I_a R_a) \\ = 400 - 100 \times 0.2 = 380 \text{ Volts.}$$

(ii) जब आर्मेचर करंट 70 Amps होती है

$$E_2 = (V - I_a R_a) \\ = (400 - 70 \times 0.2) \\ = 386 \text{ V}$$

अधे

$$E_1 = KN_1 \phi_1$$

और

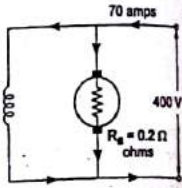
$$E_2 = KN_2 \phi_2$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1 \phi_1}{N_2 \phi_2}$$

समीकरण (i) में मानों को प्रतिस्थापित करने पर

$$\frac{380}{386} = \frac{1000}{N_2}$$

$$N_2 = \frac{1000 \times 386}{380} = 1016 \text{ rpm उत्तर}$$



चित्र 2.84

उदाहरण 2.44. एक 400 वोल्ट शंट मोटर 70 amps ले रही है, और 900 rpm पर चलती है। शंट फील्ड का रजिस्टेंस 100 ओहम है, आर्मेचर रजिस्टेंस 0.03 ओहम है और 0.5 ओहम की सीरीज रजिस्टेंस पहले से ही आर्मेचर सर्किट में है। यह मशीन की गति को 800 rpm तक कम करने के लिए बांछित है, फिर आर्मेचर सर्किट का रजिस्टेंस क्या होना चाहिए। टॉर्क और कांस्टेंट मान लीजिए।

हल :

$$V = 400 \text{ volts}$$

$$R_{sh} = 100 \Omega$$

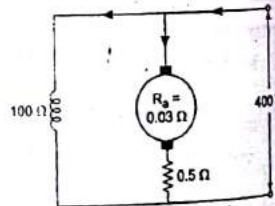
$$I_{sh} = \frac{400}{100} = 4 \text{ Amps.}$$

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

$$I_{a1} = (I - I_{sh})$$

$$= 70 - 4$$

$$= 66 \text{ Amps.}$$



चित्र 2.85

$$I_a = (I_L - I_{sh}) = (200 - 5) = 195 \text{ Amps.}$$

$$E_2 = (V - I_a R_a) - \text{ब्रुश कॉन्टैक्ट ड्रॉप} \\ = (250 - 195 \times 0.02) - 2 \times 1 = 250 - 5.9 = 244.1 \text{ volts,}$$

$$\text{अभी } \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1 \phi_1}{N_2 \phi_2}$$

$$\text{और } \frac{256.1}{244.1} = \frac{400 \times \phi_1}{N_2 \phi_1} \quad [\because \phi_1 = \phi_2]$$

$$\therefore N_2 = \frac{400 \times 244.1}{256.1} = 381.25 \text{ rpm} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 2.47. A 220 V शंट मोटर 900 rpm पर चलती है जब आर्मेचर करंट 40 A होता है। आर्मेचर सर्किट रजिस्टेंस 0.5Ω है। मोटर की आर्मेचर करंट 30 A होने पर गति को कम करके 750 rpm करने के लिए फिफ़्रण के साथ सीरीज में जुड़े जाने वाले रजिस्टेंस के मान की गणना करें।

हल : सूत्र का उपयोग

$$\therefore E_b = \frac{ZNP}{60}$$

$$\text{और } E_b \propto \phi N$$

शंट मोटर के लिए ϕ स्थिर है।

$$\text{इसलिए } E_{b1} \propto N$$

$$E_{b1} = 220 - 40 \times 0.5$$

$$\text{और } E_{b1} = 220 - 20 = 200 \text{ volts.}$$

यदि आर्मेचर सर्किट की सीरीज में जुड़े रजिस्टेंस का मान R ओहम है, तो

$$E_{b2} = 220 - 30(0.5 + R) = 15 - 30R$$

$$E_{b2} = 205 - 30R$$

$$\frac{750}{900} = \frac{205 - 30R}{200}$$

$$0.83 = \frac{205 - 30R}{200}$$

$$166.6 = 205 - 30R$$

$$R = \frac{250 - 166.6}{30} = 1.28 \text{ ohms.}$$

उत्तर

उदाहरण 2.48. 1000 rpm पर चलने वाली 220 बोल्ट की शंट मोटर में कुछ लोड पर 0.3Ω का आर्मेचर रजिस्टेंस और 15 A का आर्मेचर करंट होता है। मोटर की गति को 700 rpm तक कम करने के लिए आर्मेचर के साथ सीरीज में किस रजिस्टेंस को रखा जाना चाहिए?

हल : हम जानते हैं

$$E_b = \frac{\phi ZNP}{60 A}$$

$$\text{और } E_b \propto \phi N$$

शंट मोटर के लिए कॉन्स्टेंट है

$$\text{इसलिए } E_b \propto N$$

$$E_{b1} = 220 - 15 \times 0.3$$

$$\text{और } E_{b1} = 220 - 4.5 = 215.5 \text{ V}$$

यदि आर्मेचर सर्किट के सीरीज में जुड़े जाने वाले रजिस्टेंस का मान R ओहम है, तो

$$E_{b2} = 220 - 15(0.3 + R) = 220 - 4.5 - 15R = 215.5 - 15R$$

$$\frac{700}{1000} = \frac{215.5 - 15R}{215.5}$$

$$0.7 = \frac{215.5 - 15R}{215.5} = 1 - 0.06961 R$$

$$0.06961 R = 1 - 0.70$$

$$R = \frac{0.30}{0.06961} = 4.39 \text{ ओहम}$$

$$E = 2\pi \frac{C\phi N}{60}$$

$$E = K\phi N$$

$$K = \frac{2\pi C}{60}$$

अगर फ्लक्स स्थिर है तो हम लिख सकते हैं

$$E \propto N \text{ or } E = K_1 N$$

यदि

$$E_1 = 180 \text{ V}$$

$$N_1 = 500 \text{ rpm}$$

E_2 ज्ञात करने के लिए

$$N_2 = 600 \text{ rpm}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow E_2 = \frac{N_2}{N_1} E_1$$

$$E_2 = 180 \times \frac{60}{500} = 36 \times 6 = 216$$

उदाहरण 2.49. एक d.c. मशीन 220 V पर 750 rpm पर चल रही है। गणना करें-

(a) गति जिस पर इंड्युज्ड emf वह 250 V (स्थिर फ्लक्स मानकर) होगा।

(b) 250 वी के इंड्युज्ड emf और गति 700 rpm के लिए प्रतिशत में फील्ड के मुख्य फ्लक्स में वृद्धि।

हल : (a) हम जानते हैं कि अगर ϕ स्थिर है

$$E \propto N$$

और

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

यदि

$$E_1 = 220 \text{ V}$$

$$N_1 = 750 \text{ rpm}$$

$$E_2 = 250 \text{ V}$$

$$N_2 = \frac{E_2 N_1}{E_1} = \frac{250 \times 750}{220} = 852 \text{ rpm}$$

उत्तर

(b) इंड्यूस एमफ 250 V पर रखा जाता है, लेकिन गति घटकर 700 rpm हो जाती है।

$$E_1 \propto N_1 \phi_1$$

$$E_2 \propto N_2 \phi_2$$

$$E_1 = E_2 = 250 \text{ V}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2 \phi_2}{N_1 \phi_1}$$

$$N_1 = 852 \text{ rpm}$$

$$N_2 = 700 \text{ rpm}$$

$$\frac{250}{250} = \frac{700 \times \phi_2}{852 \times \phi_1}$$

$$\frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{852}{700} = 1.217$$

$$\left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{\phi_1} \right) \times 100 = 21.7\% \quad \text{उत्तर}$$

वैकल्पिक रूप से—

$$E_1 = N_1 \phi_1$$

$$E_2 = N_2 \phi_2$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2 \phi_2}{N_1 \phi_1}$$

$$E_1 = 220 \text{ V}$$

$$N_1 = 750 \text{ rpm}$$

$$E_2 = 250 \text{ V}$$

$$N_2 = 700 \text{ rpm}$$

$$\frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{E_2 N_1}{E_1 N_2} = \frac{250 \times 750}{220 \times 700} = \frac{375}{308} = 1.2175$$

$$\frac{\phi_2 - \phi_1}{\phi_1} \times 100 = 21.70\%$$

उत्तर

उदाहरण 2.50. एक 4-पोल डी०सी० मोटर में 594 कंडक्टरों के साथ एक वेव वाइंड आर्मेचर है। आर्मेचर करंट 40 एम्पीयर है। प्रति पोल फ्लक्स 7.5 mWb है। 1380 rpm की गति से चलने पर इंड्यूस एमफ की गणना करें।
हल : दिया है—

$$P = 4$$

$$Z = 594$$

$$\phi = 0.0075 \text{ Wb}$$

$$N = 1380 \text{ rpm}$$

$$A = 2 \text{ (wave wound)}$$

$$E = \frac{P \phi N Z}{60 A} = \frac{4 \times 1380 \times 594 \times 0.0075}{60 \times 2} = 205 \text{ volts.} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 2.51. 230 V सप्लाय से 100 A लेने पर dc सीराज की मोटर 600 rpm पर चलती है। आर्मेचर सर्किट का रेजिस्टेंस 0.12 ओह्म है और सीरीज 0.03 ओह्म वाइंडिंग है। प्रति फ्लक्स पोल को सीधे आर्मेचर करंट के अनुपातिक मानकर गति की गणना तब करें जब करंट 50 A तक गिर गई हो। दोनों केसों में इलेक्ट्रोमैग्नेटिक टॉर्क की गणना करें।

हल :

$$E_1 = V_1 - I_{a1}(R_a + R_f)$$

जहाँ R_a = आर्मेचर रेजिस्टेंस R_f = सीरीज फ़िल्ड रेजिस्टेंस

$$= 230 - 100(0.12 + 0.03) = 230 - 100 \times 0.15$$

$$= 230 - 16.5 = 213.5 \text{ V}$$

$$E_2 = V_1 - I_{a2}(R_a + R_f) = 230 - 50 \times (0.15) = 230 - 7.5 = 222.5 \text{ V}$$

$$E = K \phi N \quad (\text{since } \phi \propto I_a)$$

$$E \propto I_a N$$

और

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{I_{a2} \times N_2}{I_{a1} \times N_1}$$

$$\frac{222.5}{213.5} = \frac{50 \times N_2}{100 \times 600}$$

$$N_2 = \frac{222.5}{213.5} \times \frac{100 \times 600}{50} = 1250.58 \text{ rpm}$$

$$\text{टॉर्क, } T \propto EI$$

गति से टॉर्क 600,

गति से टॉर्क 1380,

$$T = \frac{EI}{\omega} = \frac{EI \times 60}{2\pi N}$$

$$T = \frac{213.5 \times 100}{2\pi \times 600} \times 60 = 339.8 \text{ Nw-m उत्तर}$$

$$T = \frac{213.5 \times 50}{2\pi \times 7250.58} \times 60 = 81.51 \text{ Nw-m उत्तर}$$

उदाहरण 2.52. 250 V शंट मोटर में एक आर्मेचर करंट 20 A होता है जब फुल लोड टॉर्क के खिलाफ 1000 rpm पर चलता है। आर्मेचर रजिस्टेंस 0.5 ओहम है। 500 rpm की गति को कम करने के लिए आर्मेचर के साथ सीरीज में क्या रजिस्टेंस लगाया जाना चाहिए।

हल :

शंट मोटर के लिए—

$$E_1 = V_1 - I_a R_a = 250 - 20 \times 0.5 = 250 - 10 = 240 \text{ V}$$

$$E \propto N$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$E_2 = \frac{N_2}{N_1} \times E_1 = \frac{500}{1000} \times 240 = 120 \text{ V}$$

यदि R' अतिरिक्त रजिस्टेंस है तो—

$$E_2 = V - I_a (R_a + R')$$

$$120 = 250 - 20(0.5 + R')$$

$$(0.5 + R') = \frac{130}{20} = 6.5$$

$$R' = 6.5 - 0.5 = 6 \text{ ohm. उत्तर}$$

उदाहरण 2.53. एक 220 V शंट मोटर एक करंट 30 A ले रहा है आर्मेचर और शंट फील्ड रजिस्टेंस क्रमशः 0.2 Ω और 100 Ω हैं। आयरन और फ्रिक्शन लॉस की मात्रा 500 W है। मोटर की एफिशिएंसी ज्ञात कीजिए।

हल :

$$\text{सप्लाय वोल्टेज, } V = 220 \text{ V}$$

$$\text{लाइन करंट, } I_L = 30 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर रजिस्टेंस, } R_a = 0.2 \Omega$$

$$\text{शंट फील्ड रजिस्टेंस, } R_{sh} = 100 \Omega$$

$$\text{आयरन और फ्रिक्शन लॉस, } W_f = 500 \text{ W}$$

$$\text{शंट फील्ड करंट, } I_{sh} = \frac{220}{100} = 2.2 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर करंट, } I_a = 30 - 2.2 = 27.8 \text{ A}$$

$$\text{आर्मेचर कॉपर लॉस, } = I_a^2 R_a = (27.8)^2 \times 0.2 = 154.57 \text{ W}$$

$$\text{शंट फील्ड कॉपर लॉस, } = I_{sh}^2 R_{sh} = (2.2)^2 \times 100 = 484 \text{ W}$$

$$\text{कुल कॉपर लॉस} = 154.57 + 484 = 638.57 \text{ W}$$

$$\text{कुल लॉस} = 638.57 + 500 = 1138.57 \text{ W}$$

$$\text{पावर इनपुट} = V \times I_L = 220 \times 30 = 6600 \text{ W}$$

$$\text{पावर इनपुट} = \text{इनपुट} - \text{कुल लॉस} = 6600 - 1138.57 = 5461.43$$

$$\% \eta = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{इनपुट}} \times 100 = \frac{5461.43}{6600} \times 100 = 82.74\%$$

उत्तर

अभ्यास

- डी०सी० मोटर की संरचना और कार्य सिद्धांत का वर्णन करें।
- एक आर्मेचर रिएक्शन क्या है? वोल्टेज पर डी०सी० जनरेटर में आर्मेचर रिएक्शन के प्रभाव का वर्णन करें।
- डी०सी० मशीन के संख्या भागों के कार्य का वर्णन करें।
(i) कम्यूटेटर (ii) योक
- डी०सी० शंट मोटर को स्मॉड कंट्रोल के आर्मेचर रजिस्ट्रेशन कंट्रोल विधि की व्याख्या करें, इस विधि को स्टैटिक फोर्स मूवमेंट कंट्रोल विधि क्यों कहा जाता है।
- डी०सी० जनरेटर के लोड अभिलक्षण कर्वों से क्या उपयोगी जानकारी प्राप्त की जा सकती है।
- डी०सी० मोटर ओके स्मॉड कंट्रोल की विभिन्न विधियों पर चर्चा करें।
- बताइए कि डी०सी० शंट मोटर स्टार्ट करने के लिए स्टार्टर की आवश्यकता क्यों होती है। इस मोटर के लिए एक स्टार्टर बनाओ।
- अलग-अलग प्रकार के सेल्फ एक्साइटेड डी०सी० जनरेटर का संक्षेप में वर्णन करें।
- शंट, सीरीज और कंपाउंड मोटर्स के लिए टॉर्क, आर्मेचर करंट अभिलक्षणों को रेखांकित करें और प्रत्येक के लिए एक अनुप्रयोग लिखें।
- डी०सी० मशीन की संरचनात्मक विशेषताओं का उल्लेख करें, बताएं कि मशीन का आर्मेचर कोर क्यों बनाता है।
- सेल्फ एक्साइटेड शंट जनरेटर के कार्य सिद्धांत की व्याख्या करें।
- उन कारकों को लिखें जिन पर मोटर की स्पीड डी०सी० मोटर की स्मॉड का कंट्रोल करने की एक विधि का वर्णन करती है।
- एक डी०सी० मोटर के टॉर्क समीकरण को स्पष्ट करें।
- विभिन्न प्रकार के मोटर्स के अनुप्रयोगों की व्याख्या करें।
- विभिन्न प्रकार के जनरेटर के अनुप्रयोगों के बारे में विस्तार से बताइये।
- 4 पॉइंट स्टार्टर की कार्य पद्धति का विस्तार से वर्णन करें।
- कम्यूटेशन की विधियों का वर्णन करें।
- डी०सी० मोटर्स के विभिन्न प्रकारों के अभिलक्षणों के बारे में बताएं।
- डी०सी० मशीन में होने वाले लॉस के बारे में बताएं।
- स्विचबन टेस्ट द्वारा उत्पन्न लॉस की व्याख्या करें।
- डी०सी० मोटर में खराबी को समझाइए और उसके रुकने के उपाय बताइए।
- बैक EMF और टर्मिनल वोल्टेज के बीच एक संबंध स्थापित करें।
- विभिन्न प्रकार की आर्मेचर वाइडिंग के बारे में बताएं।

□□□

सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर (SINGLE PHASE TRANSFORMER)

Inside this Chapter

3.1 Introduction; 3.2 Constructional features of a transformer and parts of transformer; 3.3 Working principle of a transformer; 3.4 EMF equation; 3.5 Transformer on no-load and its phasor diagram; 3.6 Transformer – neglecting voltage drop in the windings – Ampere turn balance – its phasor diagram; 3.7 Mutual and leakage fluxes, leakage reactance; 3.8 Transformer on load, voltage drops and its phasor diagram; 3.9 Equivalent circuit diagram; 3.10 Relation between induced emf and terminal voltage, voltage regulation of a transformer – mathematical relation; 3.11 Losses in a transformer; 3.12 Open circuit and short circuit test. Calculation of efficiency, condition for maximum efficiency-maintenance of Transformer, scheduled Maintenance; 3.13 Auto transformer construction, working and applications; 3.14 Different types of transformers including dry type transformer; 3.15 Rating and Specifications of single phase transformer

3.1. परिचय (Introduction)

इस अध्याय में हम ट्रांसफॉर्मर की मूल बातें और कार्य सिद्धांत के बारे में सीखेंगे। ट्रांसफॉर्मर को एक स्थिर उपकरण के रूप में परिभाषित किया जा सकता है जो एक सर्किट में इलेक्ट्रिकल पावर को दूसरे सर्किट में उसी आवृत्ति की इलेक्ट्रिकल पावर बदलने में मदद करता है, लेकिन करंट रेटिंग में वृद्धि या कमी के साथ वोल्टेज को सर्किट में स्टेप अप या स्टेप डाउन किया जा सकता है।

3.2. सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर की संरचना (Construction of Single-Phase Transformers)

सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग होती हैं। ट्रांसफॉर्मर का कोर सिलिकॉन के उच्च ग्रेड की पतली चादरो (लैमिनेटेड कहा जाता है) से बना है। इन लैमिनेशन का प्रयोग ट्रांसफॉर्मर में उपलब्ध करंट लॉसेस को कम करने के लिए किया जाता है, और सिलिकॉन स्टील हिस्टेरिसिस लॉसेस को कम करता है। ट्रांसफॉर्मर में उपलब्ध लैमिनेटेड हीट रिजिस्टेंस इन्वेलप (enamel) कोटिंग द्वारा एक दूसरे से इंसुलेटेड रहता है। L-प्रकार और E-प्रकार के निर्माण के लिए उपयोग किए जाते हैं।

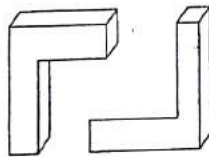
ट्रांसफॉर्मर निर्माण के दो मुख्य प्रकार हैं—

- कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर (Core Type Construction)
- शैल टाइप ट्रांसफॉर्मर (Shell Type Construction)

3.2.1. कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर (Core Type Transformer)

ट्रांसफॉर्मर का मैग्नेटिक कोर आयताकार फ्रेम बनाने के लिए लैमिनेटेड से बना है। लैमिनेटेड चित्र 3.1 में दिखाए गए L-आकार की स्ट्रिप्स के रूप में काटे जाते हैं। जॉइंट पर उच्च रिलक्टेंस से बचने के लिए यहां लैमिनेटेड एक दूसरे के खिलाफ स्टूटेड होते हैं, जॉइंट को खल करने के लिए वैकल्पिक लेयर को अलग करने की विधि से स्ट्रेक किया जाता है।

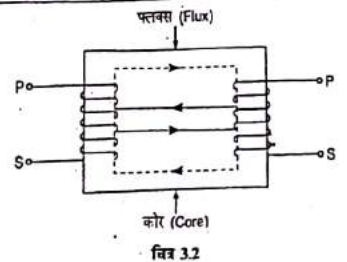
सीकेव फ्लक्स को कम करने के लिए प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग को इंटर लीव (Inter Leaved) किया जाता है। प्रत्येक वाइंडिंग का आधा भाग साइड से



चित्र 3.1

साइड मिलाकर या कोर के लैंग पर संकेद्री चित्र 3.2 में दिखाया गया है। प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग कोर के अलग-अलग लिम्ब पर स्थित हैं।

इन्सुलेशन लेयर कोर और निचली वाइंडिंग के बीच और प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग के बीच प्रदान की जाती है। इन्सुलेशन को कम करने के लिए, कम वाइंडिंग को हमेशा कोर के पास रखा जाता है। वाइंडिंग बेलनाकार है, तो उस पर बाद में लैमिनेशन डाला जाता है।

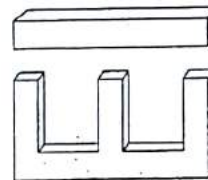


चित्र 3.2

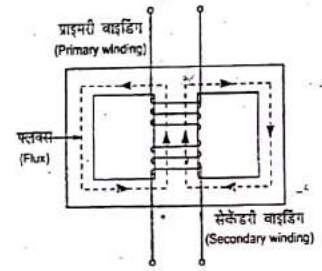
3.2.2. शैल टाइप ट्रांसफॉर्मर (Shell Type Transformer)

लैमिनेटेड को E तथा I की लंबी स्ट्रिप्स के रूप में काटा जाता है, इसे नीचे दिए गए चित्र 3.3 में दिखाया गया है। जॉइंट में उच्च रिलक्टेंस को कम करने के लिए जहां लैमिनेशन एक दूसरे के खिलाफ स्टूटेड हैं, निरंतर जॉइंट को खल करने के लिए वैकल्पिक लेयर्स को अलग-अलग स्ट्रेक किया जाता है।

शैल प्रकार के ट्रांसफॉर्मर में तीन लिम्ब या लैंग होते हैं। सेंटर लिम्ब पूरे फ्लक्स का वहन करता है, और साइड लिम्ब फ्लक्स का आधा भाग वहन करता है। इसलिए सेंटर लिम्ब की चौड़ाई बाहरी अंगों की तुलना में दोगुनी है।



चित्र 3.3



चित्र 3.4

प्राइमरी और सेकेंडरी दोनों टर्नों को सेंटर लिम्ब पर रखा जाता है। कोर और कम वोल्टेज वाइंडिंग्स के बीच रखे इन्सुलेशन की कांस्ट को कम करने के लिए, कम वोल्टेज वाइंडिंग को कोर के पास रखा जाता है, और उच्च वोल्टेज वाइंडिंग को कोर के बाहर रखा जाता है। वाइंडिंग बेलनाकार होती है और उस पर कोर लैमिनेशन इनसर्ट किये जाते हैं।

3.2.3. कोर टाइप और शैल प्रकार ट्रांसफॉर्मर के बीच अंतर (Differences Between Core Type and Shell Type Transformer)

- कोर टाइप के ट्रांसफॉर्मर में कोर वाइंडिंग्स को घेरता है जबकि शैल टाइप ट्रांसफॉर्मर में वाइंडिंग ट्रांसफॉर्मर के कोर को घेरती है।
- कोर टाइप के ट्रांसफॉर्मर में लैमिनेशन को L-शेप के रूप में काटा जाता है, जबकि शैल टाइप के ट्रांसफॉर्मर में, E और L शेप में लैमिनेशन काटे जाते हैं।

- (iii) कोर टाइप के ट्रांसफॉर्मर का क्रॉस-सेक्शन क्षेत्रफल वर्गाकार, स्टेब टू स्टेप या तीन स्टेप आकृतियों में रखा जाता है।
- (iv) कोर टाइप के ट्रांसफॉर्मर को शीत प्रकार के ट्रांसफॉर्मर की तुलना में अधिक कॉपर के कंडक्टर की आवश्यकता होती है क्योंकि कोर टाइप के ट्रांसफॉर्मर में वाइंडिंग को अलग-अलग लिम्ब या लेग पर रखा जाता है।
- (v) कोर टाइप के ट्रांसफॉर्मर को बेलनाकार या कोर वाइंडिंग ट्रांसफॉर्मर भी कहा जाता है क्योंकि उनकी वाइंडिंग को सेंकेंडरी क्वाइल के रूप में व्यवस्थित किया जाता है। शीत टाइप ट्रांसफॉर्मर में, कम वोल्टेज वाइंडिंग और उच्च वोल्टेज वाइंडिंग को सैंडविच के रूप में डाला जाता है और इसलिए इसे सैंडविच या डिस्क वाइंडिंग ट्रांसफॉर्मर कहा जाता है।
- (vi) कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर में दो लिम्ब होते हैं, जबकि शीत टाइप ट्रांसफॉर्मर में तीन लिम्ब होते हैं।
- (vii) शीत प्रकार के ट्रांसफॉर्मर की तुलना में कोर टाइप के ट्रांसफॉर्मर की मैकेनिकल पावर कम होती है क्योंकि शीत प्रकार के ट्रांसफॉर्मर में बेकिंग होता है।
- (viii) शीत प्रकार के ट्रांसफॉर्मर की तुलना में कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर को कम इन्सुलेशन की आवश्यकता होती है क्योंकि शीत टाइप ट्रांसफॉर्मर में तीन लिम्ब होते हैं।
- (ix) कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर में फ्लक्स को ट्रांसफॉर्मर के साइड लिम्ब के समान रूप से वितरित किया जाता है, जबकि शीत टाइप ट्रांसफॉर्मर में, सेंट्रल लिंब पूरे फ्लक्स को ले जाता है और साइड के लिम्ब फ्लक्स के आधे भाग को ले जाते हैं।
- (x) मुख्य प्रकार के ट्रांसफॉर्मर में प्राइमरी और सेकेंडरी दोनों प्रकार के टर्न को साइड लिम्ब पर रखा जाता है, जबकि शीत प्रकार के ट्रांसफॉर्मर में वाइंडिंग को ट्रांसफॉर्मर के सेंटर लिम्ब पर रखा जाता है।
- (xi) कोर टाइप के ट्रांसफॉर्मर में दो मैग्नेटिक सर्किट होते हैं, जबकि शीत प्रकार के ट्रांसफॉर्मर में एक मैग्नेटिक सर्किट होता है।
- (xii) शीत प्रकार के ट्रांसफॉर्मर की तुलना में कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर में लॉसेस अधिक होता है क्योंकि कोर टाइप के ट्रांसफॉर्मर में दो मैग्नेटिक सर्किट होते हैं।
- (xiii) कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर में कुछ वाइंडिंग को रखरखाव के लिए हटा दिया जाता है जबकि शीत टाइप ट्रांसफॉर्मर में कई वाइंडिंग को हटाया जाता है।
- (xiv) कोर टाइप के ट्रांसफॉर्मर का उत्पादन कम होता है क्योंकि इसमें शीत-टाइप ट्रांसफॉर्मर की तुलना में अधिक लॉसेस होता है।
- (xv) शीत प्रकार के ट्रांसफॉर्मर की वाइंडिंग को डिस्ट्रीब्यूट किया जाता है, और इसलिए हॉट भी स्वाभाविक रूप से खत्म हो जाती है, जबकि कोर टाइप के ट्रांसफॉर्मर में प्राकृतिक कूलिंग संभव नहीं होती है।

दोनों ट्रांसफॉर्मर के लैमिनेशन उच्च-ग्रेड सिलिकॉन स्टील में बनते हैं। लैमिनेशन एडी-करंट लॉस को कम करता है और सिलिकॉन स्टील हिस्टीरिसिस लॉस को कम करता है। लैमिनेटेड को एनामेल इन्सुलेशन कोटिंग का उपयोग करके एक दूसरे से इंसुलेटेड रहता है।

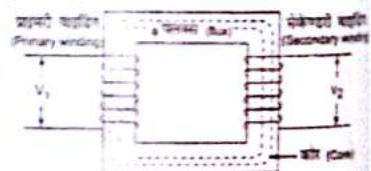
3.2.4. तुलना चार्ट (Comparison Chart)

तुलना के आधार	कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर	शीत टाइप ट्रांसफॉर्मर
परिचाय	कोर के चारों ओर की वाइंडिंग	वाइंडिंग के चारों ओर की कोर
लैमिनेशन का आकार	लैमिनेशन L, विद्युत के रूप में काटा जाता है।	लैमिनेशन E और L की लंबी विद्युत के रूप में काटा जाता है।

तुलना के आधार	कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर	शीत टाइप ट्रांसफॉर्मर
अनुप्रयोग काट	ड्राइ-मेकल वर्किंग स्लेब और तीन भाग हो सकते हैं।	ड्राइ मेकल आकार में आवश्यक है।
कॉपर की आवश्यकता	अधिक	कम
अन्य नाम	कॉन्वेक्टिव वाइंडिंग या बेलनाकार वाइंडिंग।	सैंडविच या डिस्क वाइंडिंग।
अवयव	2	3
इन्सुलेशन	अधिक	कम
फ्लक्स	फ्लक्स को कोर के साइड लिम्ब पर समान रूप से वितरित किया जाता है।	सेंटर लिम्ब पूरे फ्लक्स को ले जाता है और साइड लिम्ब फ्लक्स के आधे भाग को ले जाते हैं।
वाइंडिंग	प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग साइड पर मिलती हैं।	प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग को सेंटर लिम्ब पर रखा जाता है।
मैग्नेटिक सर्किट	2	1
लॉस	अधिक	कम
रखरखाव	आसान	कठिन
मैकेनिकल पावर	कम	उच्च
आउटपुट	कम	उच्च
वैद्युत कूलिंग	अव्यक्त में नहीं है।	उपलब्ध

3.3. ट्रांसफॉर्मर का कार्य सिद्धांत (Working Principle of a Transformer)

एक ट्रांसफॉर्मर के ऑपरेशन का मुख्य सिद्धांत यह होता है कि दो सर्किटों के बीच म्यूचुअल इंडक्शन है, जो एक सामान्य मैग्नेटिक फ्लक्स द्वारा जोड़ा होता है। एक बेसिक ट्रांसफॉर्मर में दो क्वाइल होते हैं जो इलेक्ट्रोमैग्नेटिक रूप से अलग और इंडक्स्टिव होते हैं, लेकिन मैग्नेटिक रूप से रिलक्टेंस के मामले में जोड़ते हैं। ट्रांसफॉर्मर के कार्य सिद्धांत को दिए गए चित्र 3.5 में समझा गया है।



चित्र 3.5

जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। ट्रांसफॉर्मर में प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग होती हैं। कोर लैमिनेटेड विद्युत के बीच विद्युत के रूप में शामिल हो जाते हैं। आप देख सकते हैं कि कोर के ड्राइ मेकल के माध्यम से कुछ सर्किट भी हैं।

इन स्टैगर्ड वाइंडिंग को 'Imbricated' कहा जाता है। दोनों क्वाइल में उच्च म्यूचुअल इंडक्शन है। एक इलेक्ट्रोमैग्नेटिक फ्लक्स को ट्रांसफॉर्मर फ्लक्स में ट्रांसफॉर्मर में इंड्यूस किया जाता है। जो कि क्वाइल के कारण होता है। जो अलग-अलग वोल्टेज के सोर्स से जुड़ा होता है। इस क्वाइल द्वारा डेवलप अधिकतम अलग-अलग फ्लक्स अन्य क्वाइल के साथ जुड़ा होता है।

इस है और इस प्रकार म्यूचुअल इंडक्शन इलेक्ट्रोमोटिव फोर्स का उत्पादन करता है। इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन के फोरेडे के नियमों की मदद से उत्पन्न इलेक्ट्रो-मोटिव फोर्स को समझाया जाता है

$$e = M \times \frac{dl}{dt}$$

यदि दूसरी क्वाइल सर्किट बंद हो जाती है। तो इसमें एक करंट प्रवाहित होती है, तो इस प्रकार पहले से दूसरी क्वाइल तक मैग्नेटिक के रूप में ट्रांसफर किया जाता है।

ए.सी. सप्लाई पहले क्वाइल को दी जाती है, इसलिए इसे प्राइमरी वाइंडिंग कहते हैं। एनर्जी को दूसरी क्वाइल से निकाला जाता है, इसलिए इस क्वाइल को सेकेंडरी वाइंडिंग कहते हैं।

सेंटर में एक ट्रांसफॉर्मर निम्न कार्यों को करता है

- इलेक्ट्रिकल पावर को एक सर्किट से दूसरे सर्किट में ट्रांसफर।
- प्रोक्वेसी में बिना किसी परिवर्तन के इलेक्ट्रिकल पावर का ट्रांसफर।
- इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन के सिद्धांत के साथ ट्रांसफर।
- ये इलेक्ट्रिकल सर्किट म्यूचुअल इंडक्शन द्वारा जुड़े होते हैं।

3.4. सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर का EMF समीकरण (EMF Equation Of A Single Phase Transformer)

एक ट्रांसफॉर्मर की प्राइमरी साइड एक ए.सी. सोर्स के साथ जोड़ें हुई है, इसलिए प्राइमरी क्वाइल में प्रवाहित करंट ए.सी. कोट है। इस कोट द्वारा उत्पन्न फ्लक्स भी साइडसोइडल है और हम इसे इस प्रकार लिख सकते हैं,

$$\phi = \phi_m \sin \omega t \quad \dots(3.1)$$

फोरेडे के नियम के अनुसार, इंड्यूज्ड EMF के रूप में लिखने पर

$$\begin{aligned} e &= -\frac{d}{dt}(\phi N) \\ &= -N \frac{d\phi}{dt} \\ &= -N \frac{d}{dt}(\phi_m \sin \omega t) \\ &= -N \omega \phi_m \sin \omega t \end{aligned}$$

चूंकि $\cos \omega t$ as $\sin\left(\frac{\pi}{2} - \omega t\right)$ लेकिन जैसा कि हम देख सकते हैं कि उपरोक्त समीकरण में नेगेटिव (-) चिह्न है, इसे इस तरह संशोधित किया जाएगा

$$e = N \omega \phi_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad \dots(3.2)$$

समीकरण (3.2) के रूप में लिखने पर

$$e = E_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad \dots(3.3)$$

यहां $E_m = N \omega \phi_m$ यह इंड्यूज्ड EMF का अधिकतम मान है। साइन वेव के लिए, RMS का मान EMF द्वारा दिया जाता है

$$E_{rms} = E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

$$E = \frac{N \omega \phi_m}{\sqrt{2}} = \frac{N(2\pi f) \phi_m}{\sqrt{2}}$$

$$E = 4.44 \phi_m f N \quad \dots(3.4)$$

समीकरण (3.1), (3.2) और (3.4) को ट्रांसफॉर्मर का E.M.F. समीकरण कहते हैं

इंड्यूज्ड EMF का मान फ्लक्स, टर्नों की संख्या और प्रोक्वेसी पर निर्भर करता है।

अब अगर कोई प्राइमरी और सेकेंडरी साइडों के लिए EMF समीकरण लिखने पर, समीकरण (3.1) और (3.2) से प्राइमरी r.m.s. वोल्टेज

$$E_1 = 4.44 \phi_m f N_1 \quad \dots(3.5)$$

सेकेंडरी r.m.s. वोल्टेज

$$E_2 = 4.44 \phi_m f N_2 \quad \dots(3.6)$$

यहां

फ्लक्स का अधिकतम मान वेबर में है $1 f$, प्रोक्वेसी हर्ट्ज़ (Hz) में है, और E_1 और E_2 वोल्ट में हैं।

समीकरण (3.4) से

$$\frac{E}{f} = 4.44 \phi_m N = \text{Constant}$$

यह ध्यान दिया जाना चाहिए कि इंड्यूज्ड वोल्टेज प्रति यूनिट प्रोक्वेसी स्थिर है लेकिन किसी दिए गए ट्रांसफॉर्मर के लिए प्राइमरी और सेकेंडरी दोनों ओर समान नहीं है।

वोल्टेज रेशियो और टर्न रेशियो (Voltage Ratio and Turns Ratio)

E/N के रेशियो को प्रति टर्न वोल्टेज कहा जाता है।

समीकरण (3.5) से प्राइमरी वोल्टेज प्रति टर्न

$$\frac{E_1}{N_1} = 4.44 \phi_m f \quad \dots(3.7)$$

समीकरण (3.6) से

$$\frac{E_2}{N_2} = 4.44 \phi_m f \quad \dots(3.8)$$

समीकरणों (3.7) और (3.8) से दोनों टर्नों में वोल्टेज प्रति टर्न समान है। अर्थात्,

$$\frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2} \quad \dots(3.9)$$

तथा,

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \dots(3.10)$$

N_1/N_2 के रेशियो को टर्न रेशियो कहा जाता है।

प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग (N_1/N_2) का रेशियो जो प्राइमरी और सेकेंडरी इंड्यूज्ड वोल्टेज (E_1/E_2) के रेशियो के बराबर होता है, यह दर्शाता है कि प्राइमरी वोल्टेज कितना कम या बढ़ा है। टर्न रेशियो या वोल्टेज रेशियो को ट्रांसफॉर्मेशन रेशियो कहा जाता है और इसे प्रतीक K द्वारा निरूपित किया जाता है। इस प्रकार

$$K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \dots(3.11)$$

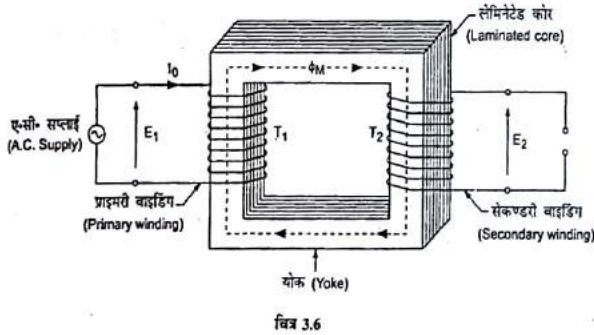
प्रैक्टिकल वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर में, टर्मिनल वोल्टेज और इंड्यूज्ड वोल्टेज के बीच बहुत कम अंतर होता है। इसलिए माना कि $E_1 = V_1$, और $E_2 = V_2$, समीकरण (3.11) के रूप में संशोधित किये जाने पर

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \quad \dots(3.12)$$

यदि एक वोल्टेज रेशियो या टर्न रेशियो प्रदर्शित किया जाता है। इसे समीकरण (3.12) से प्रदर्शित किया गया है। कि लगभग किसी भी वांछित वोल्टेज अनुपात को समायोजित करने पर टर्न की संख्या ज्ञात की जा सकती है।

3.5. नो लोड ट्रांसफॉर्मर के साथ फेजर डायग्राम (No Load Transformer With Phasor Diagram)

सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में एक प्राइमरी वाइंडिंग और एक सेकेंडरी वाइंडिंग होती है। जिस वाइंडिंग को AC वोल्टेज स्रोत से जोड़ा जाता है, उसे प्राइमरी वाइंडिंग कहते हैं, और जिस वाइंडिंग को लोड कनेक्ट किया जाता है उसे सेकेंडरी वाइंडिंग कहते हैं।



चित्र 3.6

यदि सेकेंडरी वाइंडिंग के साथ कोई लोड नहीं जोड़ें है तो इसे नो-लोड ट्रांसफॉर्मर कहा जाता है।

नो लोड ट्रांसफॉर्मर में सेकेंडरी साइड ओपन सर्किट होता है। इसलिए, सेकेंडरी सर्किट में कोई करंट प्रवाहित नहीं होगा। एक छोटी करंट प्राइमरी साइड में प्रवाहित होती है, जिसे नो लोड करंट कहा जाता है और इसे " I_0 " के रूप में दर्शाया जाता है। इस नो-लोड करंट में दो कंपोनेंट्स होते हैं।

- मैग्नेटाइजिंग कंपोनेंट (I_M)
- वर्किंग कंपोनेंट (I_W)

3.5.1. मैग्नेटाइजिंग कंपोनेंट (Magnetizing Component (I_M))

I_M कंपोनेंट को मैग्नेटाइजिंग कंपोनेंट के रूप में जाना जाता है, क्योंकि यह वास्तव में ट्रांसफॉर्मर कोर को मैग्नेटाइज करने के लिए उपयोग किया जाता है। हम यह भी कह सकते हैं कि, I_M का उपयोग कोर में फ्लक्स (ϕ_M) स्थापित करने के लिए किया जाता है। अब, जैसा कि फ्लक्स (ϕ_M) द्वारा विकसित किया गया है (I_M) इसलिए वे दोनों एक दूसरे के फेज में होंगे जैसा कि दिए गए फेजर चित्र 3.7 में दिखाया गया है।

3.5.2. वर्किंग कंपोनेंट (I_W)

वर्किंग कंपोनेंट (I_W) मूल रूप से ट्रांसफॉर्मर लॉसेस के लिए जिम्मेदार है। मुख्य रूप से, यह हिस्टीरिसिस और एडी के उपस्थित लॉसेस के लिए जिम्मेदार है, लेकिन यह नगण्य (I^2R) लॉसेस के लिए भी जिम्मेदार है।

नोट— I^2R लॉसेस वाइंडिंग रेजिस्टेंसों के कारण होता है इसलिए वे नो-लोड स्थिति में नगण्य हैं।

यह कंपोनेंट ट्रांसफॉर्मर में होने वाले लॉसेस के लिए जिम्मेदार है और यह वास्तव में ट्रांसफॉर्मर में कुछ कार्य करते हैं। इसलिए इसे वर्किंग कंपोनेंट या नो-लोड करंट का बाट फुल कंपोनेंट कहा जाता है।

I_W एप्लाइड वोल्टेज V_1 के साथ फेज में है।

नोट—नो-लोड करंट I_0 प्राइमरी के रेटेड करंट के 3 से 5 प्रतिशत के क्रम में छोटी है।

3.5.3. फेजर डायग्राम (Phasor Diagram)

नो लोड पर ट्रांसफॉर्मर का फेजर डायग्राम को हम कुछ स्टेप के रूप में समझेंगे। यह विधि समझने में बहुत आसान है, स्टेप 1: फेजर के रूप में फ्लक्स ϕ_M लें, जैसा कि नीचे दिए गए चित्र 3.7 में दिखाया गया है।

स्टेप 2: नो लोड ट्रांसफॉर्मर के emf समीकरण के द्वारा दिया जाता है।

$$e = \phi \sin \omega t$$

$$e_1 = E_{1m} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

$$e_2 = E_{2m} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

चित्र 3.7

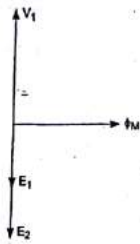
ध्यान दें, emf E_1 और E_2 एक ही फ्लक्स, ϕ_m से इंड्यूज्ड होते हैं, इसलिए वे दोनों प्रत्येक एक दूसरे के फेज में होंगे। लेकिन E_2 का परिमाण E_1 से भिन्न होगा क्योंकि

$$a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$E = \frac{E_1}{a}$$

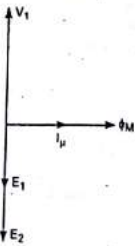
उपरोक्त समीकरणों से, हम यह भी निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि, emf E_1 और E_2 दोनों ϕ_m 90° के कोण से फ्लक्स से पीछे हैं, जैसा कि दिए गए चित्र 3.7 में दिखाया गया है।

स्टेप 3: प्राइमरी वाइंडिंग में वोल्टेज ड्रॉप इस स्थिति में बहुत नगण्य है, इसलिए हम उनकी उपेक्षा कर सकते हैं, इसलिए E_1 एप्लाइड वोल्टेज V_1 के बराबर होगा, और सेन्ज नियम के अनुसार, यह एप्लाइड वोल्टेज V_1 के विपरीत भी है। हम इसे चित्र 3.8 अनुसार बनायें।



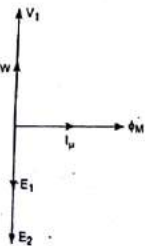
चित्र 3.8

स्टेप 4: हम पता है कि, I_μ फ्लक्स Φ_m के साथ फेज में होता है।



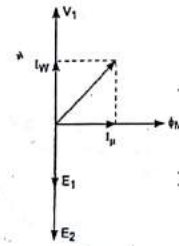
चित्र 3.9

और, I_w एवम् वोल्टेज V_1 के साथ फेज में है।



चित्र 3.10

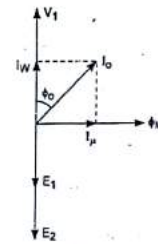
स्टेप 5: अब, फेजर राशि (I_μ) और (I_w) को ले लो, जैसा कि चित्र 3.11 दिखाया गया है।



चित्र 3.11

रियल फेजर डायग्राम प्राप्त करने के लिए उपरोक्त सभी स्टेप को मिलाएं।

कोई लोड स्थिति के अंतर्गत ट्रांसफॉर्मर के लिए एक अनुमानित फेजर चित्र 3.12 दिखाया गया है।



चित्र 3.12

फेजर डायग्राम के कुछ परिणाम

$$I_w = I_0 \cos \phi_0$$

$$I_\mu = I_0 \sin \phi_0$$

$$I_0 = \sqrt{I_w^2 + I_\mu^2}$$

$$\cos \phi_0 = \frac{I_w}{I_0}$$

जैसा कि कोण (ϕ_0), तो पावर फैक्टर $\cos \phi_0$ होगा।

$$\text{इसके अलावा, कोर लॉसेस} = V I_0 \cos \phi_0 = V I_w$$

$$\text{मैग्नेटाइजिंग (रिएक्टिव) वोल्ट एंपियर} = V I_0 \sin \phi_0 = V I_\mu$$

3.6. एक लोड किए गए ट्रांसफॉर्मर के फेजर डायग्राम (Phasor Diagram of a Loaded Transformer)

वाइंडिंग और एम्पियर टर्न बैलेंस में वोल्टेज ड्रॉप की उपेक्षा करें (Neglecting Voltage Drop in the Winding and Ampere Turn Balance)

क्योंकि ट्रांसफॉर्मर के दोनों टर्नों में वोल्टेज कम हो जाता है, इसलिए $V_1 = E_1 = 0$ और $E_2 = V_2$ । चित्र 3.13 में लोड किए गए ट्रांसफॉर्मर के लिए वेक्टर आरेख दिखाए गए हैं। वोल्टेज ट्रांसफॉर्मेशन रेशियो यूनिटी माना जाता है ताकि प्राइमरी वेक्टर सेकेंडरी वेक्टर बराबर हों। चित्र 3.13(a) में, नॉन इंडक्टिव लोड के लिए वेक्टर ड्रा किए जाते हैं। सेकेंडरी कोरेंट I_2 , E_2 के साथ फेज में है (इसे V_2 होना चाहिए)। यह प्राइमरी अतिरिक्त कोरेंट I_1' का कारण बनता है जो कि इसके साथ विपरीत फेज में है और इसकी परिमाण $(K=1)$ के बराबर है।

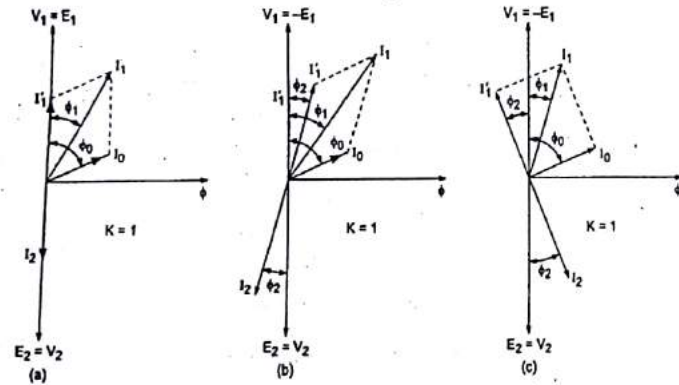
प्राइमरी कोरेंट I_1 , I_0 और I_1' का वेक्टर योग है और कोण ϕ द्वारा V_1 से पीछे है।

चित्र 3.13(b) में, वेक्टर एक इंडक्टिव लोड के लिए तैयार किया गया है। इस केस में सेकेंडरी के द्वारा कोरेंट I_2 एक कोण ϕ_2 द्वारा E_2 (वास्तव में V_2) से पीछे है, तो कोरेंट I_1' , I_2 के साथ विपरीत फेज में है, लेकिन इसके परिमाण के बराबर है I_1' से पहले I_0 और I_1' का वेक्टर राशि है और कोण ϕ_1 , V_1 से पीछे है।

चित्र 3.13(c) वेक्टर कैपेसिटिव लोड के लिए तैयार किए गए हैं। इस स्थिति में, सेकेंडरी कोरेंट I_2 एक कोण ϕ_2 द्वारा E_2 (वास्तव में V_2) से आगे होता है। कोरेंट I_1' , I_2 के साथ विपरीत फेज है लेकिन इसके परिमाण के बराबर है। I_1' फिर से I_1 और I_0 का वेक्टर राशि है। प्राइमरी कोरेंट I_1' वोल्टेज V_1 को कोण ϕ_1 से आगे बढ़ाता है।

प्राइमरी और पावर फैक्टर $\cos \phi_1$ है जो सेकेंडरी साइड पर लोड पावर फैक्टर $\cos \phi_2$ से कम है। इसका मान निम्नलिखित संबंध से निर्धारित होता है,

$$\cos \phi_1 = \frac{I_0 \cos \phi_0 + I_1' \cos \phi_2}{I_1}$$



चित्र 3.13

3.7. ट्रांसफॉर्मर की लीकेज रिएक्टेंस (Leakage Reactance of Transformer)

ट्रांसफॉर्मर में सभी फ्लक्स प्राइमरी और सेकेंडरी दोनों वाइंडिंग के साथ लिंक करने में सक्षम नहीं होगा। फ्लक्स का एक छोटा सा हिस्सा प्राइमरी वाइंडिंग या सेकेंडरी वाइंडिंग में किसी एक को लिंक करेगा लेकिन दोनों को नहीं। फ्लक्स के इस हिस्से को लीकेज फ्लक्स कहा जाता है। ट्रांसफॉर्मर में इस लीकेज फ्लक्स के कारण, संबंधित वाइंडिंग में एक सेल्फ रिएक्टेंस होती है। ट्रांसफॉर्मर की इस सेल्फ रिएक्टेंस को आल्टरनेटिव रूप से ट्रांसफॉर्मर की लीकेज रिएक्टेंस कहते हैं। ट्रांसफॉर्मर के रजिस्टेंस से जुड़ी, यह सेल्फ रिएक्टेंस इम्पीडेंस है। ट्रांसफॉर्मर के इस इम्पीडेंस के कारण, प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग दोनों ट्रांसफॉर्मर वाइंडिंग में वोल्टेज ड्रॉप करती है।

3.8. ट्रांसफॉर्मर का रजिस्टेंस (Resistance of Transformer)

आमतौर पर इलेक्ट्रिकल पावर ट्रांसफॉर्मर की प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग, दोनों कॉपर से बनी होती हैं। कॉपर कोर का एक बहुत अच्छा कंडक्टर है, लेकिन सुपर कंडक्टर नहीं है। दरअसल, सुपर कंडक्टर और सुपर कंडक्टिविटी दोनों वैचारिक हैं। व्यावहारिक रूप से वे उपलब्ध नहीं हैं, तो दोनों वाइंडिंग में कुछ रजिस्टेंस होता है। प्राइमरी और सेकेंडरी दोनों वाइंडिंग के इस इंटरनल रजिस्टेंस को सामूहिक रूप से ट्रांसफॉर्मर के रजिस्टेंस के रूप में कहा जाता है।

3.9. ट्रांसफॉर्मर का इम्पीडेंस (Impedance of Transformer)

जैसा कि हम जानते हैं कि प्राइमरी और सेकेंडरी दोनों वाइंडिंग में रजिस्टेंस और लीकेज रिएक्टेंस होता है। ये रजिस्टेंस और रिएक्टेंस संयोजन में ट्रांसफॉर्मर के इम्पीडेंस के अलावा और कुछ नहीं है। यदि R_1 और R_2 क्रमशः ट्रांसफॉर्मर के प्राइमरी और सेकेंडरी रजिस्टेंस और X_1 और X_2 क्रमशः ट्रांसफॉर्मर के लीकेज रिएक्टेंस हैं, तो प्राइमरी और सेकेंडरी टर्न के Z_1 और Z_2 इम्पीडेंस क्रमशः हैं,

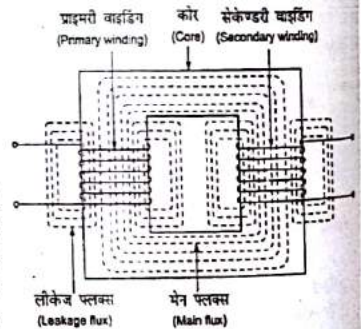
$$Z_1 = R_1 + jX_1$$

$$Z_2 = R_2 + jX_2$$

ट्रांसफॉर्मर के समानांतर ऑपरेशन के दौरान ट्रांसफॉर्मर को इम्पीडेंस एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है।

3.10. ट्रांसफॉर्मर में लीकेज फ्लक्स (Leakage Flux in Transformer)

आदर्श ट्रांसफॉर्मर में सभी फ्लक्स प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग दोनों के साथ जुड़ेगे लेकिन वास्तव में, ट्रांसफॉर्मर में सभी फ्लक्स को प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग दोनों के साथ जोड़ देना असंभव है। यद्यपि अधिकतम फ्लक्स ट्रांसफॉर्मर को कोर के माध्यम से दोनों वाइंडिंग के साथ लिंक करेगा लेकिन फिर भी थोड़ी मात्रा में फ्लक्स होगा जो दोनों वाइंडिंग को लिंक करेगा लेकिन दोनों नहीं। इस फ्लक्स को लीकेज फ्लक्स कहा जाता है। जो कोर के माध्यम से गुजरने के बजाय वाइंडिंग इन्सुलेशन और ट्रांसफॉर्मर के इन्सुलेट ऑयल से गुजरेगा। ट्रांसफॉर्मर में इस लीकेज फ्लक्स के कारण प्राइमरी और सेकेंडरी दोनों टर्नों में लीकेज रिएक्टेंस होता है। ट्रांसफॉर्मर की रिएक्टेंस कुछ भी नहीं होता है लेकिन ट्रांसफॉर्मर में लीकेज रिएक्टेंस होता है। ट्रांसफॉर्मर में इस घटना को मैग्नेटिक लीकेज के रूप में जाना जाता है।



चित्र 3.14

ट्रांसफॉर्मर को इम्पीडेंस के कारण वाईडिंग में वोल्टेज की गिरावट होती है। इम्पीडेंस रजिस्टेंस और ट्रांसफॉर्मर के लोकेज की रिएक्टेंस का संयोजन है। यदि हम ट्रांसफॉर्मर के प्राइमरी में वोल्टेज V_1 एप्लाय करते हैं, तो प्राइमरी लोकेज रिएक्टेंस के कारण प्राइमरी सेल्फ इंड्यूज्ड EMF को संतुलित करने के लिए एक कंपोनेंट $I_1 X_1$ होगा। (यहां, X_1 प्राइमरी लोकेज रिएक्टेंस है)। अब यदि हम ट्रांसफॉर्मर के प्राइमरी रजिस्टेंस के कारण वोल्टेज ड्रॉप पर भी विचार करते हैं, तो ट्रांसफॉर्मर के वोल्टेज समीकरण को आसानी से लिखा जा सकता है,

$$V_1 = E_1 + I_1(R_1 + jX_1)$$

$$\Rightarrow V_1 = E_1 + I_1 R_1 + j I_1 X_1$$

इसी तरह सेकेंडरी लोकेज रिएक्टेंस के लिए सेकेंडरी साइड का वोल्टेज समीकरण है,

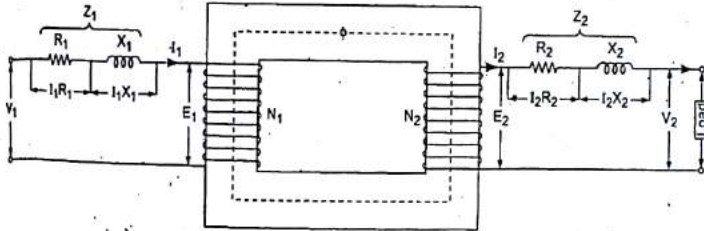
$$V_2 = E_2 + I_2(R_2 + jX_2)$$

$$\Rightarrow V_2 = E_2 + I_2 R_2 + j I_2 X_2$$

यहां चित्र 3.14 में, प्राइमरी और सेकेंडरी वाईडिंग को अलग-अलग लिम्ब में दिखाया गया है और इस व्यवस्था के परिणामस्वरूप ट्रांसफॉर्मर में एक बड़ा लोकेज हो सकता है क्योंकि लोकेज के लिए एक बड़ा स्पेस है। प्राइमरी और सेकेंडरी वाईडिंग में लोकेज को समाप्त किया जा सकता है यदि वाईडिंग को उसी स्थान पर कब्जा करने के लिए बनाया जा सकता है। यह जाहिर है, फिजिकली रूप से असंभव है लेकिन सेकेंडरी और प्राइमरी को एक कंसेंट्रिक विधि से रखकर समस्या को काफी हद तक हल किया जा सकता है।

3.11. वास्तविक ट्रांसफॉर्मर के लोड पर फेजर डायग्राम (Phasor Diagram on load of Actual Transformer)

चित्र 3.15 में दिखाए गए एक ट्रांसफॉर्मर पर जो क्रमशः रजिस्टेंस R_1 और R_2 और रिएक्टेंस X_1 और X_2 की प्राइमरी और सेकेंडरी वाईडिंग है। प्राइमरी वाईडिंग का इम्पीडेंस $Z_1 = R_1 + jX_1$ द्वारा दिया जाता है और सेकेंडरी वाईडिंग का इम्पीडेंस $Z_2 = R_2 + jX_2$ द्वारा दिया जाता है।

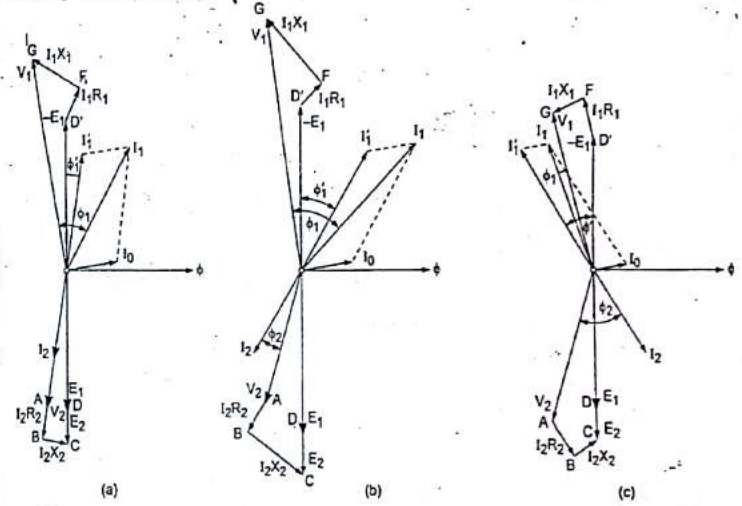


चित्र 3.15 वास्तविक ट्रांसफॉर्मर का समतुल्य डायग्राम (An equivalent diagram of actual transformer)

अपरोक्ष ट्रांसफॉर्मर के फेजर डायग्राम

- शुद्ध रजिस्टिव,
- रजिस्टिव और इंडक्टिव
- रजिस्टिव-कैपेसिटिव लोड क्रमशः चित्र 3.16(a), (b) में दिखाए गए हैं।

फेज में सेकेंडरी करंट वोल्टेज I_2 को प्रदर्शित करते हुए, OI_2 सेकेंडरी टर्मिनल वोल्टेज V_2 को प्रदर्शित करते हुए OA ड्रा करें। चूंकि सेकेंडरी वाईडिंग रजिस्टेंस और रिएक्टेंस के कारण वोल्टेज गिरता है, $I_2 R_2$ करंट, I_2 और $I_2 X_2$ के साथ फेज में क्रमशः $\pi/2$ है, इसलिए AB को OI_2 के समांतर और $I_2 R_2$ के समतुल्य के रूप में सेकेंडरी टर्म में गिरावट को प्रदर्शित करते हैं। AB को BC के लंबवत खींचें और सेकेंडरी वाईडिंग की रिएक्टिव ड्रॉप का प्रदर्शित करने वाले परिमाण में $I_2 X_2$ के बराबर। टर्मिनल वोल्टेज V_2 के फेजर योग के बाद से, सेकेंडरी रजिस्टिव ड्रॉप $I_2 R_2$ और सेकेंडरी रिएक्टिव ड्रॉप $I_2 X_2$ सेकेंडरी वाईडिंग में इंड्यूज्ड EMF E_2 के बराबर है, इसलिए फेजर OC सेकेंडरी इंड्यूज्ड EMF E_2 को प्रदर्शित करता है।



चित्र 3.16 वास्तविक ट्रांसफॉर्मर का फेजर डायग्राम (Phasor Diagram of Actual Transformer)

इस प्रकार

$$E_2 = V_2 + I_2(R_2 + jX_2) = V_2 + I_2 Z_2 \quad \dots(3.13)$$

प्राइमरी वाईडिंग में इंड्यूज्ड EMF E_1 E_2 के साथ फेज में है और परिमाण में $N_1/N_2 \cdot E_2$ के बराबर है, इसलिए $OD = N_1/N_2 \cdot OC$ को E_1 से प्रदर्शित करें। DD को D' लेने के लिए तैयार करें $OD' = OD$ इसलिए $(-E_1)$ को प्रदर्शित करता है।

इंड्यूज्ड प्राइमरी करंट I_1 $I_2 N_2/N_1$ के बराबर है इसलिए $OI_2 \times N_2/N_1$ के द्वारा उत्पादन लाइन $I_2 O$ के बराबर ड्रा करें। OI_2 ड्रा लाइन OI_1 परिमाण में और साथ ही फेज में नो-लोड करंट को प्रदर्शित करता है। इंड्यूज्ड प्राइमरी करंट I_1 का फेजर योग और कोई लोड करंट प्राइमरी फेज I_0 द्वारा प्रदर्शित नहीं करता है,

चूंकि प्राइमरी वाईडिंग रजिस्टेंस और रिएक्टेंस के कारण वोल्टेज ड्रॉप प्राइमरी फेज I_1 और $I_1 X_1$ के साथ फेज में $I_1 R_1$ क्रमशः $\pi/2$ से आगे है। इसलिए $D'F$ को OI_1 के समानांतर खींचें और रजिस्टिव ड्रॉप का प्रदर्शन करने वाले परिमाण में $I_1 R_1$ के बराबर प्राइमरी वाईडिंग में और प्राइमरी वाईडिंग में रिएक्टिव ड्रॉप का प्रदर्शन परिमाण में $I_1 X_1$ के

बराबर F के लिए FG संबंध ड्रा करें। $(-E_1)$ के फेज योग के रूप में प्राइमरी रजिस्टिव ड्रॉप और प्राइमरी रजिस्टिव ड्रॉप, एम्पाइड वोल्टेज V_1 को प्राइमरी वाइडिंग देता है, इसलिए फेज OG परिमाण में और साथ ही फेज में एम्पाइड वोल्टेज V_1 को प्रदर्शित करता है।

$$\text{i.e.} \quad V_1 = -E_1 + I_1(R_1 + jX_1) = -E_1 + I_1 Z_1 \quad \dots(3.14)$$

V_1 और I_1 के बीच फेज कोण ϕ_1 ट्रांसफॉर्मर का पावर फैक्टर कोण देता है।

चूंकि नो-लोड करंट I_0 , रजिस्टिव ड्रॉप्स $I_1 R_1$ और $I_2 R_2$ और रिएक्टिव ड्रॉप्स, $I_1 X_1$ और $I_2 X_2$ बहुत छोटे हैं, इसलिए इनको नगण्य मानते हुए हमारे पास लोड का फेज कोण $\phi_2 = \phi_1 = \phi_1 = \phi$ है। चित्र में नो-लोड करंट, रजिस्टिव ड्रॉप्स और रिएक्टिव ड्रॉप्स को स्पष्टता के लिए, स्केल पर दिखाया गया है।

फेजर डायग्रामों से:

(a) शुद्ध रजिस्टिव लोड के लिए फेजर डायग्राम

$$E_2 = \sqrt{(V_2 + I_2 R_2)^2 + (I_2 X_2)^2} = V_1 + I_2 R_2$$

$$E_1 = \frac{E_2}{K}$$

और

$$V_1 = \sqrt{(E_1 + I_1 R_1)^2 + (I_1 X_1)^2} = E_1 + I_1 R_1$$

(b) रजिस्टिव-कैपेसिटिव लोड के लिए फेजर डायग्राम

$$E_2 = \sqrt{(V_2 + I_2 R_2 \cos \phi + I_2 X_2 \sin \phi)^2 + (I_2 X_2 \cos \phi - I_2 R_2 \sin \phi)^2}$$

$$= V_2 + I_2 R_2 \cos \phi + I_2 X_2 \sin \phi$$

$$E_1 = \frac{E_2}{K}$$

और

$$V_1 = \sqrt{(E_1 + I_1 R_1 \cos \phi + I_1 X_1 \sin \phi)^2 + (I_1 X_1 \cos \phi - I_1 R_1 \sin \phi)^2}$$

$$= E_1 + I_1 R_1 \cos \phi + I_1 X_1 \sin \phi$$

(c) रजिस्टिव कैपेसिटिव लोड के लिए फेजर डायग्राम

$$E_2 = \sqrt{(V_2 + I_2 R_2 \cos \phi - I_2 X_2 \sin \phi)^2 + (I_2 X_2 \cos \phi + I_1 R_1 \sin \phi)^2}$$

$$= V_2 + I_2 R_2 \cos \phi - I_2 X_2 \sin \phi$$

$$E_1 = \frac{E_2}{K}$$

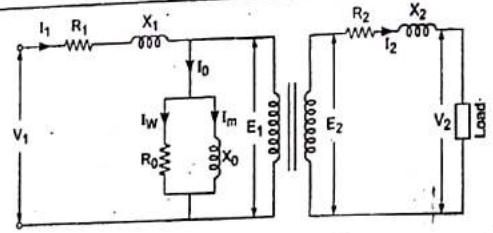
और

$$V_1 = \sqrt{(E_1 + I_1 R_1 \cos \phi - I_1 X_1 \sin \phi)^2 + (I_1 X_1 \cos \phi + I_1 R_1 \sin \phi)^2}$$

$$= E_1 + I_1 R_1 \cos \phi - I_1 X_1 \sin \phi$$

3.12. एक ट्रांसफॉर्मर के समतुल्य सर्किट (Equivalent Circuit of a Transformer)

किसी भी उपकरण के समतुल्य सर्किट डायग्राम ऑपरेशन की विभिन्न स्थिति के अंतर्गत डिवाइस के व्यवहार के पूर्व-निर्धारण में काफी सहायक होते हैं। यह डिवाइस के प्रदर्शन का वर्णन करने वाले समीकरण का केवल सर्किट प्रदर्शित है।



चित्र 3.17 एक ट्रांसफॉर्मर का समतुल्य सर्किट डायग्राम

ट्रांसफॉर्मर के सरलीकृत समतुल्य सर्किट को ट्रांसफॉर्मर के सभी पैरामीटर का प्रदर्शित करके या तो सेकेंडरी साइड पर प्राइमरी साइड खींचा जाता है। ट्रांसफॉर्मर के समतुल्य सर्किट डायग्राम चित्र 3.17 में दिखाया गया है।

ट्रांसफॉर्मर के समतुल्य सर्किट को $K = E_2/E_1$ के अनुपात में लेते हैं।

इंड्यूस एम्फ E_1 प्राइमरी एम्पाइड वोल्टेज V_1 कम प्राइमरी वोल्टेज ड्रॉप के बराबर है। यह वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर के प्राइमरी वाइडिंग में करंट I_0 नो-लोड करंट का कारण बनता है। नो-लोड करंट का मान बहुत कम है, और इस प्रकार, यह नगण्य लेते हैं।

इसलिए, $I_1 = I_1'$, नो-लोड करंट को आगे दो कंपोनेंट में विभाजित किया जाता है जिन्हें मैग्नेटाइजिंग करंट (I_m) और बर्किंग करंट (I_w) कहा जाता है।

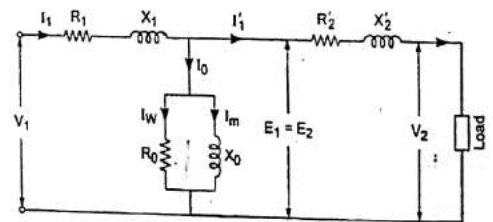
नो-लोड करंट के ये दो कंपोनेंट एक नॉन इंडक्टिव रजिस्टेंस R_0 द्वारा ड्रा की गई करंट और शुद्ध रिएक्टेंस X_0 वाले वोल्टेज E_1 या (V_1 -प्राइमरी वोल्टेज ड्रॉप) के कारण होते हैं।

सेकेंडरी करंट I_2 है

$$I_2 = \frac{I'}{K} = \frac{I_1 - I_0}{K}$$

लोड में टर्मिनल वोल्टेज V_2 सेकेंडरी वाइडिंग में कम वोल्टेज ड्रॉप सेकेंडरी वाइडिंग में इंड्यूस एम्फ E_2 के बराबर है। समतुल्य सर्किट जब सभी राशियों को प्राइमरी साइड में संदर्भित किया जाता है

इस स्थिति में, ट्रांसफॉर्मर के समतुल्य सर्किट को खींचने के लिए सभी राशियों को प्राइमरी के रूप में संदर्भित किए जाना चाहिए, जैसा कि चित्र 3.18 में दिखाया गया है:



चित्र 3.18

ट्रांसफॉर्मर के सर्किट आरेख जब सभी सेकेंडरी राशियाँ, प्राइमरी साइड के सापेक्ष होती हैं नीचे दिए गए रजिस्टेंस और रिएक्टेंस के मान निम्नलिखित हैं—
प्राइमरी साइड के सापेक्ष सेकेंडरी रजिस्टेंस निम्नानुसार दिया गया है—

$$R'_2 = \frac{R_2}{K^2}$$

प्राइमरी साइड के सापेक्ष समतुल्य रजिस्टेंस इस प्रकार है—

$$R_{ep} = R_1 + R'_2$$

प्राइमरी साइड के सापेक्ष सेकेंडरी रिएक्टेंस निम्नानुसार है—

$$X'_2 = \frac{X_2}{K^2}$$

प्राइमरी साइड के सापेक्ष समतुल्य रिएक्टेंस इस प्रकार है—

$$X_{ep} = X_1 + X'_2$$

समतुल्य सर्किट जब सभी राशियों को सेकेंडरी के सापेक्ष किया जाता है।

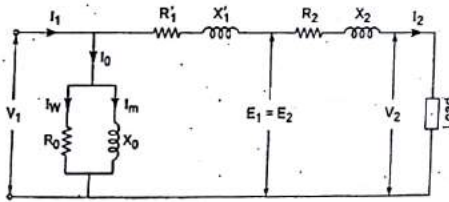
ट्रांसफॉर्मर के समतुल्य सर्किट डायग्राम को चित्र 3.19 दिखाया गया है जब सभी राशियों को सेकेंडरी साइड में भेजा जाता है।

जब सभी प्राइमरी राशियों को सेकेंडरी साइड के लिए संदर्भित किया जाता है।

नीचे दिए गए रजिस्टेंस और रिएक्टेंस के मान निम्नलिखित हैं—

सेकेंडरी साइड के सापेक्ष प्राइमरी रजिस्टेंस के रूप में दिया गया है—

$$R'_1 = K^2 R_1$$



चित्र 3.19

सेकेंडरी साइड के सापेक्ष समतुल्य रजिस्टेंस के रूप में दिया गया है—

$$R_{xx} = R_2 + R'_1$$

प्राइमरी रिएक्टेंस को सेकेंडरी साइड के रूप में संदर्भित किया जाता है—

$$X'_1 = K^2 X_1$$

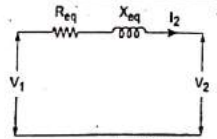
सेकेंडरी साइड के सापेक्ष समतुल्य रिएक्टेंस के रूप में दी गई है—

$$X_{eq} = X_2 + X'_1$$

नो-लोड करंट I_0 , फुल लोड रेटेड करंट का शायद ही 3 से 5% है, रजिस्टेंस R_0 और रिएक्टेंस X_0 से समांतर ब्रांच को लोड की गई स्थिति के अंतर्गत ट्रांसफॉर्मर के व्यवहार में किसी भी उचित त्रुटि को पैदा किए बिना छोड़ा जा सकता है।

ट्रांसफॉर्मर के समतुल्य सर्किट के आगे सरलीकरण को R_0 और X_0 से समांतर ब्रांच को नगण्य करके ज्ञात किया जा सकता है।

ट्रांसफॉर्मर का सरलीकृत सर्किट डायग्राम चित्र 3.20 दिखाया गया है।



चित्र 3.20 एक ट्रांसफॉर्मर के सरलीकृत समतुल्य सर्किट डायग्राम

3.13. ट्रांसफॉर्मर का वोल्टेज रेगुलेशन (Voltage Regulation of Transformer)

इनपुट की सप्लाई स्थिर होने पर ट्रांसफॉर्मर का सेकेंडरी वोल्टेज लोड के साथ भिन्न नहीं होना चाहिए। ट्रांसफॉर्मर को वोल्टेज सोर्स के रूप में माना जा सकता है और बिना लोड से फुल लोड के सेकेंडरी टर्मिनल वोल्टेज में भिन्नता ट्रांसफॉर्मर के कुल इम्पीडेंस पर निर्भर करती है।

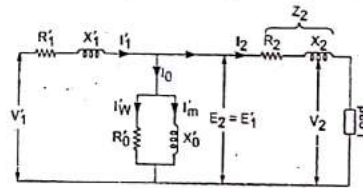
जब ट्रांसफॉर्मर से करंट प्रवाहित होता है तो ट्रांसफॉर्मर की रिएक्टेंस और रजिस्टेंस के कारण वोल्टेज गिरता है। ट्रांसफॉर्मर के वोल्टेज को उसके नो लोड से फुल लोड तक ट्रांसफॉर्मर के वोल्टेज में ट्रांसफॉर्मर के वोल्टेज रेगुलेशन कहा जाता है। ट्रांसफॉर्मर का वोल्टेज रेगुलेशन दिखाता है कि प्राइमरी वोल्टेज स्थिर होने पर कोई ट्रांसफॉर्मर फुल लोड की स्थिति में लोड से फुल सेकेंडरी उत्पादन वोल्टेज को कितनी अच्छी तरह से बनाए रखता है।

$$\% \text{ रेगुलेशन} = \frac{E_{\text{no-load}} - E_{\text{full-load}}}{E_{\text{full-load}}} \times 100$$

ट्रांसफॉर्मर के माध्यम से प्रवाहित होने के कारण सेकेंडरी आउटपुट वोल्टेज में कमी होती है। ट्रांसफॉर्मर वाइंडिंग में वोल्टेज की गिरावट के कारण ऐसा होता है। फुल लोड पर सेकेंडरी आउटपुट वोल्टेज हमेशा कम लोड पर आउटपुट वोल्टेज होता है। फुल लोड की स्थिति में नो लोड के वोल्टेज में अंतर कम, ट्रांसफॉर्मर का रेगुलेशन बेहतर होता है।

3.14. वोल्टेज रेगुलेशन को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affects the Voltage Regulation)

ट्रांसफॉर्मर में प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग होती है। वाइंडिंग में रजिस्टेंस और रिएक्टेंस है। प्राइमरी रजिस्टेंस और रिएक्टेंस को सेकेंडरी साइड या इसके विपरीत में संदर्भित (reference) किया जा सकता है। ट्रांसफॉर्मर का वोल्टेज रेगुलेशन रिएक्टेंस और ट्रांसफॉर्मर के रजिस्टेंस पर निर्भर करता है। ट्रांसफॉर्मर के समतुल्य सेकेंडरी सर्किट चित्र 3.21 में दिए गए हैं।



चित्र 3.21 सेकेंडरी के संदर्भ में ट्रांसफॉर्मर का समतुल्य सर्किट (Equivalent Circuit of Transformer Referred to the Secondary)

जब ट्रांसफार्मर नो लोड का होता है, तो सेकेंडरी करंट $I_2 = 0$ और ट्रांसफार्मर केवल नो लोड करंट ड्रा नहीं करती है। सेकेंडरी इम्पीडेंस में वोल्टेज ड्रॉप $I_2 Z_2$ सेकेंडरी करंट में वृद्धि के साथ होता है। सेकेंडरी वाइंडिंग में वोल्टेज ड्रॉप अधिकतम होता है जब ट्रांसफार्मर अपनी पूर्ण kVA कैपेसिटी पर ऑपरेट होता है, जो रेटेड सेकेंडरी करंट को लोड पर पहुंचाता है। सेकेंडरी टर्मिनल वोल्टेज नो लोड पर $= E_2$

रेटेड करंट में वोल्टेज ड्रॉप $= I_2 Z_2$

रेटेड करंट में टर्मिनल वोल्टेज $= V_2$

KCL के अनुसार,

$$E_2 = I_2 Z_2 + V_2$$

$$I_2 Z_2 = E_2 - V_2$$

$$\text{वोल्टेज रेगुलेशन (\%)} = \frac{E_2 - V_2}{V_2} \times 100$$

ट्रांसफार्मर का रेगुलेशन लोड के पावर फैक्टर पर निर्भर करता है। अब हम लैगिंग, लीडिंग और यूनिटी पावर फैक्टर पर ट्रांसफार्मर के रेगुलेशन को समझेंगे।

3.14.1. लैगिंग पावर फैक्टर के लिए ट्रांसफार्मर का वोल्टेज रेगुलेशन (Voltage Regulation of Transformer for Lagging power Factor)

सेकेंडरी टर्मिनल वोल्टेज V_2 और सेकेंडरी करंट I_2 के बीच का कोण θ_2 है। नो लोड वोल्टेज (E_2), फुल लोड वोल्टेज (V_2) और करंट (I_2) को फेजर चित्र 3.22 में दिखाया गया है।

चित्र 3.22 से,

$$OC = OA + AB + BC$$

त्रिभुज ABE में,

$$AB = AE \cos \theta_2$$

त्रिभुज DEF में,

$$DC = DE \sin \theta_2$$

OC और OD के बीच का कोण बहुत छोटा है और OC, OD के बराबर है।

$$OC = OD$$

$$OC = OA + AB + BC$$

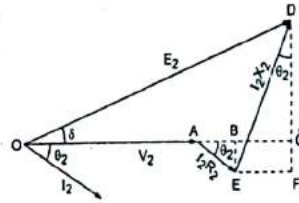
$$E_2 = V_2 + AE \cos \theta_2 + DE \sin \theta_2$$

$$E_2 = V_2 + I_2 R_2 \cos \theta_2 + I_2 X_2 \sin \theta_2$$

$$E_2 - V_2 = I_2 R_2 \cos \theta_2 + I_2 X_2 \sin \theta_2$$

$$\text{वोल्टेज रेगुलेशन (Voltage regulation) (\%)} = \frac{E_2 - V_2}{V_2} \times 100$$

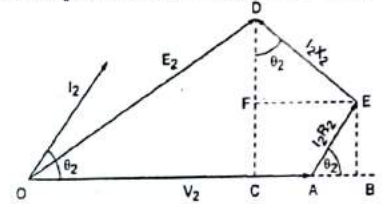
$$= \frac{I_2 R_2 \cos \theta_2 + I_2 X_2 \sin \theta_2}{V_2} \times 100 (\%)$$



चित्र 3.22 लैगिंग पावर फैक्टर पर वोल्टेज रेगुलेशन (Voltage Regulation at Lagging Power Factor)

3.14.2. लीडिंग पावर फैक्टर के लिए ट्रांसफार्मर का वोल्टेज रेगुलेशन (Voltage Regulation of Transformer for Leading Power Factor)

प्रमुख पावर फैक्टर पर कार्य कर रहे ट्रांसफार्मर का फेजर चित्र 3.23 में दिखाया गया है।



चित्र 3.23 लीडिंग पावर फैक्टर पर वोल्टेज रेगुलेशन (Voltage Regulation at Leading Power Factor)

चित्र 3.23 से,

$$OC = OA + AB - BC$$

त्रिभुज ABE में,

$$AB = AE \cos \theta_2$$

त्रिभुज DEF में,

$$BC = DE \sin \theta_2$$

OC और OD के बीच का कोण बहुत छोटा है और OC, OD के बराबर है।

$$OC = OD$$

$$OC = OA + AB - BC$$

यहाँ,

$$OA = V_2$$

$$E_2 = V_2 + AE \cos \theta_2 - DE \sin \theta_2$$

$$E_2 = V_2 + I_2 R_2 \cos \theta_2 - I_2 X_2 \sin \theta_2$$

$$E_2 - V_2 = I_2 R_2 \cos \theta_2 - I_2 X_2 \sin \theta_2$$

$$\text{वोल्टेज रेगुलेशन (\%)} = \frac{E_2 - V_2}{V_2} \times 100$$

$$= \frac{I_2 R_2 \cos \theta_2 - I_2 X_2 \sin \theta_2}{V_2} \times 100 (\%)$$

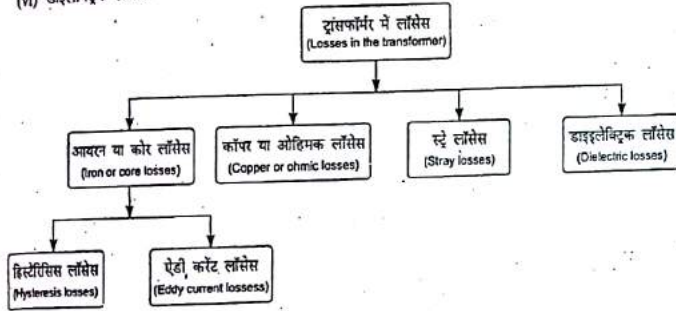
3.14.3. ट्रांसफार्मर का जीरो वोल्टेज रेगुलेशन (Zero Voltage Regulation of Transformer)

नो लोड के सेकेंडरी वोल्टेज लोड पर सेकेंडरी वोल्टेज के बराबर नहीं हो सकता है। ट्रांसफार्मर का जीरो वोल्टेज रेगुलेशन आदर्श होता है और व्यावहारिक रूप से यह संभव नहीं है।

3.15. एक ट्रांसफॉर्मर में लॉसेस के प्रकार (Types of Losses in a Transformer)

ट्रांसफॉर्मर में विभिन्न प्रकार के लॉसेस हैं जैसे कि आयरन लॉस, कॉपर लॉस, हिस्टैरिसिस लॉस, एडी करंट लॉस, स्ट्रे लॉस, और डाइलेक्ट्रिक लॉस। हिस्टैरिसिस लॉस ट्रांसफॉर्मर के कोर में मैग्नेटाइजेशन की भिन्नता के कारण होता है और ट्रांसफॉर्मर के वाइंडिंग रेजिस्टेंस के कारण कॉपर लॉस होता है।

- आयरन लॉस
- हिस्टैरिसिस लॉस
- एडी करंट लॉस
- कॉपर लॉस या ओहमिक लॉस
- स्ट्रे लॉस
- डाइलेक्ट्रिक लॉस



चित्र 3.24

3.15.1. आयरन लॉस (Iron Losses)

आयरन लॉसेस ट्रांसफॉर्मर के कोर में अल्टरनेटिंग फ्लक्स के कारण होते हैं क्योंकि यह लॉसेस कोर में होता है इसे कोर लॉसेस के रूप में भी जाना जाता है। आयरन लॉस को हिस्टैरिसिस और एडी करंट लॉसेस में विभाजित किया गया है।

3.15.1.1. हिस्टैरिसिस लॉस (Hysteresis Loss)

ट्रांसफॉर्मर का कोर एक अल्टरनेटिंग मैग्नेटिक फोर्स के अधीन है और EMF के प्रत्येक चक्र के लिए एक हिस्टैरिसिस लूप का पता लगाया जाता है। हीट को हिस्टैरिसिस लॉसेस के रूप में जाना जाता है और इसे नीचे दिए गए समीकरण द्वारा दिया गया है—

$$P_h = K_h B_{\max}^{1.6} / V \text{ watts}$$

यहां पर K_h एक समानुपाती कॉन्स्टेंट है। जो ट्रांसफॉर्मर में प्रयुक्त कोर की सामग्री की मात्रा और गुणवत्ता पर निर्भर करता है,

f सफाई प्रीक्वेन्सी है,

$B_{\max}$ फ्लक्स घनत्व का अधिकतम या पीक मान

ट्रांसफॉर्मर के कोर के निर्माण के लिए सिलिकॉन स्टील सामग्री का उपयोग करके आयरन या कोर के लॉसेस को कम किया जा सकता है।

3.15.1.2. एडी करंट लॉसेस (Eddy Current Loss)

यूब एक बंद सर्किट के साथ फ्लक्स लिंक होता है तो एक EMF सर्किट में इंड्यूस होता है और करंट प्रवाह होता है करंट का मान सर्किट के चारों ओर EMF की मात्रा और सर्किट के रेजिस्टेंस पर निर्भर करता है।

चूंकि कोर कंडक्टिंग मटेरियल से बना है ये EMF मटेरियल के बाँड़ी के भीतर करंटों को सर्कुलेट करते हैं। इन सर्कुलेट करंटों को एडी करंट कहा जाता है। ये तब होंगे जब कंडक्टर एक बदलते मैग्नेटिक फील्ड का अनुभव करता है। इसी कि ये करंट किसी भी उपयोगी कार्य को करने के लिए जिम्मेदार नहीं हैं। और यह एक एडी करंट लॉसेस के रूप में ज्ञात मैग्नेटिक मटेरियल में एक लॉसेस ($I^2 R$ लॉसेस) जनरेट करता है।

पतली लैमिनेट के साथ कोर बनाकर एडी करंट के उपलब्ध लॉसेस को कम किया जाता है।

एडी करंट लॉसेस का समीकरण इस प्रकार है:

$$P_e = K_e B_m^2 f^2 V \text{ watts}$$

यहां पर, K_e = एडी करंट का गुणांक। इसका मान मैग्नेटिक मटेरियल की प्रकृति और कोर मटेरियल की रेजिस्टिविटी, लेमिनेशन की मोटाई पर निर्भर करती है

B_m = फ्लक्स घनत्व का अधिकतम मान Wb/m^2 में

T = लेमिनेशन की मोटाई मीटर में

f = मैग्नेटिक फील्ड के उद्वेगन की फ्रीक्वेंसी हर्ट्ज में

V = मैग्नेटिक मटेरियल का आयतन m^3 में

3.15.2. कॉपर लॉस या ओहमिक लॉस (Copper Loss or Ohmic Loss)

ये लॉसेस ट्रांसफॉर्मर वाइंडिंग के ओहमिक रेजिस्टेंस के कारण होते हैं। यदि I_1 और I_2 प्राइमरी और सेकेंडरी करंट हैं। R_1 और R_2 प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग के रेजिस्टेंस और फिर प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग में होने वाले कॉपर लॉसेस क्रमशः $I_1^2 R_1$ और $I_2^2 R_2$ होंगे।

इसलिए, कुल कॉपर लॉसेस होंगे

$$P_c = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$$

ये लॉसेस लोड के अनुसार अलग अलग होते हैं और इसलिए इसे चर लॉसेस के रूप में भी जाना जाता है। कॉपर लॉसेस लोड करंट के वर्ग के रूप में भिन्न होते हैं।

3.15.3. स्ट्रे लॉसेस (Stray Loss)

इन स्ट्रे लॉसेस को घटना लीकेज फील्ड की उपस्थिति के कारण होती है। आयरन और कॉपर लॉसेस को तुलना में इन लॉसेस का प्रतिशत बहुत कम है। इसलिए उन्हें नगण्य किया जा सकता है।

3.15.4. डाइलेक्ट्रिक लॉसेस (Dielectric Loss)

डाइलेक्ट्रिक लॉसेस ट्रांसफॉर्मर के ऑयल में इन्सुलेट सामग्री में होता है, या ठोस इन्सुलेशन में होता है। जब ऑयल खराब हो जाता है या ठोस इन्सुलेशन खराब हो जाता है, या इसकी गुणवत्ता कम हो जाती है, और इसके कारण से ट्रांसफॉर्मर की एफिशिएंसी प्रभावित होती है।

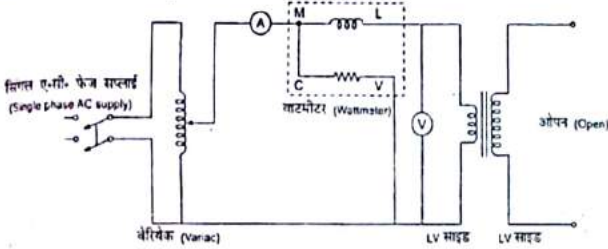
3.16. ओपन सर्किट या ट्रांसफॉर्मर पर नो लोड टेस्ट (Open Circuit or No Load Test on Transformer)

यह टेस्ट ट्रांसफॉर्मर के बराबर सर्किट के शंट या नो लोड ब्रांच पैरामीटर का पता लगाने के लिए किया जाता है। यह टेस्ट आपरन लॉसेस और नो लोड के कोर मानों का परिणाम देता है। जिससे हम सरल गणना के साथ नो लोड ब्रांच पैरामीटर का निर्धारण कर सकते हैं।

जैसा कि नाम से ही संकेत मिलता है। ट्रांसफॉर्मर के सेकेंडरी साइड लोड टर्मिनलों को खुला रखा जाता है और इनपुट वोल्टेज दूसरी तरफ लगाया जाता है। चूंकि यह टेस्ट नो लोड पर किया जाता है, इसलिए इस टेस्ट को नो लोड टेस्ट भी कहा जाता है।

OC टेस्ट ट्रांसफॉर्मर के LV साइड (प्राइमरी के रूप में) को variac, एमीटर तथा वाटमीटर उपकरणों के माध्यम से AC सप्लाई से जोड़कर किया जाता है। सेकेंडरी साइड या HV साइड टर्मिनलों को ओपन छोड़ दिया जाता है और कुछ केसों में सेकेंडरी वोल्टेज को मापने के लिए एक वोल्टमीटर को इससे जोड़ा जाता है।

प्राइमरी साइड वोल्टमीटर ट्रांसफॉर्मर के लिए एप्लाइड वोल्टेज को रीड करता है। एमीटर नो लोड कोरेंट को रीड करता है, वाटमीटर इनपुट पावर देता है और variac का उपयोग ट्रांसफॉर्मर पर एप्लाइड वोल्टेज को अलग करने के लिए किया जाता है, ताकि रेटेड वोल्टेज रेटेड प्रोब्लेमी पर लागू हो। एक ट्रांसफॉर्मर को OC टेस्ट व्यवस्था चित्र 3.25 में दिखाई गई है।



चित्र 3.25

जब ट्रांसफॉर्मर को सिंगल फेज की सप्लाई दी जाती है, तो प्राइमरी वोल्टेज के रेटेड मान को भिन्न प्रकार से समायोजित किया जाता है। इस रेटेड वोल्टेज पर, एमीटर और वाटमीटर रीडिंग लेनी होती है। इस टेस्ट में हमें रेटेड वोल्टेज V_0 , इनपुट या कोई लोड करंट I_0 और इनपुट पावर W_0 मिलता है।

जैसा कि हम जानते हैं कि जब ट्रांसफॉर्मर लोड पर नहीं होता है। तो कोई लोड करंट या प्राइमरी करंट बहुत छोटा नहीं होता है। आमतौर पर रेटेड करंट का मान 3 से 5 प्रतिशत होता है। इस प्रकार, प्राइमरी वाइंडिंग में कॉपर लॉसेस नगण्य है। OC टेस्ट में, ट्रांसफॉर्मर को रेटेड वोल्टेज पर रेटेड वोल्टेज पर ऑपरेट किया जाता है, इसलिए अधिकतम फ्लक्स कोर में होगा। चूंकि आयतन या कोर का लॉसेस रेटेड वोल्टेज पर होता है, इसलिए ट्रांसफॉर्मर द्वारा नो लोड के आयरन लॉसेस को सप्लाई के लिए पावर इनपुट तैयार किया जाता है।

$$W_0 = \text{आयरन लॉसेस}$$

नो लोड शंट पैरामीटरों की गणना OC टेस्ट से की जाती है

$$\text{नो लोड पावर फैक्टर, } \cos \phi_0 = \frac{W_0}{V_0 I_0}$$

एक बार पावर फैक्टर प्राप्त करने के बाद, नो लोड कंपोनेंट करंटों को निर्धारित किया जाता है

$$\text{नो लोड करंट के मैग्नेटाइजिंग कंपोनेंट, } I_m = I_0 \sin \phi_0$$

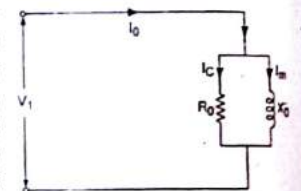
$$\text{नो लोड करंट के कोर लॉसेस कंपोनेंट } I_w = I_0 \cos \phi_0$$

$$\text{फिर, मैग्नेटाइजिंग ब्रांच रिप्रेजेंटेशन, } X_0 = \frac{V_0}{I_m}$$

$$\text{रजिस्टेंस कोर लॉसेस, } R_0 = \frac{V_0}{I_w}$$

जब ट्रांसफॉर्मर नो लोड पर कार्य कर रहा होता है, तो शंट या समानांतर पैरामीटर द्वारा खींचा गया करंट, रेटेड करंट से 2 से 5 प्रतिशत तक बहुत कम होता है। इस प्रकार, OC टेस्ट के दौरान सर्किट के माध्यम से कम प्रवाहित होगा। इन्स्ट्रुमेंट द्वारा पठनीय होने के लिए, वोल्टेज, करंट और पावर के माप को लो वोल्टेज साइड में किया जाना चाहिए।

और भी, कम दूरी के करंट कंडक्टर और कम रेंज के एमीटर का चयन किया जाना चाहिए। नो लोड पर ट्रांसफॉर्मर का पावर फैक्टर बहुत कम है जो आमतौर पर 0.5 से नीचे है। तो इस कम मान के साथ बार्द में, एक LPM-वाट मीटर का चयन किया जाता है। OC टेस्ट द्वारा प्राप्त समतुल्य सर्किट चित्र 3.26 में दिखाया गया है।



चित्र 3.26

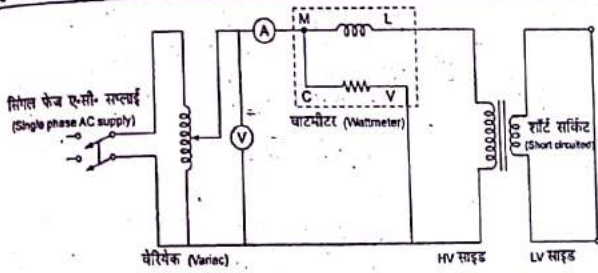
3.17. ट्रांसफॉर्मर पर शॉर्ट सर्किट टेस्ट (Short Circuit Test on Transformer)

यह टेस्ट समतुल्य सर्किट (Z_{01} या Z_{02}), कुल वाइंडिंग रेजिस्टेंस (R_{01} या R_{02}), और कुल लीकेज रिप्रेजेंटेशन (X_{01} या X_{02}) जैसे समतुल्य सर्किट की सीरीज ब्रांच पैरामीटरों को खोजने के लिए किया जाता है। इसके अलावा, किसी भी वांछित लोड पर कॉपर लॉसेस का निर्धारण करना संभव है और प्राइमरी या सेकेंडरी को मरफिड (Referred) ट्रांसफॉर्मर के कुल वोल्टेज द्वाारा। इस टेस्ट में, आमतौर पर LV वाइंडिंग को एक मोटे वायर से शॉर्ट किया जाता है। और दूसरी ओर HV साइड इस टेस्ट को कंडक्ट किया जाता है।

इस टेस्ट में प्राइमरी या HV वाइंडिंग एं०सी० सप्लाई सोर्स से वोल्टमीटर, एमीटर, वाटमीटर और एक variac के माध्यम से जुड़ा होता है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। इस टेस्ट को लो वोल्टेज टेस्ट भी कहा जाता है। इसका कारण यह है कि चूंकि सेकेंडरी वाइंडिंग कम सर्कुलेंट की जाती है, रेटेड वोल्टेज में ट्रांसफॉर्मर अपने बहुत छोटे वाइंडिंग रेजिस्टेंस के कारण बहुत बड़ी करंट खींचता है।

इस तरह के उच्च फ्लक्स के कारण ओवरहीटिंग और ट्रांसफॉर्मर का जलना भी हो सकता है। इस प्रकार उच्च कोर को सीमित करने के लिए, प्राइमरी वाइंडिंग को कम वोल्टेज से सक्रिय किया जाना चाहिए जो ट्रांसफॉर्मर प्राइमरी में रेटेड करंट को उत्पन्न करने के लिए पर्याप्त है।

SC टेस्ट दो मुख्य कारणों से HV साइड कंडक्ट किया जाता है। पहले वाला है, रेटेड करंट और HV साइड रेटेड करंट को लागू करने के द्वारा कंडक्ट SC टेस्ट LV साइड की तुलना में बहुत कम है। इसलिए, LV साइड की तुलना में HV साइड (कम करंट वैल्यू के कारण) में रेटेड करंट आसानी से हासिल किया जाता है।



चित्र 3.27

दूसरी ओर अगर हम LV के मापक को LV साइड से जोड़कर HV टर्मिनलों को छोटा करते हैं, तो सेकेंडरी में वोल्टेज शून्य होता है। इसलिए HV साइड की तुलना में HV साइड के माध्यम से करंट प्रवाह बहुत अधिक है (VA रेटिंग लिये है) और इसलिए यह ट्रांसफॉर्मर को जलाने का कारण होगा।

इस टेस्ट के दौरान भिन्न रूप से धीरे-धीरे अलग-अलग करके हम प्राइमरी रूप से रेटेड वोल्टेज के कम वोल्टेज को 5 से 10 प्रतिशत तक लागू करते हैं। जिसके कारण एक रेटेड करंट प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग में प्रवाहित होता है। जिसे हम एमीटर रीडिंग पर देख सकते हैं (कुछ सेकेंडरी वाइंडिंग एक एमीटर के माध्यम से छोटा है)। इस रेटेड करंट में हम वोल्टमीटर (V_{sc}), एमीटर (I_{sc}) और वाट मीटर (W_{sc}) रीडिंग रिकॉर्ड करने के लिए हैं।

इस टेस्ट में करंट प्रवाह को रेटेड मान में किया जाता है और इसलिए कोई लोड करंट बहुत छोटा नहीं है और रेटेड करंट का 3 से 5% प्रतिशत है। दूसरे शब्दों में, प्राइमरी वाइंडिंग पर एप्लाइड वोल्टेज बहुत कम है। जिससे कोर में फ्लक्स का स्तर बहुत कम है। बदले में नगण्य कोर लॉसेस है। इसलिए, इस लोड के बराबर सर्किट में कोई लोड संत ब्रांच अनुपस्थित माना जाता है क्योंकि कोर लॉसेस नगण्य है।

चूंकि आयरन या कोर लॉसेस वोल्टेज के कार्य है, इसलिए ये लॉसेस बहुत कम हैं। इसलिए वाटरमीटर रीडिंग से पूरे ट्रांसफॉर्मर के फुल लोड कॉपर लॉस के बराबर पावर लॉस या $I_2^2 R$ लॉस दिखाई देता है।

$$W_{sc} = \text{फुल लोड कॉपर लॉसेस}$$

टेस्ट के परिणाम के रूप में हम एक समतुल्य सर्किट की सीरीज ब्रांच पैरामीटरों का निर्धारण करते हैं

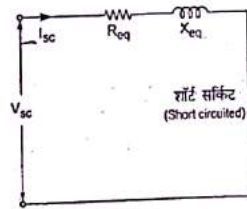
$$\text{HV साइड से समतुल्य रजिस्टेंस, } R_{01} = \frac{W_{sc}}{I_{sc}^2}$$

$$\text{HV साइड को समतुल्य इम्पीडेंस, } Z_{01} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}}$$

$$\text{HV साइड से समतुल्य लीकेज रिएक्टेंस, } X_{01} = \sqrt{Z_{01}^2 - R_{01}^2}$$

$$\text{और शॉर्ट सर्किट पावर फैक्टर, } \cos \phi_{sc} = \frac{W_{sc}}{V_{sc} I_{sc}}$$

इस टेस्ट से प्राप्त समतुल्य सर्किट चित्र 3.28 में दिखाया गया है।



चित्र 3.28

3.18. ट्रांसफॉर्मर की एफिशिएंसी (Efficiency of Transformer)

ट्रांसफॉर्मर एफिशिएंसी को आउटपुट और इनपुट के बीच के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जाता है।

$$\text{ट्रांसफॉर्मर एफिशिएंसी} = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{इनपुट}}$$

पावर फैक्टर और लोड पर, ट्रांसफॉर्मर की एफिशिएंसी इनपुट पर इसके आउटपुट (अन्य इलेक्ट्रिकल मशीनों के समान यानी मोटर्स, जनरेटर आदि) को विभाजित करके पाई जाती है। लेकिन इनपुट और आउटपुट दोनों का मान एक साथ (अर्थात् वाट, किलोवाट, मेगावाट आदि में) समान होना चाहिए।

लेकिन ध्यान दें कि एक ट्रांसफॉर्मर में बहुत अधिक एफिशिएंसी होती है, क्योंकि ट्रांसफॉर्मर में लॉसेस बहुत कम होते हैं। चूंकि इनपुट और आउटपुट लगभग बराबर हैं, इसलिए इनपुट और आउटपुट का माप व्यावहारिक रूप से संभव नहीं है। ट्रांसफॉर्मर एफिशिएंसी ज्ञात करने की सबसे अच्छी विधि यह है कि, पहले ट्रांसफॉर्मर में होने वाले लॉसेस का निर्धारण करें और फिर उन लॉसेस की गणना को मदद से ट्रांसफॉर्मर की एफिशिएंसी की गणना करें।

ट्रांसफॉर्मर एफिशिएंसी के लिए सूत्र

$$\text{एफिशिएंसी} = \eta = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{इनपुट}}$$

$$\text{एफिशिएंसी} = \eta = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{आउटपुट} + \text{लॉसेस}} \quad \dots (\text{As Input} = \text{Output} + \text{Losses})$$

$$\text{एफिशिएंसी} = \eta = \frac{\text{आउटपुट}}{(\text{आउटपुट} + \text{कॉपर लॉसेस} + \text{आयरन लॉसेस})}$$

निम्न सूत्र द्वारा भी एफिशिएंसी ज्ञात सकते हैं—

$$\text{एफिशिएंसी} = \eta = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{इनपुट}}$$

$$\text{एफिशिएंसी} = \eta = \frac{(\text{इनपुट} - \text{लॉसेस})}{\text{इनपुट}} \quad \dots (\text{As Output} = \text{Input} - \text{Losses})$$

LCM लेने पर

$$\text{एफिशिएंसी} = \eta = 1 - \left(\frac{\text{लॉसेस}}{\text{इनपुट}} \right)$$

जैसा कि हम जानते हैं कि kVA में ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग kVA में व्यक्त की जाती है। लेकिन एफिशिएंसी VA पर निर्भर नहीं होती है यानी इसे पावर वाट्स (KWA) में व्यक्त किया जाएगा, न कि kVA में। हालांकि, लॉसेज VA (वोल्ट-एंपियर) के साथे समानुपाती है। इस प्रकार, एफिशिएंसी VA के हर तरह के लोड पर पावर फैक्टर पर निर्भर करती है। और एफिशिएंसी यूनिटी (1) पावर फैक्टर पर अधिकतम होगी।

हम जानते हैं कि,

$$\text{कॉपर लॉसेज} = W_C = I_{12} \times R_1 \text{ or } I_{22} \times R_2$$

$$\text{आयरन लॉसेज} = W_I = \text{हिस्टेरिसिस लॉसेस} + \text{ऐडो करंट लॉसेस}$$

$$= W_I = W_H + W_E$$

ट्रांसफॉर्मर के प्राइमरी सर्किट मान लेजिए ...

$$\text{प्राइमरी इनपुट} = P_1 = V_1 \times I_1 \cos \theta_1$$

$$\text{एफिशिएंसी} = \eta = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{इनपुट}}$$

$$\text{एफिशिएंसी} = \eta = \frac{(\text{इनपुट} - \text{लॉसेस})}{\text{इनपुट}} \quad \dots (\text{आउटपुट} = \text{इनपुट} - \text{लॉसेस})$$

$$\text{एफिशिएंसी} = \eta = \frac{(\text{इनपुट} - \text{कॉपर लॉसेस} - \text{आयरन लॉसेस})}{\text{इनपुट}}$$

$$\text{एफिशिएंसी} = \eta = \frac{(P_1 - W_c - W_i)}{P_1}$$

$$\text{एफिशिएंसी} = \eta = \frac{(V_1 \times I_1 \cos \theta_1 - I_1^2 \times R_1 - W_i)}{V_1 \times I_1 \cos \theta_1}$$

LCM लेने पर

$$\text{एफिशिएंसी} = \eta = 1 - \left(\frac{I_1^2 \times R_1}{V_1 I_1 \cos \theta_1} \right) - \left(\frac{W_i}{V_1 \times I_1 \cos \theta_1} \right)$$

और

$$\text{एफिशिएंसी} = \eta = 1 - \left(\frac{I_1 \times R_1}{V_1 I_1 \cos \theta_1} \right) - \left(\frac{W_i}{V_1 \times I_1 \cos \theta_1} \right)$$

I_1 के संबंध में दोनों पक्षों का अवकलन करने पर

$$\frac{D\eta}{dI_1} = 0 - \left(\frac{R_1}{V_1 \cos \theta_1} \right) + \left(\frac{W_i}{V_1 \times I_1^2 \cos \theta_1} \right)$$

$$\frac{D\eta}{dI_1} = - \left(\frac{R_1}{V_1 \cos \theta_1} \right) + \left(\frac{W_i}{V_1 \times I_1^2 \cos \theta_1} \right)$$

अधिकतम एफिशिएंसी के लिए, $(D\eta/dI_1)$ का मान न्यूनतम होना चाहिए अर्थात्

$$\frac{D\eta}{dI_1} = 0$$

उपरोक्त समीकरण के रूप में लिखा जा सकता है—

$$\frac{R_1}{(V_1 \cos \theta_1)} = \left(\frac{W_i}{V_1 \times I_1^2 \cos \theta_1} \right)$$

और

$$W_i = I_1^2 \times R_1 \quad \text{or} \quad I_1^2 \times R_2$$

$$\text{आयरन लॉस} = \text{कॉपर लॉस}$$

आउटपुट करंट (I_2) का मान जिस पर अधिकतम एफिशिएंसी प्राप्त की जा सकती है—

$$I_2 = \sqrt{\frac{W_i}{R_2}}$$

आउटपुट करंट (I_2) का मान, वह मान है जो कॉपर लॉसेस और आयरन लॉसेस (i.e. कॉपर लॉस = आयरन लॉस) के मान के बराबर होता है।

ऐसा करने से अधिकतम एफिशिएंसी प्राप्त की जा सकती है। इसलिए, उचित डिजाइनिंग के साथ किसी भी वांछित लोड पर अधिकतम एफिशिएंसी प्राप्त की जा सकती है अर्थात् कॉपर लॉस और आयरन लॉस को बराबर किया जा सकता है।

3.19. ट्रांसफॉर्मर की सभी दिन की एफिशिएंसी (All Day Efficiency of Transformer)

जैसा कि हम जानते हैं कि ट्रांसफॉर्मर को व्यावसायिक या विशिष्ट एफिशिएंसी बदल में आउटपुट और इनपुट का अनुपात है।

$$\text{एफिशिएंसी} = \frac{\text{आउटपुट (वॉट में)}}{\text{इनपुट (वॉट में)}}$$

लेकिन ऐसे कई ट्रांसफॉर्मर हैं जिनके प्रदर्शन को निगरानी उपरोक्त सामान्य एफिशिएंसी सूत्र के अनुसार की जा सकती है। वे डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर जो लाइटिंग और अन्य सामान्य सर्किटों को इलेक्ट्रिकल एनर्जी की सप्लाई करते हैं, उनका प्राइमरी 24 घंटे के लिए सक्रिय रहता है, लेकिन सेकेंडरी टर्न एक बार में सारी एनर्जी नहीं देता है। दूसरे शब्दों में, सेकेंडरी टर्न केवल रात के समय में सक्रिय होते हैं। जब वे लाइट सर्किटों को इलेक्ट्रिकल एनर्जी की सप्लाई करते हैं। अर्थात् सेकेंडरी वाइडिंग 24 घंटे में बहुत कम लोड या अधिकतम समय के लिए पावर की सप्लाई करते हैं। इसका मतलब है कि को लॉसेस नियमित रूप से 24 घंटे के लिए होता है लेकिन कॉपर लॉसेस केवल तब होता है जब ट्रांसफॉर्मर लोड पर होता है।

इसलिए यह एक ट्रांसफॉर्मर डिजाइन करने की आवश्यकता का एहसास करता है जिसमें मूल लॉसेस कम होना चाहिए। चूंकि कॉपर लॉसेस लोड पर निर्भर करता है, इसलिए उन्हें नगण्य किया जाना चाहिए। इस प्रकार के ट्रांसफॉर्मर में हम सभी दिन की एफिशिएंसी से केवल उनके प्रदर्शन को ट्रैक कर सकते हैं।

पूरे दिन की एफिशिएंसी को 'ऑपरेशनल एफिशिएंसी' भी कहा जाता है। प्रयोग करने योग्य एनर्जी के आधार पर, हम एक विशिष्ट समय (24 घंटे = एक दिन के दौरान) के लिए पूरे दिन की एफिशिएंसी का अनुमान लगाते हैं। और हम इसे निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात करती हैं।

$$\text{पूरे दिन की एफिशिएंसी} = \frac{\text{आउटपुट (kWh में)}}{\text{इनपुट (kWh में)}}$$

पूरे दिन की एफिशिएंसी के बारे में समझने के लिए, हमें लोड चक्र के बारे में पता होना चाहिए अर्थात् कितना लोड (24 घंटे में) कितना समय के लिए जुड़ा हुआ है।

3.20. ट्रांसफॉर्मर का रखरखाव (एक विस्तृत जाँच सूची) Maintenance of Transformer (A Detailed Checklist)

एक पावर ट्रांसफॉर्मर एक इलेक्ट्रिकल सबस्टेशन के अंदर उपकरणों का सबसे महंगा और आवश्यक डिवाइस होता है। जैसे कि यह सुनिश्चित करने के लिए वांछनीय है कि विभिन्न निवारक रखरखाव गतिविधियाँ सुनिश्चित करें कि ट्रांसफॉर्मर उच्च स्तर के प्रदर्शन और लंबे कार्यात्मक जीवन को बनाए रखता है।

एक पावर ट्रांसफॉर्मर को ट्रांसफॉर्मर के विभिन्न पैरामीटर के माप और टेस्ट सहित विभिन्न नियमित रखरखाव कार्य की आवश्यकता होती है। ट्रांसफॉर्मर के रखरखाव के दो मुख्य प्रकार हैं। हम एक समूह को एक नियमित आधार पर करते हैं (निवारक रखरखाव के रूप में जाना जाता है), और दूसरा समूह एक तदर्थ आधार पर (अर्थात् आवश्यकतानुसार)।

इसका अर्थ है कि एक ट्रांसफॉर्मर से स्मूथ प्रदर्शन प्राप्त करने के लिए हमें नियमित रूप से कुछ रखरखाव क्रियाएँ करनी होंगी।

एक ट्रांसफॉर्मर पर नियमित रखरखाव करने वाले इलेक्ट्रिकल कर्मचारियों का एक समूह ट्रांसफॉर्मर के लिए कुछ अन्य प्रकार के रखरखाव हम केवल उसी तरह से करते हैं जैसे कि उन्हें इमारतों या ब्रेकडाउन ट्रांसफॉर्मर रखरखाव के रूप में जाना जाता है। लेकिन अगर कोई नियमित रखरखाव ठीक से करता है, तो यह इस तरह के इमारतों रखरखाव को पूरा करने की आवश्यकता को कम करता है। ट्रांसफॉर्मर की नियमित जाँच और रखरखाव को हालत रखरखाव के रूप में भी जाना जाता है।

इसलिए उचित स्थिति के रखरखाव से, इमारतों और टूटने के रखरखाव से बचा जा सकता है। इसीलिए टेक्निकल कर्मियों को मुख्य रूप से रखरखाव स्थिति पर ध्यान देना चाहिए। 100% रखरखाव के कारण उपकरण के 0% टूटने का कारण बनता है।

एक पावर ट्रांसफॉर्मर पर कई अलग-अलग निवारक रखरखाव क्रियाएँ की जाती हैं। वे दैनिक, मासिक, वार्षिक त्रैमासिक, अर्धवार्षिक या वार्षिक आधार पर हो सकते हैं। कुछ ट्रांसफॉर्मर रखरखाव गतिविधियों को केवल 3 से 4 वर्ष के अंतराल में एक बार प्रदर्शन करने की आवश्यकता होती है।

3.20.1. ट्रांसफॉर्मर के मासिक आधार पर रखरखाव (Monthly Basis Maintenance of Transformer)

- सिलिका जेल ब्रीथर के अंतर्गत ऑयल कैप में ऑयल का स्तर एक महीने के अंतराल में जाँचना चाहिए। यदि यह पाया जाता है कि कप के अंदर ट्रांसफॉर्मर का ऑयल निर्दिष्ट स्तर से नीचे आता है, तो निर्दिष्ट स्तर के अनुसार ऑयल ऊपर होना चाहिए।
- उचित ब्रीथर क्रिया के लिए, सिलिका जेल ब्रीथर में छेद को मासिक रूप से जाँचना चाहिए और यदि आवश्यक हो तो अच्छी तरह से साफ किया जाना चाहिए।
- यदि ट्रांसफॉर्मर में ऑयल भरा हुआ है तो बुशिंग के अंदर ट्रांसफॉर्मर के ऑयल के ऑयल के स्तर को बुशिंग के अंदर लगे ऑयल गेज के अंदर ऑयल की जाँच की जानी चाहिए। यह क्रिया भी मासिक आधार पर की जानी है। यदि आवश्यक हो तो सही स्तर तक बुशिंग में ऑयल भरा जाना चाहिए। शटडाउन स्थिति के अंतर्गत किया जाने वाला ऑयल भरना।

3.20.2. दैनिक आधार पर रखरखाव और जाँच (Daily Basis Maintenance and Checking)

तीन मुख्य चीजें हैं जो दैनिक आधार पर पावर ट्रांसफॉर्मर पर जाँच की जानी हैं:

- मेन टैक और कंजर्वेटर टैक के MOG (मैग्नेटिक ऑयल गेज) की रीडिंग
- ब्रीथर में सिलिका जेल का रंग
- ट्रांसफॉर्मर के किसी भी प्वाइंट से ऑयल का लीकेज

MOG में असंतोषजनक ऑयल स्तर के परिस्थिति में, ऑयल को ट्रांसफॉर्मर में भरा जाना है और ऑयल लीकेज के लिए ट्रांसफॉर्मर टैक की जाँच भी की जानी है। यदि ऑयल लीकेज पाया जाता है तो लीकेज को प्लग करने के लिए अवस्य कार्रवाई करें। यदि सिलिका जेल गुलाबी रंग का हो जाता है, तो इसे बदल दिया जाना चाहिए।

3.20.3. वार्षिक आधार पर ट्रांसफॉर्मर रखरखाव की अनुसूची (Yearly Basis Transformer Maintenance Schedule)

- एक वर्ष के अंतराल में जाँच करने के लिए ऑटो, रिमोट, मैनुअल फंक्शन ऑफ कूलिंग सिस्टम यानि ऑयल पंप, हवा के पंखे और ट्रांसफॉर्मर के कूलिंग सिस्टम में लगे अन्य सामानों के साथ-साथ उनके कंट्रोल सर्किट की भी जाँच की जानी चाहिए। परेशानी के केस में, कंट्रोल सर्किट और पंपों और फैन की फिजिकल स्थिति की जाँच करें।

- ट्रांसफॉर्मर की सभी बुशिंगों को मुलायम सूती कपड़े से साफ किया जाना चाहिए। सफाई के दौरान ब्रैकिंग के लिए बुशिंग की जाँच की जानी चाहिए।
- प्रत्येक वर्ष में OLTC की ऑयल की स्थिति की जाँच की जानी चाहिए। उसके लिए, डायवर्टर टैक के ड्रैन वाल्व से ऑयल का नमूना लिया जाता है, और इस एकत्र ऑयल के नमूने को डाइलेक्ट्रिक स्ट्रेंथ (BDV) और नमी सामग्री (PPM) के लिए टेस्ट किया जाता है। यदि अनुशंसित मानों की तुलना में BDV कम है और नमी के लिए PPM उच्च पाया जाता है, तो OLTC के अंदर के ऑयल को प्रतिस्थापित या फिल्टर किया जा सकता है।
- वकोल्व रिले का मैकेनिकल टेस्ट वार्षिक आधार पर किया जाता है।
- वर्ष में कम से कम एक बार सभी मासोलिंग बॉक्स अंदर से साफ किए जाते हैं। सभी इन्सुलेशन, स्पेस हीटर, यह जाँचने के लिए कि वे ठीक से कार्य कर रहे हैं या नहीं। यदि नहीं, तो आवश्यक रखरखाव कार्रवाई की जानी चाहिए। कंट्रोल और रिले बायरो के सभी टर्मिनल कनेक्शनों को एक वर्ष में कम से कम एक बार कसने के लिए जाँच की जानी चाहिए।
- उपयुक्त सफाई एजेंट द्वारा साफ किए जाने के लिए सभी सर्किट, R एंड C पैनेल (रिले और कंट्रोल पैनेल) और RTCC (रिमोट टैप चेंजर कंट्रोल पैनेल) में उनके सर्किट के साथ-साथ सभी रिले, अलार्म और कंट्रोल स्विच।
- ट्रांसफॉर्मर टॉप कवर पर OIL, WTI (ऑयल तापमान इंडिकेटर और वाइडिंग तापमान इंडिकेटर) के लिए पॉकेट की जाँच की जाए और यदि आवश्यक हो तो ऑयल को फिर से भरें।
- प्रेसर रिलीज डिवाइस और वकोल्व रिले के उचित कार्य को वार्षिक जाँचना चाहिए। उसके लिए, ट्रिप कंटेक्ट और उक्त उपकरणों के अलार्म संपर्क बायर के एक छोटे से टुकड़े से छोटे होते हैं, और निरीक्षण करते हैं कि दूरस्थ पैनेल में संबंधित रिले ठीक से कार्य कर रहे हैं या नहीं।
- इन्सुलेशन रजिस्टर्स और ट्रांसफॉर्मर के पोलराइजेशन इंडेक्स को बैटरी ऑपरेट मेगर 5 kV रेंज के साथ जाँचना चाहिए।
- अर्थ कनेक्शन और राइजर का रजिस्टर्स थान अर्थ रजिस्टर्स मीटर पर क्लैप के साथ वार्षिक मापा जाना चाहिए।
- ट्रांसफॉर्मर ऑयल को DGA या डिजोल्व गैस विश्लेषण किया जाना चाहिए, 132 kV ट्रांसफॉर्मर के लिए वार्षिक, एक बार 2 वर्ष में 132 kV ट्रांसफॉर्मर के नीचे और 2 वर्ष के अंतराल में 132 kV ट्रांसफॉर्मर से ऊपर ट्रांसफॉर्मर के लिए।

3.20.4. 2 वर्ष में एक बार होने वाली कार्रवाई (The Action to be Taken Once in 2 Years)

- OTI और WTI का अंशकन दो वर्षों में एक बार किया जाना चाहिए।
- Tan और डेल्टा; ट्रांसफॉर्मर की बुशिंग को माप भी दो वर्षों में एक बार की जानी चाहिए।

3.20.5. अर्धवार्षिक आधार पर ट्रांसफॉर्मर का रखरखाव (Maintenance of Transformer on Half Yearly Basis)

ट्रांसफॉर्मर ऑयल को अर्धवार्षिक आधार पर जाँच करना चाहिए, जिसका अर्थ है कि 6 महीने में एक बार, डाइलेक्ट्रिक स्ट्रेंथ, वॉटर कंटेंट, अम्लता, कोचड कंटेंट, फ्लैश प्वाइंट, DDA, IFT, ट्रांसफॉर्मर ऑयल के लिए रेजिस्टिविटी।

एक डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर के परिस्थिति में, चूंकि वे दिन के सभी समय पीक आवर्स में लाइट लोड की स्थिति का संचालन कर रहे हैं, इसलिए रखरखाव की आवश्यकता नहीं है।

3.20.6. करंट ट्रांसफॉर्मर का रखरखाव (Maintenance of Current Transformer)

इलेक्ट्रिकल मापन और प्रोटेक्शन उद्देश्य के लिए इलेक्ट्रिकल सबस्टेशन में एक करंट ट्रांसफॉर्मर या CT बहुत आवश्यक उपकरण है। यदि एक करंट ट्रांसफॉर्मर ठीक से प्रदर्शन नहीं करता है, तो प्रोटेक्शन रिले की खराबी के कारण सिस्टम में भारी गड़बड़ी हो सकती है। एक इलेक्ट्रिकल पावर सिस्टम के सटीक माप और सुचारु संचालन, CT को ठीक से बना रखा जाना चाहिए। करंट ट्रांसफॉर्मर के ऐसे रखरखाव का एक शेड्यूल तैयार संदर्भ (reference) के लिए नीचे दिया गया है। पहले CT के रखरखाव के बारे में चर्चा करते हैं जो एक वर्ष के अंतराल में किया जाता है।

- वार्षिक रूप से CT के इन्सुलेशन रजिस्ट्रेंस की जाँच की जानी चाहिए। इन्सुलेशन रजिस्ट्रेंस माप के दौरान, यह याद रखना चाहिए कि, करंट ट्रांसफॉर्मर में इन्सुलेशन के दो स्तर हैं। CT के प्राइमरी को इन्सुलेशन लेवल काफी अधिक है क्योंकि इसमें पूर्ण सिस्टम वोल्टेज का सामना करना पड़ता है। लेकिन CT के सेकेंडरी में कम इन्सुलेशन स्तर आमतौर पर 1.1 kV होता है। एक प्राइमरी ट्रांसफॉर्मर की प्राइमरी से सेकेंडरी और प्राइमरी से अर्थ के लिए 2.5 या 5 kV मेगर के साथ मापा जाता है। लेकिन इस उच्च वोल्टेज मेगर का उपयोग सेकेंडरी माप के लिए नहीं किया जाता है, क्योंकि डिजाइन की आर्थिक की दृष्टि से यहां इन्सुलेशन स्तर काफी कम है, तो सेकेंडरी इन्सुलेशन 500 V मेगर के साथ मापा जाता है। इसलिए, प्राइमरी टर्मिनलों को अर्थ, प्राइमरी टर्मिनलों को सेकेंडरी मापने वाले कोर, प्राइमरी टर्मिनलों से सेकेंडरी प्रोटेक्शन कोर तक 2.5 या 5% मेगर द्वारा मापा जाता है। सेकेंडरी कोर और सेकेंडरी व अर्थ के बीच रजिस्ट्रेंस को 500V मेगर द्वारा मापा जाता है।
- प्राइमरी टर्मिनलों की धर्मो दृष्टि स्कैनिंग और एक लाइव CT के टॉप डॉम को वर्ष में कम से कम एक बार किया जाना चाहिए। यह स्कैनिंग इन्फ्रारेड थर्मो-विज़न कैमरा की मदद से की जाती है।
- CT सेकेंडरी बॉक्स और CT जंक्शन बॉक्स के सभी CT सेकेंडरी कनेक्शनों को CT सेकेंडरी करंटों के लिए अधिकतम संभव कम रजिस्ट्रेंस पथ सुनिश्चित करने के लिए हर वर्ष जाँच, साफ और कड़ा होना चाहिए। यह भी सुनिश्चित किया जाना चाहिए कि CT जंक्शन बॉक्स को अच्छी तरह से साफ किया जाए।

करंट ट्रांसफॉर्मर के कुछ अन्य रखरखाव हैं, जो अर्द्धवार्षिक आधार पर किए जाते हैं, जैसे—

- CTs के पोलिसिलिन हाउस को ड्रैक के लिए जांचना चाहिए यदि कोई ड्रैक इन्सुलेटर पर देखा जाता है, तो निर्माता से प्राप्त करने के लिए आवश्यक सलाह।
- करंट ट्रांसफॉर्मर के पोलिसिलिन इन्सुलेटर हाउस, सूती कपड़े द्वारा ठीक से साफ किया जाना। अब हम करंट ट्रांसफॉर्मर के मासिक आधार रखरखाव के बारे में जानेंगे।
- किसी भी जॉइंट से ऑयल लीकेज का टेस्ट किया जाना चाहिए यदि लीकेज पाया जाता है, तो इसे बंद करके प्लग किया जाना चाहिए।
- सेकेंडरी टर्मिनलों की जाँच ऑयल लीकेज के लिए भी की जाती है, यदि लीकेज पाया जाता है, तो लीकेज को प्लग करने के लिए तत्काल कार्रवाई की जाएगी।

इन के अलावा, Tan या तान फेक्टर माप को करंट ट्रांसफॉर्मर पर अधिमानतः 66 kV वर्ग से ऊपर, दो वर्ष में एक बार किया जाता है।

ऑयल के गैस विश्लेषण को भी 4 वर्षों में एक बार अधिमानतः किया जाना चाहिए। यदि परिणाम मानक के अनुसार असंतोषजनक पाए जाते हैं, तो इन्सुलेट ऑयल को प्रतिस्थापित किया जाना चाहिए।

3.20.7. वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर और कैपेसिटर वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर का रखरखाव (Maintenance of Transformer and Capacitor Voltage Transformer)

संरचना के अनुसार एक वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर और एक कैपेसिटर वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर समान होता है। इसलिए वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर और कैपेसिटर वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर दोनों के रखरखाव की आधार योजना अधिक, कम या बराबर हो सकती है। CT, PT और CVT के माध्यम से हवी करंट प्रवाहित नहीं होता है, फॉल्ट आमतौर पर बहुत कम होता है।

यही कारण है कि वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर के मासिक रखरखाव और कैपेसिटर वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर के रखरखाव आवश्यकता नहीं हो सकती है। इसके अलावा बस PT या CVT का लगातार रखरखाव भी संभव नहीं हो सकता है क्योंकि इस तरह के PT या CVT को बंद करना कुल बस सेक्शन प्रोटेक्शन और मीटरिंग से बाहर होगा। केवल ऐसे उपकरण का वार्षिक रखरखाव पर्याप्त है।

वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर या कैपेसिटर वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर का वार्षिक रखरखाव (Yearly Maintenance of Voltage Transformer or Capacitor Voltage Transformer)

- पोलिसिलिन हाउसिंग को सूती कपड़े से साफ किया जाना चाहिए।
- स्पाइक गैप असेंबली वार्षिक आधार पर जाँच की जाती है। स्पाइक गैप असेंबली के प्रूवेबिल पार्ट को हटा दें, स्पाइक गैप के साथ ब्रेसिंग इलेक्ट्रोड को साफ करें और इसे वापस स्थिति में ठीक करें।
- उच्च प्रोक्सिमिटी ऑयलिंग प्वाइंट को वार्षिक रूप से मामले में जाँच की जानी चाहिए, इस प्वाइंट का उपयोग PLCC के लिए नहीं किया जाता है।
- रेजिस्ट्रिकेशन की प्रोटेक्शन सुनिश्चित करने के लिए कैपेसिटर स्टैंक में किसी भी हॉट स्पॉट की जाँच के लिए थर्मोविज़न कैमरा का उपयोग किया जाता है।
- टर्मिनल कनेक्शन PT जंक्शन बॉक्स जिसमें अर्थ कनेक्शन भी शामिल है, साल में एक बार कसाव के लिए की जाँच की जाती है। इसके अलावा, PT जंक्शन बॉक्स को भी साल में एक बार ठीक से साफ किया जाना चाहिए।
- सभी गैसकेट जॉइंट के स्थायित्व की भी जाँच की जाए और यदि कोई क्षतिग्रस्त गैसकेट मिला तो उसे बदल दिया जाए।

क्र.सं.	विरीक्षण की प्रीक्वेंसी	विरीक्षण	विरीक्षण विवरण है	यदि विरीक्षण असंतोषजनक है तो कार्रवाई आवश्यक है
1000 kVA तक				
1.	प्रति घंटा	लोड तापमान, वोल्टेज	रेटेड चित्र के खिलाफ जाँच कर	पक्षों को आवश्यक रूप में स्टार्ट करें।
2.	प्रतिदिन	डिवाइडिंग ब्रॉच	जाँच ले कि वायु मार्ग एब्लेट का स्पष्ट रंग है।	यदि सिलिका जेल मुक्त है तो इसे बदल दें या फिर से उपयोग के लिए पुनः सक्रिय करें।
2.	मासिक	ट्रांसफॉर्मर में ऑयल का स्तर	ट्रांसफॉर्मर के ऑयल के स्तर की जाँच करें	यदि निम्न ऑयल में कुछ ऑयल मिल गया है तो ट्रांसफॉर्मर लोड को बंद कर दें।

क्र.सं.	निरीक्षण की आवृत्ति	निरीक्षण	निरीक्षण विवरण है	जब स्थिति असंतोषजनक हो तो कार्रवाई आवश्यक
4.	त्रैमासिक	युसिंग	दरारें और गंदगी जमा के लिए जाँच करें	साफ या प्रतिस्थापित करना
5.	अर्धवार्षिक	कंजरवेटर	नयी कवर के लिए जाँच करें।	वेंटिलेशन चेक ऑयल में सुधार।
6.	वार्षिक	(a) ट्रांसफॉर्मर में ऑयल (b) अर्थ रेजिस्टेंस (c) रिले अलार्म और उनके सर्किट आदि	डाइलेक्ट्रिक स्ट्रैप और पानी की सामग्री के लिए जाँच करें, अम्लता और कीचड़ के लिए जाँच करें। रजिस्टेंस अधिक होने पर उपयुक्त कार्रवाई करें। घटकों को साफ करें और यदि आवश्यक हो तो संपर्कों और फ्यूज को बदलें, यदि आवश्यक हो तो सेटिंग चार्ज करें। रिले सटीकता आदि की जाँच करें।	ऑयल की गुणवत्ता को बहाल करने के लिए उपयुक्त कार्रवाई करें। रजिस्टेंस अधिक होने पर उपयुक्त कार्रवाई करें। घटकों को साफ करें और यदि आवश्यक हो तो संपर्कों और फ्यूज को बदलें, यदि आवश्यक हो तो सेटिंग चार्ज करें।
7.	दो वर्ष	नॉनकंजरवेटर	कोर के ऊपर आंतरिक निरीक्षण	रिगार्डलैस स्थिति का फिल्टर ऑयल
8.	पाँच साल या आंतरिक फ़ोल्ड के बाद	ट्रांसफॉर्मर	समग्र निरीक्षण, कोर और क्वाइलड की लिफ्टिंग	साफ सूखे ऑयल के साथ नीचे धो लें।
1000 kVA से ऊपर				
1.	प्रति घंटा	(a) प्रविश का तापमान (b) हवा का तापमान (c) ऑयल का तापमान (d) लोड (amp.) वोल्टेज	जाँच करें कि तापमान उचित है रेटेड चित्र के खिलाफ जाँच करें।	यदि असामान्य हीटिंग ट्रांसफॉर्मर को बंद कर देता है और जाँच करता है कि क्या हीट लगातार अधिक हो रही है।
2.	प्रतिदिन	(a) ट्रांसफॉर्मर में ऑयल स्तर (b) युसिंग में ऑयल का स्तर (c) कूलर में पानी का रिसाव (d) राहत डायाफ्राम (e) सिलिका जेल जाँच	लीक के लिए ट्रांसफॉर्मर ऑयल ट्रांसफॉर्मर के खिलाफ जाँच करें। जाँच करें कि वायु मार्ग फ्री है। एक्टिव एजेंट का रंग जाँचें।	यदि कम सूखी जाँच जोड़े। अगर फटा या टूटा हुआ हो तो उसे बदल दें। यदि सिलिका जेल गुलाबी है तो इसे एक्टिव स्पेयर चार्ज द्वारा बदल दें और पुनर्चार्ज को फिर से उपयोग के लिए सक्रिय किया जा सकता है।

क्र.सं.	निरीक्षण की आवृत्ति	निरीक्षण	निरीक्षण विवरण है	जब स्थिति असंतोषजनक हो तो कार्रवाई आवश्यक
3.	त्रैमासिक	(a) युसिंग (b) ट्रांसफॉर्मर में ऑयल (c) कूलर फैन वियरिंग मोटर और ऑपरेटर क्रिया	दरारें और प्रत्यक्ष जमा के लिए जाँच करें। डाइलेक्ट्रिक स्ट्रैप और पानी की सामग्री के लिए जाँच करें। स्नेक बियरिंग, गियर बॉक्स की जाँच करें, संपर्कों की जाँच करें, मैनुअल नियंत्रण और इंटरलॉक की जाँच करें।	साफ या प्रतिस्थापित करना ऑयल की मात्रा को बहाल करने के लिए उपयुक्त कार्रवाई करें। अन्य भागों के जले हुए या क्षतिग्रस्त संपर्कों को बदलें।
4.	अर्धवार्षिक	ऑयल कूलर	दबाव के लिए परीक्षण	
5.	वार्षिक या इससे पहले यदि जाँच के लिए ट्रांसफॉर्मर आसानी से निकाला जा सकता है।	(a) ट्रांसफॉर्मर में ऑयल (b) ऑयल भर हुआ है (c) गैसकेट जॉइंट (d) केबल बक्से (e) सर्ज और डायब्रेटर	अम्लता के लिए जाँच करें ऑयल का परीक्षण करें फिटिंग छेद के लिए सीलिंग की व्यवस्था के लिए जाँच करें जाँच और गंदगी जमा के लिए जाँच करें।	फिल्टर या बदलें और कीचड़ असमान दबाव से बचने के लिए बोल्ट कस लें लौक होने पर गैसफिट बदलें। साफ या प्रतिस्थापित करना।

3.21. ऑटो ट्रांसफॉर्मर का कार्य सिद्धान्त, अनुप्रयोग (Auto Transformer Principle of Operation, Working & Applications)

एक ऑटो ट्रांसफॉर्मर एक इलेक्ट्रिकल ट्रांसफॉर्मर है। जिसमें केवल सिंगल वाइंडिंग होती है। जो प्राइमरी और सेकेंडरी दोनों के रूप में कार्य करता है। इसलिए इनपुट और आउटपुट सिंगल वाइंडिंग से जुड़ा होता है।

सामान्य दो वाइंडिंग ट्रांसफॉर्मर की तुलना में ऑटो-ट्रांसफॉर्मर के कुछ लाभ हैं।

(i) ऑटो ट्रांसफॉर्मर आमतौर पर आकार में छोटे होते हैं, क्योंकि एक वाइंडिंग का एलिमिनेट हो जाता है।

(ii) आकार छोटा और कॉस्ट भी कम है।

(iii) चूँकि वाइंडिंग समान है, इसलिए लोकेज रिएक्टेंस कम होगी।

(iv) kVA रेटिंग में वृद्धि।

ऑटो ट्रांसफॉर्मर में, एक सिंगल वाइंडिंग को प्राइमरी वाइंडिंग के साथ-साथ सेकेंडरी वाइंडिंग के रूप में सिलिकॉन स्टील पर ट्रांसफॉर्मर कॉपर वायर वाउंड में शेयर किया जाता है।

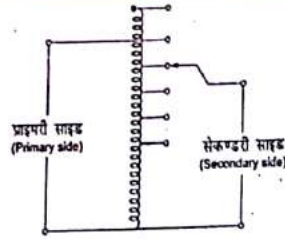
ऑटो ट्रांसफॉर्मर में, एक सिंगल वाइंडिंग को प्राइमरी वाइंडिंग के साथ-साथ सेकेंडरी वाइंडिंग के रूप में शेयर किया जाता है।

ट्रांसफॉर्मर में कॉपर वायर को सिलिकॉन स्टील पर वाउंड करते हैं जैसा कि चित्र में दिखाया गया है कि इनपुट फिक्स पोजीशन पर कनेक्ट होता है लेकिन दूसरी ओर हम वेरिएबल आउटपुट वोल्टेज प्राप्त करने के लिए कुछ टैपिंग को नियोजित करते हैं। वाइंडिंग की टैपिंग को चेंज करके सेकेंडरी टर्न रेशियो प्राप्त किया जा सकता है।

ऑटो ट्रांसफॉर्मर में, एक सिंगल वाइंडिंग को प्राइमरी वाइंडिंग के साथ-साथ सेकेंडरी वाइंडिंग के रूप में सिलिकॉन स्टील पर ट्रांसफॉर्मर कॉपर वायर वाउंड में शेयर किया जाता है।



चित्र 3.29



चित्र 3.30

3.21.1. ऑटो ट्रांसफॉर्मर में कॉपर की बचत (Copper Saving in Auto Transformer)

अगर हम परंपरिक दो वाइंडिंग ट्रांसफॉर्मर और ऑटो ट्रांसफॉर्मर की तुलना करते हैं तो ऑटो ट्रांसफॉर्मर के लिए आवश्यक कॉपर की मात्रा कम होती है। किसी भी वाइंडिंग के कॉपर का भार उसकी लंबाई और क्रॉस-सेक्शनल क्षेत्रफल पर निर्भर करता है। और लंबाई टर्न की संख्या पर निर्भर करती है, क्रॉस सेक्शनल फोल्ड रेटेड करंट के साथ बदलती रहती है।

$$AC \text{ सेक्शन के लिए समानता में कॉपर} = (N_1 - N_2)I_1$$

$$BC \text{ सेक्शन में कॉपर का भार समानता में} = (I_1 - I_2)N_2$$

इसलिए, ऑटो ट्रांसफॉर्मर के अनुपात में कॉपर का कुल भार

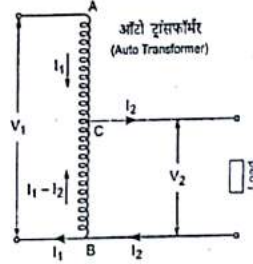
$$= (N_1 - N_2)I_1 + N_2(I_1 - I_2)$$

$$= N_1I_1 - N_2I_1 + N_2I_1 - N_2I_2$$

$$= N_1I_1 + N_2I_1 - 2N_2I_2$$

$$= 2N_1I_1 - 2N_2I_2$$

$$= 2(N_1I_1 - N_2I_2)$$



चित्र 3.31

(Since, $N_1I_1 = N_2I_2$)

इसी तरह से यह सिद्ध होता है कि दो वाइंडिंग ट्रांसफॉर्मर में कॉपर का भार समानता में है,

$$N_1I_1 + N_2I_2 = 2N_1I_1 \quad (\text{चूँकि ट्रांसफॉर्मर में } N_1I_1 = N_2I_2)$$

याव, W_a और W_{av} क्रमशः ऑटो ट्रांसफॉर्मर और दो वाइंडिंग ट्रांसफॉर्मर में कॉपर के भार हैं,

इसलिए,

$$\frac{W_a}{W_{av}} = \frac{2(N_1I_1 - N_2I_2)}{2(N_1I_1)}$$

$$= \frac{N_1I_1 - N_2I_2}{N_1I_1} = 1 - \frac{N_2I_2}{N_1I_1}$$

$$= 1 - \frac{N_2}{N_1} = 1 - k$$

$$W_a = W_{av}(1 - k)$$

$$W_a = W_{av} - kW_{av}$$

दो वाइंडिंग ट्रांसफॉर्मर की तुलना में ऑटो ट्रांसफॉर्मर में कॉपर की बचत

$$W_{av} - W_a = kW_{av}$$

3.21.2. एक ऑटो ट्रांसफॉर्मर के लाभ (Advantages of an Auto Transformer)

(i) निरंतर भिन्न वोल्टेज प्राप्त किया जाता है।

(ii) इसे कम कॉपर की आवश्यकता होती है और यह एक ही रेटिंग के दो-वाइंडिंग ट्रांसफॉर्मर की तुलना में अधिक कुशल है।

3.21.3. एक ऑटो ट्रांसफॉर्मर का लॉसेस (Disadvantages of an Auto Transformer)

यदि वाइंडिंग (ओपन सर्कुलेटेड) टूट जाती है। तो ट्रांसफॉर्मर क्रिया खत्म हो जाती है। और फुल ट्रांसफॉर्मर प्राइमरी वोल्टेज आउटपुट में दिखाई देता है। यह लोड के लिए हानिकारक हो सकता है। जब हम एक ऑटो ट्रांसफॉर्मर का उपयोग स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर के रूप में कर रहे हैं। यही कारण है कि एक ऑटो ट्रांसफॉर्मर का उपयोग केवल स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर के रूप में उपयोग करते हुए आउटपुट वोल्टेज में छोटे बदलाव करने के लिए किया जाता है।

एक ऑटो ट्रांसफॉर्मर का एक और बड़ा लॉसेस यह है कि सेकेंडरी अपने प्राइमरी से अलग-थलग नहीं है। जब हम इसे स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर के रूप में उपयोग कर रहे हैं, तो सेकेंडरी गंभीर इलेक्ट्रिकल शॉक का कारण बन सकता है, घटे हो यह बहुत छोटा वोल्टेज बना रहा हो (25%)। क्योंकि यह इलेक्ट्रिकल रूप से मेन से आइसोलेट नहीं है (अर्थात् मेन से जुड़ा हुआ है)।

इन अवधारणाओं को और अधिक स्पष्ट रूप से समझने के लिए, मान लीजिए कि हम 30 V की सप्लाय के लिए 220 V है। हम 220/30 V स्टेप डाउन ट्रांसफॉर्मर का उपयोग करके या 220/30 V ऑटो ट्रांसफॉर्मर द्वारा 30 V एंसी को सप्लाय प्राप्त कर सकते हैं।

लेकिन बाद वाले विकल्प को आमतौर पर टाला जाता है क्योंकि:

कॉपर में बचत बहुत कम होगी।

यदि कोई फॉल्ट होता है, तो 220 V सेकेंडरी टर्मिनलों में दिखाई देगा और सेकेंडरी से जुड़े उपकरणों को नष्ट कर देगा। जब हमारा सिस्टम ठीक से कार्य कर रहा होता है यानी 30 V सप्लाय दे रहा होता है, तब भी कोई भी ट्रांसफॉर्मर के सेकेंडरी टर्मिनल (30 V) को टच करता है तो उसे इलेक्ट्रिक शॉक तेजी से लग सकता है, कुछ परिस्थितियाँ होती हैं क्योंकि वह मेन से अलग नहीं होता है।

जब हम एक स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर का उपयोग करते हैं, तो हम ऑपरेटिंग ट्रांसफॉर्मर के सेकेंडरी टर्मिनल को आसानी से टच कर सकते हैं क्योंकि इसका वोल्टेज लेवल बहुत कम (30 V) है और इसका प्राइमरी और सेकेंडरी पूरी तरह से एक दूसरे से इलेक्ट्रिकल रूप से पृथक है। यही है प्राइमरी और सेकेंडरी के बीच कोई इलेक्ट्रिक संबंध नहीं है। मैग्नेटिक फ्लक्स द्वारा ही पावर को एक सर्किट से दूसरे सर्किट में स्थानांतरित किया जाता है।

3.21.4. एक ऑटो ट्रांसफॉर्मर के अनुप्रयोग (Application of an Auto Transformer)

(i) इंडक्शन मोटर्स और सिंक्रोनस मोटर्स के लिए स्टार्टर के रूप में जिन्हें ऑटो ट्रांसफॉर्मर स्टार्टर्स के रूप में जाना जाता है।

(ii) प्रयोगशालाओं में लगातार भिन्न वोल्टेज प्राप्त करने के लिए।

(iii) वोल्टेज स्टेबलाइजर्स में ट्रांसफॉर्मर को रेगुलेटिंग करने के रूप में।

(iv) बूस्टर ट्रांसफॉर्मर के रूप में ए.सी. फोडरो में वोल्टेज बढ़ाने के लिए।

3.22. विभिन्न प्रकार के ट्रांसफॉर्मर (Different Type of Transformer)

3.22.1. आदर्श ट्रांसफॉर्मर (Ideal Transformer)

एक आदर्श ट्रांसफॉर्मर एक काल्पनिक ट्रांसफॉर्मर है जिसमें निम्नलिखित गुण होते हैं:

- इसके प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग का रजिस्टेंस नगण्य है।
- एक आदर्श ट्रांसफॉर्मर की कोर की परमेयबिलिटी (μ) अनंत है, ताकि कोर में फ्लक्स को स्थापित करने के लिए नगण्य mmf (मैग्नेटोमोटिव फोर्स) की आवश्यकता हो।
- एक आदर्श ट्रांसफॉर्मर के लीकेज फ्लक्स और लीकेज इंडक्टेंस शून्य हैं। इसका अर्थ है कि फुल फ्लक्स कोर तक ही सीमित है और दोनों टर्मों को जोड़ता है।
- रजिस्टेंस, हिस्टीरिसिस और एडी करंट के कारण होने वाले लॉसेस नगण्य हैं। इसलिए एफिशिएंसी 100% है।
- यह समझा जाना चाहिए कि व्यावहारिक ट्रांसफॉर्मर उपर्युक्त गुणों में से कोई भी नहीं है, हालांकि व्यावहारिक ट्रांसफॉर्मर का ऑपरेशन आदर्श एक के करीब है।

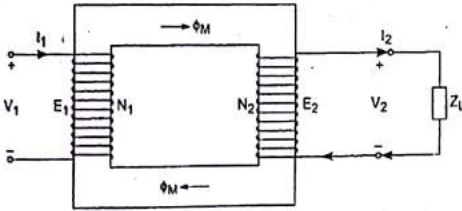
3.22.1.1. एक आदर्श ट्रांसफॉर्मर का निर्माण (Constructions of an Ideal Transformer)

एक आदर्श आयरन कोर ट्रांसफॉर्मर दिए गए चित्र 3.32 में दिखाया गया है। इसमें एक सामान्य मैग्नेटिक कोर पर एक ही दिशा में दो क्वाइल वाइंडेड होते हैं।

सप्लाय से जुड़े वाइंडिंग, V_1 को प्राइमरी कहा जाता है और लोडिंग, Z_L से जुड़ी वाइंडिंग को सेकेंडरी कहा जाता है।

प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग में टर्मों की संख्या N_1 और N_2 है।

दत्त फ्लक्स ϕ_M दोनों वाइंडिंग के साथ जुड़ा हुआ है जैसा कि चित्र 3.32 में दिखाया गया है।



चित्र 3.32 आदर्श आयरन कोर ट्रांसफॉर्मर

3.22.1.2. फेजर डायग्राम (Phasor Diagram)

चूंकि, आदर्श ट्रांसफॉर्मर में जीरो प्राइमरी और जीरो सेकेंडरी इम्पेडेंस हैं, प्राइमरी E_1 में इंड्यूस्ड वोल्टेज एप्लाइड वोल्टेज V_1 के बराबर है।

इसी तरह, सेकेंडरी वोल्टेज V_2 सेकेंडरी इंड्यूस्ड वोल्टेज E_2 के बराबर है।

करंट I_1 को सप्लाय से तैयार किया गया है जो कि म्यूचुअल फ्लक्स ϕ_m को उत्पन्न करने के लिए पर्याप्त है। यह करंट I_1 भी कनेक्टेड लोड के परिणाम स्वरूप सेकेंडरी mmf $I_2 N_2$ के डिमैग्नेटाइजिंग इफेक्ट को दूर करने के लिए, मैग्नेटाइजिंग mmf के रूप में जाना जाता है, जो आवश्यक मैग्नेटोमोटिव फोर्स (mmf) $I_1 N_1$ को उत्पन्न करता है।

आइए हम ϕ_m संदर्भ फेजर लेते हैं जो कि दिया गया है—

$$\phi = \phi_M \sin \omega t \quad \dots(3.15)$$

EMF E_1 और E_2 फ्लक्स द्वारा इंड्यूस्ड है ϕ_M द्वारा दिए गए हैं

$$E_1 = E_{1M} \sin(\omega t - \pi^2) \quad \dots(3.16)$$

$$E_2 = E_{2M} \sin(\omega t - \pi^2) \quad \dots(3.17)$$

जहाँ, E_{1M} और E_{2M} क्रमशः इंड्यूस्ड EMF E_1 और E_2 के अधिकतम मान हैं।

समीकरण (3.16) और समीकरण (3.17) को व्युत्पत्ति के लिए।

अब, समीकरण (3.16) और समीकरण (3.17) से हम देख सकते हैं कि, प्राइमरी इंड्यूस्ड EMF E_1 और सेकेंडरी इंड्यूस्ड EMF E_2 , ϕ_M 90° तक लैग करता है।

लेन्थ के नियम के अनुसार, E_1 V_1 (यानी $E_1 = -V_1$) के बराबर और विपरीत है।

चूंकि E_1 और E_2 दोनों एक ही म्यूचुअल फ्लक्स ϕ_M से इंड्यूस्ड हैं। इसलिए, E_1 तथा E_2 दोनों एक ही दिशा में और V_1 के विपरीत हैं।

चूंकि एक आदर्श ट्रांसफॉर्मर में कोई लॉसेस नहीं होता है, इसलिए रजिस्टेंस, हिस्टीरिसिस और एडी करंट के कारण नो लॉसेस के आयरन कोर को मैग्नेटाइज करने के लिए कुल प्राइमरी करंट I_1 का उपयोग किया जाता है। तो I_1 , करंट I_1 के मैग्नेटाइजिंग के बराबर है जो V_1 90° को पीछे छोड़ता है और ϕ_M के साथ फेज में म्यूचुअल फ्लक्स I_1 को उत्पन्न करता है। V_2 E_2 के मैग्नेटाइज में बराबर है और V_1 के विपरीत है।

हम फेजर डायग्राम चित्र 3.33 को मदद से उपरोक्त स्पष्टीकरण से संबंधित कर सकते हैं,

एक आदर्श ट्रांसफॉर्मर के लिए, यदि

$$K = \text{ट्रांसफॉर्मेशन रेशो} = \text{टर्न रेशो}$$

$$K = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad \dots(3.18)$$

$$I_1 N_1 = I_2 N_2 \quad \dots(3.19)$$

समीकरण (3.19), बताता है कि सेकेंडरी के एम्पीयर-डेमैग्नेटाइजिंग एक आदर्श ट्रांसफॉर्मर के प्राइमरी के मैग्नेटाइजिंग MMF के बराबर और विपरीत है।

समीकरण (3.18) से हम प्राप्त करते हैं

$$E_1 I_1 = E_2 I_2 = S_1 = S_2 \quad \dots(3.20)$$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 = S_1 = S_2 \quad \dots(3.21)$$

समीकरण (3.20), दिखाता है कि प्राइमरी सप्लाय से ड्रा की गई वोल्ट एम्पीयर (स्पष्ट पावर), एक आदर्श ट्रांसफॉर्मर में, बिना किसी लॉसेस के सेकेंडरी को हस्तांतरित वोल्ट एम्पीयर (स्पष्ट पावर) के बराबर है। दूसरे शब्दों में,

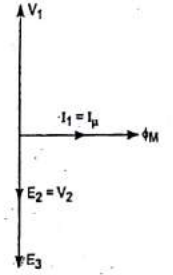
इनपुट वोल्ट एम्पीयर = आउटपुट वोल्ट एम्पीयर

$$(V_1 I_1)_{1000} = (V_2 I_2)_{1000}$$

$$(kVA)_1 = (kVA)_2$$

$$\dots(3.22)$$

इनपुट किलो वोल्ट एम्पीयर = आउटपुट किलो वोल्ट एम्पीयर



चित्र 3.33 फेजर डायग्राम

उपरोक्त चर्चा से, हम कह सकते हैं कि एक आदर्श ट्रांसफॉर्मर का kVA इनपुट kVA आउटपुट के बराबर है एवं kVA ट्रांसफॉर्मर के दोनों किनारों पर समान है।

3.22.2. स्टेप डाउन ट्रांसफॉर्मर (Step-Down Transformer)

स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर में वह है, जो सेकेंडरी वाइंडिंग में टर्न की संख्या प्राइमरी वाइंडिंग से कम होती है। दूसरे शब्दों में, ट्रांसफॉर्मर का सेकेंडरी वोल्टेज प्राइमरी वोल्टेज से कम होता है। यह ट्रांसफॉर्मर हाई-वोल्टेज, लो-करंट पावर को लो-वोल्टेज, हाई करंट पावर में बदलने के लिए बनाया गया है और इसका उपयोग मुख्य रूप से घरेलू खपत में किया जाता है।

स्टेप-डाउन का एक सामान्य अनुप्रयोग डोर बेल्स के स्थिति में है। अमरीकन डोर बेल्स 16 वोल्ट का उपयोग करते हैं। लेकिन अधिकांश घरेलू पावर सर्किट 110-120 वोल्ट से होते हैं। इसलिए डोरबेल के स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर को 110 वोल्ट प्राप्त होता है और इसे डोरबेल में सप्लाय करने से पहले कम वोल्टेज तक कम कर देता है।

अधिकतर घरेलू उपकरणों में आवश्यक 220 वोल्ट पावर को 110 वोल्ट में बदलने के लिए स्टेप डाउन ट्रांसफॉर्मर का उपयोग किया जाता है।

3.22.3. स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर (Step-Up Transformers)

एक स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर एक स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर का इन्वर्सिबल विपरीत है। स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर में प्राइमरी वाइंडिंग की तुलना में सेकेंडरी वाइंडिंग पर अधिक टर्न होते हैं। इस प्रकार सेकेंडरी ट्रांसफॉर्मर में सप्लाय की जाने वाली वोल्टेज प्राइमरी वाइंडिंग में सप्लाय की गई वोल्टेज से अधिक होती है। एनर्जी कंडक्शन के सिद्धांत के अन्तर्गत, ट्रांसफॉर्मर लो वोल्टेज-हाई करंट से हाई वोल्टेज-लो करंट में कन्वर्ट करता है। अर्थात् वोल्टेज को बढ़ा दिया गया है।

पावर प्लंट के पास स्थित स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर रखे जाते हैं। जो कि मेगावॉट को पावर ऑपरेशन के लिए डिज़ाइन किया गया है। पावर प्लंट के अलावा, स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर का उपयोग स्थानीय और छोटे अनुप्रयोगों जैसे कि एकस-ने मरिनेन के लिए भी उपयोग किया जाता है, जिसमें धार्य करने के लिए लगभग 50,000 वोल्ट की आवश्यकता होती है। वहां तक कि एक माइक्रो-वेब ओवन को ऑपरेट करने के लिए एक छोटे स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर की आवश्यकता होती है।

3.22.4. इंस्ट्रुमेंट ट्रांसफॉर्मर (Instrument Transformers)

ए.सी. करंट और बहुत हाई मेग्नीट्यूड के वोल्टेज को कैसे मापें? आपको हाई-रेंज वाले माप उपकरणों की आवश्यकता होगी, जिसका शब्दिक अर्थ है, विशाल उपकरण या ए.सी. करंट और वोल्टेज की परिवर्तन गुण का उपयोग कर एक और बिंदु है। एक ट्रांसफॉर्मर के साथ वोल्टेज या करंट को डाउन कर सकते हैं, जिसका अनुपात सही रूप से ज्ञात है, फिर सामान्य श्रेणी के उपकरण के साथ स्टेप डाउन मेग्नीट्यूड को मापना। मूल मेग्नीट्यूड केवल ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात के साथ परिणाम गुणा करके निर्धारित किया जा सकता है। एम्प्यूरेट टर्न अनुपात वाले ऐसे विशेष रूप से निर्मित ट्रांसफॉर्मर को इंस्ट्रुमेंट ट्रांसफॉर्मर कहा जाता है: ये इंस्ट्रुमेंट ट्रांसफॉर्मर दो प्रकार के होते हैं—(i) करंट ट्रांसफॉर्मर (CT) और (ii) पोटेंशियल ट्रांसफॉर्मर (PT)।



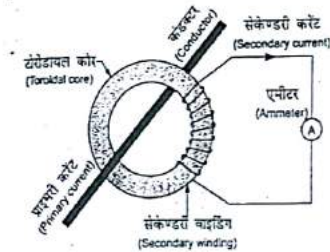
चित्र 3.34



चित्र 3.35

3.22.5. करंट ट्रांसफॉर्मर (Current Transformers (CT))

करंट ट्रांसफॉर्मर का उपयोग आमतौर पर हाई मेग्नीट्यूड की करंट को मापने के लिए किया जाता है। ये ट्रांसफॉर्मर आमतौर पर लो-करंट को स्टेप डाउन कर देता है, ताकि इसे एक सामान्य श्रेणी के एमीटर से मापा जा सके। करंट ट्रांसफॉर्मर में केवल एक या बहुत कम संख्या में प्राइमरी टर्न होते हैं। प्राइमरी वाइंडिंग केवल एक कंडक्टर या बस बार से बना होता है जिसे एक खोखले कोर में रखा गया है (जैसा कि चित्र 3.36 में दिखाया गया है)। एक विशिष्ट टर्न अनुपात के लिए सेकेंडरी वाइंडिंग में बड़ी संख्या में एम्प्यूरेट वाइंडिंग होता है। इस प्रकार करंट ट्रांसफॉर्मर इलेक्ट्रिक करंट को डाउन (कम) करते हुए, वोल्टेज को बढ़ाता है।



चित्र 3.36 करंट ट्रांसफॉर्मर



चित्र 3.37 डिजिटल क्लैप मीटर

अब, AC करंट को मदद से सेकेंडरी करंट को मापा जाता है। एक ट्रांसफॉर्मर का टर्न रेशियो $\frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P}$ है।

करंट ट्रांसफॉर्मर के सामान्य अनुप्रयोग में से एक 'डिजिटल क्लैप मीटर' में है।

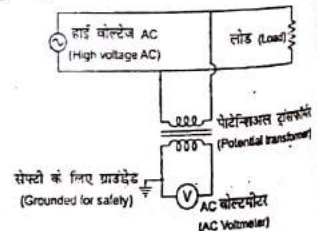
आमतौर पर, करंट ट्रांसफॉर्मर को उनके प्राइमरी 4 सेकेंडरी करंट अनुपात में व्यक्त किया जाता है। 100:5 CT का अर्थ होगा 5 एम्पीयर की सेकेंडरी करंट जब प्राइमरी करंट 100 एम्पीयर होता है। सेकेंडरी करंट रेटिंग आमतौर पर 5 एम्पीयर या 1 एम्पीयर है, जो मानक माप उपकरणों के साथ संगत है।

$$\text{टर्न अनुपात} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

3.22.6. पोटेंशियल ट्रांसफॉर्मर

(Potential Transformer (PT))

पोटेंशियल ट्रांसफॉर्मर को वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर के रूप में भी जाना जाता है और ये मूल रूप से वेहद एम्प्यूरेट टर्न अनुपात के साथ ट्रांसफॉर्मर स्टेप डाउन रखते हैं। पोटेंशियल ट्रांसफॉर्मर हाई मेग्नीट्यूड के वोल्टेज को कम वोल्टेज पर ले जाते हैं, जिसे मानक मापने वाले उपकरण से मापा जा सकता है। इन ट्रांसफॉर्मर में बड़ी संख्या में प्राइमरी टर्न और छोटी संख्या में सेकेंडरी टर्न होते हैं।



चित्र 3.37

एक पोटेन्शियल ट्रांसफॉर्मर आमतौर पर प्राइमरी टू सेकेंडरी वोल्टेज अनुपात में व्यक्त किया जाता है। उदाहरण के लिए एक 600:120 P.T. का अर्थ होगा कि सेकेंडरी में वोल्टेज 120 वोल्ट है जब प्राइमरी वोल्टेज 600 वोल्ट है।

3.22.7. रेक्टिफायर ट्रांसफॉर्मर (Rectifier Transformer)

वोल्टेज रेगुलेशन के लिए एक ही टैंक में डायोड या थाइरिस्टर के साथ बनाया गया ट्रांसफॉर्मर स्थापित किया जाता है। यह एडी करंट और हार्मोनिक्स की समस्याओं से लड़ने के लिए डिज़ाइन किया गया है। वोल्टेज रेगुलेटर के ठीक स्तरों को प्राप्त करना डिवाइस के साथ संभव है जिसे रेक्टिफायर ट्रांसफॉर्मर कहा जाता है जहाँ रेगुलेशन इकाईयाँ अलग या भीतर बनाई जाती हैं। डिवाइस हैवी वोल्टेज अनुप्रयोगों के लिए उपयुक्त है।

कई अनुप्रयोग विशेष औद्योगिक ट्रांसफॉर्मर की डिमांड करते हैं, क्योंकि ऑफ़सेट उपकरण ऐसे अनुप्रयोगों का लोड बहन करने में असमर्थ हैं। यह बिना किसी समस्या या विनाश के कम वोल्टेज की सप्लाई के लिए पावर को आवश्यक सप्लाई प्रदान करता है। इनका उपयोग विभिन्न अनुप्रयोगों में किया जाता है जैसे खनन, इलेक्ट्रिक फर्नेस, प्रयोगशाला प्रयोग, चर स्पीड ड्राइव मोटर कंट्रोल, आदि।

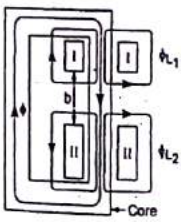
3.22.8. वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर (Welding Transformers)

वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर के चार बेसिक प्रकार हैं:

- हाई रिप्लेक्स टाइप,
- एक्सटर्नल रिप्लेकर टाइप,
- इंटीग्रेट रिप्लेकर टाइप, और
- सैचुरेबल रिप्लेकर टाइप

3.22.8.1. हाई रिप्लेक्स टाइप वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर: (High reactance Type Welding Transformer)

जब एक ट्रांसफॉर्मर कोर की सप्लाई करता है, तो इसकी वाइंडिंग्स के चारों ओर मैग्नेटिक फ्लक्स उत्पन्न होता है। परिणामी मैग्नेटिक फ्लक्स ϕ को लाइनें, मैग्नेटिक सर्किट को ट्रांसवर्स करती हैं और प्राइमरी (I) और सेकेंडरी (II) वाइंडिंग को काटती हैं जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। हालांकि, सभी मैग्नेटिक फ्लक्स लाइनें ऐसा नहीं करती हैं प्राइमरी कोर के कारण मैग्नेटिक फ्लक्स की कुछ लाइनें सेकेंडरी टर्न को नहीं काटती हैं।



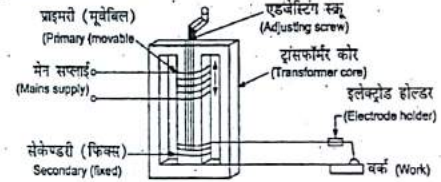
- I — प्राइमरी वाइंडिंग (Primary windings)
- II — सेकेंडरी वाइंडिंग (Secondary windings)
- I_1 — प्राइमरी करंट (Primary current)
- I_2 — सेकेंडरी करंट (Secondary current)
- ϕ_{L1} — I_1 के कारण लीकेज फ्लक्स (Leakage flux due to I_1)
- ϕ_{L2} — I_2 के कारण लीकेज फ्लक्स (Leakage flux due to I_2)
- ϕ — रिजल्टेंट फ्लक्स (Resultant flux)
- b — प्राइमरी तथा सेकेंडरी वाइंडिंग क्वाइल के बीच की दूरी (Distance between primary and secondary winding coils)

चित्र 3.40 हाई रिप्लेक्स टाइप वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर वाइंडिंग का सिस्टेमेटिक डायग्राम (Schematic of a High Reactance Type Welding Transformer Windings)

डायग्राम में इन आंशिक फ्लक्स को ϕ_{L1} और ϕ_{L2} के रूप में चिह्नित किया गया है। दूसरे शब्दों में, ये क्वाइल को रिप्लेक्स के लिए जिम्मेदार हैं और संबंधित रिप्लेक्स वोल्टेज ड्रॉप उनके एकांश हैं। जैसे-जैसे कोरेंट बढ़ता है, लीकेज फ्लक्स भी बढ़ता है और इसी तरह EMF सेल्फ इंडक्शन का यही कारण है कि संबंधित वाइंडिंग में रिप्लेक्स वोल्टेज ड्रॉप में प्राइमरी या सेकेंडरी कोरेंट परिणामों में वृद्धि हुई है।

एक वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर के लिए एक स्थिर ड्रॉप वोल्ट-एम्पीयर अभिलक्षण होने के लिए प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग दोनों में एक उच्च रिप्लेक्स होनी चाहिए, अर्थात्, उनके पास काफी लीकेज फ्लक्स होना चाहिए। यह स्थिति प्राइमरी और सेकेंडरी टर्न को या तो अलग-अलग पार्ट पर या एक ही पार्ट पर रखकर संतुष्ट होती है, लेकिन कुछ दूरी को अलग करके, उदाहरण के लिए, उपरोक्त डायग्राम में के अनुसार है।

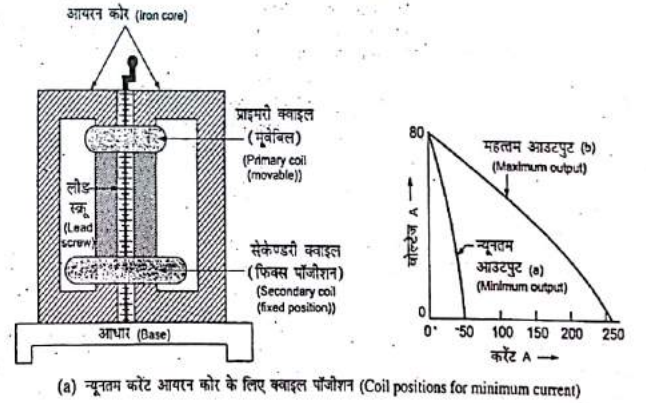
हाई रिप्लेक्स वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर में कोरेंट का कंट्रोल तीन विधियों से किया जाता है। उनमें से एक में एक मूव प्राइमरी वाइंडिंग शामिल है जैसा कि चित्र 3.41 में दिखाया गया है। चूंकि वाइंडिंग के बीच अंतर अलग-अलग होता है, इसलिए रिप्लेक्स और आउटपुट वेल्डिंग कोरेंट होता है।

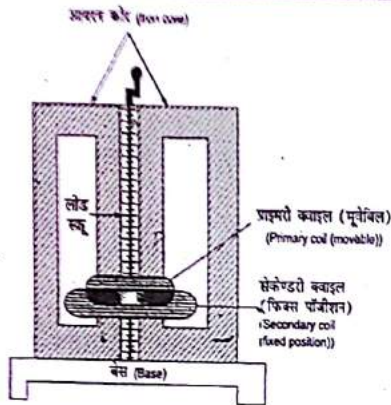


चित्र 3.41

दूसरी विधि प्राइमरी या सेकेंडरी साइड पर टैप किए गए वाइंडिंग के उपयोग पर आधारित है और सर्किट के टर्न को अपेक्षित संख्या को अंदर या बाहर लाकर ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात में परिवर्तन किया जाता है, जैसा कि चित्र 3.42 में दिखाया गया है।

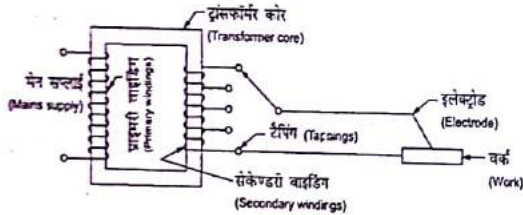
तीसरी विधि मैग्नेटिक शंट का उपयोग करती है। लीकेज फ्लक्स के पथ में रखे गए शंट की स्थिति, जैसा कि चित्र 3.43 में दिखाया गया है। रिप्लेक्स के कंट्रोल के माध्यम से आउटपुट वेल्डिंग कोरेंट को कंट्रोल करता है।



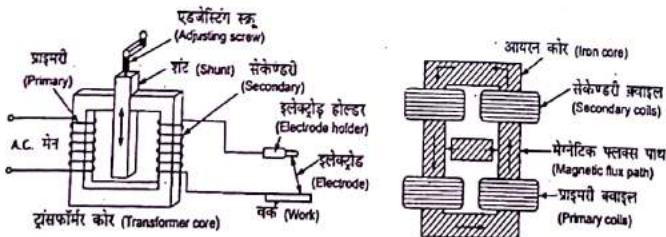


(b) महतम करंट के लिए क्वाइल पोजीशन (Coil positions for maximum current)

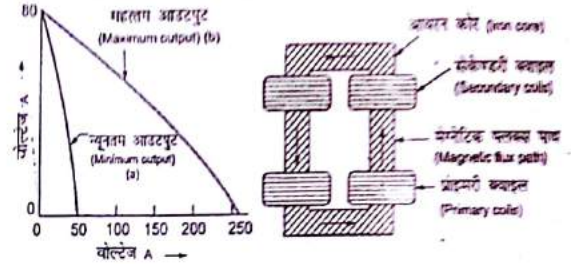
चित्र 3.3C मूवबल क्वाइल हाई रिएक्टेंस वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर (Moving Coil High-reactance Welding Transformer)



चित्र 3.43 टेप टाइप हाई रिएक्टेंस वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर (Tapped Type High Reactance Welding Transformer)



(a) न्यूनतम आउटपुट के लिए महतम शंट (Maximum shunt for least output)



(b) महतम आउटपुट के लिए No शंट (No shunt for maximum output)

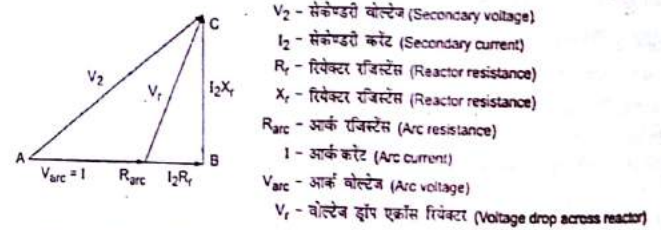
चित्र 3.44 मूवबल मैग्नेटिक शंट के साथ हाई रिएक्टेंस वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर (High Reactance Welding Transformer with Movable Magnetic Shunt)

3.22.8.2. एक्सटर्नल रिएक्टर टाइप वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर (External Reactor Type Welding Transformer)

इस प्रकार के वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर में एक सामान्य रिएक्टर, सिंगल फेज, स्टेप डाउन ट्रांसफॉर्मर और एक सेरेट रिएक्टर या चोक होता है।

ऐसे वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर में वाइंडिंग को इंडक्टिव रिएक्टेंस और रजिस्टेंस कम होता है, जिससे इसका सेकेंडरी वोल्टेज बढ़ता रहता है लेकिन वेल्डिंग करंट के साथ घटता है। वेल्डिंग सर्किट के सेकेंडरी में रखे गए रिएक्टर द्वारा नकारात्मक ड्रॉपिंग या नेगेटिव वोल्ट-एम्पीयर अभिलक्षण सुनिश्चित किया जाता है। रिएक्टर में एक स्टील कोर और एक बर्लिन बंड होता है जिसमें अधिकतम स्वीकार्य करंट को ले जाने के लिए डिज़ाइन किया गया वायर होता है।

यदि वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर का सेकेंडरी वोल्टेज V_2 है, तो आर्क वोल्टेज V_{arc} आर्क है और रिएक्टर के एक्सटर्नल रजिस्टिव सह रिएक्टिव ड्रॉप V_r है तो तीन राशियों को चित्र 3.44 में दिखाया जा सकता है। निम्नानुसार चित्रण रूप में संबंधित है।



चित्र 3.44 एक्सटर्नल रिएक्टर वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर में विभिन्न वोल्टेज सम्बन्धित वेक्टर डायग्राम (Vector Diagram Relating Different Voltages in an External Reactor Welding Transformer)

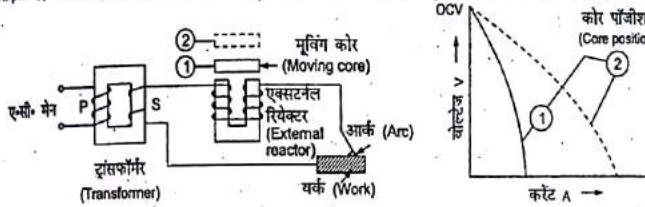
$$\vec{V}_2 = \vec{V}_{arc} + \vec{V}_r$$

$$\vec{V}_{arc} = \vec{V}_2 - \vec{V}_r$$

इस प्रकार, आर्क वोल्टेज, करंट में वृद्धि के साथ या रिएक्टर में वोल्टेज ड्रॉप में कमी के साथ कम हो जाता है। यह एक नेगेटिव या ड्रॉपिंग वोल्ट-एम्पीयर अभिलक्षण देता है।

वेल्डिंग करंट का कंट्रोल दो विधि से प्राप्त किया जाता है। रिएक्टर (मूविंग कोर रिएक्टर) की रिलक्टेंस को अलग करके या सर्किट में लाए गए वाइंडिंग के टर्न की संख्या को अलग करके (टेप किए गए रिएक्टर)।

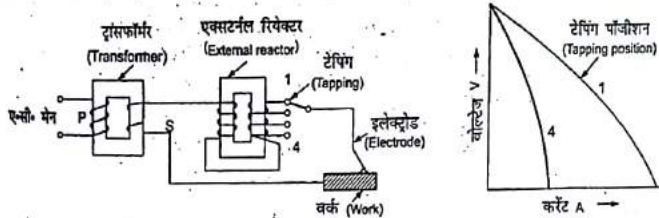
मूविंग कोर रिएक्टर की कोर, जैसा कि चित्र 3.45 में दिखाया गया है, वाइंडिंग भाग को ले जाने वाले एक निरक्षर हिस्से के होते हैं, और एक मूविबल पार्ट, जिसे एक उपयुक्त व्यवस्था द्वारा निश्चित कोर से दूर या दूर स्थानांतरित किया जा सकता है, इस प्रकार उनके बीच एयर गैप अलग हो जाता है। एयर गैप में वृद्धि रिएक्टर के मैग्नेटिक सर्किट की रिलक्टेंस को जोड़ती है, जबकि इसकी सेल्फ इंडक्शन और इंडक्टिव रिएक्टेंस ड्रॉप, ताकि वेल्डिंग करंट बढ़ जाती है।



चित्र 3.45 मूविंग कोर एक्सटर्नल रिएक्टर वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर का सर्किट डायग्राम
(Circuit Diagram of a Moving Core External Reactor Welding Transformer)

जब एयर गैप कम हो जाता है, तो मैग्नेटिक सर्किट की रिलक्टेंस भी कम हो जाती है, मैग्नेटिक फ्लक्स बढ़ जाता है, जैसा कि क्वाइल के इंडक्टिव रिएक्टेंस और वेल्डिंग करंट में गिरावट आती है। इस तरह से वेल्डिंग करंट को बहुत एक्स्ट्रे और निरंतर रूप से संभावित किया जा सकता है।

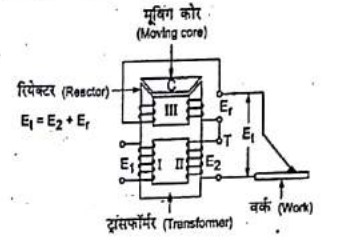
टेप रिएक्टर में कोर को ठोस बनाया जाता है लेकिन क्वाइल को कई भागों में विभाजित किया जाता है, प्रत्येक भाग में एक टेप होता है जो रेगुलेटर प्वाइंट तक लाया जाता है, जैसा कि चित्र 3.46 में दिखाया गया है। टेप के एक्रॉस एक कंटेक्ट ब्रांच को स्थानांतरित करने से सर्किट में लाए गए टर्नों की संख्या और इसके साथ ही वेल्डिंग करंट की परिमाण भी अलग-अलग हो जाएगी। इस प्रकार करंट को स्टेप में कंट्रोल किया जाता है।



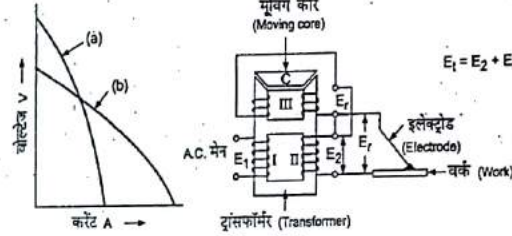
चित्र 3.46 टेप एक्सटर्नल रिएक्टर वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर का सर्किट डायग्राम
(Circuit Diagram of Lapped External Reactor Welding Transformer)

3.22.3. इंटीग्रल रिएक्टर टाइप वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर (Integral Reactor Type Welding Transformer)

इंटीग्रल रिएक्टर टाइप का वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर, चित्र 3.47 में दिखाया गया है जिसमें एक प्राइमरी वाइंडिंग I, एक सेकेंडरी वाइंडिंग II और एक रिएक्टर वाइंडिंग III है। मेन पार्टों के अलावा, कोर में रिएक्टर वाइंडिंग ले जाने वाले अतिरिक्त पार्ट होते हैं। करंट को अतिरिक्त पार्टों के बीच रखे गए कोर C को मूविंग के माध्यम से संभावित किया जाता है।



(a) सीरीज एडिंग (Series aiding)



(a) सीरीज ओपोजीशन

- | | |
|---|---|
| E_1 - प्राइमरी वोल्टेज (Primary voltage) | I - प्राइमरी वाइंडिंग (Primary windings) |
| E_2 - सेकेंडरी वोल्टेज (Secondary voltage) | II - सेकेंडरी वाइंडिंग (Secondary windings) |
| E_r - वोल्टेज ड्रॉप एक्रॉस रिएक्टर (Voltage drop across reactor) | III - रिएक्टर वाइंडिंग (Reactor windings) |
| E_t - कुल वोल्टेज एक्रॉस वेल्डिंग सर्किट (Total voltage across welding circuit) | |

चित्र 3.47 इंटीग्रल रिएक्टर टाइप वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर का सर्किट डायग्राम
(Circuit Diagrams of Integral Reactor Type Welding Transformers)

जो पार्ट I और II को वाइंडिंग करता है, वह प्रकार ट्रांसफॉर्मर उचित है और वाइंडिंग III को ले जाने वाला पार्ट रिएक्टर है।

रिएक्टर को सेकेंडरी के साथ या तो सीरीज सहायता में, या सीरीज विरोध में जोड़ा जा सकता है।

जब रिएक्टर सीरीज सहायता में जुड़ा हुआ है, तो चित्र 3.47(a), ट्रांसफॉर्मर का ओपन सर्किट वोल्टेज होगा।

$$E_1 + E_2 + E_r$$

जहाँ E_2 ट्रांसफॉर्मर का सेकेंडरी वोल्टेज है और E_r रिएक्टर वोल्टेज है।

सीरीज सहायता कनेक्शन कम करंटों पर एक कांस्टेंट आर्क जनरेट करता है और पतली प्लेटों को वेल्डिंग के लिए नियोजित किया जाता है।

जब रिएक्टर सीरीज विरोध में जुड़ा होता है, जैसा कि चित्र 3.47(b) में दिखाया गया है, तो इसके वोल्टेज को ट्रांसफॉर्मर के ओपन सर्किट वोल्टेज से घटाया जाता है, अर्थात्

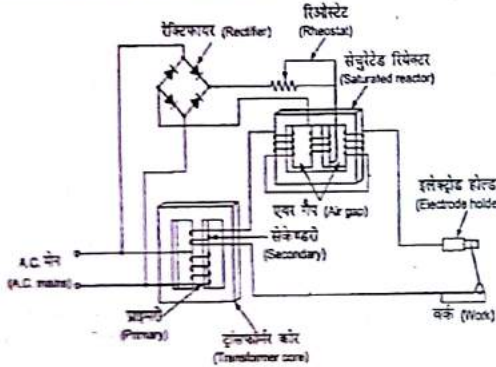
$$E_1 + E_2 - E_r$$

सीरीज विरोध कनेक्शन का उपयोग हैवी करंटों के साथ मोटी प्लेटों को वेल्डिंग करने के लिए किया जाता है।

3.2.2.8.4. सेचुरेबल रिएक्टर प्रकार वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर (Saturable Reactor Type Welding Transformer)

इस वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर में एक आइसोलेट कम वोल्टेज, मैग्नेट कोर के प्रभावी मैग्नेटिक अभिलक्षण को बदलने के लिए कम एम्पेरेज डी.सी. सर्किट कार्यरत है। इस प्रकार, ए.सी. को एक बड़ी राशि को डी.सी. की अपेक्षाकृत कम राशि का उपयोग करके कंट्रोल किया जाता है, इसलिए न्यूनतम से अधिकतम तक आउटपुट वोल्ट-एम्पीयर अभिलक्षण बक्र को समायोजित करना संभव बनाता है। उदाहरण के लिए, जब रिएक्टर क्वाइल में कोई डी.सी. करंट नहीं होता है, तो इसकी न्यूनतम इम्पेडेंस होती है और इस प्रकार वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर का अधिकतम आउटपुट होता है।

चूँकि डी.सी. सर्किट में rheostat को मदद से डी.सी. का मैग्नेट्यूड बढ़ाया जाता है, इसलिए बल की अधिक कान्टेस्ट मैग्नेटिक रेखाएँ होती हैं, इस प्रकार रिएक्टर की बाधा बढ़ जाती है और वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर का आउटपुट कोरट कम हो जाता है। इस विधि में मूवेबल पाटों और फ्लेक्सिंग कंडक्टरों को हटाने का लाभ है और इसका उपयोग अक्सर मैस टंगस्टन आर्क वेल्डिंग पावर सप्लाई के लिए किया जाता है।



चित्र 3.48 सेचुरेबल रिएक्टर वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर के लिए सर्किट डायग्राम
(Circuit Diagram for a Saturable Reactor Welding Transformer)

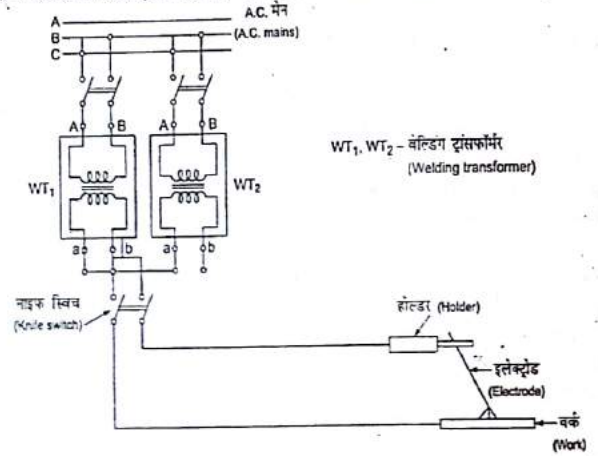
चित्र 3.48 एक सास सेचुरेबल रिएक्टर पावर स्रोत के लिए सर्किट को मूल बतें दिखाता है। कम वोल्टेज और उच्च करंट के बाह्य उपकरण को प्राप्त करने के लिए रिएक्टर क्वाइल डी.सी. कंट्रोल क्वाइल के विशेष में जुड़े हुए हैं।

ए.सी. के साथ, मैस टंगस्टन आर्क वेल्डिंग के लिए बेब कर कारी महत्वपूर्ण है। सेचुरेबल रिएक्टर ट्रांसफॉर्मर से सप्लाई की गई साइन वेव, विकृति का कारण बनता है। एयर-रैन को रखना, वैसा कि चित्र 3.48 में दिखाया गया है, रिएक्टर कोर में इन विकृति को कम करने की एक विधि है। वैकल्पिक रूप से, डी.सी. कंट्रोल सर्किट में एक बड़ा चोक डाला जा सकता है। या दो विधि, या दो का एक संयोजन, बाह्य परिणाम का उत्पादन करेगा।

3.2.2.8.5. वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर का समानर ऑपरेशन (Parallel Operation of Welding Transformers)

वेल्डिंग ऑपरेशन में कभी-कभी एक ट्रांसफॉर्मर से अधिकतम वेल्डिंग करंट प्राप्त करने के लिए क्यूरेट की आवश्यकता होती है। ऐसे केस में बाह्य वेल्डिंग करंट को दो या अधिक वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर के पैरल ऑपरेशन द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। इस तरह के पैरल ऑपरेशन के लिए जरूरी शर्तियाँ यह हैं कि रैन कॉर्पस का कोई लोड या ओपन सर्किट

वोल्टेज समान नहीं होना चाहिए। यह उच्च रिलक्टेंस टाइप प्रकार वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर के केस में विशेष रूप से आवश्यक है, जहाँ ओपन सर्किट वोल्टेज और परिवर्तन अनुपात समायोजन की स्थिति और कटौत फेज के अनुसार कुछ हद तक भिन्न होते हैं। जब दो ट्रांसफॉर्मर पैरल ऑपरेशन के लिए जुड़े होते हैं, जैसा कि चित्र 3.49 में दिखाया गया है, जैसे प्राथमिक वाइंडिंग के टर्मिनलों को सप्लाई लाइन के समान लाइन तारों A, B, C से जोड़ा जाता है, इस प्रकार सेकेंडरी वाइंडिंग में emf फेजों के संयोग को सुनिश्चित करता है। फिर सेकेंडरीज के टर्मिनलों को जोड़े के रूप में जोड़ा जाना चाहिए। इस तरह के द्वा फेज डबल ऑपरेटर ट्रांसफॉर्मर भारत में M/s ESAB इंडिया लिमिटेड द्वारा विपणन किए जाते हैं।



चित्र 3.49 वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर के पैरल ऑपरेशन के लिए सर्किट डायग्राम
(Circuit Diagram for Parallel Operation of Welding Transformers)

3.2.2.8.6. मल्टी ऑपरेटर वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर्स (Multi-Operator Welding Transformers)

एक मल्टी आर्क या मल्टी ऑपरेटर वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर सिस्टम एक ही समय में कई वेल्डिंग सर्किट प्रदान करने के लिए उच्च करंट कान्टेस्ट वोल्टेज पावर स्रोत का उपयोग करता है।

इस तरह के सिस्टम का उपयोग तब किया जाता है जब अपेक्षाकृत छोटे ऑपरेटिंग क्षेत्र में वेल्डिंग पॉइंट की एक बड़ी एकत्रता होती है, उदाहरण के लिए, जहाज निर्माण में, पावर स्टेशनों रिफाइनरियों और केमिकल प्लांट के लिए निर्माण स्थल।

फ्लोट वोल्ट एम्पीयर अभी तक लक्षण वाला मल्टी ऑपरेटर वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर सिंगल फेज या द्वा फेज गुण का हो सकता है। सिंगल फेज मल्टी ऑपरेटर वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर का एक नुकसान यह है कि यह 3 फेज सप्लाई में पर अनबैलेंस लोड डालता है।

यह एक मल्टी ऑपरेटर वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर में एक वोल्टेज होना चाहिए जो लोड के साथ अलग-अलग नहीं होना (अधिकतम भिन्नता 5% से अधिक नहीं होनी चाहिए) तो इसमें कम मैग्नेटिक लोकेब होना चाहिए, अर्थात् कम इंडक्शन रिलक्टेंस।

आर्क या वेलिडिंग सर्किट की संख्या जो एक वेलिडिंग ट्रांसफॉर्मर से जुड़ी हो सकती है, संबंध,

$$n = \frac{I_f}{I_a \cdot K}$$

जहाँ, n = आर्क या वेलिडिंग सर्किट की संख्या

I_f = वेलिडिंग ट्रांसफॉर्मर की रेटेड आउटपुट करंट

I_a = प्रत्येक वेलिडिंग सर्किट में औसत आर्क करंट

K = डायवर्सिटी फैक्टर

डायवर्सिटी फैक्टर K इस तथ्य को ध्यान में रखता है कि एक और एक ही पावर सोर्स चलने वाली सभी वेल्डर एक साथ काम नहीं करते हैं।

डायवर्सिटी फैक्टर औसत ड्यूटी साइकिल और प्रायिकता के नियमों से संबंधित है, लेकिन उसी ट्रांसफॉर्मर में चलने वाले वेल्डर की संख्या कम हो जाती है। आमतौर पर K को 0.6 से 0.8 के बीच कहीं भी माना जाता है।

प्रत्येक वेलिडिंग स्टेशन एक अलग चार चोक (करेंट रेगुलेटर) के माध्यम से जुड़ा होता है, जो प्रत्येक वेलिडिंग सर्किट के लिए एक स्विच ड्राइविंग स्टैटिक वोल्ट एम्प्लायर अभिलक्षण कर्ब प्रदान करता है।

वेलिडिंग सर्किट पैरलल में जुड़े हुए हैं, क्योंकि इस व्यवस्था के साथ 70 से 100 एम्पीयर के क्रम में कम करंटों के साथ वेलिडिंग करते समय सोर्स का बेहतर उपयोग किया जाता है।

3.22.9. ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर (Dry Type Transformer)

एक ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर एक प्रकार का ट्रांसफॉर्मर है, जो कभी भी किसी इंसुलेशन लिक्विड का उपयोग नहीं करता है जहाँ किसी वाइडिंग या कोर लिक्विड में डूबी होती है। बल्कि, वाइडिंग्स और कोर को एक शील्ड टैंक के भीतर रखा जाता है जितने हवा के साथ दबाया जाता है।

3.22.9.1. ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर दो प्रकार के होता है (Types of Dry Type Transformers)

- रेजिन ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर (CRT)
- वैक्यूम प्रेशर इम्प्रेगनेटेड ट्रांसफॉर्मर (VPI)

3.22.9.1.1. रेजिन ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर (Cast Resin Dry Type Transformer (CRT))

कास्ट रेजिन ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर (CRT) का उपयोग उच्च नमी वाले क्षेत्रों में किया जाता है। इसकी वजह यह है कि ड्राइंग और सेकेंडरी वाइडिंग एपॉक्सी राल के साथ एनकैप्सुलेटेड है। यह एनकैप्सुलेशन नमी को रोकने के लिए वाइडिंग सतहों को प्रभावित करने में मदद करता है। पूर्ण सुरक्षा इस कास्ट राल एनकैप्सुलेशन द्वारा प्राप्त की जाती है ताकि ट्रांसफॉर्मर अत्यधिक नमी वाले क्षेत्र में बिघटन के बिना कार्य कर सके। इस प्रकार यह ट्रांसफॉर्मर नॉन हाइड्रोस्कोपिक है। इस प्रकार का ट्रांसफॉर्मर F (90°C तापमान गुंथि) के इन्सुलेशन वर्ग के साथ, 25 kVA से 12,500 kVA की रेटिंग में उपलब्ध है।

इस प्रकार के ट्रांसफॉर्मर में कुछ विशेष रूप से लाभ हैं। वो हैं-

- लोड कैपेसिटी से अधिक बेहतर।
- कम लॉसेस के साथ कम आंशिक डिस्चार्ज। इसलिए एफिशिएंसी बहुत अच्छी है।
- जैसा कि यह गैर ज्वलनशील वाइडिंग इन्सुलेशन के साथ है, यह आग के खतरे को शून्य जोखिम प्रदान करता है। तो यह इनडोर स्थापना के लिए उपयुक्त है।
- IP 45 के एंक्लोजर में आउटडोर फिट किया जा सकता है।
- और ऑफ कोर्स नॉन हाइड्रोस्कोपिक।

3.22.9.1.2. वैक्यूम प्रेशर इम्प्रेगनेटेड ट्रांसफॉर्मर (Vacuum Pressure Impregnated Transformer (VPI))

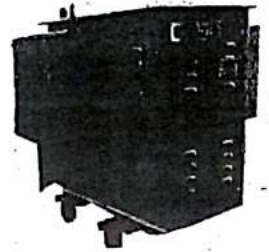
इस प्रकार के ट्रांसफॉर्मर को वाइडिंग के इन्सुलेशन के रूप में न्यूनतम ज्वलनशील पदार्थ से बनाया जाता है। इस ट्रांसफॉर्मर की वाइडिंग पत्ती या पट्टी में एक सतत प्लेयर में बनाई जाती है। लेकिन उच्च वोल्टेज के लिए, वाइडिंग डिस्क से बना होता है जो वोल्टेज लेवल के संबंध में पावर रेटिंग के अनुसार सीरीज या समानांतर में जुड़ा होता है।

वाइडिंग का इन्सुलेशन शुष्क मुक्त संसेचन है जो क्लास H पॉलिएस्टर रेजिन के साथ बनाया गया है। कोर के साथ प्राइमरी और सेकेंडरी वाइडिंग एक वैक्यूम सुरक्षात्मक बॉक्स के भीतर सुरक्षित रूप से चलाए जाते हैं। नमी का संरक्षण अधिक होता है और यह नमी से कभी प्रभावित नहीं होता है।

इस प्रकार का ट्रांसफॉर्मर इन्सुलेशन ग्रेड $F(155^\circ\text{C})$ और $H(180^\circ\text{C})$ के साथ 5KVA से 30 MVA तक उपलब्ध है। IP 56 तक की सुरक्षा को ध्यान में रखते हुए।

इस प्रकार के ट्रांसफॉर्मर के कई लाभ हैं। वह हैं-

- हाई मैकेनिकल पावर
- शून्य मुक्त इन्सुलेशन।
- कोई तापमान में उतार-चढ़ाव नहीं।
- आसान रखरखाव।
- आग लगने का खतरा कम।



चित्र 3.50 ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर (Dry Type Transformer)

3.22.9.2. ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर के लाभ (Advantages of Dry Type Transformer)

ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर के मुख्य लाभ नीचे दिए गए हैं।

- लोगों और संपत्ति के लिए सुरक्षा।
- रखरखाव और प्रदूषण मुक्त समाधान।
- आसान स्थापना।
- साइड क्लीयरेंस कम है।
- पर्यावरण के अनुकूल।
- ओवरलोड का सपोर्ट करने की उत्कृष्ट क्षमता।
- सिविल स्थापना कार्य और फायर प्रोटेक्शन सिस्टम पर लागत में कमी।
- भूकंपीय घटनाओं के मामले में उत्कृष्ट प्रदर्शन।
- कोई आग का खतरा नहीं।
- शॉर्ट सर्किट करंटों के लिए उत्कृष्ट रजिस्टेंस।
- कम तापीय और डाइलेक्ट्रिक हीटिंग के कारण लंबे समय तक चलने वाला।
- नम और दूषित क्षेत्रों के लिए उपयुक्त।

3.22.9.3. ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर का लॉसेस (Disadvantages of Dry Type Transformer)

लेकिन ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर के कुछ लॉसेस भी हैं। वो हैं-

- (i) ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर खूबे समय तक चलने वाला और वाइंडिंग फेलियर की कम संभावना वाला होता है। लेकिन एक बार जब यह पूरी तरह से फेल हो जाता है तो इसे बदलना होता है, अर्थात् लिम्ब के साथ हाई वोल्टेज और लो वोल्टेज वाइंडिंग से पूर्ण परिवर्तन होता है।
- (ii) समान पावर और वोल्टेज रेटिंग के लिए, ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर, ऑइल कूल्ड ट्रांसफॉर्मर की तुलना में महंगा है।

3.22.9.4. ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर का अनुप्रयोग

ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है-

- घासपनिक, ऑयल और गैस उद्योग
- पर्यावरण के प्रति संवेदनशील क्षेत्र (जैसे जल संरक्षण क्षेत्र)
- अग्नि-जोखिम वाले क्षेत्र (जैसे बन)
- इन-सिटी सबस्टेशन
- इनडोर और अंडर ग्राउंड सबस्टेशन
- नवीकरणीय जनरेशन (जैसे ऑफ-ग्रेट बिंड टरबाइन)

3.22.9.5. एक ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर डिजाइन करने के लिए महत्वपूर्ण कारक (Important Factors to Design a Dry Type Transformer)

एक ड्राई प्रकार के ट्रांसफॉर्मर के लिए महत्वपूर्ण डिजाइन पैरामीटर नीचे दिए गए हैं।

(i) इन्सुलेशन प्रकार का चयन (Choice of Insulation Type)

आमतौर पर F और H क्लास के इन्सुलेशन का उपयोग प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग को इन्सुलेट करने के लिए किया जाता है। इसका कारण यह है कि इन वर्गों में उच्च तापमान का सामना करना पड़ता है अर्थात् इन्सुलेशन के F के लिए 155°C और H क्लास के लिए 180°C । आमतौर पर वॉर्निश और पॉलिएस्टर रेजिन का उपयोग वाइंडिंग के इन्सुलेशन के रूप में किया जाता है। तापमान का सामना करने की क्षमता के अलावा, मैकेनिकल पावर, डाइलेक्ट्रिक स्ट्रैंग और थर्मल शॉक के रेजिस्टेंस बुनियादी क्षमताएं हैं जिन्हें वाइंडिंग के लिए चुने गए इन्सुलेशन द्वारा पूरा किया जाना है।

(ii) वाइंडिंग सामग्री का चयन (Selection of Winding Material)

आमतौर पर कॉपर और एल्यूमीनियम का उपयोग वाइंडिंग या क्वाइल बनाने के लिए किया जाता है। हालांकि कॉपर बेहतर कंडक्टर है, एल्यूमीनियम कंडक्टर वाउंड ट्रांसफॉर्मर कम लागत और कम वजन के हैं। उसी कोरेंट रेटिंग के लिए, कम क्रॉस सेक्शन वाले कॉपर कंडक्टर का उपयोग ट्रांसफॉर्मर में वाइंडिंग सामग्री के रूप में किया जाता है। कॉपर क्वाइल एल्यूमीनियम क्वाइल की तुलना में अधिक मैकेनिकल पावर प्रदान करता है।

(iii) कम हिस्टेरिसिस लॉस के साथ कोर सामग्री का चयन (Selection of Core Material with Low Hysteresis Loss)

ट्रांसफॉर्मर डिजाइन में कोर सामग्री का चयन बहुत महत्वपूर्ण है। कोर सामग्री में उच्च परमेयबिलिटी और कम हिस्टेरिसिस लॉसेस होना चाहिए। लेकिन दोनों को किसी भी मूल सामग्री में हासिल नहीं किया जा सकता है। आमतौर पर सिलिकॉन स्टील, CRGO आदि का उपयोग उच्च पारगम्यता के साथ न्यूनतम हिस्टेरिसिस लॉसेस की अनुमति देने के लिए किया जाता है।

(iv) रेगुलेशन (Regulation)

$$\text{रेगुलेशन} = \frac{V_{\text{no-load}} - V_{\text{full-load}}}{V_{\text{no-load}}} \times 100\%$$

जब ट्रांसफॉर्मर सेकेंडरी वोल्टेज लोड में वृद्धि के कारण अचानक गिरता है, तो इस रेगुलेशन को खराब रेगुलेशन कहा जाता है। ट्रांसफॉर्मर उच्च इंटरनल लोकेज रिएक्टेंस के कारण खराब रेगुलेशन है। तो डिजाइन के दौरान लोकेज रिएक्टेंस 2% के भीतर रखा गया है।

(v) जीवन प्रत्याशा (Life Expectancy)

ट्रांसफॉर्मर का जीवन ओवरलोडिंग के कारण वाइंडिंग तापमान में बढ़ते प्रभाव के कारण वाइंडिंग इन्सुलेशन के टूटने पर निर्भर करता है। आमतौर पर क्लास B , F और H इन्सुलेशन ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर के लिए परिवेश के तापमान सहित इस तापमान ढाल का सामना करने के लिए पसंद किया जाता है। तो ट्रांसफॉर्मर का डिजाइन ऑपरेटिंग फुल लोड कंडीशन के तापमान के बढ़ने के संबंध में होना चाहिए।

(vi) लॉसेस (Losses)

नो लोड लॉस का अर्थ कोर लॉस और एडी करेंट है जो लोडिंग की स्थिति से स्वतंत्र है। लेकिन लोडिंग स्थिति में कोर लॉसेस होता है जिसमें वोल्टेज रेगुलेशन के मान को बढ़ाने के लिए आयरन लॉसेज शामिल होता है, अर्थात् खराब वोल्टेज रेगुलेशन। इस लॉसेस को कम करने के लिए लोकेज रिएक्टेंस और वाइंडिंग रेजिस्टेंस मध्यम मान के भीतर होना चाहिए और इस प्रकार बेहतर वोल्टेज रेगुलेशन हाई एफिशिएंट होगा।

(vii) ओवरलोडिंग (Overloading)

अधिक समय तक ट्रांसफॉर्मर के लिए ओवर लोडिंग की स्थिति हानिकारक है। ओवरलोडिंग ओवरहीटिंग का कारण है। जब ट्रांसफॉर्मर को अपने कनेक्टेड लोड की डिमांड को पूरा करना होता है। इसलिए कोरेंट की भारी मात्रा वाइंडिंग में कोर लॉसेस करती है, और इससे ट्रांसफॉर्मर को लॉसेस होता है। वाइंडिंग को उड़ा करने के लिए, ड्राई प्रकार के ट्रांसफॉर्मर में फेन कूलिंग सिस्टम प्रदान की जाती है।

(viii) K फैक्टर (K factor)

यह ट्रांसफॉर्मर वाइंडिंग में नॉन साइनसोइडल कोरेंट द्वारा उत्पन्न होट को वापस लेने की क्षमता है। शुद्ध साइन वेव वोल्टेज और कोरेंट वेव फॉर्म में प्राप्त नहीं होता है। यह आज के विभिन्न इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों के उपयोग के कारण है। वोल्टेज और कोरेंट वेव रूप में कई हार्मोनिक्स उपलब्ध हैं।

ट्रांसफॉर्मर ऑफ कोर्स के लिए ट्रांसफॉर्मर का स्थायी डिजाइन ट्रांसफॉर्मर को स्थायी जीवन प्रदान करने के लिए प्रोक्त करता है।

(ix) इन्सुलेशन स्तर (Insulation Level)

ट्रांसफॉर्मर डिजाइन में, इन्सुलेशन स्तर समायोजन एक महत्वपूर्ण कारक है। आमतौर पर इन्सुलेशन स्तर को वोल्टेज के आधार पर बुनियादी आवेग स्तर के अनुसार चुना जाता है। मजबूत इन्सुलेशन स्तर एक ट्रांसफॉर्मर के जीवन को बढ़ाता है।

(x) ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग (Rating of Transformer)

ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग में वोल्टेज आवृत्ति कोरेंट और kVA शामिल हैं। इसके अलावा एक ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग इसके वाइंडिंग, सिलिकॉन स्टील कोर में उत्पन्न होट पर निर्भर करती है। चूंकि कॉपर लॉसेस कोरेंट और कोर के लॉसेस पर निर्भर करता है। इसलिए वोल्टेज पर निर्भर करता है। ट्रांसफॉर्मर में कुल लॉसेस वॉल्ट-एम्पीयर उत्पाद पर निर्भर करता है। रेटिंग वोल्टेज और कोरेंट के बीच के फेज कोण पर निर्भर नहीं है यानी लोड पावर फेजोर से स्वतंत्र है। ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग वोल्ट-एम्पीयर (VA) पर निर्भर करती है और वाट (W) में नहीं। आमतौर पर kVA या MVA में एक ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग उसके आकार के आधार पर प्रदर्शित की जाती है।

(X) ट्रांसफॉर्मर की नेम प्लेट (Name Plate of Transformer)

एक ट्रांसफॉर्मर को एक नेम प्लेट के साथ प्रदान किया जाना चाहिए जिसमें उसका केस निम्नलिखित जानकारी दे रहा हो:

- वोल्टेज रेटिंग
- करंट रेटिंग
- आउटपुट रेटेज KVA
- रेटेज प्रोक्वेसी वाइडिंग,
- स्टार-स्टार, डेल्टा-डेल्टा, स्टार
- डेल्टा डेल्टा डेल्टा के लिए उपयोग किए जाने वाले कनेक्शन के प्रकार
- कूलिंग के प्रकार

इसलिए वह हमेशा सलाह दी जाती है कि ट्रांसफॉर्मर के नेम प्लेट को ट्रांसफॉर्मर के ऑपरेशन से पहले नोट किया जाना चाहिए और इसे नेम प्लेट के अनुसार जोड़ा जाना चाहिए, अन्यथा ट्रांसफॉर्मर की वाइडिंग खराब हो सकती है।

उदाहरण 3.1 ट्रांसफॉर्मर सेकेंडरी आउटपुट वोल्टेज 220 वोल्ट है जो किसी लोड पर नहीं है। सेकेंडरी वोल्टेज 220 से 210 वोल्ट तक घट जाता है जब ट्रांसफॉर्मर को इसकी फुल लोड करंट कैपेसिटी तक लोड किया जाता है।

इत: सेकेंडरी आउटपुट वोल्टेज में नो लोड से फुल लोड तक को गिरावट = 10 वोल्ट

$$\% \text{ रेगुलेशन} = \frac{V_{\text{no-load}} - V_{\text{full-load}}}{V_{\text{full-load}}} \times 100$$

यहां $V_{\text{no-load}}$ नो लोड वोल्टेज है
 $V_{\text{full-load}}$ फुल लोड वोल्टेज है

$$\begin{aligned} \% \text{ रेगुलेशन} &= \frac{220 - 210}{210} \times 100 \\ &= \frac{10}{210} \times 100 \\ &= 4.76\% \end{aligned}$$

यदि ट्रांसफॉर्मर अपने फुल लोड करंट कैपेसिटी तक लोड होने पर सेकेंडरी वोल्टेज 220 से 215 वोल्ट तक कम हो जाय। इस मामले में ट्रांसफॉर्मर का रेगुलेशन 2.32% है। ट्रांसफॉर्मर का % रेगुलेशन लगभग कॉन्स्टेंट सेकेंडरी आउटपुट वोल्टेज के लिए यथासंभव न्यूनतम होना चाहिए। ट्रांसफॉर्मर के रेगुलेशन में सुधार होने पर कॉपर लॉस भी कम हो जाता है।

उदाहरण 3.2 एक 10 kVA, 500/250 V, 50 Hz, सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में क्रॉस सेक्शन क्षेत्रफल 90 cm² और अधिकतम फ्लक्स घनत्व 1.2 T का है। प्राइमरी और सेकेंडरी वाइडिंग दोनों और टर्न की संख्या की गणना करें।

इत: प्राइमरी इंड्यूस EMF $E_1 = 500$ V

सेकेंडरी इंड्यूस EMF $E_2 = 250$ V

सप्लाय फ्रीक्वेन्सी, $f = 50$ Hz

अधिकतम फ्लक्स घनत्व, $B_{\text{max}} = 1.2$ T

क्रॉस-सेक्शन क्षेत्रफल, $a = 90 \text{ cm}^2 = 0.009 \text{ m}^2$

फ्लक्स का अधिकतम मान, $\phi_{\text{max}} = B_{\text{max}} \times a$
 $= 1.2 \times 0.009 = 0.0108 \text{ Wb}$

$$\begin{aligned} \text{प्राइमरी टर्न की संख्या, } N_1 &= \frac{E_1}{4.44 \times f \times \phi_m} = \frac{500}{4.44 \times 50 \times 0.0108} \\ &= 208.54 = 209 \text{ उत्तर} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{सेकेंडरी टर्न की संख्या, } N_2 &= \frac{E_2}{4.44 \times f \times \phi_m} = \frac{250}{4.44 \times 50 \times 0.0108} \\ &= 104.27 = 105 \text{ उत्तर} \end{aligned}$$

उदाहरण 3.3. एक ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग 110/220 वोल्ट्स है, 1 kVA कम वोल्टेज साइड में 130 टर्न हैं। निम्नलिखित गणना करें-

- (i) हाई वोल्टेज पर टर्न की संख्या (ii) प्राइमरी करंट (iii) सेकेंडरी करंट
 ट्रांसफॉर्मर को हानि रहित मानें।

इत: प्राइमरी वोल्टेज, $V_1 = 110$ V

सेकेंडरी वोल्टेज, $V_2 = 220$ V

लो वोल्टेज साइड टर्न-अर्थात् $N_1 = 130$

हाई-वोल्टेज साइड टर्न $N_2 = ?$

$$\begin{aligned} \text{अभी } \frac{V_1}{V_2} &= \frac{N_1}{N_2} \\ \frac{110}{220} &= \frac{130}{N_2} \\ N_2 &= \frac{220 \times 130}{110} = 260 \text{ टर्न उत्तर} \end{aligned}$$

जैसे ट्रांसफॉर्मर को आउटपुट 1 kVA है।

सेकेंडरी आउटपुट $V_2 I_2 = 1000 \text{ VA}$

[$\because 1 \text{ kVA} = 1000 \text{ VA}$]

और जैसे $V_2 = 220$ volts

सेकेंडरी करंट, $I_2 = \frac{\text{सेकेंडरी आउटपुट}}{V_2}$

$$= \frac{1000}{220} = 4.54 \text{ Amps. उत्तर}$$

$$I_1 = \frac{\text{KVA में आउटपुट} \times 1000}{V_1} = \frac{1 \times 1000}{110} = 9.08 \text{ Amps. उत्तर}$$

इसी प्रकार करंट

और

$$\begin{aligned} \frac{V_2}{V_1} &= \frac{I_1}{I_2} \\ \frac{220}{110} &= \frac{I_1}{4.54} \end{aligned}$$

$$I_1 = 9.08 \text{ Amps. उत्तर}$$

उदाहरण 3.4. 100 V सप्लाय से 800 प्राइमरी टर्न और 200 सेकेंडरी टर्न के साथ एक ट्रांसफॉर्मर की सप्लाय जाती है। सेकेंडरी वोल्टेज प्रति टर्न की गणना करें।

हल :

$$N_1 = 800,$$

$$N_2 = 200 \text{ V}$$

$$V_1 = 100 \text{ V}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$V_2 = V_1 \times \frac{N_2}{N_1} = 100 \times \frac{200}{800} = 25 \text{ V उत्तर}$$

वोल्टेज/टर्न = $\frac{V_1}{N_1} = \frac{100}{800} = 0.125$ उत्तर

और

वोल्टेज/टर्न = $\frac{V_2}{N_2} = \frac{25}{200} = 0.125$ उत्तर

उदाहरण 3.5. यह 110 V और 50 Hz पर एक ट्रांसफॉर्मर में 4.13 mWb अधिकतम कोर फ्लक्स है, प्राइमरी में टर्न की आवश्यक संख्या निर्धारित करता है।

हल : प्राइमरी में इंड्यूज्ड EMF, $E_1 = 110 \text{ V}$

सप्लाय फ्रीक्वेंसी, $f = 50 \text{ Hz}$

अधिकतम कोर फ्लक्स, $\phi_{\max} = 4.13 \text{ mWb} = 4.13 \times 10^{-3} \text{ Wb}$

प्राइमरी पर आवश्यक टर्न की संख्या, $N_1 = \frac{E_1}{4.44 f \phi_{\max}}$...Refer to Eq. (3.7)

$$= \frac{110}{4.44 \times 50 \times 4.13 \times 10^{-3}} = 120 \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 3.6. Emf प्रति फेज 10 kVA, 2200/220 V, 50 Hz ट्रांसफॉर्मर 10 V है। गणना करें—

- (i) प्राइमरी और सेकेंडरी टर्नों की संख्या,
- (ii) 1.5.T. की अधिकतम फ्लक्स घनत्व के लिए कोर का क्रॉस सेक्शन क्षेत्रफल

हल :

EMF प्रति टर्न = 10 V

प्राइमरी इंड्यूज्ड EMF, $E_1 = V_1 = 2,200 \text{ V}$

सेकेंडरी इंड्यूज्ड EMF, $E_2 = V_2 = 220 \text{ V}$

सप्लाय फ्रीक्वेंसी, $f = 50 \text{ Hz}$

अधिकतम फ्लक्स घनत्व, $B_{\max} = 1.5 \text{ T}$

(i) प्राइमरी टर्न की संख्या, $N_1 = \frac{E_1}{\text{EMF/टर्न}} = \frac{2,200}{10} = 220$ उत्तर

सेकेंडरी टर्न की संख्या, $N_2 = \frac{E_2}{\text{EMF/टर्न}} = \frac{220}{10} = 22$ उत्तर

फ्लक्स का अधिकतम मान, $\phi_{\max} = \frac{\text{EMF प्रति टर्न}}{4.44 f} = \frac{10}{4.44 \times 50} = 0.045 \text{ Wb}$

(ii) कोर का कुल क्रॉस सेक्शन क्षेत्रफल, $a = \frac{\phi_{\max}}{B_{\max}} = \frac{0.045}{1.5} = 0.03 \text{ m}^2$ उत्तर

उदाहरण 3.7. kVA लॉसेस-कम ट्रांसफॉर्मर में प्राइमरी पर 500 टर्न होते हैं और सेकेंडरी वाइंडिंग पर 40 टर्न होते हैं। प्राइमरी 3000 V, 50 Hz मेन से जुड़ी है। निर्धारित करें—

- (i) फुल लोड पर प्राइमरी और सेकेंडरी करंट;
- (ii) सेकेंडरी EMF और
- (iii) कोर में अधिकतम फ्लक्स।

नो-लोड करंट की उपेक्षा की जा सकती है।

हल :

प्राइमरी इंड्यूज्ड EMF, $E_1 = V_1 = 3000 \text{ V}$

प्राइमरी टर्न, $N_1 = 500$

सेकेंडरी टर्न, $N_2 = 40$

(ii) सेकेंडरी EMF, $E_2 = E_1 \times \frac{N_2}{N_1} = 3,000 \times \frac{40}{500} = 240 \text{ V}$

(i) प्राइमरी करंट, $I_1 = \frac{\text{रेटिड kVA} \times 1,000}{E_1} = \frac{\text{रेटिड kVA} \times 1,000}{V_1}$

$$= \frac{25 \times 1,000}{3,000} = 8.333 \text{ A उत्तर}$$

सेकेंडरी करंट, $I_2 = \frac{25 \times 1,000}{240} = 104.167 \text{ A उत्तर}$

(iii) कोर में अधिकतम फ्लक्स, $\phi_{\max} = \frac{E_1}{4.44 f N_1} = \frac{3,000}{4.44 \times 50 \times 500}$

$$= 0.027 \text{ Wb or } 27 \text{ mWb उत्तर}$$

उदाहरण 3.8. 50 Hz के सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर नो-लोड अनुपात 6000/250 V है। प्रत्येक वाइंडिंग में टर्न की संख्या ज्ञात करो, यदि कोर में अधिकतम फ्लक्स 0.06 Wb है।

हल : सूत्र का प्रयोग करके, ट्रांसफॉर्मर EMF समीकरण—

$$E_1 = 4.44 f \phi_{\max} N_1 \text{ volt}$$

प्राइमरी वोल्टेज, $V_1 = 6000 \text{ V}$

सेकेंडरी वोल्टेज, $V_2 = 250 \text{ V}$

फ्लक्स का अधिकतम मान, $\phi_{\max} = 0.06 \text{ Wb}$

प्रोक्वेन्सी, $f = 50 \text{ Hz}$

$$6000 = 4.44 \times 50 \times 0.06 \times N_1$$

$$N_1 = 450 \text{ उत्तर}$$

इसी प्रकार

$$250 = 4.44 \times 50 \times 0.06 \times N_2$$

$$N_2 = 19 \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 3.9. 6600/600 V, 50 Hz, सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में कोर में अधिकतम फ्लक्स घनत्व 1.35 Wb/m^2 है। यदि आयरन के कोर का क्रॉस सेक्शन क्षेत्रफल 200 cm^2 है, तो ट्रांसफॉर्मर की प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग में टर्न की संख्या की गणना करें।

हल : सूत्र से, $E_1 = 4.44 f \phi_{\max} N_1$ वोल्ट

$$\text{और } E_1 = 4.44 \phi B_{\max} \times A \times N_1 \text{ वोल्ट} \quad \dots (i) \quad [\because \phi_{\max} = B_{\max} \times A]$$

$$\text{प्राइमरी वोल्टेज, } V_1 = 6600 \text{ V}$$

$$\text{सेकेंडरी वोल्टेज, } V_2 = 600 \text{ V}$$

$$\text{अधिकतम फ्लक्स घनत्व, } B_{\max} = 1.35 \text{ Wb/m}^2$$

$$\text{कुल कोर क्षेत्रफल, } A = 200 \text{ cm}^2 = 200 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

प्रोक्वेन्सी, $f = 50 \text{ Hz}$

सभी मानों को समी० (i) में रखने पर

$$\text{हम प्राप्त करते हैं—} \quad 6600 = 4.44 \times 50 \times \phi_{\max} \times N_1$$

$$\text{और} \quad 6600 = 4.44 \times 50 \times B_{\max} \times A \times N_1$$

$$\text{और} \quad 6600 = 4.44 \times 50 \times 1.35 \times 200 \times 10^{-4} \times N_1$$

$$\therefore N_1 = 1100 \text{ उत्तर}$$

$$\text{इसी प्रकार,} \quad 600 = 4.44 \times 50 \times 1.35 \times 200 \times 10^{-4} \times N_2$$

$$N_2 = 100 \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 3.10. एक 200 kVA, 3300/240, 50 Hz, सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में सेकेंडरी वाइंडिंग पर 80 टर्न हैं। गणना; एक आदर्श ट्रांसफॉर्मर मानें, गणना;

(i) फुल लोड पर प्राइमरी और सेकेंडरी करंट

(ii) फ्लक्स का अधिकतम मान

(iii) प्राइमरी टर्न की संख्या।

हल : ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग, $P = 200 \text{ kVA}$

$$\text{प्राइमरी वोल्टेज, } V_1 = 3300 \text{ V}$$

$$\text{सेकेंडरी वोल्टेज, } V_2 = 240 \text{ V}$$

प्रोक्वेन्सी, $f = 50 \text{ Hz}$

$$(i) \text{ प्राइमरी फुल लोड करंट, } I_1 = \frac{P}{V_1}$$

और

$$I_1 = \frac{200 \times 10^3}{3300} = 60.6 \text{ A उत्तर}$$

इसी प्रकार

$$I_2 = \frac{200 \times 10^3}{240} = 833.3 \text{ A उत्तर}$$

(ii) सम्बन्ध से

$$E_2 = 4.44 f \phi_{\max} \times N_2 \text{ volt}$$

$$240 = 4.44 \times 50 \times \phi_{\max} \times 80$$

∴

$$\phi_{\max} = \frac{240}{4.44 \times 50 \times 80} = 13.51 \times 10^{-3} \text{ Wb उत्तर}$$

(iii) अभी,

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \text{ or } \frac{240}{3300} = \frac{80}{N_1}$$

∴

$$N_1 = 1100 \text{ टर्न उत्तर}$$

उदाहरण 3.11. सिंगल फेज 230/460 वोल्ट ट्रांसफॉर्मर 10 A और 460 वोल्ट के लोड करंट में सप्लाय होता है; लॉसेस को नगण्य करते हुए, प्राइमरी करंट की गणना करें।

हल :

$$\text{प्राइमरी वोल्टेज, } V_1 = 230 \text{ volts}$$

$$\text{सेकेंडरी वोल्टेज, } V_2 = 460 \text{ volts}$$

$$\text{सेकेंडरी करंट} = 10 \text{ A}$$

$$\text{प्राइमरी करंट} = ?$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

अर्थात्

$$I_1 = \frac{V_2}{V_1} \times I_2$$

$$I_1 = \frac{460}{230} \times 10 = 20 \text{ Amps. उत्तर}$$

उदाहरण 3.12. एक 200 KVA, 6600 V/400, 50 Hz सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में सेकेंडरी पर 100 टर्न हैं। गणना करें—(a) प्राइमरी और सेकेंडरी करंट का अनुमानित मान, (b) प्राइमरी टर्न की अनुमानित संख्या।

$$\text{हल : (a) फुल लोड प्राइमरी करंट, } V_1 = \frac{\text{KVA} \times 1000}{V_1} = \frac{200 \times 1000}{6600} = 30.3 \text{ A उत्तर}$$

$$\text{फुल लोड सेकेंडरी करंट} = \frac{200 \times 1000}{400} = 500 \text{ A उत्तर}$$

$$(b) \text{ प्राइमरी टर्न की संख्या} = \frac{V_1}{V_2} \times N_2 = \frac{6600}{400} \times 100 = 1650 \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 3.13. एक ट्रांसफॉर्मर में 20 टर्न की प्राइमरी वाइंडिंग और 40 टर्न की एक सेकेंडरी वाइंडिंग है। प्राइमरी के लिए सप्लाय की गई वोल्टेज 100 V है, तो सेकेंडरी टर्मिनल के वोल्टेज को ज्ञात करें।

हल : प्राइमरी वोल्टेज, $V_1 = 100$ V

प्राइमरी टर्न की संख्या, $N_1 = 20$

सेकेंडरी टर्न की संख्या, $N_2 = 40$

सेकेंडरी वोल्टेज, $V_2 = ?$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

और $V_2 = \frac{N_2}{N_1} \times V_1 = \frac{40}{20} \times 100 = 200$ volt उत्तर

उदाहरण 3.14. 2000/200 V ट्रांसफॉर्मर को कोई लोड नहीं आता है जो 0.6 A का प्राइमरी फ्लक्स और 500 W को अवशोषित करता है। मैग्नेटाइजिंग और आयरन लॉस करंटों को ज्ञात करें।

हल : हम जानते हैं कि, $P_0 = V_1 I_0 \cos \phi_0$

प्राइमरी वोल्टेज, $V_1 = 2000$ V

नो लोड प्राइमरी करंट, $I_0 = 0.6$ A

पॉवर को खपत, $P_0 = 500$ W

$\therefore 500 = 2000 \times I_0 \times \cos \phi_0$

और $500 = 2000 \times I_m$

और $I_m = \text{आयरन लॉस} = \frac{500}{2000} = 0.25$ A उत्तर

चूंकि $I_0^2 = I_m^2 + I_w^2$
 $I_m = \sqrt{I_0^2 - I_w^2} = \sqrt{(0.6)^2 - (0.25)^2}$
 $I_m = 0.545$ A उत्तर

उदाहरण 3.15. एक सिंगल फेज 230 V, 50 Hz, ट्रांसफॉर्मर 5 A की नो-लोड करंट लेता है, 0.25 लैगिंग की पावर पर यदि टर्न की प्राइमरी संख्या 200 है, तो गणना करें;

- (i) कोर में फ्लक्स का मान (ii) मेन लॉसेस
 (iii) मैग्नेटिक करंट (iv) वेक्टर आरेख।

हल : संबंध से, $E_1 = 4.44 f \phi_{\max} N_1$ volt

प्राइमरी वोल्टेज, $V_1 = 230$ V

नो लोड प्राइमरी करंट, $I_0 = 5$ A

नो लोड पावर फैक्टर, $\cos \phi_0 = 0.25$

सप्लाय फ्रीक्वेन्सी, $f = 50$ Hz

प्राइमरी टर्न की संख्या, $N_1 = 200$

हमें प्राप्त होता है— $230 = 4.44 \times 50 \times \phi_{\max} \times 200$

(i) कोर में फ्लक्स, $\phi_{\max} = \frac{230}{4.44 \times 50 \times 200} = 5.18$ mWh उत्तर

(ii) सम्यन्ध से, $P_0 = V_1 I_0 \cos \phi_0$

कोर लॉस, $P_0 = 230 \times 5 \times 0.25 = 2.875$ W उत्तर

(iii) मैग्नेटिक करंट, $I_m = I_0 \sin (\cos^{-1} 0.25)$
 $= 5 \times 0.968 = 4.84$ A उत्तर

उदाहरण 3.16. EMF प्रति फेज 10 kVA, 2200/220 V, 50 Hz ट्रांसफॉर्मर 10 V है। गणना कीजिए—

(i) प्राइमरी और सेकेंडरी और सेकेंडरी टर्न की संख्या

(ii) 1.5 T अधिकतम फ्लक्स घनत्व के लिए कोर का क्रॉस-सेक्शन क्षेत्रफल।

हल : EMF प्रति टर्न = 10 V

प्राइमरी इंड्यूज्ड EMF, $E_1 = V_1 = 2200$ V

सेकेंडरी इंड्यूज्ड EMF, $E_2 = V_2 = 220$ V

सप्लाय फ्रीक्वेन्सी, $f = 50$ Hz

अधिकतम फ्लक्स घनत्व, $B_{\max} = 1.5$ T

(i) प्राइमरी टर्न की संख्या, $N_1 = \frac{E_1}{\text{EMF प्रति टर्न}} = \frac{2200}{10} = 220$ उत्तर

सेकेंडरी टर्न की संख्या, $N_2 = \frac{E_2}{\text{EMF प्रति टर्न}} = \frac{220}{10} = 220$ उत्तर

फ्लक्स का अधिकतम मान, $\phi_{\max} = \frac{\text{EMF प्रति टर्न}}{4.44 f} = \frac{10}{4.44 \times 50} = 0.045$ Wb उत्तर

(iii) कोर का कुल क्रॉस सेक्शन क्षेत्रफल, $a = \frac{\phi_{\max}}{B_{\max}} = \frac{0.045}{1.5} = 0.03$ m² उत्तर

उदाहरण 3.17. 25 KVA लॉसेस-कम ट्रांसफॉर्मर में प्राइमरी पर 500 टर्न होते हैं और सेकेंडरी वाइंडिंग पर 40 टर्न होते हैं। प्राइमरी 3000 V, 50 Hz मेन्स सप्लाय से जुड़ा है।

गणना कीजिए—

(i) फुल लोड पर प्राइमरी और सेकेंडरी करंट;

(ii) सेकेंडरी EMF और

(iii) कोर में अधिकतम फ्लक्स। कोई लोड करंट को नगण्य नहीं को जा सकती।

हल : प्राइमरी इंड्यूज्ड EMF, $E_1 = V_1 = 3000$ V

प्राइमरी टर्न, $N_1 = 500$

सेकेंडरी टर्न, $N_2 = 40$

$$(i) \text{ प्राइमरी करंट, } I_1 = \frac{\text{KVA रेटेड} \times 1,000}{E_1} = \frac{\text{KVA रेटेड} \times 1,000}{V_1}$$

$$= \frac{25 \times 1000}{3000} = 8.333 \text{ A उत्तर}$$

$$(ii) \text{ सेकेण्डरी EMF, } E_2 = E_1 \times \frac{N_2}{N_1} = 3000 \times \frac{40}{500} = 240 \text{ V}$$

$$\text{सेकेण्डरी करंट } I_2 = \frac{25 \times 1000}{240} = 109.167 \text{ A उत्तर}$$

$$(iii) \text{ कोर में अधिकतम फ्लक्स, } \phi_{\max} = \frac{E_1}{4.44 f N_1} = \frac{3000}{4.44 \times 50 \times 500} = 0.027 \text{ Wb}$$

$$= 27 \text{ mWb उत्तर}$$

उदाहरण 3.18. सिंगल फेज, 50 Hz, कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर में 20 cm साइड का वर्गाकार कोर है, अनुमेय अधिकतम फ्लक्स डेनसिटी 1 Wb/m^2 है। 3000/200 V अनुपात उच्च और निम्न वोल्टेज साइड पर प्रति टर्न की संख्या की गणना करें।

हल : कोर क्षेत्रफल = $20 \times 20 = 400 \text{ cm}^2 = 0.04 \text{ m}^2$

$$\text{अनुमेय फ्लक्स घनत्व, } B_{\max} = 1.0 \text{ Wb/m}^2$$

अनुमेय फ्लक्स का अधिकतम मान,

$$\phi_{\max} = B_{\max} \times A = 1 \times 0.04 = 0.04 \text{ Wb}$$

निम्न-वोल्टेज (सेकेण्डरी) वाइंडिंग पर टर्नों की संख्या,

$$N_2 = \frac{E_2}{4.44 f \phi_{\max}} = \frac{220}{4.44 \times 50 \times 0.04} = 24.77; 26 \text{ (say)}$$

उच्च-वोल्टेज (प्राइमरी) वाइंडिंग पर टर्नों की संख्या,

$$N_1 = \frac{E_1}{E_2} \times N_2 = \frac{3000}{220} \times 26 = 354$$

$$\text{प्रत्येक साइड पर } H_V \text{ टर्नों की संख्या} = \frac{354}{2} = 177 \text{ उत्तर}$$

$$\text{प्रत्येक साइड पर } L_V \text{ टर्नों की संख्या} = \frac{26}{2} = 13 \text{ उत्तर}$$

नोट : LV टर्नों की गणना पहले की जाती है, एक फिगर को अगली उच्च सम संख्या तक किया जाता है ताकि अधिकतम फ्लक्स घनत्व अनुमेय अधिकतम फ्लक्स घनत्व से अधिक न हो। तब HV टर्नों की गणना परिवर्तन अनुपात (transformation ratio) द्वारा सही संख्याओं के साथ की जाती है। इसके अलावा दो अवयव हैं और प्रत्येक अवयव लीकेज रिएक्टेंस को कम करने के दृष्टिकोण से L_V और H_V टर्नों के आधे भाग को समायोजित करता है।

उदाहरण 3.19. एक सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर, 50 kVA, 2300/230 V, 50 Hz सेकेण्डरी साइड पर 230 V सप्लाय से कनेक्ट है, प्राइमरी ओपन है। मीटर $P = 187 \text{ W}$, $V = 230 \text{ V}$, $I = 6.5 \text{ A}$ रीडिंग देता है। ज्ञात करें—(i) कोर लॉस, (ii) कोरेंट के लॉस कम्पोनेंट, (iii) मैग्नेटाइजिंग करंट।

$$\text{आउटपुट} = 50 \text{ KVA}$$

$$\text{सेकेण्डरी वोल्टेज, } V = 230 \text{ V}$$

$$P = 187 \text{ W}$$

$$P_0 = V_1 I_0 \cos \phi_0 = V_1 \times I_0$$

$$\text{कोरेंट के लॉस कम्पोनेंट, } I_w = \frac{187}{230} = 0.813 \text{ A उत्तर}$$

$$I_0^2 = I_m^2 + I_w^2$$

$$I_m = \sqrt{I_0^2 - I_w^2}$$

$$\text{मैग्नेटिक करंट, } I_m = \sqrt{(6.5)^2 - (0.813)^2} = 6.448 \text{ A उत्तर}$$

$$\text{कोर लॉस, } P = V_1 I_0 \cos \phi_0 \quad [\because I_m = I_0 \cos \phi_0]$$

$$= 230 \times 0.813 = 187 \text{ W उत्तर}$$

उदाहरण 3.20. ट्रांसफॉर्मर का नो लोड करंट 0.2 A के पावर फैक्टर पर 15 A होता है जब 460 V, 50 Hz सप्लाय से कनेक्ट होता है। यदि प्राइमरी वाइंडिंग में 550 टर्न हैं। गणना करें—

(i) नो लोड करंट के मैग्नेटाइजिंग कंपोनेंट।

(ii) आयरन लॉस

(iii) कोर फ्लक्स का अधिकतम मान।

हल :

$$I_0 = 15 \text{ A}$$

$$\cos \phi_0 = 0.2$$

जब

$$\cos \phi_0 = 0.2, \sin \phi_0 = 0.98$$

(i)

$$I_m = \text{नो लोड पर इनपुट पावर}$$

$$= I_0 \sin \phi_0 = 15 \times 0.98 = 14.7 \text{ A उत्तर}$$

(ii)

$$\text{आयरन लॉस} = \text{नो लोड पर इनपुट पावर}$$

$$= V_1 I_0 \cos \phi_0 = 460 \times 15 \times 0.2 = 1380 \text{ W} = 1.38 \text{ kW उत्तर}$$

(iii) नो लोड पर

$$V_1 = E_1$$

$$E_1 = 4.44 \phi_m N_1 f$$

$$E_1 = 460 \text{ V}$$

$$N_1 = 550$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$460 = 4.44 \phi_m \times 550 \times 50$$

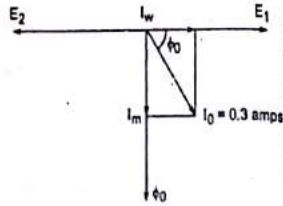
$$\phi_m = \frac{460}{4.44 \times 550 \times 50} = 0.00377 \text{ Wb. उत्तर}$$

उदाहरण 3.21. एक 3300/250 V सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर ओपन सर्किट पर 0.2 के पावर फैक्टर पर 0.3 amps लेता है। ज्ञात करें।

- मैग्नेटिक करंट,
- आयरन लॉस करंट
- वेक्टर डायग्राम ड्रा करें।

हल : $\cos \phi_0 = 0.22$
 $\phi_0 = \cos^{-1} 0.22$
 $= 77^\circ 17'$
 $\sin \phi_0 = 77^\circ 17' = 0.9750$

(a) मैग्नेटिक करंट $I_m = I_0 \sin \phi_0 = 0.3 \times 0.9754 = 0.2925 \text{ Amps.}$
 (b) आयरन लॉस करंट $I_w = I_0 \cos \phi_0 = 0.3 \times 0.22 = 0.066 \text{ Amps}$



चित्र 3.51

उदाहरण 3.22. 11 kV/400 V डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर 0.24 लैगिंग के पावर फैक्टर पर 1 amp का नो लोड प्राइमरी करंट लेता है। ज्ञात करें—

- कोर लॉसेस करंट
- मैग्नेटिक करंट
- आयरन लॉस

हल : एक्ससिटिंग या नो-लोड करंट, $I_0 = 1 \text{ A}$
 प्राइमरी वोल्टेज, $V_1 = 11 \text{ kV} = 11,000 \text{ V}$
 (i) कोर लॉस करंट, $I_e = I_0 \cos \phi_0 = 1 \times 0.24 = 0.24 \text{ A}$ उत्तर
 (ii) मैग्नेटिक करंट, $I_m = \sqrt{I_0^2 - I_e^2} = \sqrt{1^2 - 0.24^2} = 0.971 \text{ A}$ उत्तर
 (iii) आयरन लॉस $= V_1 I_0 \cos \phi_0 = 11,000 \times 1 \times 0.24 = 2,640 \text{ W or } 2.64 \text{ kW.}$

उदाहरण 3.23. 3300/220 V, 50 Hz के सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर 0.8 A और 500 W का नो लोड करंट लेता है। गणना करें—

- एक्टिव मैग्नेटिक करंट
- इसका पावर फैक्टर

हल : एक्ससिटिंग या नो लोड करंट, $I_0 = 0.8 \text{ A}$
 प्राइमरी वोल्टेज, $V_1 = 3,300 \text{ V}$
 आयरन लॉस $= V_1 I_0 \cos \phi_0 = 500 \text{ W}$
 (i) आयरन लॉस या नो-लोड करंट के एक्टिव कम्पोनेट
 $I_e = I_0 \cos \phi_0 = \frac{500}{V_1} = \frac{500}{3300} = 0.152 \text{ A}$ उत्तर
 मैग्नेटिक कम्पोनेट, $I_m = \sqrt{I_0^2 - I_e^2} = \sqrt{0.8^2 - 0.152^2} = 0.786 \text{ A}$ उत्तर
 (ii) पावर फैक्टर, $\cos \phi_0 = \frac{500}{V_1 I_0} = \frac{500}{3,300 \times 0.8} = 0.1894$ (लैगिंग) उत्तर

उदाहरण 3.24. वोल्टेज $V = 200 \sin 314 t$ को ट्रांसफॉर्मर लोडिंग पर नो लोड टेस्ट में लगाया जाता है। परिणामी करंट $i = 3 \sin (314 t - 60^\circ)$ पाया जाता है। कोर लॉस और नो लोड लगभग समतुल्य सर्किट के पैरामीटर निर्धारित करें।

हल : नो लोड करंट, $I_0 = \frac{3}{\sqrt{2}} = 2.12 \text{ A}$
 कोर लॉस = नो लोड पर इनपुट $= V I_0 \cos \phi_0$
 $= \frac{200}{\sqrt{2}} \times \frac{3}{\sqrt{2}} \cos 60^\circ = 150 \text{ W}$ उत्तर

नो लोड करंट के एनर्जी कम्पोनेट, $I_e = I_0 \cos \phi_0 = \frac{3}{\sqrt{2}} \cos 60^\circ = 1.06 \text{ A}$
 नो लोड करंट के मैग्नेटिक कम्पोनेट, $I_m = \sqrt{I_0^2 - I_e^2} = \sqrt{(2.12)^2 - (1.06)^2} = 1.836 \text{ A}$

नो लोड रजिस्टेंस, $R_0 = \frac{V}{I_e} = \frac{200/\sqrt{2}}{1.06} = 133.42 \Omega$

नो लोड रियक्टेंस, $X_0 = \frac{V}{I_m} = \frac{200/\sqrt{2}}{1.836} = 77 \Omega$ उत्तर

उदाहरण 3.25. 440/110 V के अनुपात के साथ एक सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर 0.2 पावर फैक्टर लैगिंग पर 5 A का नो लोड करंट लेता है। यदि सेकेंडरी 0.8 लैगिंग के पावर फैक्टर पर 120 A का करंट को सप्लाई करता है। प्राइमरी करंट और पावर फैक्टर की गणना करें।

हल : प्राइमरी वोल्टेज, $V_1 = 440 \text{ V}$
 सेकेंडरी वोल्टेज, $V_2 = 110 \text{ V}$
 नो लोड प्राइमरी करंट, $I_0 = 5 \text{ A}$
 नो लोड प्राइमरी करंट, $\cos \phi_0 = 0.2$ (lag)
 सेकेंडरी करंट, $I_2 = 120 \text{ A}$
 सेकेंडरी पावर फैक्टर, $\cos \phi_2 = 0.8$ (lag)
 ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात, $K = \frac{110}{440} = \frac{1}{4}$
 $I_1' = \frac{1}{4} \times 120 = 30 \text{ A}$
 $\cos \phi_2 = 0.8;$ $(\because \phi_2 = \cos^{-1} 0.8 = 36^\circ 52')$
 $\phi_0 = \cos^{-1} (0.2) = 78^\circ 28'$
 कोण, $\phi = (\phi_0 - \phi_2) = (78^\circ 28' - 36^\circ 52')$
 $\phi = 41^\circ 36'$
 परिणामी करंट, $I_1 = \sqrt{I_0^2 + I_1'^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I_1' \cos \phi}$
 $= \sqrt{5^2 + (30)^2 + 2 \times 5 \times 30 \cos 40^\circ 36'} = 33.9 \text{ A}$ उत्तर

इस प्रकार

$$\text{समग्र पॉवर फैक्टर, } \cos \phi_1 = \frac{I_2 \cos \phi_2 + I_1 \cos \phi_2}{I_1}$$

$$\cos \phi_1 = \frac{5 \times 0.2 + 30 \times 0.8}{33.9} = 0.735 \text{ (lagging) उत्तर}$$

उदाहरण 3.26. 10 kVA, 11000/400 V सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में प्राइमरी रजिस्टेंस और लीकेज रजिस्टेंस के मान दिए हैं:

$$R_1 = 4 \Omega \quad R_2 = 0.2 \Omega$$

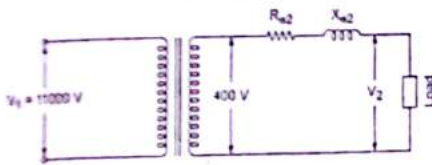
$$X_1 = 10 \Omega \quad X_2 = 0.4 \Omega$$

फुल लोड पर सेकेंडरी वोल्टेज के अनुमानित मान का निर्धारण करें।

$$V_1 = 11000 \text{ वोल्ट्स}$$

$$V_2 = 400 \text{ वोल्ट्स}$$

$$K = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{11000}{400}$$



चित्र 3.52

फुल लोड पर सेकेंडरी द्वारा दूई को माई करेट,

$$I_2 = \frac{10 \times 1000}{400} = 25 \text{ A}$$

सबे प्राइमरी वोल्टेज को सेकेंडरी साइड में संदर्भित करना जैसा चित्र 3.52 में दिखाया गया है।

$$R_{02} = R_2 + R_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 = 0.2 + 4 \times \left(\frac{400}{11000}\right)^2 = 0.205 \Omega$$

$$X_{02} = X_2 + X_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 = 0.4 + 10 \times \left(\frac{400}{11000}\right)^2 = 0.413 \Omega$$

$$Z_{02} = \sqrt{R_{02}^2 + X_{02}^2} = \sqrt{(0.205)^2 + (0.413)^2} = 0.461 \Omega$$

$$\text{फुल लोड पर सेकेंडरी वोल्टेज, } V_2 = E_2 - I_2 Z_{02} = 400 - 25 \times 0.461 = 388.435 \text{ volts उत्तर}$$

उदाहरण 3.27. 25 kVA, 2200/220 V, 50 Hz 1 फेज ट्रांसफॉर्मर के निम्नलिखित पैरामीटर हैं:

$$R_1 = 1.75 \Omega, R_2 = 0.0045 \Omega, X_1 = 2.6 \Omega, X_2 = 0.0075 \Omega$$

गण्य करें—(i) प्राइमरी और सेकेंडरी को संदर्भित प्राइमरी के समतुल्य रजिस्टेंस (ii) समतुल्य रिएक्टेंस प्राइमरी और सेकेंडरी के लिए संदर्भित की जाती है।

$$\text{हल : ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात, } K = \frac{V_1}{V_2} = \frac{2200}{220} = 10$$

(i) समतुल्य रजिस्टेंस को प्राइमरी के लिए संदर्भित

$$R_{01} = R_1 + \frac{R_2}{K^2} = 1.75 + \frac{0.0045}{(10)^2} = 1.75 \Omega \text{ उत्तर}$$

(ii) समतुल्य रिएक्टेंस को सेकेंडरी के लिए संदर्भित,

$$R_{02} = K^2 R_1 + R_2 = (10)^2 \times 1.75 + 0.0045 = 175.0045 \Omega \text{ उत्तर}$$

(iii) समतुल्य रिएक्टेंस को सेकेंडरी के लिए संदर्भित

$$X_{01} = X_1 + \frac{X_2}{K^2} = 2.6 + \frac{0.0075}{(10)^2} = 2.6 \Omega \text{ उत्तर}$$

सेकेंडरी के लिए संदर्भित समतुल्य रिएक्टेंस

$$X_{02} = K^2 X_1 + X_2 = (10)^2 \times 2.6 + 0.0075 = 260.0075 \Omega \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 3.28. 2000/400 V में नो लोड के 10 kVA सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में $R_1 = 5.5 \Omega$, $R_2 = 0.2 \Omega$, $X_1 = 12 \Omega$, $X_2 = 0.45 \Omega$ है। फुल लोड, 0.8 pf (लैगिंग) पर सेकेंडरी वोल्टेज का अनुमानित मान निर्धारित करें जबकि प्राइमरी एप्लाइड वोल्टेज 2000 V हो।

$$\text{हल : ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात, } K = \frac{400}{2000} = 0.2$$

सेकेंडरी के लिए संदर्भित समतुल्य रजिस्टेंस,

$$R_{02} = K^2 R_1 + R_2 = 0.2^2 \times 5.5 + 0.2 = 0.42 \Omega$$

सेकेंडरी के लिए संदर्भित समतुल्य रिएक्टेंस,

$$X_{02} = K^2 X_1 + X_2 = 0.2^2 \times 12 + 0.45 = 0.93 \Omega$$

$$\text{सेकेंडरी फुल लोड करेट, } I_2 = \frac{KVA \times 1,000}{V_2} = \frac{10 \times 1,000}{400} = 25 \text{ A}$$

$$\text{पॉवर फैक्टर, } \cos \phi = 0.8 \text{ (lagging)}$$

$$\sin \phi = \sin \cos^{-1} 0.8 = 0.6$$

फुल लोड पर सेकेंडरी टर्मिनल वोल्टेज,

$$\begin{aligned} V_2 &= KV_1 - I_2 R_{02} \cos \phi - I_2 X_{02} \sin \phi \\ &= 0.2 \times 2,000 - 25 \times 0.42 \times 0.8 - 25 \times 0.93 \times 0.6 \\ &= 400 - 8.4 - 13.95 = 377.65 \text{ V उत्तर} \end{aligned}$$

उदाहरण 3.29. 20 kVA, 2000/400 V सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में रजिस्टेंस और रिएक्टेंस निम्नानुसार हैं:

$$R_1 = 5.2 \Omega, X_1 = 12.5 \Omega$$

$$R_2 = 0.2 \Omega, X_2 = 0.5 \Omega$$

निर्धारित करें—(a) सेकेंडरी साइड में संदर्भित समतुल्य रजिस्टेंस, (b) सेकेंडरी साइड में संदर्भित समतुल्य रिएक्टेंस

हल :

प्राइमरी वोल्टेज, $V_1 = 2000 \text{ V}$ सेकेण्डरी वोल्टेज, $V_2 = 400 \text{ V}$

$$K = \frac{V_2}{V_1} = \frac{400}{2000} = 0.2$$

(a) सेकेण्डरी साइड में संदर्भित समतुल्य रजिस्टेंस

$$R_{e2} = R_2 + K^2 R_1 = 0.2 + (0.2)^2 \times 5.2 = 0.408 \Omega$$

$$R_{e2} = 0.2 + 0.4 \times 5.2 = 2.28 \Omega \text{ उत्तर}$$

(b) सेकेण्डरी साइड में संदर्भित समतुल्य रिएक्टेंस

$$X_{e2} = X_2 + K^2 X_1 = 0.5 + (0.2)^2 \times 12.5 = 1 \Omega \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 3.30. एक 2000/200 V ट्रांसफॉर्मर में क्रमशः 2 ओह्म और 4 ओह्म का प्राइमरी रेजिस्टेंस और रिएक्टेंस है। संबंधित सेकेंडरी मान 0.025 ओह्म और 0.4 ओह्म हैं। निर्धारित करें—(a) सेकेंडरी के लिए संदर्भित प्राइमरी के समतुल्य रेजिस्टेंस और रिएक्टेंस, (b) कुल रेजिस्टेंस और सेकेंडरी के लिए संदर्भित रिएक्टेंस, (c) प्राइमरी के लिए संदर्भित सेकेंडरी के समतुल्य रेजिस्टेंस और रिएक्टेंस, (d) कुल रेजिस्टेंस और प्राइमरी को संदर्भित सेकेंडरी के रिएक्टेंस।

हल : ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात, $K = \frac{V_2}{V_1} = \frac{200}{2000} = \frac{1}{10}$ प्राइमरी रजिस्टेंस, $R_1 = 2 \Omega$ प्राइमरी रिएक्टेंस, $X_1 = 4 \Omega$ सेकेण्डरी रजिस्टेंस $R_2 = 0.025 \Omega$ सेकेण्डरी रिएक्टेंस, $X_2 = 0.4 \Omega$

उदाहरण 3.31. 2000/200 V में, ट्रांसफॉर्मर में क्रमशः 3.45 ओह्म 0.025 के प्राइमरी और सेकेण्डरी रेजिस्टेंस होता है। निर्धारित करें;

(i) सेकेण्डरी के लिए संदर्भित प्राइमरी के समतुल्य रेजिस्टेंस।

(ii) प्राइमरी के लिये संदर्भित सेकेंडरी के समतुल्य रेजिस्टेंस।

(iii) प्राइमरी के लिए संदर्भित कुल रेजिस्टेंस।

(iv) सेकेंडरी के लिए संदर्भित कुल रेजिस्टेंस।

हल : प्राइमरी रजिस्टेंस $R_1 = 3.45 \Omega$ सेकेण्डरी रजिस्टेंस, $R_2 = 0.025 \Omega$ ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात, $K = \frac{220}{2000} = 0.11$ (i) प्राइमरी के समतुल्य रजिस्टेंस को सेकेण्डरी में संदर्भित किया जाता है अर्थात् R'_1 दिया है

$$R'_1 = K^2 R_1 = (0.11)^2 \times 3.45$$

$$R'_1 = 0.0417 \Omega \text{ उत्तर}$$

(ii) प्राइमरी को संदर्भित सेकेण्डरी के समतुल्य रजिस्टेंस

$$R'_2 = \frac{R_2}{K^2} = \frac{0.025}{(0.11)^2}$$

$$R'_2 = 2.06 \Omega \text{ उत्तर}$$

(iii) प्राइमरी के लिए संदर्भित कुल रजिस्टेंस

$$\text{अर्थात् } R_{01} = R_1 + R'_2 = 3.45 + 2.06 = 5.51 \Omega \text{ उत्तर}$$

(iv) सेकेण्डरी के लिए संदर्भित कुल रेजिस्टेंस

$$\text{अर्थात् } R_{02} = R_2 + R'_1 = 0.025 + 0.0417 = 0.667 \Omega \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 3.32. 2000/220 V ट्रांसफॉर्मर में क्रमशः 5.2 ओह्म और 0.04 ओह्म का प्राइमरी और सेकेंडरी रिएक्टेंस होती हैं। ज्ञात करो—

(i) प्राइमरी के समतुल्य रिएक्टेंस सेकेंडरी के लिए संदर्भित।

(ii) सेकेंडरी के समतुल्य रिएक्टेंस प्राइमरी के लिए संदर्भित

(iii) कुल रिएक्टेंस प्राइमरी के लिए संदर्भित

(iv) कुल रिएक्टेंस के लिए सेकेण्डरी के लिए संदर्भित

हल : प्राइमरी रिएक्टेंस, $X_1 = 5.2 \Omega$ सेकेण्डरी रिएक्टेंस, $X_2 = 0.04 \Omega$ ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात, $K = \frac{220}{2000} = 0.11$

(i) सेकेण्डरी को संदर्भित प्राइमरी की समतुल्य रिएक्टेंस

$$X'_1 = K^2 X_1 = (0.11)^2 \times 5.2 = 0.663 \Omega \text{ उत्तर}$$

(ii) प्राइमरी को संदर्भित सेकेण्डरी की समतुल्य रिएक्टेंस

$$X'_2 = \frac{X_2}{K^2} = \frac{0.04}{(0.11)^2} = 3.3 \Omega \text{ उत्तर}$$

(iii) प्राइमरी के संदर्भित कुल रिएक्टेंस,

$$X_{01} = X_1 + X'_2 = 5.2 + 3.3 = 8.5 \Omega \text{ उत्तर}$$

(iv) सेकेण्डरी के संदर्भित कुल रिएक्टेंस,

$$X_{02} = X_2 + X'_1 = 0.04 + 0.663 = 0.103 \Omega \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 3.33. 50 kVA, 4400/220 V ट्रांसफॉर्मर में 3.45 ओह्म का प्राइमरी रेजिस्टेंस और 0.009 ओह्म का सेकेंडरी रेजिस्टेंस है। प्राइमरी और सेकेंडरी रिएक्टेंस का मान 5.2 Ω और 0.015 Ω हैं। गणना करें—

(i) समतुल्य रेजिस्टेंस को प्राइमरी के रूप में संदर्भित किया है।

(ii) समतुल्य रेजिस्टेंस को सेकेण्डरी के रूप में संदर्भित किया है।

(iii) प्राइमरी और सेकेण्डरी दोनों के लिए संदर्भित समतुल्य रिएक्टेंस।

(iv) प्राइमरी और सेकेंडरी दोनों के लिए संदर्भित समतुल्य इम्पीडेंस।

(iv) कुल कॉपर लॉस, पहले दोनों वाइंडिंग के व्यक्तिगत रेजिस्टेंस का उपयोग करना और फिर प्रत्येक साइड के लिए संदर्भित समतुल्य रेजिस्टेंस का उपयोग करना।

हल :

ट्रांसफॉर्मर की पावर रेटिंग, $P = 50 \text{ kVA}$

प्राइमरी वोल्टेज, $V_1 = 4400 \text{ V}$

सेकेंडरी वोल्टेज, $V_2 = 220 \text{ V}$

प्राइमरी फुल लोड करंट, $I_1 = \frac{50 \times 10^3}{4400} = 11.36 \text{ A}$

सेकेंडरी फुल लोड करंट, $I_2 = \frac{50 \times 10^3}{220} = 227 \text{ A}$

प्राइमरी रजिस्टेंस, $R_1 = 3.45 \Omega$

प्राइमरी रियेक्टेंस, $X_1 = 5.2 \Omega$

सेकेंडरी रजिस्टेंस, $R_2 = 0.009 \Omega$

सेकेंडरी रियेक्टेंस, $X_2 = 0.015 \Omega$

ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात, $K = \frac{220}{4400} = \frac{1}{20}$

(i) प्राइमरी के लिए संदर्भित समतुल्य रजिस्टेंस

$$\text{अर्थात् } R_{01} = R_1 + R_2' = R_1 + \frac{R_2}{K^2} = 3.45 + \frac{0.009}{(1/20)^2} = 3.45 + 3.6$$

$$\therefore R_{01} = 7.05 \Omega \text{ Ans.}$$

(ii) सेकेंडरी के लिए संदर्भित समतुल्य रजिस्टेंस

$$\text{अर्थात् } R_{02} = R_2 + R_1' = R_2 + K^2 \cdot R_1 = 0.009 + \left(\frac{1}{20}\right)^2 \times 3.45$$

$$= 0.009 + 0.0086$$

$$\therefore R_{02} = 0.0176 \Omega \text{ Ans.}$$

(iii) प्राइमरी के लिए संदर्भित समतुल्य रियेक्टेंस

$$\text{अर्थात् } X_{01} = X_1 + X_2' = X_1 + \frac{X_2}{K^2} = 5.2 + \frac{0.015}{(1/20)^2} = 5.2 + 6.0$$

$$\therefore X_{01} = 0.028 \Omega \text{ उत्तर}$$

सेकेंडरी के लिए संदर्भित समतुल्य रियेक्टेंस

$$\text{अर्थात् } X_{02} = X_2 + X_1' = X_2 + K^2 X_1$$

$$= 0.015 + \left(\frac{1}{20}\right)^2 \times 5.2 = 0.015 + 0.013$$

$$\therefore X_{02} = 0.028 \Omega \text{ उत्तर}$$

(iv) प्राइमरी के रूप में समतुल्य इम्पीडेंस

अर्थात्

$$Z_{01} = \sqrt{(R_{01})^2 + (X_{01})^2}$$

और

$$Z_{01} = \sqrt{(7.05)^2 + (11.2)^2} = 13.23 \Omega \text{ उत्तर}$$

सेकेंडरी के लिए संदर्भित समतुल्य इम्पीडेंस

अर्थात्

$$Z_{02} = \sqrt{(R_{02})^2 + (X_{02})^2}$$

$$= \sqrt{(0.0176)^2 + (0.028)^2} = 0.0331 \Omega \text{ उत्तर}$$

विकल्प :

$$R_{02} = K^2 \cdot R_{01} = \left(\frac{1}{20}\right)^2 \times 7.05 = 0.0176 \Omega \text{ ...check}$$

$$X_{02} = K^2 \cdot X_{01} = \left(\frac{1}{20}\right)^2 \times 11.2 = 0.028 \Omega \text{ ...check}$$

$$Z_{02} = K^2 \cdot Z_{01} = \left(\frac{1}{20}\right)^2 \times 13.23 = 0.0331 \Omega \text{ ...check}$$

(v) व्यक्तिगत (Individual) रेजिस्टेंस का उपयोग करके कुल कॉपर लॉस,

अर्थात्

$$\text{कॉपर लॉस} = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2$$

$$= (11.36)^2 \times 3.45 + (227)^2 \times 0.009 = 910 \Omega \text{ उत्तर}$$

समतुल्य रेजिस्टेंस का उपयोग करते हुए कुल कॉपर

$$\text{कॉपर लॉस} = I_1^2 \cdot R_{01} = (11.36)^2 \times 7.05 = 910 \Omega$$

इसलिए,

$$\text{कॉपर लॉस} = I_2^2 \cdot R_{02} = (227)^2 \times 0.0176 = 910 \Omega$$

उदाहरण 3.34. 40 kVA की प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग, 6600/250 V सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में क्रमशः 10Ω और 0.02Ω का रेजिस्टेंस है। प्राइमरी वाइंडिंग के लिये संदर्भित कुल लोकेज रियेक्टेंस 35 ohm है। पॉवर फैक्टर पर फुल लोड रेगुलेशन ज्ञात करें—

(a) 0.8 लैगिंग (b) यूनिटी, (c) 0.8 लैगिंग।

हल :

(a) प्राइमरी वोल्टेज, $V_1 = 6600 \text{ V}$

सेकेंडरी वोल्टेज, $V_2 = 250 \text{ V}$

$$\text{ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात, } K = \frac{250}{6600} = 0.03788$$

सेकेंडरी के लिए संदर्भित समतुल्य रजिस्टेंस

$$R_{02} = R_2 + R_1 K^2 = 0.02 + (0.03788)^2 \times 10 = 0.3435$$

सेकेंडरी के लिए संदर्भित समतुल्य रियेक्टेंस

$$X_{02} = K^2 X_{01} = (0.03788)^2 \times 35 = 0.05022 \Omega$$

$$\text{सेकेंडरी करंट, } I_2 = \frac{40 \times 1000}{250} = 160 \text{ A}$$

पॉवर फैक्टर, $\cos \phi_2 = 0.8$

$$\sin \phi = \sqrt{1 - \cos^2 \phi} = \sqrt{1 - (0.8)^2} = 0.6$$

0.8 लैगिंग पॉवर फैक्टर पर वोल्टेज रेगुलेशन

$$\begin{aligned} &= \frac{I_2 R_{e2} \cos \phi_2 + I_2 X_{e2} \sin \phi_2}{V_2} \\ &= \frac{160 \times 0.03435 \times 0.8 + 160 \times 0.05022 \times 0.6}{250} \times 100 \\ &= 3.687\% \text{ उत्तर} \end{aligned}$$

(b) यूनिटी पॉवर फैक्टर पर वोल्टेज रेगुलेशन

$$\begin{aligned} &= \frac{I_2 R_{e2} \cos \phi_2 - I_2 X_{e2} \sin \phi_2}{V_2} \\ &= \frac{160 \times 0.03435 \times 0.8 - 160 \times 0.05022 \times 0.6}{250} \times 100 \\ &= -0.361\% \text{ उत्तर} \end{aligned}$$

(-ve चिह्न लोडिंग पॉवर फैक्टर के परम आता है)

उदाहरण 3.35. एक ट्रांसफॉर्मर के रेगुलेशन की गणना करें जिसमें ओह्मिक ड्रॉप 1% है और पॉवर फैक्टर पर वोल्टेज का रिएक्शन ड्रॉप 5% है

(i) 0.8 लैगिंग

(ii) 0.8 लैगिंग

हल : प्रतिशत रजिस्टेन्स ड्रॉप = $\frac{I_2 R_{e2}}{E_2} \times 100 = 1$

प्रतिशत रिएक्टिव ड्रॉप = $\frac{I_2 X_{e2}}{E_2} \times 100 = 5$

(i) जब पॉवर फैक्टर

$\cos \phi = 0.8$ लैगिंग

$\sin \phi = 0.6$

वोल्टेज रेगुलेशन = $\frac{I_2 R_{e2} \cos \phi_2 + I_2 X_{e2} \sin \phi_2}{E_2} \times 100$

$$= \frac{I_2 R_{e2}}{E_2} \times 100 \cos \phi + \frac{I_2 X_{e2}}{E_2} \sin \phi$$

$$= 1 \times 0.8 + 5 \times 0.6 = 3.8\% \text{ Ans.}$$

(ii) जब पॉवर फैक्टर

$\cos \phi = 0.8$ (leading)

$\sin \phi = -0.6$

वोल्टेज रेगुलेशन = $\frac{I_2 R_{e2}}{E_2} \times \cos \phi + \frac{I_2 X_{e2}}{E_2} \times 100 \sin \phi$

$$= 1 \times 0.8 + 5 \times (-0.6) = -2.2\% \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 3.36. पूरे दिन की एफिशिएंसी से आप क्या समझते हैं? 5 KVA ट्रांसफॉर्मर में 34 W मेन लॉसेज होते हैं और फुल लोड पर 40 W कॉपर लॉसेज होते हैं यह 6 घंटे के लिए रेटेड और 0.8 पॉवर फैक्टर से ऑपरेट होता है एक हॉफ रेटेड और 0.5 पॉवर फैक्टर 12 घंटे के लिए और 6 घंटे के लिए कोई लोड नहीं। इसकी पूरे दिन की एफिशिएंसी क्या है?

हल :

फुल लोड आउटपुट = 5 kVA

फुल लोड कॉपर लॉस, $P_c = 40$ W

आयरन लॉस, $P_i = 34$ W

पूरे दिन को आउटपुट = $5 \times 0.8 \times 6 + \frac{1}{2} \times 5 \times 0.5 \times 12 = 39$ kWh

कॉपर लॉस 24 घंटे के लिए = $40 \times 6 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 40 \times 12 = 360$ Wh = 0.36 kWh

आयरन लॉस 24 घंटे के लिए = $24 \times 34 = 816$ Wh = 0.816 kWh

पूरे दिन को इनपुट = $39 + 0.36 + 0.816 = 40.176$ kWh

पूरे दिन की एफिशिएंसी, $\eta = \frac{\text{ऑल-डे आउटपुट}}{\text{ऑल-डे इनपुट}} \times 100 = \frac{39}{40.176} \times 100 = 97.07\% \text{ उत्तर}$

उदाहरण 3.37. 1000 kVA ट्रांसफॉर्मर पर लोड की दैनिक भिन्नता (variation) इस प्रकार है—

8.00 AM to 1.00 PM — 65 kW, 35 kVAR

1.00 PM to 6.00 PM — 80 kW, 50 kVAR

6.00 PM to 1.00 AM — 30 kW, 30 kVAR

1.00 AM to 8.00 AM — No-load

इस ट्रांसफॉर्मर में 270 watts का कोई लोड कोर लॉस नहीं है और 1200 watts का फुल लोड ओह्मिक लॉस है। ट्रांसफॉर्मर की पूरे दिन की एफिशिएंसी निर्धारित करें।

हल :

पूरे दिन को आउटपुट = $65 \times 5 + 80 \times 5 + 30 \times 7 = 935$ kWh

आयरन लॉस 24 घंटे = $\frac{270 \times 24}{1,000} = 6.48$ kWh

kVA में लोड 8.00 AM से 1.00 PM तक = $\sqrt{kW^2 + kVAR^2} = \sqrt{65^2 + 35^2} = 73.824$ kVA

kVA में लोड 1.00 PM से 6.00 PM तक = $\sqrt{80^2 + 50^2} = 94.34$ kVA

kVA में लोड 6.00 PM से 1.00 AM तक = $\sqrt{30^2 + 30^2} = 42.426$ kVA

कॉपर लॉसेज 24 घंटे के लिए = $\left(\frac{73.824}{100}\right)^2 \times 1,200 \times 5 + \left(\frac{94.34}{100}\right)^2 \times 1,200 \times 5 + \left(\frac{42.426}{100}\right)^2 \times 1,200 \times 7$

= 10.122 Wh or 10.122 kWh

पूरे दिन की एफिशिएंसी, $\eta = \frac{935}{935 + 6.48 + 10.122} \times 100 = 98.26\% \text{ उत्तर}$

उदाहरण 3.38. 230/110 kVA ट्रांसफॉर्मर पर ओपन सर्किट और शॉर्ट सर्किट टेस्ट के लिए सर्किट डायग्राम बनाएँ और उपकरण की रेटिंग बताएँ।

हल : किसी दिए गए ट्रांसफॉर्मर 230/110 V, 4 kVA के लिए उपकरण रेटिंग के साथ सर्किट डायग्राम

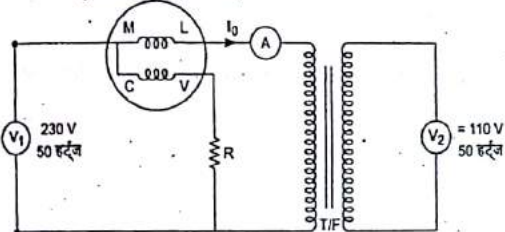
उपकरण रेटिंग $V_L = 0 - 300$ V

$A = 0 - 5$ A

$W_0 = 0 - 250$ W

$W_{sc} =$ कॉपर लॉस

$W_0 =$ आयरन लॉस (Iron loss)



चित्र 3.53 ट्रांसफॉर्मर पर ओपन सर्किट टेस्ट (Open Circuit Test on the Transformer)

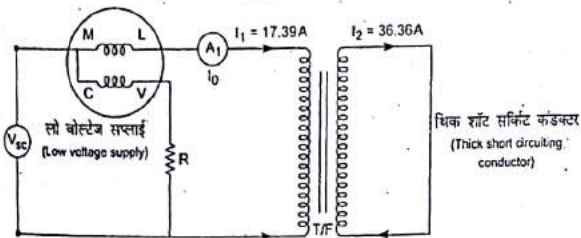
उपकरण रेटिंग

$V_{sc} = 0 - 50$ V

$A_1 = 0 - 30$ A

$W_{sc} = 0 - 500$ W

फुल लोड सेकेण्डरी करंट, $I_2 = \frac{4 \times 1000}{230} = 17.39$ A



चित्र 3.54 ट्रांसफॉर्मर पर शॉर्ट सर्किट टेस्ट (Short Circuit Test on the Transformer)

फुल लोड सेकेण्डरी करंट, $I_1 = \frac{4 \times 1000}{110} = 36.36$ A

नो लोड पर (जब सेकेण्डरी को शॉर्ट सर्किट किया गया हो)

वोल्टमीटर रीडिंग $= E_1 = 230$ V

$I_0 =$ नो लोड प्राइमरी

$= 2$ से 10% के फुल लोड करंट

$= 0.36$ to 1.8 A

$\cos \phi_0 = 0.7$

आयरन लॉस $= V_1 I_0 \cos \phi_0 = 230 \times 1.8 \times 0.7 = 289.8$ W

इसलिए, उपकरण रेटिंग

वोल्टमीटर $= 0 - 300$ V

अमीटर $= 0 - 5$ A

वाटमीटर $= 0 - 300$ W

शॉर्ट-सर्किट पर

$V_{sc} =$ शॉर्ट सर्किट वोल्टेज

$=$ लगभग फुल लोड वोल्टेज का $\frac{1}{10}$ लोड वोल्टेज $= \frac{230}{10} = 23$ V

एमीटर रीडिंग

$I_1 = 17.39$ A

फुल लोड पावर फैक्टर मानते हुए $= \cos \phi = 0.8$

वाटमीटर रीडिंग $= V_{sc} I_1 \cos \phi = 23 \times 17.39 \times 0.8 = 319.97$ W

इसलिए उपकरण रेटिंग

वोल्टमीटर $= 0 - 50$ V

एमीटर $= 0 - 20$ A

वाटमीटर $= 0 - 500$ W

उदाहरण 3.39. 4:1 के अनुपात के साथ सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में 0.5Ω और 1.5Ω का प्राइमरी रजिस्टेंस और रिएक्टेंस है और सेकेण्डरी के लिए संबंधित माना क्रमशः 0.034Ω और 0.1Ω हैं। प्रतिशत रेगुलेशन निर्धारित करें जब पावर फैक्टर पर 600 V में 120 V वितरित करें—(i) 0.707 लैगिंग, (ii) 0.8 लैगिंग

हल :

टर्न अनुपात $= \frac{4}{1}$

प्राइमरी रजिस्टेंस, $R_1 = 0.5 \Omega$

प्राइमरी रिएक्टेंस, $X_1 = 1.5 \Omega$

सेकेण्डरी रजिस्टेंस, $R_2 = 0.034 \Omega$

सेकेण्डरी रिएक्टेंस, $X_2 = 0.1 \Omega$

ट्रांसफॉर्मेशन रेशो, $K = \frac{1}{4}$

सेकेण्डरी लोड करंट $I_2 = 120$ A

सेकेण्डरी फुल लोड टर्मिनल वोल्टेज, $V_2 = 600$ V

प्राइमरी के समतुल्य रजिस्टेन्स को सेकेण्डरी में संदर्भित किया जाता है।

$$\text{अर्थात् } R'_1 = K^2 R_1 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 \times 0.5 = 0.031 \Omega$$

कुल समतुल्य रजिस्टेन्स को सेकेण्डरी में संदर्भित किया जाता है।

$$R_{02} = R_2 + R'_1 = 0.034 + 0.031 = 0.065 \Omega$$

सेकेण्डरी के समतुल्य रजिस्टेन्स को प्राइमरी में संदर्भित किया जाता है।

$$\text{अर्थात् } X'_1 = K^2 X_1 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 \times 1.5 = 0.093 \Omega$$

सेकेण्डरी में संदर्भित समतुल्य रिएक्टेंस का

$$X_{02} = X_2 + X'_1 = 0.1 + 0.093 = 0.193 \Omega$$

(i) पावर फैक्टर के लिए $\cos \phi_2 = 0.707$ (lag)

$$\sin \phi_2 = \cos^{-1} 0.707 = 0.707$$

सेकेण्डरी इंड्यूज्ड EMF

$$E_2 = V_2 + I_2 R_{02} \cos \phi_2 + I_2 X_{02} \sin \phi_2$$

$$\text{या } E_2 = 600 + 120 \times 0.065 \times 0.707 + 120 \times 0.193 \times 0.707$$

$$\text{या } E_2 = 600 + 5.5146 + 16.43 = 621.9523$$

$$\% \text{ वोल्टेज रेगुलेशन} = \frac{E_2 - V_2}{E_2} \times 100 = \left(\frac{621.9523 - 600}{621.9523} \right) \times 100 = 3.53\% \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 3.40. 25 kVA, 2300/230 V सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में, आयरन लॉसेस 320 वाट और फुल लोड कॉपर लॉसेस 400 वाट हैं। गणना करें—

(i) फुल लोड पर एफिशिएंसी यूनिटी पावर फैक्टर

(ii) फुल लोड पर एफिशिएंसी, 0.8 लैगिंग पावर फैक्टर

(iii) फुल लोड पर एफिशिएंसी 0.8 लीडिंग पावर फैक्टर

हल : (i) यूनिटी पावर फैक्टर पर

$$\text{आउटपुट} = 25 \text{ kVA यूनिटी पावर फैक्टर पर}$$

$$= 25 \times 1 = 25 \text{ kW}$$

$$\text{कॉपर लॉस} = 400 \text{ W} = 0.4 \text{ kW}$$

$$\text{आयरन लॉस} = 320 \text{ W} = 0.32 \text{ kW}$$

$$\text{कुल लॉसेस} = 0.4 + 0.32 = 0.72 \text{ kW}$$

$$\text{इनपुट} = 25 + 0.72 = 25.72 \text{ kW}$$

$$\text{एफिशिएंसी } (\eta_{KL}) = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{इनपुट}} \times 100 = \frac{25}{25.72} \times 100 = 97.2\%$$

(ii) 0.8 लैगिंग पावर फैक्टर

$$\text{आउटपुट} = 25 \times 0.8 = 20 \text{ kW}$$

$$\text{कॉपर लॉसेस} = 0.4 \text{ kW}$$

$$\text{आयरन लॉसेस} = 0.32 \text{ kW}$$

$$\text{इनपुट} = 20.72 \text{ kW}$$

$$\text{एफिशिएंसी, } (\eta_{EL}) = \frac{20}{20.72} \times 100 = 96.25\% \quad \text{उत्तर}$$

(iii) 0.8 leading पावर फैक्टर चूँकि इनपुट और आउटपुट में कोई बदलाव नहीं हुआ इसलिए एफिशिएंसी अपरिवर्तित है अर्थात् 96.52%.

उदाहरण 3.41. एक 100 kVA, सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में निम्नलिखित परिणाम दिया है—

ओपन सर्किट टेस्ट, पावर खपत = 700 watts

शॉर्ट सर्किट टेस्ट, पावर खपत = 700 watts

ट्रांसफॉर्मर की एफिशिएंसी की गणना करें—

(i) हाफ लोड

(ii) फुल लोड

दोनों ही स्थितियों में पावर फैक्टर 0.08 लैगिंग मानें।

हल : (i) हाफ लोड पर एफिशिएंसी

$$\eta = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{इनपुट}}$$

या

$$\text{इनपुट} = \text{आउटपुट} + \text{लॉसेस}$$

और

$$\text{कुल लॉसेस} = \text{आयरन लॉसेस} + \text{कॉपर लॉसेस}$$

$$\text{हाफ लोड पर आउटपुट} = \frac{1}{2} \text{ kVA} \times \cos \phi$$

$$\eta = \frac{40}{50 \times 0.8 + P_i + P_c}$$

$$\text{हाफ लोड पर } P_i = \frac{700}{10^3} \text{ kW}$$

अतः ये लॉसेस को कॉस्टेस लॉसेस है।

और

$$P_c = \left(\frac{1}{2}\right)^2 400 = 400 \times \frac{1}{4} = \frac{100}{10^3} \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{50 \times 0.8}{50 \times 0.8 + \frac{700}{10^3} + \frac{100}{10^3}} = \frac{40}{40 + 0.7 + 0.1}$$

$$\text{प्रतिशत ऐफिशिएंसी} = \frac{40}{40.8} \times 100 = 98.03\% \quad \text{उत्तर}$$

(b)

$$\text{कुल लोड पर ऐफिशिएंसी} = \text{KVA} \times \cos \phi$$

$$\text{आउटपुट} = 100 \times 0.8 = 80 \text{ kW}$$

$$\text{आयरन लॉसेस, } P_i = \frac{700}{10^3} = 0.7 \text{ kW}$$

$$\text{कॉपर लॉसेस, } P_c = \frac{400}{10^3} = 0.4 \text{ kW}$$

$$\% \text{ ऐफिशिएंसी} = \frac{80}{80 + 0.7 + 0.4} \times 100 = \frac{8000}{81.1} = 98.64\% \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 3.42. एक 25 kVA ट्रांसफॉर्मर में आयरन और कुल लोड कॉपर लॉसेस क्रमशः 350 W और 400 W हैं। ऐफिशिएंसी की गणना (a) कुल लोड यूनिटी पॉवर फैक्टर (b) हॉफ़ कुल लोड, 0.8 पॉवर फैक्टर लोड। अधिकतम ऐफिशिएंसी के लिए लोड भी निर्धारित करें।

$$\text{हल : कुल लोड कॉपर लॉसेस, } P_c = 400 \text{ W} = 0.4 \text{ kW}$$

$$\text{आयरन लॉसेस, } P_i = 350 \text{ W} = 0.35 \text{ kW}$$

(a) कुल लोड पर और यूनिटी पॉवर फैक्टर

$$\text{आउटपुट, } P = \text{KVA} \times \text{पॉवर फैक्टर} = 25 \times 1 = 25 \text{ kW}$$

$$\text{कुल लॉसेस} = P_c + P_i = 0.4 + 0.35 = 0.75 \text{ kW}$$

$$\text{इनपुट} = \text{आउटपुट} + \text{कुल लॉसेस}$$

$$= 25 + 0.75 = 25.75 \text{ kW}$$

$$\text{ऐफिशिएंसी, } \eta = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{इनपुट}} \times 100 = \frac{25}{25.75} \times 100 = 97.09\% \quad \text{उत्तर}$$

(b) हॉफ़ कुल लोड पर और 0.8 पॉवर फैक्टर लोड

$$\text{आउटपुट} = \frac{1}{2} \times \text{rated kVA} \times \text{P.F.} = \frac{1}{2} \times 25 \times 0.8 = 10 \text{ kW}$$

$$\text{कॉपर लॉसेस} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 P_c = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 0.4 = 0.1 \text{ kW}$$

$$\text{कुल लॉसेस} = 0.1 + 0.35 = 0.45 \text{ kW}$$

$$\text{इनपुट} = \text{आउटपुट} + \text{कुल लॉसेस} = 10 + 0.45 = 10.45 \text{ kW}$$

$$\text{ऐफिशिएंसी, } \eta = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{इनपुट}} \times 100 = \frac{10}{10.45} \times 100 = 95.69\% \quad \text{उत्तर}$$

इस लोड पर अधिकतम ऐफिशिएंसी होती जो कॉपर लॉसेस के बराबर आयरन लॉसेस का कारण बनता है। बता दें कि लोड कुल लोड का x गुना है। तब

$$\text{कॉपर लॉसेस} = \text{आयरन लॉसेस}$$

$$x^2 P_c = P_i$$

और

$$x = \sqrt{\frac{P_i}{P_c}} = \sqrt{\frac{350}{400}} = 0.9354$$

अतः अधिकतम ऐफिशिएंसी के अनुरूप kVA में लोड

$$= x \times \text{rated kVA}$$

$$= 0.9354 \times 25 = 23.38 \text{ kVA} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 3.43. एक 50 kVA, 6600/200 V ट्रांसफॉर्मर ने निम्नलिखित परिणाम दिए:

ओपन सर्किट टेस्ट: $I_0 = 0.328$, $W_0 = 650$ W, सेकेंडरी ओपन सर्किट के साथ।

शॉर्ट सर्किट टेस्ट: प्राइमरी सेकेंडरी शॉर्ट सर्किट के लिए 23 वोल्ट की स्प्लाइं

 $I_1 = 7.58$ A, $W_c = 885$ W. कुल लोड करंट की ऐफिशिएंसी की गणना करें—

(i) यूनिटी पॉवर फैक्टर पर

(ii) 0.8 पॉवर फैक्टर पर

उस लोड की भी गणना करें जिस पर अधिकतम ऐफिशिएंसी होती है और उसका मान क्या है?

$$\text{हल : कुल लोड प्राइमरी करंट} = \frac{50 \times 10^3}{6600} = 7.58 \text{ A}$$

(i) यूनिटी पॉवर फैक्टर पर आउटपुट = $50 \times 1 = 50 \text{ kW}$

$$P_i = 650 \text{ W or } 0.65 \text{ kW (given)}$$

$$P_c = 885 \text{ W or } 0.885 \text{ kW (given)}$$

$$\% \eta = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{इनपुट}} \times 100$$

$$= \frac{50}{50 + 0.65 + 0.885} \times 100 = 95\% \quad \text{उत्तर}$$

(ii) 0.8 पॉवर फैक्टर पर आउटपुट = $50 \times 0.8 = 40 \text{ kW}$

$$= \frac{40}{40 + 0.65 + 0.885} \times 100 = 96.3\% \quad \text{उत्तर}$$

लोड पर उपलब्ध महत्तम ऐफिशिएंसी, जब आयरन लॉसेस तथा कॉपर लॉसेस बराबर होते हैं माना कि लोड, कुल लोड का x गुना है।

$$P_i = x^2 P_c$$

$$x^2 = \frac{P_i}{P_c} = \frac{0.65}{0.885}$$

$$x = \sqrt{\frac{0.65}{0.885}} = 0.857$$

फुल लोड के 0.857 पर महत्तम एफिशिएंसी

$$\text{आउटपुट, } P = 0.857 \times 50 \times 0.8 = 34.28 \text{ kW}$$

$$\eta_{\max} = \frac{34.28}{34.28 + 0.65 + 0.65} \times 100 = 96.34\% \text{ उत्तर.}$$

उदाहरण 3.44. यदि फुल लोड पर P_1 और P_2 ट्रांसफॉर्मर के आयरन और कॉपर लॉसेस हैं। P_1 और P_2 के अनुपात को ज्ञात करें कि अधिकतम एफिशिएंसी फुल लोड के 75% पर होती है।

हल :

$$\text{आयरन लॉस} = P_i = P_1$$

$$\text{फुल लोड के 75\% पर कॉपर लॉस} = x^2 P_c = \left(\frac{3}{4}\right)^2 P_2 = \frac{9}{16} P_2$$

$$\text{अधिकतम एफिशिएंसी के लिए, } x^2 P_c = P_i$$

$$\therefore \left(\frac{9}{16}\right) P_2 = P_1$$

अभ्यास

1. ट्रांसफॉर्मर में वोल्टेज रेगुलेशन को परिभाषित करें। सेकेंडरी टर्मिनल वोल्टेज के कारण क्या होता है जब लोड बढ़ जाता है।
2. ट्रांसफॉर्मर में विभिन्न लॉस क्या हैं और बताएं कि लोड के साथ लॉस कैसे बदलते हैं?
3. सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर के EMF के लिए समीकरण स्थापित करें।
4. सिंगल स्टेज ट्रांसफॉर्मर के सिद्धांत को समझाइए।
5. ओपन सर्किट और शॉर्ट सर्किट टेस्ट के बारे में बताएं।
6. करेंट ट्रांसफॉर्मर और पोटेण्शियल ट्रांसफॉर्मर की संरचना के कार्य के सिद्धांत और अनुप्रयोगों की व्याख्या करें।
7. नो लोड के सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर के ऑपरेशन की व्याख्या करें।
8. सिद्ध करें कि ट्रांसफॉर्मर की अधिकतम एफिशिएंसी के लिए कॉपर लॉस आयरन लॉस के समान हैं।
9. एक आदर्श ट्रांसफॉर्मर के लैगिंग पावर फैक्टर लोड पर वेक्टर आरेख की व्याख्या करें।
10. ऑटो ट्रांसफॉर्मर की संरचना और कार्य विधि की व्याख्या करें।
11. कोर टाइप और शैल टाइप ट्रांसफॉर्मर के बीच अंतर स्पष्ट करें।
12. ड्राई टाइप के ट्रांसफॉर्मर के कार्य सिद्धांत की व्याख्या करें।
13. रेक्टिफायर ट्रांसफॉर्मर और फर्नेस ट्रांसफॉर्मर के बीच अंतर बताएं।
14. वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर की संरचना और कार्य विधि का वर्णन करें।
15. ओपन सर्किट और शॉर्ट सर्किट टेस्टिंग द्वारा समतुल्य रजिस्टेंस के कौन से पैरामीटर निर्धारित किए जा सकते हैं? उन्हें कैसे जाना जाता है?



श्री फेज ट्रांसफॉर्मर (THREE PHASE TRANSFORMER)

Inside this Chapter

4.1 Construction of three phase transformers and accessories of transformers such as Conservator, breather, Buchholz Relay, Tap Changer (off load and on load) (Brief idea); 4.2 Types of three phase transformer i.e. delta-delta, delta-star, star-delta and starstar; 4.3 Star delta connections (relationship between phase and line voltage, phase and line current); 4.4 Conditions for parallel operation (only conditions are to be studied); 4.5 On load tap changer; 4.6 Difference between power and distribution transformer; 4.7 Cooling of transformer; 4.8 Rating and Specifications of three phase transformers

4.1 परिचय (Introduction)

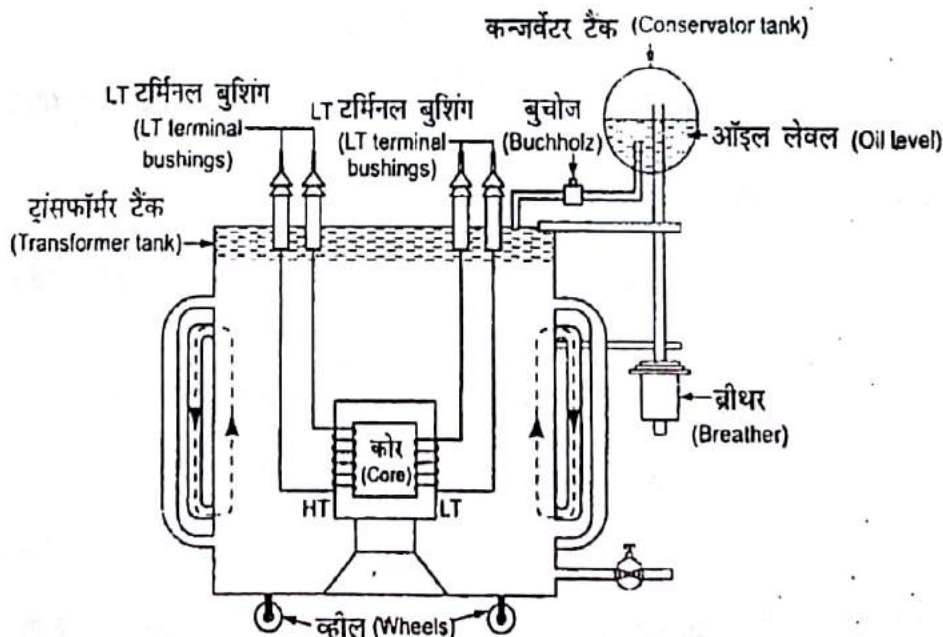
चूंकि पावर डिस्ट्रीब्यूशन सिस्टम के लिए 3-फेज का उपयोग अक्सर किया जाता है, इसलिए यह समझ में आता है कि हमें 3-फेज ट्रांसफॉर्मर की आवश्यकता होगी जो वोल्टेज को स्टेप अप तथा स्टेप डाउन करने में सक्षम होंगे।

यह केवल आंशिक रूप से सच है, क्योंकि नियमित रूप से सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर को एक विशेष तीन-फेज ट्रांसफॉर्मर के लिए आवश्यकता को समाप्त करते हुए, विभिन्न प्रकार के कॉन्फिगरेशन में दो, तीन-फेज सिस्टम के बीच पावर को बदलने के लिए एक साथ गैंग किया जा सकता है।

हालांकि, विशेष 3 फेज ट्रांसफॉर्मर उन कार्यों के लिए बनाए गए हैं और उनके मॉड्यूलर काउंटर पार्ट्स की तुलना में कम सामग्री की आवश्यकता, कम आकार और कम वजन के साथ प्रदर्शन करने में सक्षम हैं।

4.2 तीन फेज ट्रांसफॉर्मर की संरचना (Construction of Three Phase Transformer)

जो ट्रांसफॉर्मर एनर्जी के अपेक्षाकृत बड़ी मात्रा में संफेज और वितरण के लिए ट्रांसमिशन लाइनों पर उपयोग किया जाता है। उसे पावर ट्रांसफॉर्मर कहा जाता है। इसका उपयोग पावर जनरेशन और ट्रांसमिशन सिस्टम के लिए किया जाता है। पावर ट्रांसफॉर्मर की वोल्टेज रेटिंग आमतौर पर 11 kV से ऊपर होती है।



चित्र 4.1

4.3 पावर ट्रांसफॉर्मर के विभिन्न भाग (Different Parts of Power Transformer)

4.3.1 ट्रांसफॉर्मर की बुशिंग (H.V. साइड और L.V. साइड के लिए) (Bushing of Transformer for H.V. side and L.V. side)

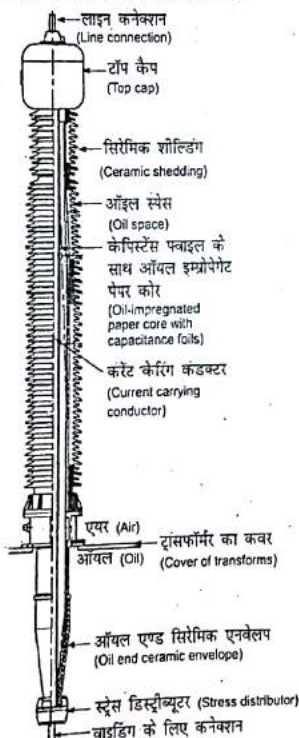
पावर ट्रांसफॉर्मर की बुशिंग एक प्रकार का पोर्सिलेन या इबोनाइट पोस्ट इंसुलेटर है, जो ट्रांसफॉर्मर टैंक के ऊपर या किनारे पर लगाया जाता है। जिसके माध्यम से बाहरी सर्किट से कनेक्शन बनाया जाता है।

बुशिंग के प्रकार इस प्रकार हैं—

- पोर्सिलेन इंसुलेटर बुशिंग 11 kV तक प्रयोग किया जाता है।
- ऑयल से भरी बुशिंग में 33 kV से ऊपर वोल्टेज के लिए प्रयोग किए गए अपने केंद्र के माध्यम से एक खोखले ट्यूब के आकार के कंडक्टर के साथ विशेष आकार के एक खोखले पोर्सिलेन सिलेंडर होते हैं।
- कैपेसिटर प्रकार की बुशिंग जो बेकलाइट पेपर को मोटी परतों से बनी होती है। जो कि टिन की पत्री की पतली ग्रेड वाली परतों के साथ बारी-बारी से पोर्सिलेन रैन शेड द्वारा कवर की जाती है। और रैन शेड और बुशिंग के गोल स्पेस में बिटूमन भरा जाता है। 33 kV से ऊपर वोल्टेज के लिए आउटडोर सबस्टेशन में प्रयोग किया जाता है।

4.3.1.1. कंडेनसर बुशिंग (Condenser Bushing)

सामान्य रचनात्मक विवरण चित्र 4.2 में दिखाए गए हैं। बुशिंग के सक्रिय भाग में एक ऑयल संदूषित कागज (impregnated paper) (OIP) कोर होता है। जो केंद्रीय ट्यूब/कंडक्टर पर तनाव के अंतर्गत फोल्ड कंट्रोल बाउंड के लिए कंडेनसर ग्रेडेड परतों के साथ बेहतर ग्रेड क्लास इंसुलेशन पेपर से निर्मित होता है। इन कंडेनसर लेयर इलेक्ट्रिकल रूप से एक टेस्ट टैप के माध्यम से फिक्सिंग फ्लेन्ज से जुड़ा हुआ है। कोर हीट और वैक्यूम के तहत सूख जाता है। और फिर इंसुलेट ऑयल बेहतर ग्रेड के साथ संदूषित (impregnated) होता है। बुशिंग के ऊपरी और निचले किनारों पर पोर्सिलेन इंसुलेटर, ऑयल रिविस्टेस उच्च गुणवत्ता वाले रबर गैस्केट और 'O' रिंग शक्तिशाली स्प्रिंग एक सेट के माध्यम से केंद्रीय ट्यूब के साथ एक साथ रखे जाते हैं। फिक्सिंग फ्लेन्ज टेस्ट टैप के साथ कैपिट्रेस और ऊँह डेल्टा को-माप के लिए प्रदान किया जाता है। ऑयल के ऊपर होने के दौरान ट्रांसफॉर्मर में फंसे हवा को छोड़ने के लिए हवा छोड़ने वाला पेच या बकोल्ज रिसे, प्रोडक्ट विवरण के लिए नेम प्लेट हैडल/लिफ्टिंग के लिए स्थान जोड़ा जा सकता है। ऑयल के एण्ड में, ट्रांसफॉर्मर के अंदर ऑयल में उच्च तनाव को कंट्रोल करने के लिए एक एर्पोक्सि कोटस्म शील्ड या वेस प्लेट प्रदान की जाती है। 245 kV और इसके बाद के बुशिंग रेटेड के लिए एक वियोज्य तल आर्क शील्ड प्रदान



चित्र 4.2

की जाती है। ट्रांसफॉर्मर और पोर्सिलेन इंसुलेटर के बीच की जगह को स्पेशल ट्रीटड मिनरल ऑइल से भर दिया जाता है। एक प्रिजमेटिक (300 kV तक) या मैग्नेटिक (400 kV तक) ऑइल विजन ग्लास विस्तार कटोरे पर प्रदान किया जाता है। एक टॉप टर्मिनल को ओवर हैड लाइन से जोड़ने के लिए प्रदान किया जाता है। टॉप शील्ड और वेस प्लेट के बीच अनुरोध पर आर्किंग हॉर्न प्रदान किए जाते हैं।

4.3.1.2. टेस्ट टैप (Test Tap)

टेस्ट टैप कैपिट्रेस, Tan डेल्टा और इंसुलेशन रिसिस्टेंस (IR) के मान को मापता है। यह सीधे कोर के अंतिम कंडेनसर पत्री के लिए एक कॉपर लैंड से जुड़ा हुआ है। सामान्य सर्विस के दौरान यह टेस्ट टैप टेस्ट टैप के द्वारा इलेक्ट्रिकली फ्लेन्ज से जुड़ा होता है। ग्रेडेड टेस्ट टैप कवर को सर्विस में रखने से पहले ठीक से फिक्स किया जाना चाहिए।

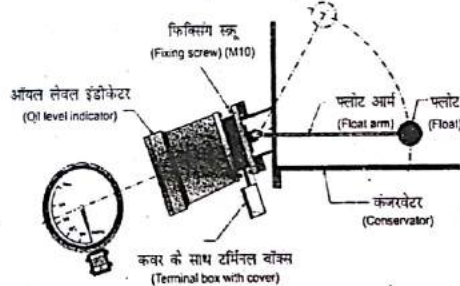
4.3.1.3. ट्रांसफॉर्मर की बुशिंग की पीरियोडिकल जाँच और रखरखाव (Periodical Check and Maintenance of the Bushing of Transformer) :

बुशिंग बुशिंग सेल्फ कंटेड यूनिट है। इसे कोई विशेष रखरखाव नहीं किया जाता है। हालांकि, ऑयल स्तर की एक पीरियोडिक जाँच और पोर्सिलेन की सफाई सामान्य रूप से पर्याप्त होगी।

बुशिंग की स्वस्थता का निर्धारण करने के लिए, वार्षिक रखरखाव के दौरान कैपिट्रेस और Tan डेल्टा का मापन किया जा सकता है। इन मानों की तुलना प्री-कमीशनिंग टेस्ट परिणामों से की जाती है। Tan डेल्टा का मान 0.007 से अधिक और कैपिट्रेस में 10% या अधिक की वृद्धि।

4.3.2. ट्रांसफॉर्मर की MOG (मैग्नेटिक ऑयल गेज) MOG (Magnetic Oil Gauge) of Transformer

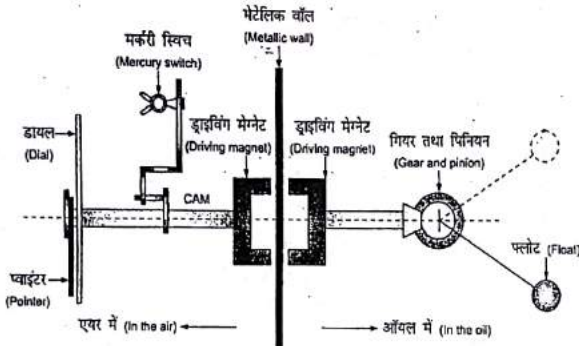
MOG (मैग्नेटिक ऑयल गेज) एक ऐसा उपकरण है, जिसके द्वारा हम टैंक या पावर ट्रांसफॉर्मर के कंजर्वेटर के अंदर तरल/ऑयल के स्तर को देख रेंज कर सकते हैं। और मारकरी स्विच बनाने के साथ हमें एक अलर्ट भी ऑयल लेवल इंडिकेशन भी देते हैं। यह कंजर्वेटर टैंक के निचले भाग में जुड़ा हुआ है जिसे चित्र 4.3 में दिखाया गया है।



चित्र 4.3

MOG के मैग्नेट में कंजर्वेटर ड्राइव होते हैं। और जो मैग्नेट स्थित होता है उसे पावर ट्रांसफॉर्मर के कंजर्वेटर टैंक के बाहर फिक्स किया जाता है। ड्राइविंग मैग्नेट घूमता है। और ऑयल स्तर की ऊँचाई के अनुरूप स्थिति प्राप्त करता है, क्योंकि यह फ्लोट के साथ लिंक है। ऑयल का स्तर बढ़ने या गिरने पर फ्लोट टिका होता है। और ऊपर या नीचे झुलता रहता है। यह उठता या गिरता है ड्राइविंग मैग्नेट को दक्षिणावर्त या एंटीक्लॉकवाइज को बेवल गियर की मदद से घुमाता

है। फोलोअर मैग्नेट एक प्वाइंटर और एक कैम रखता है। प्वाइंटर ऑयल के स्तर को पढ़ता है और कैम को पूर्व-निर्धारित निम्न स्तर के स्विच को ऑपरेट करने के लिए सेट किया जाता है जिसे चित्र 4.4 में दिखाया गया है।



चित्र 4.4

कैलिब्रेशन (Calibration)

MOG के डायल के स्टैंडर्ड कैलिब्रेशन खाली, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, और फुल है। खाली और फुल रूप से 65 मिमी से नीचे जाने के बाद निशान का कैलिब्रेशन किया जाता है ताकि कंजर्वेटर दोवार पर फ्लोट की स्टूडिंग्स से बचने के लिए नीचे और ऊपर के कंजर्वेटर से हो।

माउंटिंग (Mounting)

वांछित कोण पर बढ़ते पैड को ठीक करके आसानी से देखने के लिए जमीन (अधिकतम 300°C) की ओर टाइटेल्ड वाली स्थिति में इंडिकेटर लगाया जा सकता है या ऊर्ध्वाधर स्थिति में डायल और माउंटिंग पैड रखकर इंडिकेटर को माउंट किया जा सकता है। कंजर्वेटर पर इंडिकेटर की स्थिति को साइट की स्थिति के अनुरूप चुना जा सकता है।

अलार्म सर्किट (Alarm Circuit)

एक सामान्य रूप से खुले मरकरी स्विच को कम स्तर के अलार्म के लिए प्रदान किया जाता है।

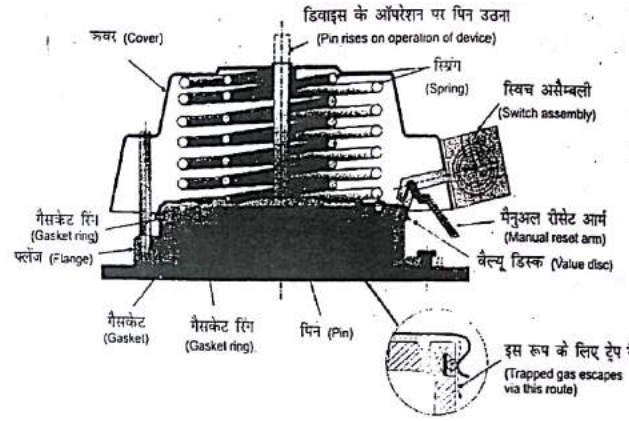
4.3.3. प्रेशर रिलीफ डिवाइस (Pressure Relief Device)

PRD (प्रेशर रिलीफ डिवाइस) एक उपकरण है, जिसका उपयोग उच्च ऑयल के दबाव से बचने के लिए किया जाता है। जो फॉल्ट की स्थिति में ट्रांसफॉर्मर के अंदर बनता है। इसे मैन टैंक के शीप पर लगाया गया है। PRD अत्यधिक दबाव से रिलीज हो जाता है जो एक गंभीर फॉल्ट की स्थिति में जनरेट हो सकता है। यह डिवाइस अलार्म/ट्रिप स्विच के साथ फिट है।

PRD में एक स्प्रिंग-लोडेड डायफ्राम होता है, जो इसके सक्रियण बल का तेजी से एम्पलीफिकेशन करता है और जैसे ही टैंक के अंदर दबाव, पूर्व निर्धारित दबाव से नीचे चला जाता है, वह ऑटोमेटिकली रीसेट हो जाएगा।

प्रेशर रिलीफ डिवाइस के संचालन के दौरान वाल्व डिस्क के साथ कवर में एक चमकीले रंग का कोडेड मैकेनिकल इंडिकेटर पिन होता है और इसे O' रिंग पिन बुशिंग द्वारा स्थिति में रखा जाता है। यह पिन जमीनी स्तर से स्पष्ट रूप से दिखाई देता है, जो एक संकेत देता है कि डिवाइस ऑपरेट है।

इंडिकेटर पिन को मैनुअल रूप से रीसेट किया जा सकता है जब तक कि यह वाल्व डिस्क पर टिकी हुई न हो। राहत उपकरण को शील्ड वेदरप्रूफ अलार्म/ट्रिप के साथ प्रदान किया जाता है और इसे वाल्व डिस्क के भूवर्धक द्वारा ऑपरेट किया जाता है।



चित्र 4.5

ऑपरेशन (Operation)

PRD अनिवार्य रूप से एक स्प्रिंग लोडेड वाल्व है जिसमें सक्रियण बल के तात्कालिक एम्पलीफिकेशन प्रदान करने का एक अनुा साधन है। चित्र 4.5 में, यह युनिट दिखाया गया है। PRD ट्रांसफॉर्मर पर लगस द्वारा फ्लैंग लगाया जाता है और गैसकेट के खिलाफ सील किया जाता है। वाल्व डिस्क स्प्रिंग लोडेड किया गया है और गैसकेट के छर्त्ते और स्प्रिंग द्वारा सील किया गया है। वाल्व संचालन प्रभावित होता है। जब गैसकेट रिंग में दबाव स्प्रिंग्स द्वारा स्थापित खुले दबाव से अधिक होता है। जैसे ही डिस्क गैसकेट रिंग से थोड़ा ऊपर की ओर बढ़ती है, ट्रांसफॉर्मर दबाव गैसकेट रिंग के व्यास के डिस्क क्षेत्र के संपर्क में जल्दी आ जाता है, जिसके परिणामस्वरूप बहुत अधिक बल बढ़ जाता है। और स्प्रिंग्स की बंद ऊंचाई के अनुरूप वाल्व तुरंत पूरा खुल जाता है। ट्रांसफॉर्मर का दबाव तेजी में सामान्य मान तक कम हो जाता है और वाल्व डिस्क से बंद स्थिति में स्प्रिंग्स वापस लौटती हैं।

PRD, कवर पर मौसम प्रूफ अलार्म स्विच असेंबली के साथ माउंटिंग की जाती है। स्विच असेंबली में सिंगल-पोल डबल-थ्रो स्विच शामिल है। वाल्व डिस्क के भूवर्धक द्वारा सक्रिय किए गए स्विच को हाथ से मैनुअल रूप से रीसेट किया जाता है।

4.3.4. बकोल्ज रिले (Buchholz Relay)

बकोल्ज रिले का आविष्कार Max Buchholz ने 1921 में किया था। बकोल्ज रिले एक महत्वपूर्ण सुरक्षा और निगरानी उपकरण है। जिसका उपयोग बड़े ऑयल में दूधे ट्रांसफॉर्मर (आमतौर पर 750 kVA से ऊपर) की रक्षा के लिए किया जाता है। जो मुख्य दोषों (धोमी गति से विकासशील दोष) जैसे कि कोर हीटिंग, वाइंडिंग की इन्सुलेशन फेलियर, लौक के कारण ऑयल के स्तर में गिरावट और अन्य के आंतरिक दोष कारण होता है।

यह एक गैस ऐक्टिवेटेड रिले है। जो ऑयल में डूबे हुए ट्रांसफॉर्मरों में स्थापित होता है। ट्रांसफॉर्मर में कई प्रकार के आंतरिक दोषों से सुरक्षा के लिए बिस्को 750 kVA या उससे ऊपर की रेटिंग होती है। (बुकोल्ज का उपयोग करने के लिए इसे अनिवार्य माना जाता है। 750 kVA से कम वाले ट्रांसफॉर्मरों के लिए रिले)

यह रिले नीचे दिए गए अनुसार दो कार्य करता है—

- इसका उपयोग आगेगी (घोमी गति से विकसित) फॉल्टों के केस में अलार्म देने के लिए किया जाता है या हम कह सकते हैं, कि यह कम गंभीर स्थिति होने पर अलार्म देता है।
- इसका उपयोग ट्रिप सर्किट को संकेत देने के लिए किया जाता है। जब कोई गंभीर आंतरिक दोष होता है। इसलिए, इसका उपयोग आपूर्ति से सर्किट को डिस्कनेक्ट करने के लिए किया जाता है।

बुकोल्ज रिले को पाइप पर स्थापित किया गया है, जिसका उपयोग कंजर्वेटर और ट्रांसफॉर्मर मुख्य टैंक को जोड़ने के लिए किया जाता है जैसा कि चित्र 4.6 में दिखाया गया है।

निर्माण (Construction)

बुकोल्ज रिले तल से भरा एक गुंबददार आकार का बर्तन है। और इसे कंजर्वेटर और मेन टैंक के बीच कनेक्टिंग पाइप में रखा गया है। वैसा कि हमने पहले ही चर्चा की है कि यह दो क्रियाएं करता है, इसलिए इन कार्यों को करने के लिए, हमने दो खंड हैं जैसा कि चित्र 4.6 में दिखाया गया है।

ऊपरी खंड में एक हिंज से जुड़ा एक फ्लोट है। एक मरकरी स्विच फ्लोट के ठीक ऊपर उपलब्ध होता है। इस मरकरी स्विच के साथ एक अलार्म सर्किट जुड़ा होता है जो ट्रांसफॉर्मर टैंक में होने वाले गंभीर दोषों के दौरान ध्वनि देता है।

निचले हिस्से में एक मरकरी स्विच होता है जो एक हिंज प्रकार के फ्लैप पर लगाया जाता है। फ्लैप ट्रांसफॉर्मर टैंक से अलार्म के फ्लोट के साथ मार्ग में स्थित है। जैसा कि चित्र 4.6 में दिखाया गया है। यह मरकरी स्विच गंभीर आंतरिक दोषों के दौरान बंद हो जाता है। और यह सर्किट ब्रेकर के साथ सर्किट ट्रिप करने के लिए जुड़ा होता है।

एक ड्रेन काक या टेस्ट काक रिले के तल पर प्रदान किया जाता है। और एक रिलीज काक रिले के शीर्ष पर प्रदान किया जाता है। रिलीज काक का उपयोग चैम्बर में गैसों के दबाव को छोड़ने के लिए किया जाता है, यह फॉल्टों के दौरान रिले के प्रकार और गुणवत्ता को जांचने के लिए उपयोग किया जाता है।

बहार से रिले के अंदर ऑयल के स्तर की जांच करने के लिए स्केल के साथ एक ग्लास स्टाइड उपलब्ध है।

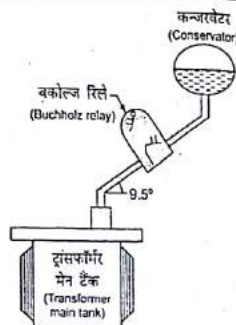
गोपरोस का सिद्धांत (Principle of Operation)

बुकोल्ज रिले द्वारा दो कार्य किए जाते हैं—

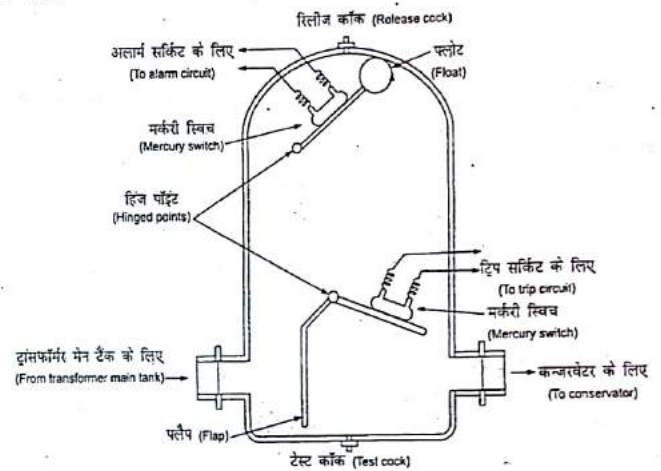
पहली स्थिति (First Situation)—यदि ट्रांसफॉर्मर में कोई आंतरिक खराबी आती है। जैसे कि वाईडिंग, कोर हीटिंग यदि को इंसुलेशन फेलियर जो मेन टैंक में हीट का कारण बनती है। ट्रांसफॉर्मर मेन टैंक में यह हीट कुछ ट्रांसफॉर्मर ऑयल के अपघटन के लिए जिम्मेदार होगी।

अपघटन के उत्पादों में 70% से अधिक हाइड्रोजन गैस होती है। अब चूंकि हाइड्रोजन गैस हल्की होने के कारण कंजर्वेटर को ओर बढ़ने की कोशिश करती है और यह रिले चैंबर के ऊपरी हिस्से में फंस जाती है। चूंकि ये गैस प्रकृति

में बहुत हल्की होती है, इसलिए ये सामने स्थित फ्लैप (निचला खंड) को विचलित किए बिना सीधे चैंबर के ऊपरी हिस्से में चली जाती है।



चित्र 4.6 ट्रांसफॉर्मर टैंक और कंजर्वेटर के साथ बुकोल्ज रिले का कनेक्शन



चित्र 4.6 बुकोल्ज रिले (Buchholz Relay)

जब पर्याप्त मात्रा में गैस जमा हो जाती है। तो यह फ्लोट पर दबाव डालती है। जिससे इसे उल्टा झुकाव होता है। ताकि, मरकरी स्विच बंद हो जाए। यह अलार्म सर्किट को पूरा करता है और यह एक अलार्म देगा।

नोट (Note)—हम उपर्युक्त स्थितियों में फॉल्टी ट्रांसफॉर्मर को तत्काल हटाने को नहीं कहते हैं। क्योंकि कभी-कभी एक स्वस्थ ट्रांसफॉर्मर के ऑयल सर्कुलेशन सिस्टम में हवा के बुलबुले फ्लोट को ऑपरेट कर सकते हैं। गैस और इसकी संरचना को सत्यापित करने के लिए कदम उठाए जाते हैं कि वे हानिकारक हैं या नहीं।

दूसरी स्थिति (Second Situation)—अब यदि ट्रांसफॉर्मर टैंक में एक गंभीर फॉल्ट आता है। तो मुख्य टैंक में भारी मात्रा में गैस उत्पन्न होगी। केवल गैस ही नहीं, बल्कि मुख्य टैंक में उपलब्ध ऑयल बुकोल्ज रिले के माध्यम से कंजर्वेटर की ओर बढ़ना शुरू कर देगा। जब ऑयल रिले में प्रवेश करता है, तो यह सामने उपलब्ध फ्लैप से टकराएगा, और यह फ्लैप के दूसरी तरफ भी झुकाव करेगा, जो अंततः मरकरी स्विच को झुकाता है, और मरकरी स्विच के संपर्क बंद हो जाते हैं और यह ट्रिप सर्किट को पूरा करता है। अब, सर्किट ब्रेकर मेन सर्कल से सर्किट को ट्रिप करेगा।

समानता (Analogy)

दोनों स्थितियों को अधिक स्पष्ट विधि से समझने के लिए, मैंने एक वास्तविक जीवन उदाहरण लिया है।

आइए हम दूध का एक उदाहरण लेते हैं जिसे उबालना है। जब हम दूध को उबालना शुरू करते हैं, तो शुरू में कुछ वाष्प निकलती है और ये ऊपर की ओर बढ़ती है, लेकिन हम यहाँ उबलना बंद नहीं करते हैं, फिर भी हम दूध का निरीक्षण कर रहे हैं। यह पहली स्थिति है।

अब कुछ समय बाद जब दूध लगभग उबल जाता है। तब वाष्प के साथ-साथ दूध भी बौकर से ऊपर या बाहर आने लगता है। अब इस स्थिति में हम दूध को हॉट देना बंद कर देते हैं। इसका अर्थ है कि हम मर्किट द्रिप करते हैं। यह दूसरी स्थिति है।

लाभ (Advantages)

बकोल्ज रिले के लाभ इस प्रकार हैं:

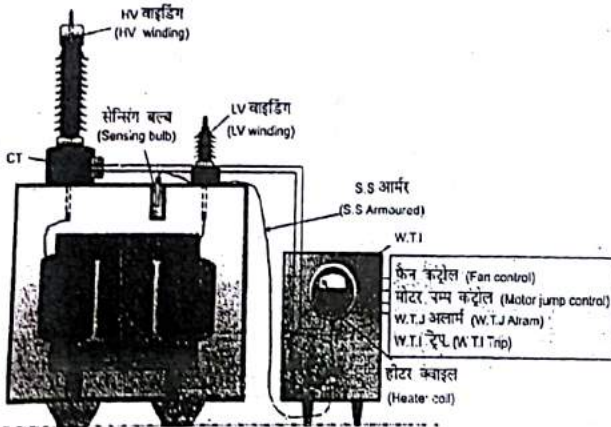
- यह ट्रांसफॉर्मर प्रोटेक्शन का सबसे सरल रूप है।
- यह सुरक्षा के अन्य रूपों की तुलना में बहुत पहले के फॉल्टों का पता लगाता है।
- प्रमुख फॉल्टों के केस में, ट्रांसफॉर्मर को आसानी से बकोल्ज रिले के माध्यम से अलग किया जा सकता है और दुर्घटनाओं को रोका जा सकता है।

हानियाँ (Disadvantages)

- इस रिले का उपयोग केवल कंजर्वेटर टैंकों से इमर्ज (Immersed) ऑयल दूबे हुए ट्रांसफॉर्मर के साथ किया जा सकता है।
- यह उपकरण ट्रांसफॉर्मर में ऑयल स्तर के नीचे के फॉल्टों का पता लगा सकता है।
- यह रिले कनेक्टिंग केबल के लिए सुरक्षा प्रदान नहीं करेगा। इसलिए, केबल को जोड़ने के लिए अलग प्रोटेक्शन सिस्टम का उपयोग किया जाता है।

4.3.5. WTI और OTI

WTI का अर्थ है वाइंडिंग तापमान इंडिकेटर OTI का अर्थ है ऑयल तापमान इंडिकेटर जो ट्रांसफॉर्मर के वाइंडिंग तापमान और ऑयल के तापमान को प्रदर्शित करता है और अलार्म, ट्रिप और कंट्रोल कॉन्टैक्ट्स को ऑपरेट करता है। यह उपकरण वर्मल इमेजिंग के सिद्धांत पर कार्य करता है और यह वास्तविक मापन नहीं है।



चित्र 4.8

4.3.5.1. वाइंडिंग तापमान इंडिकेटर (WTI) का विवरण (Details of Winding Temperature Indicator (WTI))

वाइंडिंग टेम्परेचर इंडिकेटर (WTI) में ट्रांसफॉर्मर टैंक टॉप कवर में ऑयल पर पकैट में रखा सेसर बल्ब होता है। बल्ब दो फ्लैक्सिबल केशिका ट्यूबों के माध्यम से इंस्ट्रुमेंट से जुड़ा हुआ है। एक केशिका इंस्ट्रुमेंट के मापने वाले बल्बों से और दूसरी शक्तिपूर्ति बल्बों के लिए जुड़ी होती है।

मापन सिस्टम एक तरल से भरा जाता है। जो बढ़ते तापमान के साथ इसकी मात्रा को बदल देता है। इंस्ट्रुमेंट के अंदर एक हॉटिंग रजिस्ट्रेस फिट किया जाता है जिसे ट्रांसफॉर्मर वाइंडिंग करंट के माध्यम से प्रवाहित करंट अनुपात से फीड जाता है। इंस्ट्रुमेंट अधिकतम तापमान इंडिकेटर के साथ प्रदान किया जाता है। हॉटिंग रजिस्ट्रेस को ट्रांसफॉर्मर वाइंडिंग से जुड़े एक करंट ट्रांसफॉर्मर द्वारा फीड किया जाता है। (हॉटिंग रजिस्ट्रेस को वाइंडिंग के समान सामग्रियों से बनाया गया है) रजिस्ट्रेस के तापमान में वृद्धि वाइंडिंग के अनुपात में होती है। उपकरण का सेसर बल्ब ट्रांसफॉर्मर के गर्म ऑयल में स्थित है। इसलिए वाइंडिंग तापमान, गर्म ऑयल के ऊपर गर्म तापमान यानी गर्म स्थान के तापमान के साथ-साथ गर्म ऑयल के तापमान (WTI) को प्रदर्शित करता है। WTI में चार मरकरी स्विच हैं, उनमें से दो का उपयोग फैन और मोटर पंप कंट्रोल और एक अन्य दो स्विच का उपयोग, उच्च तापमान चेतावनी अलार्म और ट्रिप सर्किट संपर्क के लिए किया जाता है।



चित्र 4.9

फैन कंट्रोल	मोटर पंप कंट्रोल	WTI अलार्म	WTI ट्रिप
फैन ऑन: 640 °C, फैन ऑफ: 580 °C	पंप पर: 720 °C, पंप बंद: 680 °C	WTI अलार्म 850 °C	WTI ट्रिप: 950 °C

4.3.5.2. ऑयल तापमान इंडिकेटर (OTI) Oil Temperature Indicator (OTI)

(OTI) ऑयल तापमान इंडिकेटर में एक सेसर बल्ब, क्षमता ट्यूब और एक डायल थर्मामीटर होता है। सेसर बल्ब को सबसे अधिक ऑयल के स्थान पर लगाया जाता है। सेसर बल्ब और क्षमता ट्यूब को वाष्पीकरण तरल के साथ लगाया जाता है। वाष्प का दबाव तापमान के साथ बदलता रहता है। और डायल थर्मामीटर के अंदर एक बॉर्डन ट्यूब में ट्रांसमिट होता है। जो दबाव में बदलाव के अनुसार चलता है। जो तापमान के समानुपाती होता है। OTI में, 2 (दो) मरकरी स्विच अर्थात् (S1 और S2)। S1 का उपयोग अलार्म के लिए किया जाता है और ट्रिप के लिए S2 स्विच का उपयोग किया जाता है।

स्विच को सेटिंग नीचे दी गई है:

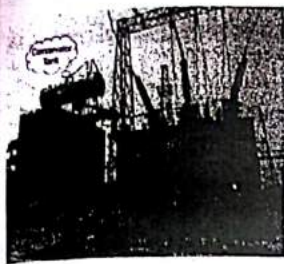
OTI अलार्म	OTI ट्रिप
OTI अलार्म: 800 °C	OTI अलार्म: 900 °C



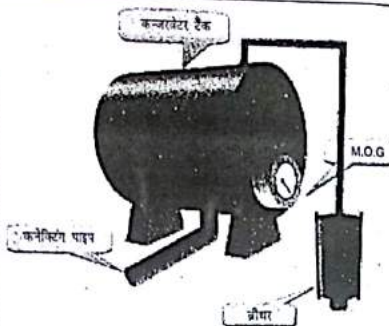
चित्र 4.10

4.3.6. कंजर्वेटर टैंक (Conservator Tank)

- यह एक बेलनाकार आकार का टैंक है। जिसे ट्रांसफॉर्मर के शीप पर रखा जाता है।
- यह छोटी लंबाई की पाइप लाइन द्वारा ट्रांसफॉर्मर के मुख्य टैंक से जुड़ा हुआ है।
- कंजर्वेटर टैंक आंशिक रूप से ट्रांसफॉर्मर के ऑयल से भरा होता है।



चित्र 4.11



चित्र 4.12

अब हम वर्णन करते हैं कि कंजर्वेटर टैंक को पावर ट्रांसफॉर्मर में क्यों रखा गया है?

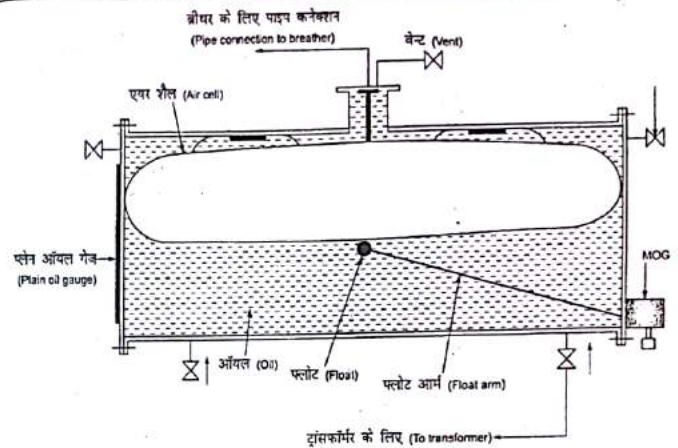
कंजर्वेटर ट्रांसफॉर्मर का सबसे महत्वपूर्ण हिस्सा है, क्योंकि कंजर्वेटर टैंक रनिंग ऑपरेशन के दौरान ऑयल के विस्तार और संकुचन को लेता है। जब ट्रांसफॉर्मर का लोड बढ़ता है, तो ऑयल का तापमान भी बढ़ जाता है। इसलिए ऑयल को कुल मात्रा बढ़ जाती है। और कंजर्वेटर टैंक के ऊपरी स्थान में ऑयल की बढ़ी हुई मात्रा को अवशोषित कर लेता है। यदि कंजर्वेटर टैंक को ट्रांसफॉर्मर के लिए फिट नहीं किया गया है, तो ट्रांसफॉर्मर को फुल लोडिंग स्थिति पर उच्च ऑयल के दबाव के कारण ट्रांसफॉर्मर फट जाएगा। कंजर्वेटर टैंक के बाहरी और आंतरिक हिस्से को चित्र 4.11 और 4.12 में दिखाया गया है।

पावर ट्रांसफॉर्मर (5 MBA से ऊपर) की बड़ी क्षमता में, ट्रांसफॉर्मर ऑयल के साथ संपर्क हवा से बचने के लिए कंजर्वेटर के अंदर एक फ्लेक्सिबिल सेपरेटर (एयर शील) प्रदान किया जाता है। एयर शील एक रबbery, फ्लेक्सिबिल और गैर-छिद्रपूर्ण अवरोध, वातावरण और ट्रांसफॉर्मर ऑयल प्रणाली के परिचालन कार्य को प्रभावित किए बिना प्रदान करता है।

सेपरेटर का मूल निर्माण एक उच्च रजिस्ट्रेस है। जो बाहरी रूप से ट्रांसफॉर्मर ऑयल का विरोध करने और आंतरिक रूप से ओजोन और मौसम रजिस्ट्रेस के लिए लेपित है।

निम्नलिखित लाभ नीचे दिये गये हैं—

- वायु और ऑयल के बीच संपर्क से बचा जाता है।
- जल वाष्प और गैसों से सुरक्षा।
- ऑयल में किसी गैस के बुलबुले बनने का दमन।
- बढ़ी मात्रा में परिवर्तन का लाभ।
- फ्लेक्सिबिल सेपरेटर को लेपित कपड़े से बनाया जाता है:
- कपड़ा सुदृढ़ीकरण यानी अत्यधिक रजिस्टिव पॉलियामाइड कपड़े।
- बाहरी कोटिंग ट्रांसफॉर्मर अंगों के लिए रासायनिक रूप से रजिस्ट्रेस करती है।
- ओजोन और सभी मौसम की स्थिति से: लिए आंतरिक कोटिंग रजिस्ट्रेस।



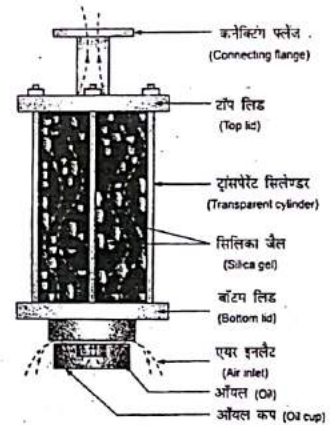
चित्र 4.13 कंजर्वेटर टैंक का AIR CELL या फ्लेक्सिबिल सेपरेटर
(Flexible Separator or AIR CELL of Conservator Tank)

4.3.7. ब्रीथर (Breather)

सिलिका जेल ब्रीथर बेलनाकार प्रकार का कंटेनर होता है, जिसे पाइप लाइन के माध्यम से कंजर्वेटर टैंक में फिट किया जाता है। जो ट्रांसफॉर्मर की ब्रीथिंग लेने की क्रिया के दौरान हवा में मौजूद किसी भी नमी को अवशोषित करने के लिए प्रयोग किया जाता है और ट्रांसफॉर्मर के ऑयल के संकुचन के कारण होता है। ट्रांसफॉर्मर ब्रीथर का आकार ट्रांसफॉर्मर मेन टैंक की मात्रा के साथ-साथ ट्रांसफॉर्मर में ट्रांसफॉर्मर ऑयल की मात्रा पर निर्भर करता है। एक ऑयल पॉट ब्रीथर के तहत जुड़ा हुआ है। सिलिका जेल ब्रीथर्स का विवरण चित्र 4.14 में दिखाया गया है।

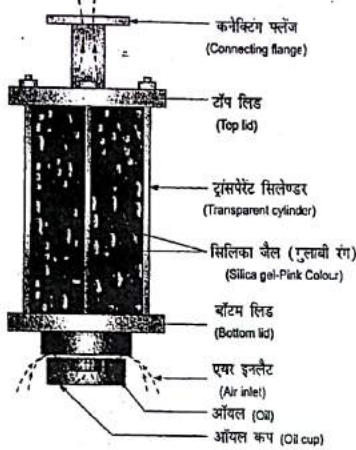
सिलिका जेल ब्रीथर के रखरखाव (Maintenance of Silica Gel Breather)

जब सिलिका जेल ब्रीथर को पहली बार स्थापित किया जाता है। तो क्रिस्टल में नीले रंग का टिंट होता है। ऑपरेशन की अवधि के बाद, रंग हुआ क्रिस्टल का रंग धीरे-धीरे गुलाबी रंग में बदल जाता है। यह एक संकेत है, कि सिलिका जेल



चित्र 4.14 नमी अवशोषण के पहले
(Before Moisture Absorbed)

सेचुरेट हो रहा है। और अपने शोषक गुणों को खो रहा है। जब गुलाबी क्रिस्टल का एक क्रिस्टल होता है, तो सिलिका जेल को बदल दिया जाना चाहिए या फिर से सक्रिय किया जाना चाहिए।

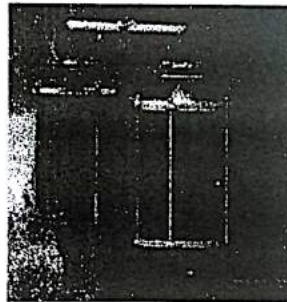


चित्र 4.15

सिलिका जेल को दो से तीन घंटे के लिए 1500°C से 2000°C के तापमान पर एक पतली कड़ाही में गर्म करके पुनः सक्रिय किया जा सकता है। जब तक क्रिस्टल अपने मूल नीले रंग को फिर से प्राप्त कर लेता है।

सिलिका जेल के साथ कंटेनर को भरने से पहले, ब्रॉथर के सभी हिस्सों को साफ और सूखा लें। सत्यपित करें कि ऑयल कप में ऑयल का स्तर सही है या सही नहीं है।

अंत में सुनिश्चित करें कि ब्रॉथर चौक नहीं हो रही है और हवा के प्रो होने के लिए स्वतंत्र है।



चित्र 4.16

4.3.8. पावर ट्रांसफॉर्मर के पंप का ऑयल फ्लो इंडिकेटर (Oil Flow Indicator of The Pump of Power Transformer)

ऑयल फ्लो इंडिकेटर एक सुरक्षा उपकरण है, जो पाइप लाइन में तरल के फ्लो को प्रदर्शित करता है और पाइपलाइन में तरल के फ्लो संचालन के फेलियर पर मरकरी स्विच के माध्यम से इंडिकेशन देता है।

डिवाइस निम्नलिखित कार्य करता है (The Device Perform the Following Functions)

पाइप के निर्दिष्ट आकार में आवश्यक दिशा में पूर्ण तरल को निर्दिष्ट दर को प्रदर्शित करने के लिए।

निर्दिष्ट पूर्ण फ्लो के 70% के पास फ्लो को दर गिरने पर एक या दो मरकरी स्विच को ऑपरेट करें।

ऑयल फ्लो इंडिकेटर मुख्य रूप से पाइप लाइन में तरल के फ्लो संचालन के फेलियर पर एक इलेक्ट्रिकल इंडिकेटर की आवश्यकता को देखते हुए सुरक्षा उपकरण के रूप में डिजाइन किए गए हैं। एहतिपाती व्यवस्था शुरू करने के लिए फ्लो 70% के पास गिर जाता है, तो स्विच ऑपरेट होगा।



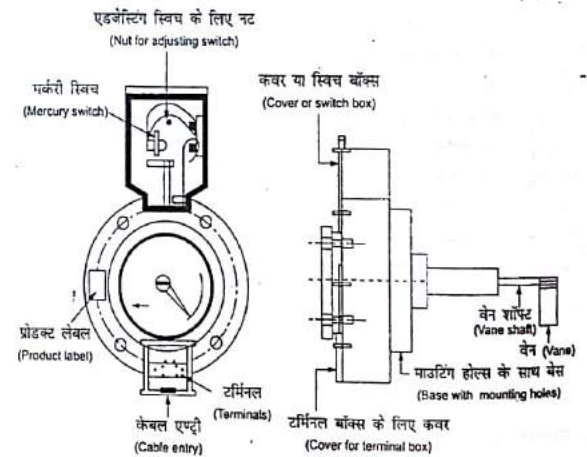
चित्र 4.17

ऑयल फ्लो इंडिकेटर का कार्य

(Working of Oil Flow Indicator)

एक सस्पेंडेड वेन का उपयोग सेसर के रूप में किया जाता है। इसकी सतह को फ्लो की दिशा में एक समकोण पर रखा जाता है। जब तरल पाइप के माध्यम से प्रवाह स्टार्ट होता है, तो वेन शाफ्ट के साथ-साथ विक्षेपित हो जाता है। यह विक्षेप पाइप के अंदर फ्लो को प्रदर्शित करने और निम्नानुसार मरकरी स्विच ऑपरेट करने के लिए नियोजित है।

परमानेंट मैग्नेट की एक जोड़ी का उपयोग गैडलेस कपलिंग के रूप में किया जाता है। ड्राइविंग मैग्नेट एक वेन के साथ जुड़ा हुआ है। और इसलिए यह वेन के साथ घूमता है। और तरल में रहता है। Follower मैग्नेट, एक नॉनपैरमैग्नेटिक दोवार द्वारा अलग किया जाता है, हवा में बाहर रखा जाता है। और ड्राइविंग मैग्नेट के अनुरूप स्थिति प्राप्त करता है।



चित्र 4.18

Followed मैनेट एक इंडिकेटर और एक कैम रखता है। पॉइंटर को पूरा फ्लो पढ़ने के लिए सेट किया जाता है। और 10% के पास बहाव, कम होने पर स्विच को ऑपरेट करने के लिए कैम को सेट किया जाता है। यदि आवश्यक हो तो स्विच पर स्विच की स्थिति को फिर से जांचा जा सकता है।

एक रिटर्न स्प्रिंग का उपयोग किया जाता है। जो फ्लो की विपरीत दिशा में कार्य करता है। इसलिए, पॉइंटर को कोई निरा स्थिति बल के संतुलन, स्प्रिंग तनाव और वेन के भार पर तरल के कारण बल के संतुलन का परिणाम है। इंडिकेटर निरा नहीं रह सकता है क्योंकि फ्लो जरूरी नहीं कि हो। वेन का आकार और आकृति और रिटर्न स्प्रिंग पर तनाव निर्दिष्ट फ्लो के अनुरूप है। वेन नो फ्लो स्थिति में पाइप के पूर्ण क्रॉस सेक्शन से बहुत छोटे क्षेत्र में रहता है। पूर्ण फ्लो में वह फ्लो के लगभग समानांतर हो जाता है। इसलिए, फ्लो इंडिकेटर के एक्रॉस प्रैक्टिकली रूप से कोई हैडलास नहीं है।

4.4. ट्रांसफॉर्मर टैप चेंजिंग कार्य सिद्धांत (Transformer Tap Changing Working Principle)

यह एक सामान्य तथ्य है, कि सप्लाय वोल्टेज में कमी के कारण लोड में वृद्धि होती है। इसलिए ट्रांसफॉर्मर द्वारा लोड के लिए सप्लाय की गई वोल्टेज को निर्धारित सीमा के भीतर बनाए रखा जाना चाहिए। ट्रांसफॉर्मर के अनुपात को बदलकर देना किया जा सकता है।

टैप वाइडिंग पर विभिन्न बिंदुओं पर दिए गए लोड या कनेक्शन हैं। टर्न अनुपात एक टैप से दूसरे में भिन्न होता है। और इसलिए प्रत्येक टैप पर अलग-अलग वोल्टेज प्राप्त किए जा सकते हैं।

4.4.1. सिस्टम वोल्टेज कंट्रोल की आवश्यकता (Need for System Voltage Control)

वोल्टेज वोल्टेज कंट्रोल के लिए आवश्यक है:

- उपभोक्ता के टर्मिनल वोल्टेज को निर्धारित सीमा के भीतर समायोजित करना।
- लोड में परिवर्तन के आधार पर वोल्टेज का समायोजन।
- वास्तविक और रिएक्टिव पावर को कंट्रोल करने के लिए।
- अवश्यकता के आधार पर सेकेंडरी वोल्टेज को अलग-अलग करने के लिए।

4.4.2 टैप के प्रकार (Types of Taps)

टैप ऑटोमैटिक या मैन्युअल हो सकते हैं। प्रिंसिपल टैप वह है, जिसमें रेटेड प्राइमरी वोल्टेज के लिए रेटेड सेकेंडरी वोल्टेज प्राप्त किया जा सकता है। जैसा कि नाम बताता है कि पाजिटिव और निगेटिव टैप वे हैं जिन पर सेकेंडरी वोल्टेज सिस्टम टैप से अधिक या कम है।

मिन कारणा से ट्रांसफॉर्मर के H.V. वाइडिंग पर टैप दिए गए हैं।

- हाई वोल्टेज वाइडिंग में टर्नों की संख्या बड़ी है। इसलिए एक अच्छा वोल्टेज वेरिफेशन प्राप्त किया जा सकता है।
- बड़े ट्रांसफॉर्मर के कम वोल्टेज टर्न पर करंट अधिक होता है। इसलिए हाई करंटों में स्कावट एक मुश्किल कार्य है।
- L.V. वाइडिंग को कोर के पास रखा जाता है और H.V. वाइडिंग को बाहर रखा जाता है। इसलिए H.V. वाइडिंग पर टैप प्रदान करना तुलनात्मक रूप से L.V. वाइडिंग की तुलना में आसान है।

4.4.3 टैप का स्थान (Location of Taps)

टैप को केबल एंड में, न्यूट्रल प्वाइंट पर या वाइडिंग के बीच में प्रदान किया जाता है। फेज एंड में टैप प्रदान करके बुशिंग टर्मिनल को संख्या को कम किया जा सकता है। जब टैप न्यूट्रल प्वाइंट पर प्रदान किए जाते हैं। तो विभिन्न भागों के बीच फ्लो कम हो जाएगा। यह व्यवस्था बड़े ट्रांसफॉर्मर के लिए विशेष रूप से महत्वपूर्ण है।

4.4.4 टैप चेंजिंग विधि (Tap Changing Methods)

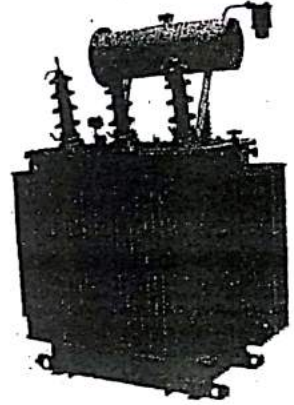
टैप चेंजिंग के कारण लोकेज रिएक्टेस में परिवर्तन, कोर लॉस, कॉपर लॉस और शायद कुछ समस्याएं, असमान ट्रांसफॉर्मर के समानांतर ऑपरेशन में हैं। टैप चेंजिंग की दो विधियां हैं।

- ऑफ लोड टैप चेंजिंग (Off Load Tap Changing)
- ऑन लोड टैप चेंजिंग (On Load Tap Changing)

4.4.4.1. ऑफ लोड टैप चेंजिंग (नो लोड या ऑफ लोड) (Off Load Tap Changing)

जैसा कि नाम से संकेत मिलता है। इस सिस्टम में ट्रांसफॉर्मर से लोड को डिस्कनेक्ट करने के बाद टैप में परिवर्तन किया जाता है। ऑफ लोड टैप चेंजिंग को आम तौर पर कम पावर, कम वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर में प्रदान किया जाता है। यह टैप चेंजिंग की सबसे सस्ती विधि है। टैप चेंजिंग मैनुअल रूप से किया जाता है, हालांकि कवर में हैंड व्हील दिया गया है। कुछ ट्रांसफॉर्मर में केवल मैकेनिकल स्विच को ऑपरेट करके टैप चेंजिंग की व्यवस्था भी प्रदान की जाती है।

वाइडिंग को विभिन्न पॉइंटों पर टैप किया जाता है। चूंकि वाइडिंग में विभिन्न पॉइंटों पर टैप उपलब्ध कराए जाते हैं। इसलिए एक बार में एक ही टैप को जोड़ा जाना चाहिए अन्यथा यह शॉर्ट सर्किट को जन्म देगा। इसलिए चयनकर्ता लोड को डिस्कनेक्ट करने के बाद ऑपरेट किया जाता है। ऑफ लोड चेंजर के अनधिकृत ऑपरेशन को रोकने के लिए, मैकेनिकल लॉक प्रदान किया जाता है। इलेक्ट्रोमैकेनिकल लैचिंग डिवाइस अनजाने ऑपरेशन को रोकने के लिए, सर्किट ब्रेकर को ऑपरेट करने और ट्रांसफॉर्मर को डी-एनर्जाइज करने के लिए प्रदान किए जाते हैं।



4.4.4.2. ऑन लोड टैप चेंजिंग (On load tap changing) चित्र 4.19 ऑफ लोड टैप चेंजर सिद्धांत (Off load Tap Changer Principle)

लोड टैप चेंजर्स पर लोड को डिस्कनेक्ट किए बिना टर्न अनुपात को बदलने के लिए उपयोग किया जाता है। जब ट्रांसफॉर्मर लोड पहुंचा रहा हो तब भी टैप चेंजिंग किया जा सकता है। लोड टैप चेंजर्स पर सिस्टम की एफिशिएंसी काफी बढ़ जाती है। आजकल लगभग सभी बड़े पावर ट्रांसफॉर्मर लोड टैप चेंजर्स के साथ प्रदान किए जाते हैं। पावर ट्रांसफॉर्मर में ऑन लोड टैप चेंजर्स प्रदान करने का कारण है

- लोड टैप चेंजर्स के ऑपरेशन के दौरान मेन सर्किट अप्रभावित रहता है।
- खतरनाक स्मार्किंग को रोका जाता है। वाइडिंग पर टैप को एक अलग ऑयल भरे डिब्बे में लाया जाता है। जिसमें लोड टैप चेंजर स्विच को रखा जाता है। टैप चेंजर्स मैकेनिकल सिलेक्टर स्विच का एक रूप हैं। जो स्थायी या रिमोट कंट्रोल द्वारा मोटर द्वारा ऑपरेट होता है।

इमरजेंसी के समय में हैंडल मैनुअल ऑपरेशन के लिए फिट किया जाता है। सिलेक्टर स्विच ब्रेक स्विच से पहले और एक टैप से दूसरे टैप में ट्रांस चेंजर्स के ट्रांजिशन के दौरान, आसत टैपों के बीच ट्रांजिंट संबंध बनाया जाना चाहिए। इससे आसत टैप के बीच शॉर्ट सर्किट होता है। शॉर्ट सर्किट करंट को रजिस्टर या रिएक्टर सहित सीमित किया जाना चाहिए। इसलिए टैप चेंजिंग के दौरान शॉर्ट सर्किट करंट को सीमित करने के लिए लोड टैप चेंजर के सभी रूपों को इम्पीडेंस प्रदान

की जाती है। इम्पेडेंस रजिस्टर्स हो सकता है या एक सेंटर टैप रिएक्टेंस व्यक्त कर सकता है। आधुनिक डिजाइनों में यह रजिस्टर्सों की एक जोड़े द्वारा किया जाता है।

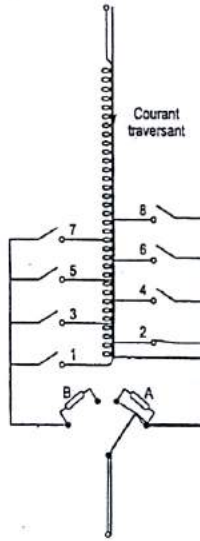
प्रक्रिया (Procedure)

प्रत्येक फेज के न्यूट्रल एंड पर प्रदान किए गए लोड टैप चेंजर पर एक हाई स्पीड रजिस्टर पर विचार करें। लोड अब टैप से सप्लाय की जाती है। सिलेक्टर स्विच 1 और 2, टैप 1 और 2 के संपर्क में है। अब टैप 2 पर स्विच करने के लिए, सिलेक्टर स्विच निम्न चरणों का पालन करता है:

- (i) संपर्क a और b बंद हैं। संपर्क के माध्यम से लोड करंट टैप 1 से प्रवाहित होता है।
- (ii) एक्सटर्नल मैकेनिज्म से ट्रायवर्टर स्विच S_3 को स्थानांतरित करता है, अब लोड को रजिस्टर R_1 के माध्यम से कॉन्टेक्ट से सप्लाय की जाती है।
- (iii) जब ट्रायवर्टर स्विच आगे बढ़ता है, तो यह संपर्क d को बंद कर देता है; और R_1 और R_2 दोनों टैप 1 और 2 से जुड़े होते हैं। और लोड करंट इन रजिस्टर्सों के माध्यम से इसके मध्य बिंदु तक प्रवाहित होती है।
- (iv) जब S_3 वाई और आगे बढ़ता है, तो एक कॉन्टेक्ट खोला जाता है और रजिस्टर R_2 और d के माध्यम से टैप 2 से लोड करंट प्रवाहित होता है।
- (v) अंत में कॉन्टेक्ट c पर पहुंचता है और रजिस्टर R_2 कम ऑपरेट होता है। कॉन्टेक्ट c के माध्यम से टैप 2 से लोड करंट प्रवाहित होती है।

अब टैप को 2 से 3 में बदलने के लिए, सिलेक्टर स्विच S_1 को पहले 3 पर टैप करने के लिए स्थानांतरित किया गया है। और उपरोक्त स्टेप रिवर्स हैं। पावर लॉस को सीमित करने के लिए यह आवश्यक है कि ट्रांसफॉर्मर को कम से कम समय के लिए सर्किट में रखा जाए।

उच्च विश्वसनीयता और प्रदर्शन के साथ अधिक कॉम्पैक्ट टैप चेंजर को ट्रायवर्टर स्विच में बैकपूप स्विच को नियोजित करके बनाया जा रहा है।



चित्र 4.20 टैप चेंजिंग स्विच (Tap Changing Switch)

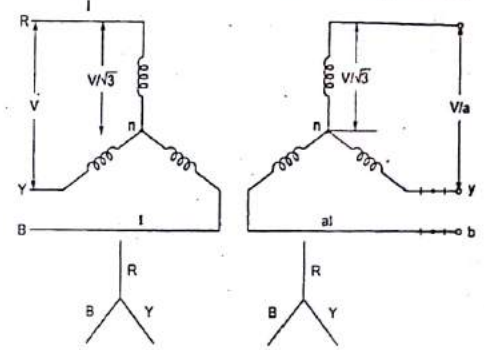
4.5. ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन (Transformer Connection)

तीन फेज के ट्रांसफॉर्मर की वाइंडिंग को Y या Δ द्वारा उसी तरह से जोड़ा जाता है। जैसे तीन सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर के लिए, चूंकि सेकेंडरी या तो Y या Δ से जुड़ा होता है, इसके बावजूद कि प्राइमरी पर कनेक्शन का उपयोग किया जाता है। 3-फेज वोल्टेज के ट्रांसफॉर्मेशन के लिए 3-फेज ट्रांसफॉर्मर के वाइंडिंग को जोड़ने की चार विधियां होने चाहिए। जैसे कि $Y-Y$, $\Delta-\Delta$, $Y-\Delta$, और ΔY । इंटर कनेक्शन इनसाइड में किए जाते हैं। ताकि केवल टर्मिनल लीड बाहर लाने की आवश्यकता हो।

- स्टार - स्टार ट्रांसफॉर्मर ($Y-Y$)
- डेल्टा - डेल्टा ट्रांसफॉर्मर ($\Delta-\Delta$)
- डेल्टा - स्टार ट्रांसफॉर्मर ($\Delta-Y$)
- स्टार - डेल्टा ट्रांसफॉर्मर ($Y\Delta$) (ग्राउंडिंग ट्रांसफॉर्मर)।
- जिग-जैग ट्रांसफॉर्मर (ग्राउंडिंग ट्रांसफॉर्मर)
- स्काट ("T" प्रकार) ट्रांसफॉर्मर (ग्राउंडिंग ट्रांसफॉर्मर)।

4.5.1. स्टार-स्टार ($Y-Y$) कनेक्शन Star-Star ($Y-Y$) Connection

प्राइमरी वाइंडिंग में प्रत्येक फेज दूसरे दो फेजों के साथ फेज के बाहर 120° इलेक्ट्रिकल डिग्री है।

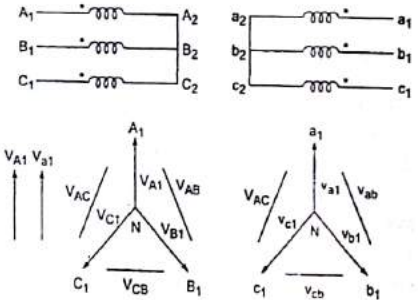


चित्र 4.21

सेकेंडरी वाइंडिंग में प्रत्येक फेज दूसरे दो फेजों के साथ फेज के बाहर 120° इलेक्ट्रिकल डिग्री है।

प्रत्येक प्राइमरी वाइंडिंग मैग्नेटिक रूप से एक सामान्य कोर के माध्यम से एक सेकेंडरी वाइंडिंग से जुड़ी होती है। मैग्नेटिक रूप से जुड़े वाइंडिंग के सेट, वेक्टर डायग्राम में एक दूसरे के समानांतर खींचे जाते हैं। $Y-Y$ कनेक्शन में, प्रत्येक प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग एक न्यूट्रल प्वाइंट से जुड़ा हुआ है।

न्यूट्रल प्वाइंट को बाहरी फिजिकल संबंध के लिए लाया या नहीं लाया जा सकता है। और न्यूट्रल को ग्राउंडेड किया या नहीं जा सकता है।



चित्र 4.22

ट्रांसफॉर्मर मैग्नेटाइजिंग करंट विरुद्ध रूप से साइनसोइडल नहीं हैं। भले ही एक्साइटेड वोल्टेज साइनसोइडल हो। मैग्नेटाइजिंग करंटों में बिशन-हार्मोनिक घटकों की महत्वपूर्ण मात्रा होती है। यदि तीन समान ट्रांसफॉर्मर प्रत्येक फेज से जुड़े हैं और समान परिमाण के 60 हर्ट्ज वोल्टेज से एक्साइटेड हैं, तो एक्साइटेड करंट के 60 हर्ट्ज मूलभूत घटक एक दूसरे

को न्युट्रल रूप से रर करते हैं। इसका कारण यह है कि A, B और C फेज की 60 हर्ट्ज मौलिक करंट एक दूसरे के साथ 120° फेज से बाहर है और इन करंटों का वेक्टर योग शून्य है।

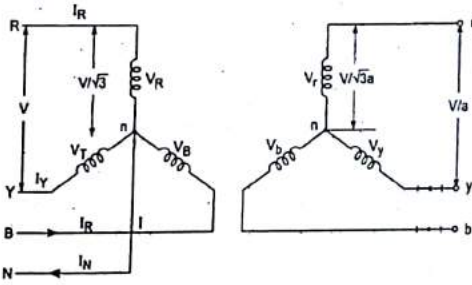
तीसरे, नौवें, पंद्रहवें और अन्य तथाकथित जीरो सीक्वेंस हार्मोनिक करंट एक दूसरे के साथ फेज में हैं। इसलिए, ये घटक न्युट्रल पर एक दूसरे को रर नहीं करते हैं। लेकिन एक दूसरे के साथ फेज जोड़कर एक जीरो सीक्वेंस न्युट्रल करंट को उत्पन्न करते हैं। बशर्ते न्युट्रल करंट फ्लो के लिए एक रास्ता है।

B-H वक्र के नॉन लीनियर आकार के कारण, साइनसॉइडल इंड्यूज्ड वोल्टेज का सपोर्ट करने के लिए विषम-हार्मोनिक मैग्नेटाइजेशन करंटों की आवश्यकता होती है। यदि कुछ मैग्नेटाइजिंग करंट के हार्मोनिक्स उपलब्ध नहीं हैं, तो इंड्यूज्ड वोल्टेज साइनसॉइडल नहीं हो सकता है।

4.5.1.1. ग्राउंडेड न्युट्रल के साथ Y-Y कनेक्शन: (Y-Y Connection with Grounded Neutral)

चित्र 4.23 चार-बायर तीन-फेज सर्किट में वोल्टेज सोर्स में प्राइमरी न्युट्रल लीटाने की स्थिति प्रदर्शित करता है। I_R, I_Y और I_B लेबल वाले प्रत्येक मैग्नेटिक करंटों में 60 हर्ट्ज बेसिक करंट और सभी विषम हार्मोनिक करंटों में साइनसॉइडल इंड्यूज्ड वोल्टेज का सपोर्ट करना आवश्यक है।

जीरो सीक्वेंस मैग्नेटाइजिंग करंट न्युट्रल करंट I_N को बनाने के लिए संयोजित होती हैं, जो इन विषम हार्मोनिक्स को वोल्टेज सोर्स में लीटाती हैं। यह मानते हुए कि प्राइमरी वोल्टेज साइनसॉइडल है, इंड्यूज्ड वोल्टेज V_R, V_Y और V_B (प्राइमरी और सेकेंडरी दोनों में) साइनसॉइडल भी हैं।



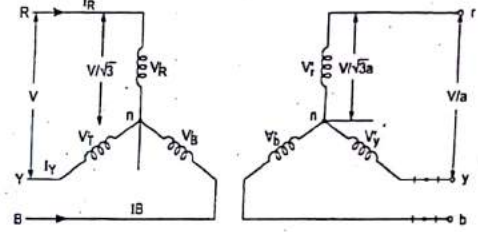
चित्र 4.23

ब्रॉटर के न्युट्रल के लिए प्राइमरी न्युट्रल के कनेक्शन का एक लाभ है। कि यह सेकेंडरी फेज के वोल्टेज में विकृति को समाप्त करता है। यदि कोर में फ्लक्स में साइनसॉइडल वेवफॉर्म है, तो यह वोल्टेज के लिए साइनसॉइडल वेवफॉर्म देगा। लेकिन आयरन के अभिलक्षण के कारण, फ्लक्स एक साइनसॉइडल तरंग को एक्ससाइटेड करंट में एक तीसरे हार्मोनिक घटक की आवश्यकता होती है। जैसा कि इस घटक की प्रीक्वेसी सर्किट की प्रीक्वेसी किसी भी समय स्थिर है। यह ट्रांसफॉर्मर वाइंडिंग में न्युट्रल प्वाइंट से या तो दूर या दूर फ्लो करने की कोशिश करेगा। आइसोलेटेड न्युट्रल के साथ, ट्रिपल प्रीक्वेसी करंट प्रवाहित नहीं हो सकता है, इसलिए कोर में फ्लो साइन वेव नहीं होगा और वोल्टेज विकृत होते हैं। यदि प्राइमरी न्युट्रल जेनरेटर से जुड़ा होता है तो न्युट्रल प्रीक्वेसी करंटों को कठिनाई को हल करने का रास्ता मिलता है। इस कठिनाई पर काबू पाने की वैकल्पिक विधि कम kVA रेटिंग के तृतीयक वाइंडिंग का उपयोग है। ये वाइंडिंग डेल्टा में जुड़े हुए हैं और एक सर्किट प्रदान करते हैं जिसमें ट्रिपल प्रीक्वेसी करंट प्रवाहित हो सकती है। इस प्रकार प्राइमरी पर वोल्टेज साइनसॉइडल सेकेंडरी और साइनसॉइडल वोल्टेज देगा।

यह स्थिति तब बदलती है जब प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग के दोनों सेटों के न्युट्रल ग्राउंडेड नहीं होते हैं।

4.5.1.2. ग्राउंडेड न्युट्रल के बिना Y-Y कनेक्शन: (Y-Y Connection without Grounded Neutral)

यदि प्राइमरी और सेकेंडरी दोनों के न्युट्रल खुले-सर्कुलेटेड हैं। और इसलिए जीरो सीक्वेंस हार्मोनिक करंटों के फ्लो के लिए कोई रास्ता नहीं है। और आइडिकेटेड वोल्टेज साइनसॉइडल नहीं होंगे।



चित्र 4.24

V_R, V_Y और V_B साइनसॉइडल नहीं होंगे। इसके परिणामस्वरूप सेकेंडरी वोल्टेज की विकृति होती है। परिणामी वोल्टेज विरूपण एक Y-Y ट्रांसफॉर्मर के बराबर है। जिसमें जीरो सीक्वेंस करंटों के साथ प्राइमरी न्युट्रल में प्रवाहित करने की अनुमति है। एक काल्पनिक सुपरिपोज़िड प्राइमरी वाइंडिंग के साथ सामान्य जीरो सीक्वेंस करंटों के साथ केवल शून्य-अनुक्रम करंटों 180° फेज से बाहर ले जाता है।

“प्राइमरी वाइंडिंग” से इंड्यूज्ड वोल्टेज का विश्लेषण इस तथ्य से बहुत जटिल है। कि कोर अत्यधिक नॉनलिनियर है ताकि प्राइमरी वाइंडिंग द्वारा किए गए प्रत्येक व्यक्तिगत जीरो सीक्वेंस हार्मोनिक करंट उच्च-क्रम के हार्मोनिक वोल्टेजों के लिए इंड्यूज्ड हो भी।

फोरियर विश्लेषण का उपयोग एक खुले प्राइमरी न्युट्रल के साथ सेकेंडरी वोल्टेज के एक अनुमान पर पहुंचने के लिए किया जा सकता है। एक समय में एक फेज लेते हुए, एक साइनसॉइडल एक्ससाइटेड वोल्टेज के लिए सामान्य मैग्नेटाइजिंग ट्रांसफॉर्मर के B-H वक्र से प्लॉट किया जाता है। सामान्य मैग्नेटिक करंट को एक फोरियर सरीज में परिवर्तित किया जाता है। और फिर इसे जीरो सीक्वेंस हार्मोनिक्स के सभी को हटाकर पुनः निर्मित किया जाता है। परिणामी एक्ससाइटेड करंट का आकार सामान्य एक्ससाइटेड करंट से अलग होगा, जिसका उपयोग तब B-H वक्र का उपयोग करके एक इंड्यूज्ड वोल्टेज का निर्माण करने के लिए किया जाता है। जिसका उपयोग मूल एक्ससाइटेड करंट के निर्माण के लिए किया गया था। यह प्रक्रिया चालक श्रमसाध्य है। इसलिए यह कहने के लिए पर्याप्त है कि यदि Y-Y ट्रांसफॉर्मर में जीरो सीक्वेंस एक्ससाइटेड करंटों के लिए एक न्युट्रल मार्ग नहीं है। तो सेकेंडरी में इंड्यूज्ड हार्मोनिक वोल्टेज होंगे भले ही रोमांचक वोल्टेज विशुद्ध रूप से साइनसॉइडल हो।

4.5.1.3. Y-Y कनेक्शन का लाभ: (Advantage of Y-Y Connection)

(i) कोई फेज विस्थापन नहीं (No Phase Displacement):

प्राइमरी और सेकेंडरी सर्किट फेज में हैं; यानी Y-Y कनेक्शन द्वारा शुरू किए गए कोई फेज कोण विस्थापन नहीं है। यह एक महत्वपूर्ण लाभ है जब ट्रांसफॉर्मर का उपयोग अलग-अलग वोल्टेज के सिस्टम को एक कैस्केडिंग विधि से इंटरकनेक्ट करने के लिए किया जाता है। उदाहरण मान लीजिए कि 800, 440, 220 और 66 kV पर चार सिस्टम ऑपरेट हैं। जिन्हें आपस में जोड़ने की आवश्यकता है। इनमें से किन्हीं दो वोल्टेज को आपस में जोड़ने के लिए Y-Y ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन का उपयोग करके पदार्थों का निर्माण किया जा सकता है। 800 kV सिस्टम को एक सिंगल 800 से 66 kV परिवर्तन के माध्यम से या 440, 220 और 66 kV पर कैस्केडिंग परिवर्तनों को एक सरीज के माध्यम से 66 kV सिस्टमों के साथ जोड़ा जा सकता है।

वाइंडिंग के लिए आवश्यक कुछ टर्न (Required Few Turns for winding)

स्टार कनेक्शन के कारण फेज वोल्टेज लाइन वोल्टेज का $\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)$ गुना होता है। इसलिए कम संख्या में टर्नों की आवश्यकता होती है। इसके अलावा इन्सुलेशन पर तनाव कम है। यह छोटे उच्च वोल्टेज उद्देश्यों के लिए कनेक्शन को किफायती बनाता है।

(III) आवश्यक कम इन्सुलेशन स्तर (Required Less Insulation Level)

यदि Y कनेक्टिंग वाइंडिंग के न्यूट्रल एंड को ग्राउंड किया जाता है, तो वाइंडिंग के न्यूट्रल एंड पर इन्सुलेशन के कम स्तर का उपयोग करने का अवसर होता है। फेजों के एक्स जोड़ी हुई वाइंडिंग फुल वाइंडिंग में पूर्ण इन्सुलेशन की आवश्यकता होती है।

(iv) भारी लोड (Handle Heavy Load)

स्टार कनेक्शन के कारण फेज कोरेंट लाइन कोरेंट के समान होता है। इसलिए वाइंडिंग को हाई कोरेंट को पार करना पड़ता है। यह वाइंडिंग के ब्रॉस सेक्शन को उच्च बनाता है। इस प्रकार वाइंडिंग्स मैकेनिकल रूप से मजबूत होते हैं और वाइंडिंग्स ईवी लोड और शॉर्ट सर्किट कोरेंट को सहन कर सकते हैं।

(v) तीन फेज चार वायर सिस्टम के लिए उपयोग करें (Use for Three phases Four Wires System)

जैसा कि न्यूट्रल उपलब्ध है तीन फेज चार वायर सिस्टम के लिए उपयुक्त है।

(vi) सेकेंडरी फेज वोल्टेज में विकृति को दूर करें (Eliminate Distortion in Secondary Phase Voltage)

जनरेटर के न्यूट्रल के लिए प्राइमरी न्यूट्रल का कनेक्शन जनरेटर की ओर ट्रिपल प्रोक्वेसी जॉइंट को रास्ता देकर सेकेंडरी फेज के वोल्टेज में विकृति को समाप्त करता है।

(vii) सेकेंडरी साइड साइनेसॉइडल वोल्टेज (Sinusoidal Voltage on Secondary Side)

न्यूट्रल जनरेटर की ओर फ्लो करने के लिए ट्रिपल प्रोक्वेसी जॉइंट को प्रवाहित करने का मार्ग देते हैं। इस प्रकार प्राइमरी पर साइनेसॉइडल वोल्टेज सेकेंडरी साइड साइनेसॉइडल वोल्टेज देगा।

(viii) ऑटो ट्रांसफॉर्मर के रूप में प्रयोग (Used as Auto Transformer)

एक Y-Y ट्रांसफॉर्मर का निर्माण ऑटो ट्रांसफॉर्मर के रूप में किया जा सकता है, दो-वाइंडिंग ट्रांसफॉर्मर निर्माण की तुलना में बड़ी लागत बचत की संभावना है।

(ix) बेहतर प्रोटेक्टिव रिले (Better Protective Relaying)

प्रोटेक्टिव रिले सेटिंग्स ग्राउंड फॉल्टों के लिए लाइन पर बेहतर रूप से रक्षा कर रही होंगी। जब Y-Y ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन इस रूप से ग्राउंडेड न्यूट्रल के साथ लगाए जाते हैं।

4.5.1.4. Y-Y कनेक्शन की हानियाँ (Disadvantage of Y-Y Connection)**(i) तीसरा हार्मोनिक स्थिति**

Y-Y ट्रांसफॉर्मर के किसी भी फेज में वोल्टेज 120° अन्य किसी भी फेज में वोल्टेज से अलग है। हालांकि, प्रत्येक फेज के तीसरे-हार्मोनिक घटक एक दूसरे के साथ फेज में होंगे। ट्रांसफॉर्मर कोर में nonlinearities हमेशा तीसरे हार्मोनिक की जनरेसन का नेतृत्व करते हैं। इन घटकों को जोड़ देगा, जिसके परिणामस्वरूप तीसरा हार्मोनिक घटक (भौतिक घटक से भी बड़ा हो सकता है) बड़ा होगा।

(ii) लाइटिंग लोड पर ओवरवोल्टेज: (Overvoltage at Lighting Load)

एक अनग्राउंडेड न्यूट्रल पर तीसरे (और अन्य जोरो सीक्वेन्स) हार्मोनिक्स की उपस्थिति लाइट लोड पर ओवरवोल्टेज स्थितियों का कारण बन सकती है। बैंक में जुड़े सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर का उपयोग करके Y-Y ट्रांसफॉर्मर का निर्माण करते समय, प्राथमिक लाइन-टू-न्यूट्रल वोल्टेज 57.7% सिस्टम फेज-टू-फेज वोल्टेज बिना लोड के नहीं होती है, लेकिन लगभग 68% होती है। और बैंक लोडेड है, बहुत तेजी से कम हो जाती है। अलग-अलग प्रोक्वेसी पर वोल्टेज के प्रभावों यान बर्न के योग के वर्गमूल को ले जाकर जोड़ते हैं। साइनेसॉइडल फेज वोल्टेज के साथ, फेज-से-न्यूट्रल वोल्टेज का तीसरा-हार्मोनिक घटक लगभग 60% है।

(iii) असंतुलित लोड पर वोल्टेज ड्रॉप: (Voltage drop at Unbalance Load)

असंतुलित फेज से न्यूट्रल लोड के लिए एक बड़ा वोल्टेज ड्रॉप होता है। यह इस तथ्य के कारण होता है। कि फेज टू फेज लोड ट्रांसफॉर्मर के लोकेज रिप्लेस के माध्यम से एक वोल्टेज ड्रॉप का कारण बनता है। जबकि फेज टू न्यूट्रल लोड मैनेटाइजिंग रिप्लेस के माध्यम से एक वोल्टेज ड्रॉप का कारण बनता है। जो लोकेज रिप्लेस से 100 से 1000 गुना बड़ा होता है।

(iv) ओवरहीट ट्रांसफॉर्मर टैंक (Overheated Transformer Tank)

कुछ परिस्थितियों में एक Y-Y जुड़ा हुआ तीन-फेज ट्रांसफॉर्मर ओवरहीटिंग टैंक को उत्पन्न कर सकता है। जो ट्रांसफॉर्मर को जल्दी से नष्ट कर सकता है। यह आमतौर पर प्राइमरी सर्किट पर एक ओपन फेज और सेकेंडरी पर लोड के साथ होता है।

(v) फॉल्ट स्थिति में कोर का ओवरएक्साइटेशन (Over Excitation of Core in Fault Condition)

यदि फेज टू ग्राउंड फॉल्ट प्राइमरी सर्किट पर प्राइमरी न्यूट्रल ग्राउंडेड के साथ होती है। तो बिना फॉल्ट वाले फेज-टू-न्यूट्रल वोल्टेज सामान्य वोल्टेज के 173% तक बढ़ जाता है। यह लगभग निश्चित रूप से कोर के एक्साइटेशन से अधिक बढ़ बड़ी हुई कोरेंटों और कोर के लॉस के साथ परिणाम देगा। यदि प्राइमरी और सेकेंडरी के न्यूट्रल दोनों को बाहर साथ बांध है। तो सेकेंडरी सर्किट पर फेज टू ग्राउंड फॉल्ट प्राइमरी सर्किट में प्रवाहित होने के लिए न्यूट्रल फॉल्ट कोरेंट का कारण बनता है। प्राइमरी सर्किट के न्यूट्रल में ग्राउंड प्रोटेक्शन रिले तब सेकेंडरी सर्किट रिले पर फॉल्टों के लिए कार्य कर सकता है।

(vi) न्यूट्रल शिफ्टिंग (Neutral Shifting)

यदि सेकेंडरी साइड पर लोड असंतुलित है तो इस संबंध का अभिलक्षण संतोषजनक नहीं है। तो न्यूट्रल प्वाइंट की स्थिति संभव है। इसे रोकने के लिए प्राइमरी के स्टार प्वाइंट को जनरेटर के स्टार प्वाइंट से जुड़ा होना आवश्यक है।

(vii) सेकेंडरी वोल्टेज का विकृति (Distortion of Secondary voltage)

प्राइमरी का स्टार या न्यूट्रल प्वाइंट अर्थेड है, अल्टरनेटर वोल्टेज में उपस्थित तीसरा हार्मोनिक सेकेंडरी साइड दिखाई दे सकता है। यह सेकेंडरी फेज वोल्टेज में विकृति का कारण बनता है।

(viii) लाइट लोड पर ओवर वोल्टेज (Over Voltage at Light Load)

एक अंडर ग्राउंड न्यूट्रल पर तीसरे (और अन्य जोरो सीक्वेन्स) हार्मोनिक्स की उपस्थिति लाइट लोड पर ओवरवोल्टेज स्थितियों का कारण बन सकती है।

(ix) ग्राउंड प्रोटेक्शन के समन्वय में कठिनाई (Difficulty in coordination of Ground Protection)

Y-Y ट्रांसफॉर्मर में एक कम-साइड ग्राउंड, फॉल्ट प्राइमरी ग्राउंड फॉल्ट का कारण बनती है। जिससे समन्वय अधिक कठिन हो जाता है।

(x) ग्राउंड फॉल्ट के से फेज के अनर्गल स्वस्थ फेज वोल्टेज बढ़ाएँ (Increase Healthy Phase Voltage under Phase to ground Fault)

एक फेज-टू-ग्राउंड फॉल्ट प्राइमरी सर्किट पर प्राइमरी न्यूट्रल ग्राउंडेड के साथ होता है। तो अनर्गल के फेज-टू-न्यूट्रल वोल्टेज सामान्य वोल्टेज के 173% तक बढ़ जाता है। यदि प्राइमरी और सेकेंडरी के न्यूट्रल दोनों को बाहर लाया जाता है। तो सेकेंडरी सर्किट पर फेज टू-ग्राउंड फॉल्ट प्राइमरी सर्किट में प्रवाहित होने के लिए न्यूट्रल फॉल्ट करंट का कारण बनता है।

(xi) लाइन-ग्राउंड फॉल्ट में T/C को ट्रिप करें (Trip the T/C in Line-Ground Fault)

एक हार्मोनिक ट्रांसफॉर्मर के माध्यम से प्रोपेगेट करेंगे। जोरी सीक्वेंस करंट पथ ट्रांसफॉर्मर के माध्यम से निरंतर प्रवाहित है। एक लाइन-टू-ग्राउंड फॉल्ट ट्रांसफॉर्मर को ट्रिप करेगा।

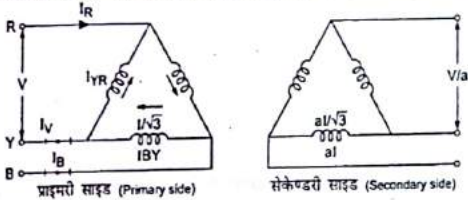
(xii) कोर प्रकार ट्रांसफॉर्मर के लिए उपयुक्त (Suitable for Core Type Transformer)

3 फेज के बायर सिस्टम के साथ इस तरह के कनेक्शन में तीसरा हार्मोनिक वोल्टेज और करंट अनुपस्थित है, या 3 फेज इन्फेज का है। तीसरा हार्मोनिक फेज वोल्टेज से अधिक हो सकता है। कोर प्रकार के ट्रांसफॉर्मर के लिए इस प्रकार का कनेक्शन अधिक उपयुक्त है।

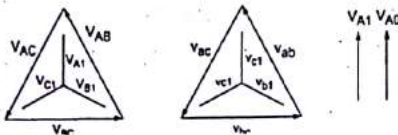
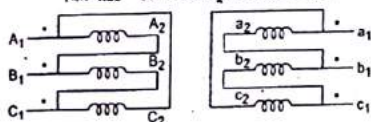
4.5.2. डेल्टा-डेल्टा कनेक्शन (Delta-Delta Connection)

इस प्रकार के कनेक्शन में दोनों तीन फेज प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग डेल्टा में जुड़े हुए हैं जैसा कि चित्र 4.25 में दिखाया गया है।

प्राइमरी और सेकेंडरी साइडों पर वोल्टेज फेज चित्र (चित्र 4.26) पर दिखाया जा सकता है।



चित्र 4.25 डेल्टा-डेल्टा ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन



चित्र 4.26 डेल्टा-डेल्टा ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन का फेजर डायग्राम

यह कनेक्शन बड़े निम्न वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर के लिए किफायती साबित होता है। क्योंकि यह प्रति फेज टर्न की संख्या बढ़ाता है।

प्राइमरी साइड लाइन वोल्टेज = सेकेंडरी साइड लाइन वोल्टेज
प्राइमरी साइड फेज वोल्टेज = सेकेंडरी साइड फेज वोल्टेज
प्राइमरी और सेकेंडरी वोल्टेज के बीच कोई फेज बदलाव नहीं।

4.5.2.1. डेल्टा-डेल्टा ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन के लाभ (Advantages of Delta-Delta Transformer Connection)

(i) सेकेंडरी में साइनसोइडल वोल्टेज (Sinusoidal Voltage at Secondary)

साइनसोइडल के रूप में सेकेंडरी वोल्टेज प्राप्त करने के लिए, ट्रांसफॉर्मर के मैग्नेटाइजिंग करंट में एक तीसरा हार्मोनिक घटक होना चाहिए। डेल्टा कनेक्शन करंट के तीसरे हार्मोनिक घटक के संचलन के लिए एक बंद रास्ता प्रदान करता है। फ्लक्स साइनसोइडल रहता है जिसके परिणामस्वरूप साइनसोइडल वोल्टेज होता है।

(ii) एक ट्रांसफॉर्मर बैंक में एक ट्रांसफॉर्मर फॉल्ट होने पर 58% लोड करें (Carry 58% Load if One Transformer is Faulty in Transformer Bank)

यदि डेल्टा-डेल्टा कनेक्शन में जुड़े सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर का बैंक है और यदि ट्रांसफॉर्मर अक्षम है। तो कम एफिशिएंसी के साथ शेष दो ट्रांसफॉर्मर के साथ सप्लाई जारी रखी जा सकती है।

(iii) कम वोल्टेज के लिए किफायती (Economical for Low Voltage)

डेल्टा कनेक्शन के कारण, फेज वोल्टेज लाइन वोल्टेज के समान है। इसलिए वाइंडिंग में अधिक संख्या में टर्न होते हैं। लेकिन फेज करंट लाइन के करंट का $\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)$ गुना होता है। इसलिए वाइंडिंग का क्रॉस-सेक्शन बहुत कम है। यह कम वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर के लिए कनेक्शन को किफायती बनाता है।

(iv) तीसरा हार्मोनिक वोल्टेज की अनुपस्थिति (Absent of Third Harmonic Voltage)

बंद डेल्टा के कारण तीसरे हार्मोनिक वोल्टेज अनुपस्थित है। स्टार या न्यूट्रल प्वाइंट की अनुपस्थिति कुछ केसों में लाभप्रद साबित होती है।

4.5.2.2. डेल्टा-डेल्टा ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन की हानियाँ (Disadvantages of Delta-Delta Transformer Connection)

न्यूट्रल प्वाइंट की अनुपस्थिति के कारण यह तीन फेज चार वायर सिस्टम के लिए उपयुक्त नहीं है। अधिक इन्सुलेशन की आवश्यकता होती है। वाइंडिंग और कोर के बीच दिखने वाला वोल्टेज एक फेज में ग्राउंड फॉल्ट के मामले में पूरी लाइन वोल्टेज के बराबर होगा।

4.5.2.3. अनुप्रयोग (Application)

- बड़े, कम वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर के लिए उपयुक्त।
- इस प्रकार का कनेक्शन सामान्य रूप से असामान्य है लेकिन प्राइमरी सिस्टम पर LLG फाल्ट के प्रभाव को कम करने के लिए कुछ औद्योगिक सुविधाओं में उपयोग किया जाता है।
- यह आमतौर पर उन सिस्टमों में उपयोग किया जाता है जहाँ इसे कम वोल्टेज पर बढ़ी करंटों को सें जाने की आवश्यकता होती है। विशेष रूप से जब सर्विश की निरंतरता को बनाए रखना होता है, भले ही फेजों में से एक में फॉल्ट विकसित होता है।

4.5.3. स्टार-डेल्टा कनेक्शन (Star-Delta Connection)

इस प्रकार के ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन में तब प्राइमरी स्टार कनेक्शन में जुड़ा हुआ है, जबकि सेकेंडरी डेल्टा कनेक्शन में जुड़ा हुआ है जैसा कि चित्र 4.27 में दिखाया गया है।

दिए गए चित्र 4.28 में दिखाए गए अनुसार प्राइमरी और सेकेंडरी साइडों पर वोल्टेज को फेजर चित्र पर दर्शाया जा सकता है।

स्टार में प्राइमरी के रूप में जुड़ा हुआ है

$$\text{प्राइमरी साइड लाइन वोल्टेज} = \sqrt{3} \times \text{प्राइमरी साइड पर फेज वोल्टेज}$$

$$\text{प्राइमरी साइड पर फेज वोल्टेज} = \frac{\text{प्राइमरी साइड पर लाइन वोल्टेज}}{\sqrt{3}}$$

$$\text{अब ट्रांसफॉर्मेशन रेशो (K) = \frac{\text{सेकेंडरी फेज वोल्टेज}}{\text{प्राइमरी फेज वोल्टेज}}$$

$$\text{सेकेंडरी फेज वोल्टेज} = K \times \text{प्राइमरी फेज वोल्टेज}$$

डेल्टा में सेकेंडरी जुड़ा हुआ है:-

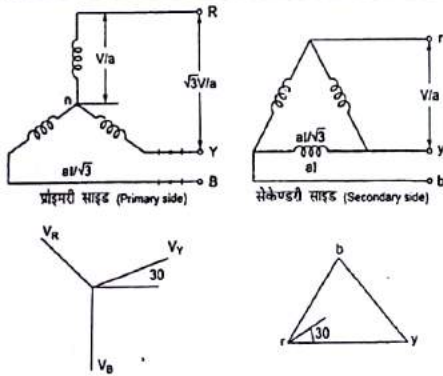
$$\text{सेकेंडरी साइड पर लाइन वोल्टेज} = \text{सेकेंडरी साइड पर फेज वोल्टेज}$$

$$\text{सेकेंडरी फेज वोल्टेज} = K \times \text{प्राइमरी फेज वोल्टेज}$$

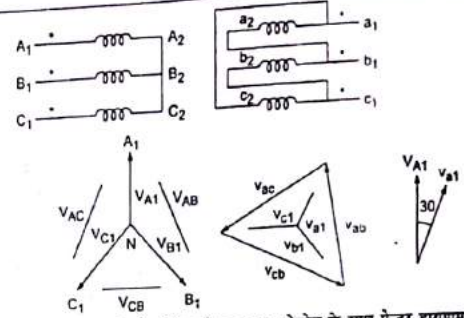
$$= K \times (\text{प्राइमरी साइड लाइन वोल्टेज} / \sqrt{3})$$

$$\text{सेकेंडरी फेज वोल्टेज} = \left(\frac{K}{\sqrt{3}} \right) \times \text{प्राइमरी साइड पर लाइन वोल्टेज}$$

सेकेंडरी फेज वोल्टेज से प्राइमरी फेज वोल्टेज के बीच 30° या -30° फेज शिफ्ट है।



चित्र 4.27 ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन-स्टार-डेल्टा



चित्र 4.28 प्राइमरी और सेकेंडरी साइड पर वोल्टेज के साथ फेजर डायग्राम
(Phasor Diagram with Voltages on Primary and Secondary Sides)

4.5.3.1. स्टार डेल्टा कनेक्शन के लाभ (Advantages of Star Delta Connection)

- प्राइमरी साइड स्टार जुड़ा हुआ है। इसलिए कम संख्या में टर्न की आवश्यकता होती है। यह बड़े हाई वोल्टेज स्टेप डाउन पावर ट्रांसफॉर्मर के लिए कनेक्शन को किफायती बनाता है।
- विकृति से बचने के लिए प्राइमरी पर न्यूट्रल को पृथ्वी पर रखा जा सकता है।
- न्यूट्रल प्वाइंट दोनों प्रकार के लोड (सिंगल फेज या तीन फेज) को पूरा करने की अनुमति देता है।
- बड़े असंतुलित लोड को संतुलन बिंदु से संभाला जा सकता है।
- $Y-\Delta$ कनेक्शन को सर्कुलेंट करंटों के कारण तीसरे हार्मोनिक घटकों के साथ कोई समस्या नहीं है। यह असंतुलित लोड के लिए भी अधिक स्थिर है। क्योंकि D आंशिक रूप से होने वाले किसी भी असंतुलन को पुनः डिस्ट्रीब्यूट करता है।

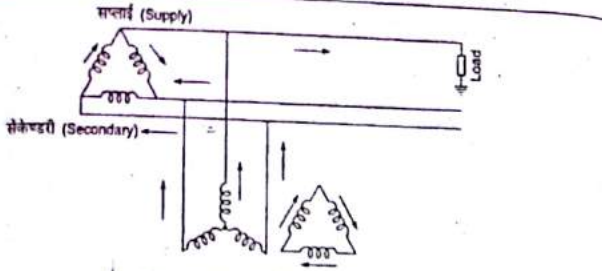
डेल्टा कनेक्टेड बाइंडिंग तीसरा हार्मोनिक करंट देता है जिसके कारण न्यूट्रल प्वाइंट की क्षमता स्थिर हो जाती है। इन्सुलेशन की लागत में कुछ बचत हासिल की जाती है। अगर H.V. साइड स्टार जुड़ा हुआ है। लेकिन व्यवहार में H.V. साइड को आम तौर पर डेल्टा में जोड़ा जाता है ताकि मोटर की तरह तीन फेज लोड हो और लाइट फेज की तरह सिंगल फेज लोड तीन फेज चार बायर सिस्टम का उपयोग करके L.V. की ओर से सप्लाई की जा सके।

4.5.3.2. ग्राउंडिंग ट्रांसफॉर्मर के रूप में (As Grounding Transformer)

पावर सिस्टम में अधिभार ग्राउंडेड $Y-\Delta$ सिस्टम ट्रांसफॉर्मर का उपयोग किसी अन्य उद्देश्य के लिए नहीं किया जाता है। क्योंकि यह अण्डरग्राउंड डेल्टा सिस्टम में एक अच्छा ग्राउंड सोर्स प्रदान करता है। उदाहरण के लिए, एक डिस्ट्रीब्यूशन सिस्टम जिसे Δ कनेक्टेड (अर्थात्, अंडर ग्राउंड) पावर सोर्स द्वारा सप्लाई की जाती है।

यदि इस सिस्टम में फेज टू ग्राउंड लोड को कनेक्ट करना आवश्यक है। तो एक ग्राउंडिंग बैंक सिस्टम से जुड़ा है। जैसा कि नीचे चित्र 4.29 में दिखाया गया है।

यह सिस्टम ग्राउंडिंग बैंक सिस्टम से जुड़ा है, जैसा कि चित्र 4.29 में दिखाया गया है। ध्यान दें कि जुड़ा हुआ बाइंडिंग चित्र 4.29 में किसी भी बाहरी सर्किट से जुड़ा नहीं है।



चित्र 4.29 Y-Δ वाइडिंग ट्रांसफॉर्मर

प्राइमरी Y वाइडिंग के प्रत्येक फेज, में 3 गुना I के बराबर लोड करंट के साथ, एक ही करंट I प्रदान करता है, प्राइमरी बैक कनेक्टेड सेकेंडरी वाइडिंग के साथ एम्पीयर-टर्न प्रदान करने के लिए आवश्यक है जो प्राइमरी वाइडिंग के एम्पीयर-टर्न को रद्द करता है। ध्यान दें कि प्राइमरी बैक लोड करने के लिए किसी भी वास्तविक पावर की सप्लाई नहीं करता है; यह केवल एक अंदर प्राइमरी रास्ता प्रदान करने के लिए है। लोड द्वारा आवश्यक सभी पावर को दो फेजों से सप्लाई की जाती है।

4.5.3.3. स्टार-डेल्टा कनेक्शन की हानियाँ (Disadvantages of Star-Delta Connection)

इस प्रकार के कनेक्शन में, सेकेंडरी वोल्टेज प्राइमरी के साथ फेज में नहीं है। इसलिए स्टार-स्टार या डेल्टा-डेल्टा कनेक्टेड ट्रांसफॉर्मर के समानांतर इस कनेक्शन को संचालित करना संभव नहीं है।

इस संबंध से जुड़ी एक समस्या यह है कि सेकेंडरी वोल्टेज को प्राइमरी वोल्टेज के संबंध में 30° से शिफ्ट कर दिया जाता है। जब 3-फेज ट्रांसफॉर्मर को समानांतर करने के बाद यह समस्या जनरेट कर सकता है क्योंकि ट्रांसफॉर्मर सेकेंडरी वोल्टेज को समानांतर होना चाहिए। इसलिए, हमें इन शिफ्ट पर ध्यान देना चाहिए।

यदि इस ट्रांसफॉर्मर का सेकेंडरी फेज समानांतर के बिना दूसरे ट्रांसफॉर्मर के सेकेंडरी के साथ समरूप होना चाहिए, तो एक समस्या होगी।

4.5.3.4. अनुप्रयोग (Application)

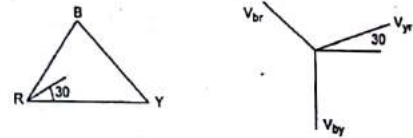
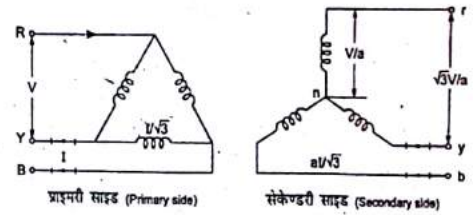
यह आमतौर पर पावर सप्लाई ट्रांसफॉर्मर के लिए नियोजित किया जाता है। इस प्रकार के कनेक्शन को आमतौर पर ट्रांसमिशन लाइन के सबस्टेशन एंड में नियोजित किया जाता है। इस कनेक्शन के साथ मुख्य उपयोग वोल्टेज को कम करना है। प्राइमरी साइड उपलब्ध न्यूट्रल को प्राइमरी बनाया गया है। यह देखा जा सकता है कि प्राइमरी और सेकेंडरी लाइन वोल्टेज के बीच 30° डिग्री का अंतर है।

आमतौर पर एक स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर में उपयोग किया जाता है। H.V. साइड पर Y कनेक्शन इन्सुलेशन को कम कर देता है। H.V. साइड न्यूट्रल प्वाइंट असंतुलित लोड के संबंध में स्थिर हो सकता है। उदाहरण, एक ट्रांसमिशन लाइन के एंड में प्राइमरी वाइडिंग का न्यूट्रल अर्थीक है।

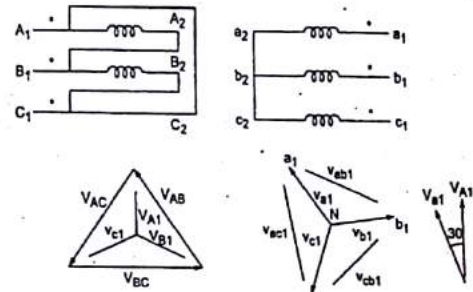
इस सिस्टम में, लाइन वोल्टेज अनुपात ट्रांसफॉर्मर टर्न-अनुपात का $\frac{1}{\sqrt{3}}$ टाइम्स और प्राइमरी वोल्टेज 30° से प्राइमरी वोल्टेज से पीछे है। साथ ही तीसरा हार्मोनिक करंट साइनसोइडल फ्लक्स देने के लिए प्रवाहित होती है।

4.5.4. ट्रांसफॉर्मर का डेल्टा-स्टार कनेक्शन (Delta-Star Connection of Transformer)

इस प्रकार के कनेक्शन में प्राइमरी डेल्टा कनेक्शन में जुड़ा हुआ है। जबकि सेकेंडरी करंट स्टार में जुड़ा हुआ है।



चित्र 4.30 डेल्टा-स्टार ट्रांसफॉर्मर का कनेक्शन



चित्र 4.31

इस कनेक्शन का मुख्य उपयोग वोल्टेज को स्टेप अप करने के लिए है। यानी हाइड्रेशन ट्रांसमिशन सिस्टम की शुरुआत पर, यह ध्यान दिया जा सकता है कि प्राइमरी लाइन वोल्टेज और सेकेंडरी लाइन वोल्टेज के बीच 30° की एक फेज शिफ्ट है।

प्राइमरी लाइन वोल्टेज और सेकेंडरी लाइन वोल्टेज के बीच 30 डिग्री का फेज शिफ्ट

डेल्टा से जुड़े हुए प्राइमरी साइड लाइन वोल्टेज = प्राइमरी साइड फेज वोल्टेज

$$\text{अब ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात (K)} = \frac{\text{सेकेंडरी फेज वोल्टेज}}{\text{प्राइमरी फेज वोल्टेज}}$$

$$\text{सेकेंडरी फेज वोल्टेज} = K \times \text{प्राइमरी फेज वोल्टेज}$$

स्टार में सेकेंडरी साइड में जुड़ा हुआ है

$$\text{सेकेंडरी साइड लाइन वोल्टेज} = \sqrt{3} \times \text{सेकेंडरी साइड पर फेज वोल्टेज। इसलिए,}$$

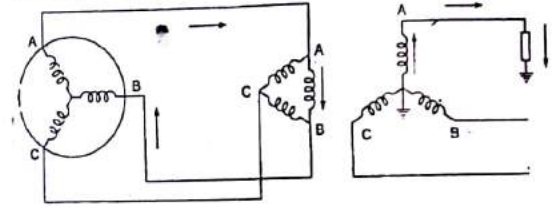
$$\text{सेकेंडरी साइड पर लाइन वोल्टेज} = \sqrt{3} \times K \times \text{प्राइमरी लाइन वोल्टेज।}$$

सेकेंडरी फेज वोल्टेज से प्राइमरी फेज वोल्टेज के बीच +30 डिग्री या -30 डिग्री फेज शिफ्ट है।

4.5.4.1. डेल्टा-स्टार कनेक्शन के लाभ (Advantages of Delta-Star Connection)

- वाइडिंग का फ्रांस सेक्शन क्षेत्रफल प्राइमरी साइड से कम होता है—डेल्टा कनेक्शन के कारण प्राइमरी साइड वाइडिंग फ्रांस-सेक्शन की आवश्यकता कम होती है।
- तीन फेज चार वायर सिस्टम में प्रयुक्त—सेकेंडरी साइड पर, न्यूट्रल उपलब्ध है, जिसके कारण इसका उपयोग तीन-फेज, चार वायर सप्लाय सिस्टम के लिए किया जाता है।
- सेकेंडरी वोल्टेज का कोई विकृति नहीं—तीसरे हार्मोनिक घटकों के कारण कोई विकृति नहीं।
- बड़े असंतुलित लोड को हैंडल—बड़े असंतुलित लोड को बिना किसी कठिनाई के संचालित जा सकता है।
- प्राइमरी और सेकेंडरी के बीच प्राइमरी आइसोलेशन—यह मानते हुए कि Y कनेक्टेड सेकेंडरी सर्किट का न्यूट्रल ग्राउंडेड है। एक लोड कनेक्टेड फेज-टू-न्यूट्रल या एक फेज-टू-ग्राउंड फॉल्ट, प्राइमरी सर्किट में दो फेजों में बिना किसी न्यूट्रल ग्राउंड करंट के दो बराबर और विपरीत करंट को उत्पन्न करता है। इसलिए Y-Y कनेक्शन के विपरीत, सेकेंडरी सर्किट में फेज-टू-ग्राउंड फॉल्ट या करंट असंतुलन प्राइमरी सर्किट पर लागू ग्राउंड प्रोटेक्टर रिले को प्रभावित नहीं करेगा। यह सुविधा सुरक्षात्मक उपकरणों के उचित समन्वय को सक्षम करती है और एक बहुत ही महत्वपूर्ण डिजाइन विचार है।
- ग्राउंडेड Y के न्यूट्रल को कभी-कभी ग्राउंडिंग बैंक के रूप में संदर्भित किया जाता है। क्योंकि यह सेकेंडरी में ग्राउंड करंट का एक स्थानीय स्रोत प्रदान करता है। जो प्राइमरी कितने दिन हो गए सर्किट से पुष्कल होता है।
- हार्मोनिक सस्पेंशन—पैनेटाइजिंग करंट में इंड्यूस वोल्टेज के लिए साइनसोइडल होने के लिए विषम हार्मोनिक होना चाहिए और तीसरा हार्मोनिक प्रमुख हार्मोनिक घटक है। तीन-फेज सिस्टम में सभी तीन फेजों की तीसरी हार्मोनिक करंट एक-दूसरे के साथ फेज में हैं क्योंकि वे जोरो सीक्वेंस करंट हैं। Y-Y ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन में, तीसरे हार्मोनिक करंट के लिए एकमात्र रास्ता न्यूट्रल के माध्यम से है। Δ-Y कनेक्शन में, हालांकि, तीसरा हार्मोनिक करंटों, आयाम में बराबर और एक दूसरे के साथ फेज में, पथ के चारों ओर कनेक्टेड वाइडिंग द्वारा प्रसारित करने में सक्षम है। यही बात अन्य शून्य-अनुक्रम हार्मोनिक के लिए भी सही है।
- ग्राउंडिंग बैंक—यह सेकेंडरी में ग्राउंड करंट का एक स्थानीय स्रोत प्रदान करता है जो प्राइमरी सर्किट से अलग होता है। भ्रम से कि एक अंडर ग्राउंड जनेरेटर सेकेंडरी पर ग्राउंडेड न्यूट्रल के साथ Δ-Y ट्रांसफॉर्मर के माध्यम से एक सरल रेडियल सिस्टम को सप्लाय करता है जैसा कि चित्र 4.32 में दिखाया गया है। जनेरेटर अंडर ग्राउंड

Y ट्रांसफॉर्मर के माध्यम से सिंगल फेज टू न्यूट्रल लोड की सप्लाय कर सकता है। हमें ट्रांसफॉर्मर के निम्न-वोल्टेज जनेरेटर साइड को प्राइमरी और ट्रांसफॉर्मर के हाई-वोल्टेज लोड साइड को प्राइमरी के रूप में देखें। ध्यान दें कि प्रत्येक प्राइमरी वाइडिंग मैग्नेटिक रूप से एक सेकेंडरी वाइडिंग के लिए कपलड है। मैग्नेटिक रूप से कपलड वाइडिंग एक दूसरे के समानांतर खींची जाती है:



चित्र 4.32 मैग्नेटिक रूप से कपलड वाइडिंग

दूसरे ट्रांसफॉर्मर नियम के माध्यम से, प्राइमरी सर्किट में फेज टू ग्राउंड लोड करंट AC सेकेंडरी वाइडिंग में एक करंट के रूप में रिफ्लेक्टेड होता है। एम्पीयर-टर्न को संतुलित करने के लिए ट्रांसफॉर्मर के जनेरेटर साइड पर A-C या B-C वाइडिंग में फ्लो करने के लिए किसी अन्य करंट की आवश्यकता नहीं होती है।

4.5.4.2. ग्राउंड प्रोटेक्शन के आसान रिले (Easy Relaying of Ground Protection)

प्रोटेक्शन रिले एक Δ-Y ट्रांसफॉर्मर पर आसान है। क्योंकि सेकेंडरी साइड ग्राउंड फॉल्ट प्राइमरी से अलग होते हैं। जिससे समन्वय बहुत आसान हो जाता है। यदि एक Δ-Y ट्रांसफॉर्मर पर अपस्ट्रीम रिले हैं। तो किसी भी शून्य-अनुक्रम करंट को एक प्राइमरी ग्राउंड फॉल्ट से माना जा सकता है। जिससे बहुत संवेदनशील ग्राउंड फॉल्ट सुरक्षा की अनुमति मिलती है। एक Y-Y पर एक कम-साइड ग्राउंड फॉल्ट प्राइमरी ग्राउंड फॉल्ट का कारण बनती है। जिससे समन्वय अधिक कठिन हो जाता है। वास्तव में ग्राउंड फॉल्ट प्रोटेक्शन Δ-Y इकाइयों के प्राथमिक लाभों में से एक है।

4.5.4.3. डेल्टा-स्टार कनेक्शन की हानियाँ (Disadvantages of Delta-Star Connection)

- इस प्रकार के कनेक्शन में सेकेंडरी वोल्टेज प्राइमरी के साथ फेज में नहीं हैं। इसलिए स्टार-स्टार या डेल्टा-डेल्टा कनेक्टेड ट्रांसफॉर्मर के समानांतर इस कनेक्शन को ऑपरेट करना संभव नहीं है।
- इस संबंध से जुड़ी एक समस्या यह है, कि सेकेंडरी वोल्टेज को प्राइमरी वोल्टेज के संबंध में 30° से शिफ्ट कर दिया जाता है। जब 3-फेज ट्रांसफॉर्मर को समानांतर करने के बाद यह समस्या जनेरेटर कर सकता है क्योंकि ट्रांसफॉर्मर सेकेंडरी वोल्टेज को समानांतर होना चाहिए। इसलिए हमें इन शिफ्ट पर ध्यान देना चाहिए।
- यदि इस ट्रांसफॉर्मर का सेकेंडरी फेज समानांतर के बिना दूसरे ट्रांसफॉर्मर के सेकेंडरी के साथ समरूप होना चाहिए, तो एक समस्या होगी।

4.5.4.4. अनुप्रयोग (Applications)

- आमतौर पर एक स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर में उपयोग किया जाता है। उदाहरण, एक H.T. ट्रांसमिशन लाइन को शुरूआत में, इस स्थिति में न्यूट्रल प्वाइंट स्थिर है। और असंतुलित लोडिंग के मामले में फ्लोट नहीं करेगा। फ्लक्स का कोई विकृति नहीं है, क्योंकि Δ-कनेक्शन का अस्तित्व तीसरे-हार्मोनिक घटकों के लिए एक मार्ग की अनुमति देता है।

- (ii) लाइन वोल्टेज अनुपात ट्रांसफॉर्मर टर्न-अनुपात का वोल्टेज $\sqrt{3}$ गुना है। और सेकेंडरी वोल्टेज, प्राइमरी से 30% आने है। हाल के वर्षों में, यह व्यवस्था डिस्ट्रीब्यूशन सिस्टम के लिए बहुत लोकप्रिय हो गई है, क्योंकि यह 3-फेज, 4-वायर सिस्टम प्रदान करती है। सामान्य रूप से वाणिज्यिक, औद्योगिक और उच्च घनत्व वाले आवासीय स्थानों में उपयोग किया जाता है।
- (iii) तीन-फेज डिस्ट्रीब्यूशन सिस्टम की सप्लाय करने के लिए। उदाहरण एक डेल्टा प्राइमरी के साथ एक डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर होगा, जो बिना किसी न्यूट्रल या अर्थ के तीन 11 kV फेजों पर चल रहा है। और एक स्टार (या Y) सेकेंडरी 400 V पर 3-फेज की सप्लाय प्रदान करता है। जिसमें 230 V घरेलू वोल्टेज उपलब्ध है प्रत्येक फेज और एक अर्थ न्यूट्रल प्वाइंट है।
- (iv) जनरेटर ट्रांसफॉर्मर के रूप में उपयोग किया जाता है। $\Delta-Y$ ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन का उपयोग सर्वाधिकार रूप से दो अत्यंत महत्वपूर्ण कारणों के कारण जनरेटर को ट्रांसमिशन सिस्टम से जोड़ने के लिए किया जाता है। सबसे पहले जनरेटर आमतौर पर संवेदनशील ग्राउंड फॉल्ट रिले प्रोटेक्शन से लैस होते हैं। $\Delta-Y$ ट्रांसफॉर्मर ट्रांसमिशन सिस्टम पर लोड और फॉल्टों के लिए ग्राउंड करंट का एक स्रोत है, फिर भी ट्रांसफॉर्मर के प्राइमरी साइड पर जनरेटर ग्राउंड फॉल्ट प्रोटेक्शन पूरी तरह से ग्राउंड करंट से आइसोलेट है।

4.6. ट्रांसफॉर्मर का समानांतर ऑपरेशन (Parallel Operation of Transformer)

दो ट्रांसफॉर्मर समानांतर क्रम में जुड़े हुए हैं, दो प्राइमरी वाइंडिंग सप्लाय बस से जुड़े हैं और दो सेकेंडरी वाइंडिंग बस-बार लोड करने के लिए जुड़े हुए हैं जैसा कि चित्र 4.33 में दिखाया गया है।

4.6.1. ट्रांसफॉर्मर के समानांतर ऑपरेशन की आवश्यकता (Need of Parallel Operation of Transformers)

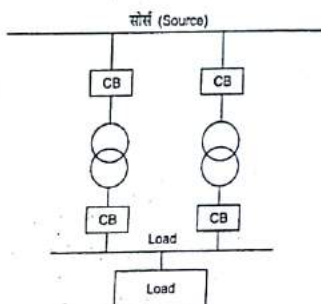
उपलब्ध ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग से अधिक लोड को सप्लाय करने के लिए, दो या अधिक ट्रांसफॉर्मर उपलब्ध ट्रांसफॉर्मर के साथ समानांतर में जुड़े हो सकते हैं। यह एक और बड़ी क्षमता वाले ट्रांसफॉर्मर को रखने के बजाय समानांतर में एक अतिरिक्त छोटे ट्रांसफॉर्मर को जोड़ने के लिए अधिक किफायती है। अतिरिक्त छोटे रेटिंग ट्रांसफॉर्मर को खरीदने के लिए लागत भी कम है।

ट्रांसफॉर्मर का समानांतर ऑपरेशन अधिक विश्वसनीयता प्रदान करता है अर्थात् यहां तक कि बस लोड के एक ट्रांसफॉर्मर के फेलियर या आउट ऑफ सर्विस इमरजेंसी मामलों में सिंगल ट्रांसफॉर्मर का उपयोग करके चलाया जा सकता है।

4.6.2. ट्रांसफॉर्मर के समानांतर ऑपरेशन के लिए शर्तें (Conditions for Parallel Operation of Transformers)

विभिन्न परिस्थितियों, जो ट्रांसफॉर्मर के सफल ऑपरेशन के लिए पूरी होनी चाहिए।

- (i) दो ट्रांसफॉर्मर का लाइन वोल्टेज अनुपात बराबर होना चाहिए।



चित्र 4.33 ट्रांसफॉर्मर का पैरलल ऑपरेशन

- (ii) प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर के प्रति यूनिट इम्पीडेंस बराबर होनी चाहिए और उनके पास समान रजिस्टेंस (X/R) के समान लोकेज रिप्लेस का अनुपात होना चाहिए।
- (iii) ट्रांसफॉर्मर में समान सेकेंडरी वाइंडिंग पोलैरिटी होनी चाहिए।
- (iv) ट्रांसफॉर्मर में एक ही फेज सीक्वेंस होना चाहिए (तीन फेज ट्रांसफॉर्मर)
- (v) ट्रांसफॉर्मर में सेकेंडरी लाइन वोल्टेज के बीच शून्य सापेक्ष फेज प्रतिस्थापन होना चाहिए। (तीन फेज ट्रांसफॉर्मर)

4.6.2.1. दो ट्रांसफॉर्मर के लाइन वोल्टेज अनुपात समान होना चाहिए (The Line Voltage Ratios of Two Transformers must be Equal)

इस स्थिति का उपयोग दो सेकेंडरी वाइंडिंग में असमानता EMF इंड्यूज से बचने के लिए किया जाता है। यदि समानांतर में जुड़े दो ट्रांसफॉर्मर में थोड़ा अलग वोल्टेज अनुपात होता है। तो सेकेंडरी वोल्टेज में इंड्यूज्ड EMF की असमानता के कारण, एक सर्कुलरेटिंग करंट सेकेंडरी टर्न में लूप प्रारूप में प्रवाहित होगी। यह करंट ने लोड करंट से अधिक है और लोड के दौरान लोकेज कम होने के कारण काफी अधिक होगा। जब सेकेंडरी वाइंडिंग लोड की जाती है, तो यह सर्कुलरेटिंग करंट दो ट्रांसफॉर्मर पर असमान लोडिंग के लिए जाएगा और एक ट्रांसफॉर्मर लोड से अधिक हो सकता है और दूसरा कम लोड हो सकता है।

4.6.2.2. प्रति यूनिट लोकेज इम्पीडेंस के बराबर (Equal Per Unit Leakage Impedance)

यदि रेटिंग या लाइन वोल्टेज उनके प्रति यूनिट लोकेज के बराबर हैं। तो दोनों ट्रांसफॉर्मर के बराबर लोड शेयर करने के लिए समान होना चाहिए। यदि रेटिंग असमान हैं। तो जिस ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग कम है। वह अधिक करंट ड्रावेगा और यह असमान लोड शेयरिंग की ओर जाता है। यह वोल्टेज की गिरावट के कारण लाइन वोल्टेज में बेनेस हो सकता है। दूसरे शब्दों में, असमान रेटिंग के लिए, उनके इम्पीडेंस के संख्यात्मक मान उनकी रेटिंग के साथ इन्वर्स में करंट होने के लिए उनकी रेटिंग के आनुपातिक के विपरीत होना चाहिए।

दो समानांतर ट्रांसफॉर्मर द्वारा किए गए करंट के विभिन्न फेज कोणों में इम्पीडेंस परिणाम के रजिस्टेंस मान के लिए रिप्लेस मान के अनुपात में अंतर होता है। वोल्टेज और करंट के बीच इस फेज कोण अंतर के कारण, एक ट्रांसफॉर्मर हाई पावर फैक्टर पर कार्य कर सकता है और दूसरा ट्रांसफॉर्मर निचले फैक्टर पर कार्य कर सकता है। इसलिए वास्तविक पावर शेयरिंग दो ट्रांसफॉर्मर के बीच आनुपातिक नहीं है।

4.6.2.3. ट्रांसफॉर्मर में समान सेकेंडरी वाइंडिंग पोलैरिटी होनी चाहिए (The Transformers should have same Secondary Winding Polarity)

ट्रांसफॉर्मर को उनकी पोलैरिटी के संबंध में ठीक से जोड़ा जाना चाहिए। यदि वे सही पोलैरिटी से जुड़े हैं तो दो EMF के सेकेंडरी वाइंडिंग में इंड्यूज्ड हैं। जो समानांतर में हैं, एक साथ कार्य करेंगे और उन दोनों के बीच एक शॉर्ट सर्किट को उत्पन्न करेंगे। पावर सप्लाय का कुल लॉस और ट्रांसफॉर्मर का हाई डैमेज।

4.6.2.4. ट्रांसफॉर्मर में एक ही फेज अनुक्रम होना चाहिए (The Transformer should have same Phase Sequence)

उपरोक्त स्थितियों में तीन वाइंडिंग ट्रांसफॉर्मर के अतिरिक्त, दोनो ट्रांसफॉर्मर के लाइन वोल्टेज के फेज सीक्वेंस समानांतर ऑपरेशन के लिए समान होना चाहिए। यदि फेज सीक्वेंस प्रत्येक वोल्टेज साइकिल में सही नहीं हैं, तो प्रत्येक फेज की जोड़ी शॉर्ट हो जाएगी।

4.7. ऑन-लोड टैप-चेंजिंग ट्रांसफॉर्मर (On-Load Tap-Changing Transformer)

जिस ट्रांसफॉर्मर को टैप सेटिंग होने पर मुख्य सप्लाय से डिस्कनेक्ट नहीं किया जाता है। उस प्रकार के ट्रांसफॉर्मर को परिवर्तित किया जाना चाहिए, जिसे ऑन-लोडिंग ट्रांसफॉर्मर कहा जाता है। टैप सेटिंग व्यवस्था का उपयोग मुख्य रूप से

ट्रांसफॉर्मर के टर्न अनुपात को बदलने के लिए किया जाता है ताकि सिस्टम वोल्टेज को कंट्रोल कर सके, जब ट्रांसफॉर्मर लोड प्रदान कर रहा हो। ऑन-लोड टैप चेंजर को मुख्य विशेषता यह है कि इसके ऑपरेशन के दौरान स्विच का मुख्य सर्किट चाहिए छोला नहीं जाना चाहिए। इस प्रकार, स्विच के किसी भी हिस्से को शॉर्ट सर्किट नहीं मिलना चाहिए।

टैप चेंजिंग ट्रांसफॉर्मर में एक टैप बदलने के ऑपरेशन के दौरान कोट को सीमित करने के लिए विभिन्न प्रकार के एक इम्पेडेंस सर्किट का उपयोग किया जाता है। इम्पेडेंस सर्किट रजिस्टर्स या रिएक्टर प्रकार हो सकता है, और इम्पेडेंस सर्किट द्वारा, टैप चेंजर को रजिस्टर और रिएक्टर रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है। आजकल रजिस्टर को एक जोड़ी का उपयोग करके कोट को सीमित किया जाता है।

4.7.1. टैपिंग का स्थान (Location of Tapping)

ट्रांसफॉर्मर के H.V. वाइंडिंग पर टैपिंग प्रदान की जाती है। क्योंकि हाई वोल्टेज वाइंडिंग लो-वोल्टेज वाइंडिंग पर वाउन्ड होता है। इसके अलावा ट्रांसफॉर्मर के H.V. वाइंडिंग, में कोट छोटा होता है, जिसके कारण टैपिंग कनेक्शन के लिए छोटे संपर्क लोड की आवश्यकता होती है।

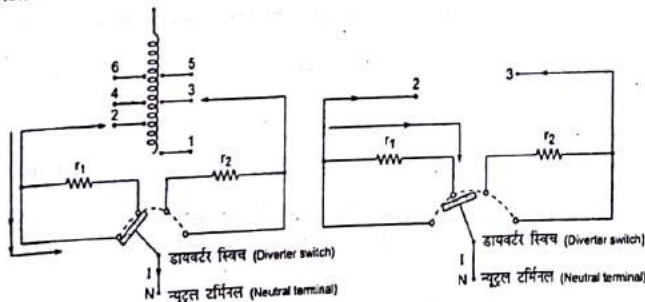
घर के बोर्ड के माध्यम से वाइंडिंग पर टैपिंग को ऑपल से भरे डिब्बे को अलग करने के लिए निकाला जाता है। जिसमें ऑन-लोड टैप चेंजर स्विच को रखा जाता है। टैप चेंजर स्थानीय या रिमोट कंट्रोल के एक मोटर ऑपरेट ड्राइविंग सिस्टम द्वारा ऑपरेट होता है। इमारतों की स्थिति के लिए मैन्युअल ऑपरेशन के लिए हैंडल का ऑपरेशन किया जाता है।

4.7.2. टैपिंग की आवश्यकता (Needs For Tapping)

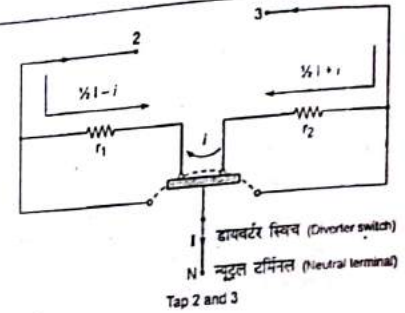
लोड में बार-बार बदलाव से सिस्टम का वोल्टेज बदल जाता है। पावर ट्रांसफॉर्मर में टैप चेंजिंग मुख्य रूप से आउटपुट वोल्टेज को निर्धारित सोमा के भीतर रखने के लिए किया जाता है। आजकल लगभग सभी बड़े पावर ट्रांसफॉर्मर को ऑन-लोड टैप चेंजर के साथ प्रदान किया जाता है।

4.7.3. एक रजिस्टर का उपयोग करके ऑन-लोड टैप चेंजिंग ट्रांसफॉर्मर (On-Load Tap Changing Transformer Using a Resistor)

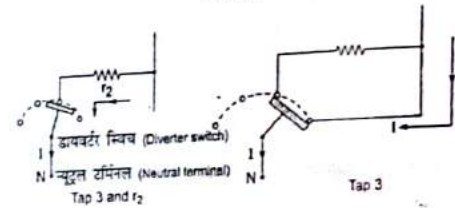
रजिस्टर ट्रांजिशन के साथ ऑन-लोड टैप चेंजिंग गियर, जिसमें प्रत्येक ऑपरेटिंग स्थिति के लिए एक वाइंडिंग को बदल दिया जाता है। जैसा कि नीचे चित्र 4.34 में दिखाया गया है। अगले में एक टैप के शिफ्टिंग के दौरान ऑपरेशन का क्रम दिए गए चित्र 4.35 में दिखाया गया है। बैकअप मेन कंट्रोलर प्रदान किया जाता है। जो सामान्य ऑपरेशन के लिए रजिस्टर्स को शॉर्ट-सर्किट करता है।



चित्र 4.34



चित्र 4.35



चित्र 4.36

टैप चेंजर पुनः चढ़न का उपयोग करके गियर को कंट्रोल करता है। कंट्रोल का उद्देश्य किसी निर्दिष्ट रजिस्टर्स के दोन दिए गए वोल्टेज स्तर को बनाए रखना है या दिए गए ट्रांसमिशन लाइन में वोल्टेज ड्रॉप को भरपाई के लिए इसे लोड के साथ बढ़ाना है।

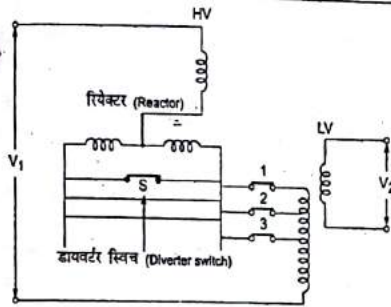
4.7.4. रिएक्टर का उपयोग करके ऑन-लोड टैप चेंजिंग (On-Load Tap Changing Using a Reactor)

अन्य प्रकार के ऑन-लोड टैप चेंजर को मेटर टैप किए गए रिएक्टर के साथ प्रदान किया जाता है। जैसा कि दिए गए चित्र 4.37 में दिखाया गया है। रिएक्टर का कार्य टैप वाइंडिंग के शॉर्ट सर्किट को रोकना है। सामान्य ऑपरेशन के दौरान, शॉर्ट-सर्किटिंग स्विच S बंद रहता है। रिएक्टर प्राइमरी वाइंडिंग के किसी भी हिस्से में कोट के बड़े भागों के फ्लो को रोकता है। जब दो टैपिंग स्विच एक साथ बंद हो जाते हैं।

ऑन-लोड टैप चेंजर के अनुप्रयोगों को समझने के लिए विचार करें कि टैपिंग स्विच बंद हैं। और आउटपुट वोल्टेज कम से कम है। आउटपुट वोल्टेज बढ़ाने के लिए, शॉर्ट-सर्किटिंग स्विच S खोला जाता है। दूसरा टैपिंग स्विच बंद किया जाता है। और पहला टैपिंग स्विच खोला जाता है। और अंत में शॉर्ट-सर्किटिंग स्विच को बंद कर दिया जाता है।

जब शॉर्ट-सर्किटिंग स्विच खुली स्थिति में होता है। और दो टैपिंग स्विच बंद स्थिति में होते हैं। तो ट्रांसफॉर्मर वाइंडिंग की दो टैपिंग स्थिति के बीच रिएक्टर को सट किया जाता है। लेकिन बड़े सर्कुलेंटिंग कोट फ्लो को इसकी उच्च रिएक्टेंस के कारण स्थापित नहीं किया गया है।

इस कोट से लाइन कोट प्रभावित नहीं होता है क्योंकि कोट समान रूप से विभाजित होता है और रिएक्टर के दो हिस्सों में विपरीत दिशा में प्रवाहित होती है। रिएक्टर फुल कोट लेता है। जब केवल एक स्विच बंद होता है।



चित्र 4.37-रिएक्टर के उपयोग से ऑन-लोड टैप बदलना

स्टाडिंग कंटेक्ट रिएक्टर के अंत में जुड़े होते हैं और सामान्य ऑपरेटिंग स्थिति में दोनों संपर्क एक ही टैपिंग स्टड को छूते हैं। आमतौर पर टैपिंग लोड अनुपात कंट्रोल तत्वों में शामिल होने के लिए वृद्धि के सर्व वोल्टेज को रोकने के लिए वॉइडिंग के एण्ड टर्न के बीच मध्य में स्थित है।

4.8. पावर ट्रांसफॉर्मर और डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर के बीच मुख्य अंतर (Main Difference Between Power Transformer and Distribution Transformer)

दोनों पावर और डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर के बीच कुछ अंतर दिए गए हैं।

- पावर ट्रांसफॉर्मर का उपयोग स्टेप-अप और स्टेप डाउन अनुप्रयोग (400 kV, 200 kV, 110 kV, 66 kV, 33 kV) के लिए उच्च वोल्टेज के ट्रांसमिशन नेटवर्क के लिए किया जाता है। और आमतौर पर 200 MVA से ऊपर रेटेड के लिए किया जाता है।
- डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर का उपयोग उपयोगकर्ता कनेक्टिविटी को समायोजन करने के साधन के रूप में कम वोल्टेज डिस्ट्रीब्यूशन नेटवर्क के लिए किया जाता है। (11 kV, 6.6 kV, 3.3 kV, 440 V, 230 V) और आमतौर पर 200 MVA से कम की रेटिंग दी जाती है।
- एक पावर ट्रांसफॉर्मर में आमतौर पर एक प्राइमरी और एक सेकेंडरी के साथ-साथ एक इनपुट और आउटपुट सेटअप होता है। एक डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर में एक प्राइमरी और एक डिवाइड या 'टैप' सेकेंडरी, या दो या अधिक सेकेंडरी हो सकते हैं।
- पावर ट्रांसफॉर्मर आम तौर पर लगभग फुल लोड पर कार्य करते हैं। हालांकि, दिन के प्रमुख हिस्सों में डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर हल्के लोड में ऑपरेट होता है।
- पावर ट्रांसफॉर्मर के प्रदर्शन का आम तौर पर वाणिज्यिक या अधिकतम एफिशिएंसी द्वारा विश्लेषण किया जाता है क्योंकि वे फुल लोड पर अधिकतम एफिशिएंसी के लिए डिज़ाइन किए गए हैं। जबकि, एक डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर के प्रदर्शन को ट्रांसफॉर्मर इसलिए पूरे दिन की एफिशिएंसी से आंका जाता है। जिसे ये अधिकतम एफिशिएंसी के लिए 60-70% लोड पर ऑपरेट करने के लिए डिज़ाइन किए जाते हैं। क्योंकि ये पूरे दिन पूरे लोड पर कार्य नहीं करते हैं क्योंकि पीक ऑब्स होते हैं। 24 घंटे में लोड के लिए जो हर समय एक ही बार नहीं होते हैं।
- एक उच्च ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर की तुलना में कई गुना अधिक है।
- पावर ट्रांसफॉर्मर में, डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर की तुलना में फ्लक्स घनत्व अधिक होता है।

- पावर ट्रांसफॉर्मर, प्राइमरी वॉइडिंग हमेशा स्टार कनेक्शन में और सेकेंडरी वॉइडिंग में डेल्टा कनेक्शन जबकि डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर में, डेल्टा में कनेक्टेड प्राइमरी वॉइडिंग और स्टार कनेक्शन में सेकेंडरी वॉइडिंग।
- सब स्टेशन में, ट्रांसमिशन लाइन के अंत में, पावर ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन स्टार-डेल्टा में है। (वोल्टेज के स्तर को नीचे ले जाने के लिए)
- ट्रांसमिशन लाइन (H.T.) की शुरुआत में, पावर ट्रांसफॉर्मर का कनेक्शन डेल्टा-स्टार (वोल्टेज के स्तर को बढ़ाने के लिए) में है। इसके अलावा, नहीं है। कि एक ही कनेक्शन यानी डेल्टा-स्टार कनेक्शन का उपयोग तीन फेज नीचे डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर में भी किया जाता है।

4.9. ट्रांसफॉर्मर के कूलिंग की विधियाँ (Methods of Cooling of Transformer)

कूलिंग विधियों का विस्तृत विवरण, एक-एक करके नीचे दिया गया है। इयॉल टाइप ट्रांसफॉर्मर को नीचे दिए गए दो विधियों से ठंडा किया जाता है।

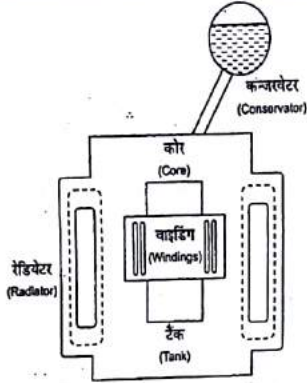
- एयर नेचुरल (AN) (Air Natural)—एयर नेचुरल विधि द्वारा ट्रांसफॉर्मर में उत्पन्न हीट को नेचुरल हवा के संचलन से ठंडा किया जाता है। जब ट्रांसफॉर्मर का तापमान आसपास की हवा के तापमान की तुलना में अधिक हो जाता है। तो इस तरह प्राकृतिक संवहन की प्रक्रिया से गर्म हवा को ठंडी हवा से बदल दिया जाता है। इस विधि को सेल्फ-कूलिंग विधि के रूप में भी जाना जाता है। इस विधि का उपयोग छोटे आउटपुट ट्रांसफॉर्मर रेटिंग को ठंडा करने के लिए किया जाता है जो 1.5 MVA तक होता है।
- एयर फोर्सड (AF) या एयर ब्लास्ट (Air Forced or Air Blast)—इस विधि में उष्ण हवा को फोर्सड वायु परिसंचरण विधि द्वारा ठंडा किया जाता है। फैन और ब्लोअर की मदद से, ट्रांसफॉर्मर के कोर और वॉइडिंग पर हवा के उच्च वेग को फोर्सड किया जाता है। जैसे ही ट्रांसफॉर्मर के अंदर का तापमान घटने में आने लगता है। एक अलग संचलन हो जाता है, और फैन और ब्लोअर ऑटोमैटिक रूप से बंद हो जाते हैं। इस विधि का उपयोग ट्रांसफॉर्मर रेटिंग के लिए 15 MVA तक किया जाता है।
- ऑयल ह्वे हुए प्रकार के ट्रांसफॉर्मर को ऑयल वायु कूलिंग विधि और ऑयल जल कूलिंग विधि द्वारा ठंडा किया जाता है।

4.9.1. ऑयल नेचुरल एयर नेचुरल (ONAN) Oil Natural Air Natural (ONAN)

इस प्रकार की कूलिंग के लिए प्राकृतिक संवहन प्रक्रिया का उपयोग किया जाता है। कोर की असेंबली और वॉइडिंग को ऑयल में डूबे टैंक में रखा गया है। जैसे-जैसे कोर और वॉइडिंग ट्रांसफॉर्मर के ऑयल के तापमान को गर्म करते हैं। नतीजतन, ऑयल ऊपर की ओर बढ़ता है। और ट्रांसफॉर्मर टैंक के ऊपरी हिस्से में बढ़ता है। यह गर्म ऑयल प्राकृतिक संवहन और चालन प्रक्रिया द्वारा हवा में हीट को चर देता है। ऑयल नेचुरल हवा के संचलन से ठंडा हो जाता है। और ट्रांसफॉर्मर के उपयोग के लिए फिर से रीडिएटर में गुरुता है। इस प्रकार की कूलिंग का उपयोग ट्रांसफॉर्मर रेटिंग के लिए 30 MVA तक किया जाता है।

4.9.2. ऑयल नेचुरल एयर फोर्सड ट्रांसफॉर्मर (ONAF) Oil Natural Air Forced (ONAF)

ONAF विधि का उपयोग 60 मेगा वोल्ट एम्पीयर तक की रेटिंग के ट्रांसफॉर्मर को ठंडा करने के लिए किया जाता है। जैसा कि ऊपर चर्चा की गई है। कि ONAN विधि में, हीट का अवशोषण संवहन प्रक्रिया द्वारा हो रहा है। जिसमें हवा को स्वाभाविक रूप से ठंडा होने के लिए परिचालित किया जाता है। लेकिन इस प्रकार में ट्रांसफॉर्मर को ठंडा करने के उद्देश्य से हवा का उपयोग किया जाता है।

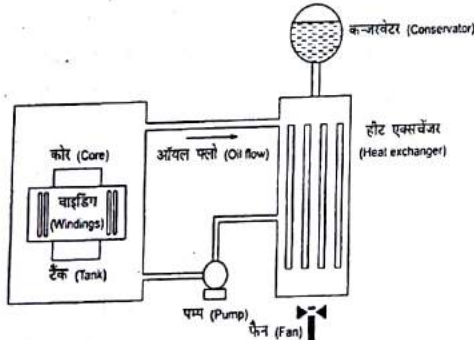


चित्र 4.38 ऑयल नेचुरल एयर कूलिंग ट्रांसफॉर्मर

यदि ट्रांसफॉर्मर के टैंक के क्षेत्र में अंत में वृद्धि हुई है, तो ऑयल का ठंडा होना तेजी से होगा। जिसके परिणामस्वरूप हॉट के स्तर में वृद्धि होगी। जैसे ही फैन और ब्लोअर लगाए जाते हैं। हवा का एक उच्च वेग रेडिएटर और कूलिंग टाइरो पर बलपूर्वक लगाया जाता है। जो ऑयल को अधिक तेजी से और कुशलता से ठंडा करने में मदद करेगा। लागत एक अन्य प्रक्रिया की तुलना में अधिक है। जहाँ ऑयल और हवा का संवलन स्वाभाविक रूप से किया जाता है, क्योंकि इस विधि में एक फैन और ब्लोअर एक अतिरिक्त कूलिंग उपकरण के रूप में संलग्न होते हैं।

4.9.3. ऑयल फोर्सड एयर फोर्सड ट्रांसफॉर्मर (OFAF) Oil Forced Air Forced (OFAF)

जैसा कि नाम से ही पता चलता है कि ट्रांसफॉर्मर को ठंडा करने के लिए ऑयल और हवा दोनों को ही लगाया जाता है। हॉट एक्सचेंजर स्थापित किया जाता है जिसके माध्यम से गर्म ऑयल को एक पंप की मदद से परिचालित किया जाता है।



चित्र 4.39 ऑयल नेचुरल एयर फोर्सड ट्रांसफॉर्मर कूलिंग

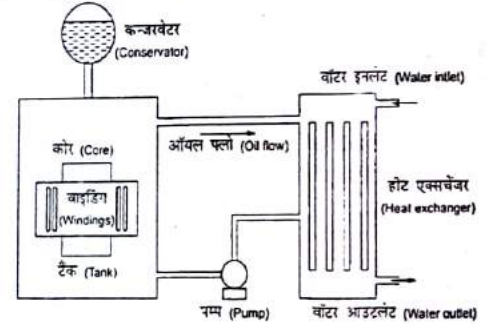
उच्च स्पीड वाले फैन की मदद से वायु को हॉट एक्सचेंजर पर गुजरने के लिए मजबूर किया जाता है। यह विधि ONAN के समान है। जब ट्रांसफॉर्मर पर कम लोड होता है तो कूलिंग एक साधारण ONAN विधि द्वारा किया जाता है। और जैसे ही लोड बढ़ जाता है। उत्पन्न हॉट भी अधिक होगी और इसलिए सेसर ने एक अलार्म दिया हॉट का अपेक्षित सुरक्षित मान से अधिक हो जाता है। और परिणामस्वरूप, फैन और पंप अपने आप बंद हो जाते हैं। और इस प्रकार एयर फोर्सड कूलिंग विधि द्वारा होता है।

4.9.4. ऑयल नेचुरल वाटर फोर्सड (ONWF) Oil Natural Water Forced (ONWF)

ऑयल नेचुरल वाटर फोर्सड कूलिंग विधि में ट्रांसफॉर्मर कोर और वाइडिंग्स को ऑयल की टंकी में डुबोया जाता है। टैंक के बाहर एक रेडिएटर स्थापित किया जाता है, तापमान बढ़ जाता है। और ऑयल गर्म हो जाता है। और ऊपर की ओर बढ़ता है। और संवहन की प्राकृतिक प्रक्रिया से हॉट नष्ट हो जाती है और ऑयल रेडिएटर के माध्यम से पास हो जाता है, लेकिन पानी पंप किया जाता है। और ऑयल ठंडा करने के लिए हॉट एक्सचेंजर से गुजरता है।

4.9.5. आइल फोर्सड वाटर फोर्सड (OFWF) Oil Forced Water Forced (OFWF)

एक हॉट एक्सचेंजर स्थापित किया जाता है जिसके माध्यम से ऑयल और पानी दोनों को एक पंप की मदद से पास किने जाता है। ऑयल का स्तर और दबाव हमेशा पानी की तुलना में अधिक रखा जाता है। ताकि अगर सिस्टम में कोई लीकेज होता है, तो ऑयल पानी के साथ मिल जाता है। लेकिन पानी ऑयल के साथ मिश्रित नहीं होता है। इस प्रकार की विधि ट्रांसफॉर्मर की बड़ी कैपेसिटी के लिए उपयुक्त है जिसमें कई सौ MVA या जहाँ ट्रांसफॉर्मर के बैंक स्थापित हैं। मुख्य रूप से इस प्रकार का कूलिंग हाइड्रो पावर प्लांट में स्थापित ट्रांसफॉर्मर के लिए किया जाता है।



चित्र 4.40 ऑयल फोर्सड एयर फोर्सड ट्रांसफॉर्मर कूलिंग

4.10. ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग (Rating of Transformer)

रेटिंग मशीन को लोड करिंग कैपेसिटी है। यह उस वोल्टेज के अधिकतम मान को दर्शाता है जिस पर मशीन को डिज़ाइन किया गया है। और उस वोल्टेज पर करंट खपत होती है। मशीनों को हमेशा वाट में रेट किया जाता है। लेकिन आल्टरनेट और ट्रांसफॉर्मर एकमात्र ऐसी मशीनें हैं जिन्हें वोल्ट-एम्पीयर (VA) में रेट किया जाता है।

जिन मशीनों में पावर की खपत होती है। उन्हें kW में रेट किया जाता है। लेकिन ट्रांसफॉर्मर का मुख्य कार्य पावर को ट्रांसमिट करना है। और पावर का उपयोग नहीं करना है, अर्थात् यह VA में रेटड है और kVA में नहीं। दो कारण हैं जिनके कारण ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग kVA में है।

कारण 1: विषय पर जाने से पहले यह समझ लें कि kVA और kW के बीच अंतर क्या है।
kVA, kV और एम्पीयर का प्रोडक्ट है,

$$kVA = kV \times A$$

kW, kV, एम्पीयर और पावर फैक्टर का प्रोडक्ट है,

$$kW = kV \times A \times PF$$

उपरोक्त समीकरणों से पता चलता है कि पावर फैक्टर एक मात्र शब्द है जो दोनों के बीच अंतर करता है।
पावर फैक्टर लोड द्वारा कुल पावर खपत को दर्शाता है। यानी, छे में जिन मशीनों को रेट किया गया है, वे निश्चित प्रभाव के लोड के लिए डिज़ाइन की गई हैं। जैसे इंडक्टिव लोड हमेशा इंडक्शन मशीनों से जुड़ा होता है।

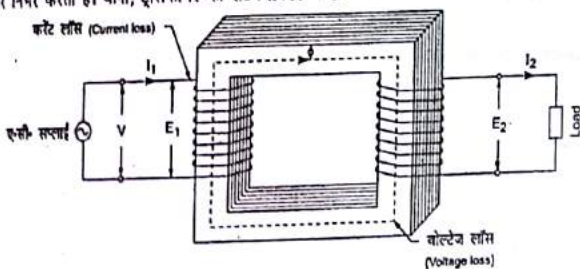
लेकिन यहाँ ट्रांसफॉर्मर के केस में, लोड पूरी तरह से अप्रत्याशित है, और डिज़ाइनर ने यूनिटी पावर फैक्टर पर विचार बरके ट्रांसफॉर्मर को डिज़ाइन किया। जिससे ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग kVA में होती है न कि kW में। ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग VA, kVA और MVA में ट्रांसफॉर्मर के आकार के आधार पर व्यक्त की गई है।

कारण 2: ट्रांसफॉर्मर लॉस पावर को खपत करता है। कॉपर और ट्रांसफॉर्मर में होने वाले लॉस दो प्रकार के हैं।

अयस्क लॉस (iron loss)

कॉपर लॉस (copper loss)

कॉपर लॉस ट्रांसफॉर्मर की वाइंडिंग के माध्यम से करंट (एम्पीयर) पर निर्भर करता है, जबकि अयस्क लॉस वोल्टेज (वोल्ट) पर निर्भर करती है। यानी, ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग kVA में है।



चित्र 4.42

ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग उनकी वाइंडिंग और ऑयल के तापमान पर निर्भर करती है जो निर्दिष्ट सीमा के भीतर पहुँचती है। लेकिन मशीन में तापमान कैसे बढ़ता है। यह लॉस की के कारण होता है। ट्रांसफॉर्मर में होने वाले लॉस से उनका तापमान बढ़ जाता है। इस प्रकार, हम कह सकते हैं कि ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग kVA में है।

Sl. No.	पावर-ट्रांसफॉर्मर की क्षमता और वोल्टेज रेटिंग
1.	315 MVA 400/220 kV सिंगल फेज ऑटो ट्रांसफॉर्मर
2.	200 MVA 220/132/33 kV ऑटो ट्रांसफॉर्मर
3.	160 MVA 220/132/33 kV ऑटो ट्रांसफॉर्मर
4.	50 MVA 132/33 kV पावर-ट्रांसफॉर्मर
5.	31.5 MVA 132/33 kV पावर-ट्रांसफॉर्मर

Sl. No.	पावर-ट्रांसफॉर्मर की क्षमता और वोल्टेज रेटिंग
6.	20 MVA 132/33 kV पावर-ट्रांसफॉर्मर
7.	7.5 MVA 66/33 kV पावर-ट्रांसफॉर्मर
8.	5 MVA 66/33 kV पावर-ट्रांसफॉर्मर
9.	5 MVA 33/11 kV पावर-ट्रांसफॉर्मर
10.	6.3 MVA 33/11 kV पावर-ट्रांसफॉर्मर
11.	10 MVA 33/11 kV पावर-ट्रांसफॉर्मर

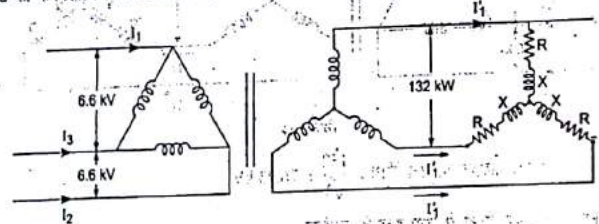
उदाहरण 4.1. 0.8 लैगिंग पावर फैक्टर पर 1000 kW का एक बैलेंस 3 फेज लोड, 132 kV, पर सप्लाय की जानी है, 6600 V से, तीन समान सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर द्वारा 3 फेज की सप्लाय डेल्टा स्टार से जुड़ी हुई है। प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की वोल्टेज, करंट और kVA रेटिंग ज्ञात करें।

हल : सप्लाय करने के लिए कुल लोड, = 1000 kW

लोड का पावर फैक्टर = 0.8 (लैगिंग)

$$\text{कुल लोड की सप्लाय} = \frac{1000}{0.8} = 1250 \text{ kVA}$$

सर्किट का कनेक्शन चित्र 4.43 दिखाया है।



चित्र 4.43

चूंकि इस स्थिति में, प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर को लाइनों के एफ़ोर्स इसकी प्राइमरी वाइंडिंग जुड़ी होती है, इसलिए दो कम वोल्टेज वाइंडिंग को 6600 V पर रेट किया जाना चाहिए। क्योंकि सेकेण्डरी वाइंडिंग स्टार में जुड़ा होता है, इस वाइंडिंग की रेटिंग आउटपुट लाइन वोल्टेज $\sqrt{3}$ से डिवाइड होनी चाहिए। अर्थात् इसे हाई वोल्टेज वाइंडिंग की जैसे रेटेड है।

$$\text{सेकेण्डरी फेज वोल्टेज} = \frac{132}{\sqrt{3}} = 76.23 \text{ kV}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर का वोल्टेज अनुपात} = \frac{132}{\sqrt{3} \times 6.6} = 11.55$$

$$\text{आउटपुट सेकेण्डरी करंट } I_1 = \frac{1250 \times 1000}{\sqrt{3} \times 132 \times 1000} = 5.6 \text{ A उत्तर}$$

अतः प्रत्येक सेकेण्डरी वाइंडिंग में प्रत्येक, 5.6 A.

प्राइमरी वाइंडिंग में प्रत्येक का करंट,

$$I_1 = I_2 = I_3 = 5.6 \times 11.5 = 64.40 \text{ A}$$

प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग = $6.6 \times 64.4 = 425 \text{ kVA}$ उत्तर

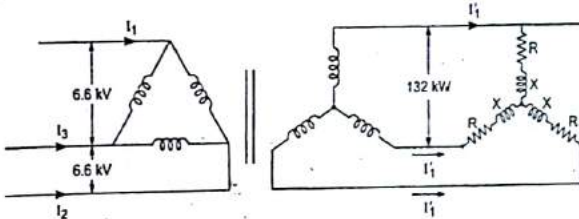
उदाहरण 4.2. 8.0 पॉवर फैक्टर पर 600 kW के बैलेंस 3 फेज लोड को 132 kW से 6600 V पर सप्लाय दी जानी है, तीन समान सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर द्वारा 3 फेज की सप्लाय-स्टार डेल्टा में जुड़ी हुई है। वोल्टेज, करंट और ट्रांसफॉर्मर की kVA रेटिंग ज्ञात करें।

हल : सप्लाय करने के लिए कुल लोड = 600 kW

लोड का पॉवर फैक्टर = 0.8 (लैगिंग)

$$\text{kVA में सप्लाय की जाने वाली कुल लोड} = \frac{600}{0.8} = 750 \text{ kVA}$$

चित्र 4.44 में सर्किट दिखाया गया है



चित्र 4.44

$$\text{प्राइमरी वाइंडिंग वोल्टेज रेटिंग} = \frac{132}{\sqrt{3}} = 76.23 \text{ kV}$$

चूँकि सेकेण्डरी वाइंडिंग डेल्टा से जुड़ा हुआ है, इसलिए,

लाइन वोल्टेज = फेज वोल्टेज

अतः सेकेण्डरी वाइंडिंग वोल्टेज रेटिंग = 6600 V

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की वोल्टेज अनुपात} = \frac{6.6}{132/\sqrt{3}} = \frac{6.6 \times \sqrt{3}}{132} = \frac{11.43}{132} = 0.09$$

सेकेण्डरी की लाइन करंट, $I'_1 = I'_2 = I'_3$

$$I'_1 = \frac{750 \times 1000}{\sqrt{3} \times 6600} = 65.6 \text{ A उत्तर}$$

प्रत्येक सेकेण्डरी वाइंडिंग में करंट, $I_{ph} = \frac{I_1}{\sqrt{3}}$

$$I_{ph} = \frac{65.6}{\sqrt{3}} = 37.8 \text{ A}$$

प्राइमरी वाइंडिंग में करंट, $I_1 = I_2 = I_3$

$$I_1 = K I_{ph} = 0.09 \times 37.8 = 3.4 \text{ A}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग} = \frac{132}{\sqrt{3}} \times 3.4 = 259.08 = \text{Say } 260 \text{ kVA उत्तर}$$

उदाहरण 4.3. 8.0 पॉवर फैक्टर पर 200 kW के बैलेंस 3 फेज लोड को 6600 V से 400 V पर सप्लाय दी जानी है, तीन समान सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर कनेक्टड डेल्टा-डेल्टा द्वारा 3 फेज की सप्लाय दी जानी है। प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की वोल्टेज, करंट और kVA रेटिंग ज्ञात करें।

हल : सप्लाय करने के लिए कुल लोड = 200 kW

लोड का पॉवर फैक्टर = 0.8 (lagging)

$$\text{kVA में सप्लाय की जाने वाली कुल लोड} = \frac{200}{0.8} = 250 \text{ kVA}$$

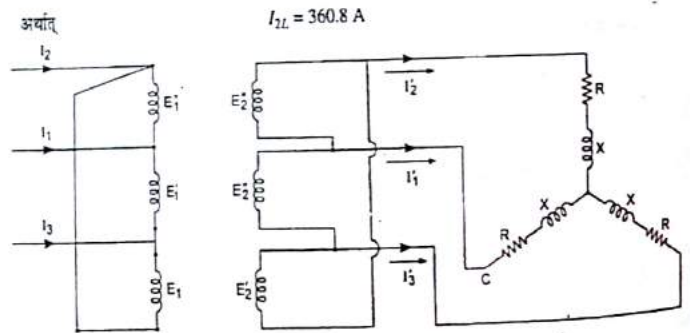
चित्र 4.45 में सर्किट के कनेक्शन को दर्शाता है।

चूँकि, इस संबंध व्यवस्था में प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर में दो इनपुट टर्मिनलों से जुड़ी अपनी प्राइमरी वाइंडिंग होती है और दो आउटपुट टर्मिनलों या लाइनों के बीच वाइंडिंग होती है। इसलिए, प्राइमरी वाइंडिंग उसे 6600 V पर और सेकेण्डरी वाइंडिंग 400 V पर बदलना चाहिए।

$$\text{ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात, } K = \frac{1}{16.5}$$

$$\text{सेकेण्डरी आउटपुट लाइन करंट, } I_{2L} = \frac{250 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 360.8 \text{ A}$$

अर्थात्



चित्र 4.45

∴ प्रत्येक सेकेण्डरी वाइंडिंग में फेज करंट या करंट,

$$I_{2ph} = \frac{360.8}{\sqrt{3}} = 208.4 \text{ A}$$

$$\text{प्राइमरी साइड में लाइन करंट, } I_{IL} = \frac{250 \times 1000}{\sqrt{3} \times 6600} = 21.9 \text{ A}$$

$$\text{प्रत्येक प्राइमरी वाइंडिंग में करंट, } I_{1ph} = \frac{I_{IL}}{\sqrt{3}}$$

$$I_{1ph} = \frac{21.9}{\sqrt{3}} = 12.6 \text{ A}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग} = \frac{400 \times 208.4}{1000} = 83.36 \text{ kVA}$$

$$\text{स्टैंडर्ड रेटिंग} = 100 \text{ W A 0 उत्तर}$$

उदाहरण 4.4. एक 660/440 V, तीन फेज मेश-स्टार (mesh-star) कनेक्टेड ट्रांसफॉर्मर 100 A ले जाने वाले लोड की सप्लाय करता है, जिसका पावर फैक्टर 0.8 लैगिंग और 0.8 लैगिंग के बीच बदलता है। सेकेंडरी साइड में प्रति फेज रजिस्टेंस और रिएक्टेंस क्रमशः 0.03 ohm और 0.1 ohm हैं और आयरन लॉस 1.3 kW किलोवाट, अधिकतम भिन्नता की गणना करें—(i) आउटपुट वोल्टेज (ii) लोड पावर फैक्टर की उन सीमाओं के बीच पावर आउटपुट और एफिशिएंसी।

हल : ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग = 76 kVA

$$\text{नो लोड प्राइमरी लाइन वोल्टेज, } E_{1L} = 660 \text{ V}$$

$$\text{नो लोड सेकेंडरी लाइन वोल्टेज, } E_{2L} = 440 \text{ V}$$

$$\text{लोड करंट, } I_L = 100 \text{ A}$$

स्थिति संख्या 1 : जब लोड पावर फैक्टर 0.8 है (लैगिंग)

$$\begin{aligned} \text{टर्मिनल वोल्टेज ड्रॉप} &= I_L R \cos \phi + I_L X \sin \phi \\ &= 100 \times 0.03 \times 0.8 + 100 \times 0.1 \times 0.6 = 8.4 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\text{नो लोड सेकेंडरी फेज वोल्टेज, } E_{2ph} = \frac{440}{\sqrt{3}} = 254.1 \text{ V}$$

$$\text{टर्मिनल विभवान्तर प्रति फेज, } V_{2ph} = 254.1 - 8.4 = 245.7 \text{ V}$$

$$\text{लाइन वोल्टेज} = \sqrt{3} \times 245.7 = 425.6 \text{ V}$$

स्थिति संख्या 2 : जब लोड पावर 0.8 है (लैगिंग)

$$\begin{aligned} \text{टर्मिनल वोल्टेज} &= I_L R \cos \phi - I_L X \sin \phi \\ &= 100 \times 0.03 \times 0.8 - 100 \times 0.1 \times 0.6 = -3.6 \end{aligned}$$

0.8 (लीडिंग) के पावर फैक्टर पर प्रति फेज टर्मिनल वोल्टेज

$$= 254.1 - (-3.6) = 257.7 \text{ V}$$

$$\text{लाइन वोल्टेज, } V_{2L} = \sqrt{3} \times 257.7 = 446.3 \text{ V}$$

$$\text{इसलिए 0.8 लैगिंग से 0.8 लीड के बीच की लाइन वोल्टेज में अधिकतम भिन्नता} = 446.3 - 425.6 = 20.7 \text{ V}$$

सबाल के ऊपर के हिस्से में लोड करंट को पावर फैक्टर रेंज, में कॉन्स्टेंट माना गया है। इसलिए, कॉपर लॉस भी कॉन्स्टेंट रहेंगे।

$$\text{लैगिंग पावर फैक्टर पर आउटपुट पावर} = 3 V_{2ph} I_{2ph} \cos \phi$$

$$= \frac{3 \times 245.7 \times 100 \times 0.8}{1000} = 58.97 \text{ kW}$$

इसी प्रकार लीडिंग पावर फैक्टर पर आउटपुट पावर,

$$\begin{aligned} &= 3 V_{2ph} I_{2ph} \cos \phi \\ &= \frac{3 \times 257.7 \times 100 \times 0.8}{1000} = 61.848 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\text{आउटपुट पावर में भिन्नता} = 61.848 - 58.970 = 2.878 \text{ kW}$$

$$\text{कॉपर लॉस} = I_{2ph}^2 R_2 = \frac{(100)^2 \times 0.03}{1000} = 0.9 \text{ kW}$$

$$\text{आयरन लॉस} = 1.3 \text{ kW}$$

$$\text{अधिकतम प्रतिशत एफिशिएंसी} = \frac{61.848 \times 100}{61.848 + 1.3 + 0.9} = \frac{61.848}{64.048} \times 100 = 97\% \text{ उत्तर}$$

$$\text{न्यूनतम एफिशिएंसी का प्रतिशत} = \frac{58.97 \times 100}{58.97 + 1.3 + 0.9} = 96\%$$

$$\text{एफिशिएंसी में अधिकतम भिन्नता} = 97 - 96 = 1\% \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 4.5. ट्रांसफॉर्मर के लिए हाई वोल्टेज और कम वोल्टेज वाइंडिंग के लिए प्रति फेज टर्न की संख्या निर्धारित करें यदि कोर 200 kVA, 3-फेज, कोर प्रकार, 11000/400, डेल्टा-स्टार के लिये चयनित है, तो 50 Hz डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर में 0.02 m² को सेन क्षेत्रफल है और कोर में अधिकतम फ्लक्स 1.2 T घनत्व है।

हल :

$$\text{प्राइमरी लाइन वोल्टेज} = E_{1L} \text{ volt}$$

$$\text{सेकेंडरी लाइन वोल्टेज} = E_{2L} \text{ volt}$$

$$\text{प्राइमरी फेज वोल्टेज, } E_{1ph} = E_{1L} = 11000 \text{ V}$$

(∵ प्राइमरी Δ से कनेक्ट है)

$$\text{सेकेंडरी फेज वोल्टेज, } E_{2ph} = \frac{E_{2L}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230 \text{ V}$$

(∵ सेकेंडरी Y से कनेक्ट है)

$$\text{फ्लक्स एफिशिएंसी, } B_{\max} = 1.2 \text{ Wb/m}^2$$

$$\text{ब्रॉस-सेक्शन क्षेत्रफल, } A = 0.02 \text{ m}^2$$

$$\text{अधिकतम फ्लक्स, } \phi_{\max} = B_{\max} \times \text{कोर का क्षेत्रफल} = 1.2 \times 0.02 = 0.024 \text{ Wb.}$$

$$\text{सप्लाय फ्रीक्वेंसी, } f = 50 \text{ Hz}$$

प्राइमरी पर टर्नस/फेज की संख्या अर्थात्

$$N_1 = \frac{E_{1ph}}{4.44 \cdot f \cdot \phi_{\max}} = \frac{11,000}{4.44 \times 50 \times 0.024} = 2065 \text{ उत्तर}$$

सेकेंडरी पर टर्नस/फेज की संख्या अर्थात्

$$N_2 = \frac{E_{2ph}}{4.44 \cdot f \cdot \phi_{\max}} = \frac{230}{4.44 \times 50 \times 0.024} = 43 \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 4.6. एक 3ϕ स्टेप डाउन ट्रांसफॉर्मर 11 kV मेन से जुड़ा है और 20 A लेता है। निम्न कनेक्शन के लिए सेकेंडरी लाइन वोल्टेज, लाइन करंट और आउटपुट की गणना करें—

(i) डेल्टा/डेल्टा (ii) स्टार/स्टार (iii) डेल्टा/स्टार (iv) स्टार/डेल्टा

प्रति फेज टर्न का अनुपात 20 है। लॉस नगण्य है।

हल : प्राइमरी लाइन वोल्टेज, $V_{1L} = 11000$ V
 प्राइमरी लाइन करंट, $I_{1L} = 20$ A
 ट्रांसफॉर्मर अनुपात = $\frac{N_1}{N_2} = 20$

(i) Δ/Δ ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन के लिए

प्राइमरी फेज वोल्टेज, $V_{1ph} = V_{1L} = 11000$ V

सेकेण्डरी लाइन वोल्टेज, $V_{2L} = V_{2ph} = V_{1ph} \times \frac{N_2}{N_1}$
 $= 11000 \times \frac{1}{20} = 550$ V उत्तर

प्राइमरी फेज करंट, $I_{1ph} = \frac{I_{1L}}{\sqrt{3}} = \frac{20}{\sqrt{3}} = 11.5$ A

सेकेण्डरी लाइन करंट, $I_{2L} = \sqrt{3} I_{2ph} = \frac{\sqrt{3} I_{1ph} \times N_1}{N_2}$
 $= \sqrt{3} \times 11.5 \times 20 = 398.36$ A उत्तर

(ii) Y/Y ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन के लिए

प्राइमरी लाइन वोल्टेज, $V_{1L} = 11000$ V

प्राइमरी फेज वोल्टेज, $V_{1ph} = \frac{V_{1L}}{\sqrt{3}} = \frac{11000}{\sqrt{3}} = 6351$ V

सेकेण्डरी लाइन वोल्टेज, $V_{2L} = \sqrt{3} V_{2ph} = \sqrt{3} \times V_{1ph} \times \frac{N_2}{N_1}$
 $= \sqrt{3} \times \frac{11000}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{20} = 550$ V उत्तर

प्राइमरी फेज करंट $I_{2ph} = I_{1L} = 20$ A

सेकेण्डरी लाइन करंट, $I_{2L} = I_{2ph} = I_{1ph} \times \frac{N_1}{N_2} = 20 \times 20 = 400$ A उत्तर

(iii) Δ/Y ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन के लिए

प्राइमरी फेज वोल्टेज, $V_{1ph} = V_{1L} = 11000$ V

सेकेण्डरी लाइन वोल्टेज, $V_{1L} = \sqrt{3} V_{2ph} = \sqrt{3} \times V_{1ph} \times \frac{N_2}{N_1}$

$= \sqrt{3} \times 11000 \times \frac{1}{20} = \sqrt{3} \times 550 = 952.6$ V उत्तर

प्राइमरी फेज करंट, $I_{1ph} = \frac{I_{1L}}{\sqrt{3}} = \frac{20}{\sqrt{3}} = 11.6$ A

सेकेण्डरी लाइन करंट, $I_{2L} = I_{2ph} = I_{1ph} \times \frac{N_1}{N_2}$
 $= \frac{20}{\sqrt{3}} \times 20 = \frac{400}{\sqrt{3}} = 231$ A उत्तर

(iv) Y/Δ ट्रांसफॉर्मर कनेक्शन

प्राइमरी फेज वोल्टेज, $V_{1ph} = \frac{V_{1L}}{\sqrt{3}} = \frac{11000}{\sqrt{3}} = 6351$ V

सेकेण्डरी लाइन वोल्टेज, $V_{2L} = V_{2ph} = V_{1ph} \times \frac{N_2}{N_1}$
 $= 6351 \times \frac{1}{20} = 317.55$ V उत्तर

प्राइमरी फेज करंट, $I_{1ph} = I_{1L} = 20$ A

सेकेण्डरी लाइन करंट, $I_{2L} = \sqrt{3} I_{2ph} = \sqrt{3} I_{1ph} \times \frac{N_1}{N_2}$
 $= \sqrt{3} \times 20 \times 20 = 400\sqrt{3} = 692.8$ A उत्तर

उदाहरण 4.7. 3ϕ ट्रांसफॉर्मर का प्राइमरी रूप डेल्टा और स्टार में सेकेंडरी से जुड़ा होता है। इसमें 2% के बराबर रजिस्टेंस और 5% के बराबर रिएक्टेंस हैं। प्राइमरी सप्लाय वोल्टेज 6600 V है। ट्रांसफॉर्मर अनुपात क्या होना चाहिए कि यह फुल लोड करंट में 4400 V और 0.8 पावर फैक्टर (लेगिंग) को डिस्ट्रीब्यूट करेगा।

हल : प्राइमरी एप्लाय लाइन वोल्टेज, $V_{1L} = 6600$ V

सेकेण्डरी टर्मिनल वोल्टेज, $V_{2L} = 4400$ V

प्रतिशत रजिस्टेंस ड्रॉप, $v_r = 2\%$

प्रतिशत रिएक्टेंस ड्रॉप, $v_x = 5\%$

प्रतिशत रेगुलेशन

$$\begin{aligned} \% \text{ रेगुलेशन} &= \left(\frac{I_2 R_{02} \cos \phi + I_2 X_{02} \sin \phi}{E_2} \right) \times 100 \\ &= \frac{I_2 R_{02} \times \cos \phi \times 100}{E_2} + \frac{I_2 X_{02} \sin \phi}{E_2} \times 100 \\ &= \% v_r \cos \phi + \% v_x \sin \phi \\ &= 2 \times 0.8 + 5 \times 0.6 = 1.6 + 3 = 4.6\% \end{aligned}$$

एंड्रयूज EMF सेकेण्डरी (लाइन टू लाइन),

$$E_{LL} = 4400 + \frac{4.6}{100} \times 4400$$

$$= 4400 + 4.6 \times 44 = 4602.40 \text{ V}$$

$$\text{सेकेण्डरी इंड्रयूज EMF/फेज} = \frac{4602.40}{\sqrt{3}} = 2657.2 \text{ V}$$

$$\text{ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात} = \frac{\text{सेकेण्डरी फेज e.m.f.}}{\text{प्राइमरी फेज e.m.f.}} = \frac{2657.2}{6600} = 0.4 \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 4.8. 100 kVA, 3- ϕ , 50 c/s, 3300/400 ट्रांसफॉर्मर H.V. की साइड से जुड़ा हुआ है और L.V. साइड से जुड़ा हुआ है H.V. वाइंडिंग का रजिस्टेंस 3.5 ओहम प्रति फेज और L.V. वाइंडिंग 0.02 प्रति फेज है। सामान्य वोल्टेज और फ्रीक्वेंसी पर ट्रांसफॉर्मर के आयरन लॉस की गणना करें, अगर इसकी लोड ऐफिशिएंसी 0.8 पावर फैक्टर (लैगिंग) पर 95.8% हो।

हल :

$$\text{पावर रेटिंग, } P = 100 \text{ kVA}$$

$$\text{प्राइमरी लाइन वोल्टेज, } V_{1L} = 3300 \text{ V}$$

$$\text{सेकेण्डरी लाइन वोल्टेज } V_{2L} = 400 \text{ V}$$

फुल लोड और 0.8 पावर फैक्टर (लैगिंग) पर आउटपुट पावर

$$= kVA \times \text{पावर फैक्टर} = 100 \times 0.8 = 80 \text{ kW}$$

$$\text{फुल लोड ऐफिशिएंसी} = 95.8\% = 0.958$$

$$\text{फुल लोड पर इनपुट} = \frac{80}{0.958} = 83.5 \text{ kW}$$

$$\text{फुल लोड पर कुल लॉस} = \text{पावर इनपुट} - \text{पावर आउटपुट} = 83.5 - 80.0 = 3.5 \text{ kW}$$

$$\text{प्राइमरी फेज वोल्टेज, } V_{1ph} = V_{1L} = 3300 \text{ V}$$

$$\text{सेकेण्डरी फेज वोल्टेज, } V_{2ph} = \frac{400}{\sqrt{3}} \text{ V} = 231 \text{ V}$$

$$\text{ट्रांसफॉर्मेशन अनुपात} = \frac{400/\sqrt{3}}{3300} = \frac{4}{33\sqrt{3}} = \frac{4}{57.1} = 0.7$$

सेकेण्डरी के लिए संदर्भित समतुल्य रजिस्टेंस

$$R_{02} = R_2 + R_1' = R_2 + K^2 R_1 = 0.02 + \left(\frac{4}{33\sqrt{3}}\right)^2 \times 3.5 = 0.037 \text{ W}$$

$$\text{फुल लोड पर सेकेण्डरी फेज करंट, } I_{2ph} = \frac{100 \times 1000}{3 \times \frac{400}{\sqrt{3}}} = 144.1 \text{ A}$$

$$\text{कुल कॉपर लॉस} = 3(I_{2ph})^2 R_{2ph} = 3(144.1)^2 \times 0.037 = 2300 \text{ W} = 2.3 \text{ kW}$$

$$\text{अतः आयरन लॉस, } W_i = \text{कुल लॉस} - \text{कॉपर लॉस} = 3.5 - 2.3 = 1.2 \text{ kW उत्तर}$$

उदाहरण 4.9. एक 120 kVA, 6600/400 V, स्टार, 3- ϕ , 50 Hz ट्रांसफॉर्मर में 1.8 kW का आयरन लॉस हुआ है। अधिकतम ऐफिशिएंसी 3/4 फुल लोड पर होती है। ट्रांसफॉर्मर की ऐफिशिएंसी ज्ञात करें: (i) फुल लोड और 0.8 पावर फैक्टर और (ii) द्युनिटी पावर फैक्टर पर अधिकतम ऐफिशिएंसी।

हल :

$$\text{ट्रांसफॉर्मर की पावर रेटिंग, } P = 120 \text{ kVA}$$

$$\text{प्राइमरी लाइन वोल्टेज, } V_{1L} = 6600 \text{ V}$$

$$\text{सेकेण्डरी लाइन वोल्टेज, } V_{2L} = 400 \text{ V}$$

$$\text{आयरन लॉस, } W_i = 1.8 \text{ W}$$

चूंकि अधिकतम ऐफिशिएंसी तब होती है। जब परिवर्तनीय या कॉपर की लॉस कांस्टेंट लॉस या आयरन लॉस के बराबर होती है। अधिकतम ऐफिशिएंसी 3/4 फुल लोड पर होती है। यहाँ 3/4 फुल लोड पर कॉपर लॉस = 1.8 kW

$$\text{फुल लोड पर कॉपर लॉस} = 1800 \times \left(\frac{4}{3}\right)^2 = 3.2 \text{ kW}$$

(i) 0.8 पावर फैक्टर और फुल लोड पर ऐफिशिएंसी

$$0.8 \text{ पावर फैक्टर पर फुल लोड आउटपुट पावर} = 120 \times 0.8 = 96 \text{ kW}$$

$$\text{फुल लोड इनपुट} = \text{आउटपुट} + \text{कॉपर लॉस} + \text{आयरन लॉस}$$

$$= 96 + 3.2 + 1.8 = 101 \text{ kW}$$

$$\% \text{ ऐफिशिएंसी } (\% \eta) = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{इनपुट}} \times 100 = \frac{96}{101} \times 100 = 95\% \text{ उत्तर}$$

(ii) 3/4 फुल लोड पर अधिकतम ऐफिशिएंसी

अधिकतम ऐफिशिएंसी के कोस्टोडिंग ऐफिशिएंसी

$$= \frac{3}{4} \times 120 \times 1 = 90 \text{ kW}$$

$$\text{इनपुट पावर} = \text{आउटपुट} + \text{कॉपर लॉस} + \text{आयरन लॉस}$$

$$= 90 + 1.8 + 1.8 = 90 + 3.6 = 93.6 \text{ kW}$$

$$\% \text{ ऐफिशिएंसी} = \frac{\text{आउटपुट}}{\text{इनपुट}} \times 100$$

$$\% \eta = \frac{90}{93.6} \times 100 = 96.15\% \text{ उत्तर}$$

उदाहरण 4.10. एक 3 फेज 50 Hz ट्रांसफॉर्मर में 400 cm² (घास) का एक आयरन का क्रॉस सेक्शन क्षेत्रफल है। अगर फ्लक्स घनत्व 1.2 Wb/m² तक लिमिटेड है, उच्च और निम्न वोल्टेज वाइंडिंग के लिए प्राति सरफेस टर्न की संख्या को ज्ञात करें। वोल्टेज अनुपात 2200/110 V है H.V. साइड स्टार और लो वोल्टेज साइड से जुड़ा हुआ है।

हल : कुल आयरन क्रॉस सेक्शन क्षेत्रफल $A_i = 400 \times 0.9 = 360 \text{ cm}^2$ or 0.036 m^2

स्टैकिंग फैक्टर मानकर, घास आयरन क्रॉस सेक्शन के लिए शुद्ध आयरन के क्रॉस सेक्शन का अनुपात 0.9 होना चाहिए।

फ्लक्स आधारन प्रॉक्स सेक्शन क्षेत्रफल $\phi_{max} = B_{max} \times A_i = 1.2 \times 0.036 = 0.0432 \text{ Wb}$

$$\text{HV साइड फेज वोल्टेज } E_{P1} = \frac{2,200}{\sqrt{3}} = 1,270 \text{ V उत्तर}$$

$$\text{LV साइड फेज वोल्टेज, } E_{P2} = 110 \text{ V}$$

$$\text{लो वोल्टेज वाइंडिंग पर टर्न/फेज, } N_2 = \frac{E_{P2}}{4.44 \phi_{max} \times f} = \frac{110}{4.44 \times 0.0432 \times 50} = 11.47 \text{ say } 12 \text{ उत्तर}$$

$$\text{हाई वोल्टेज वाइंडिंग पर टर्न/फेज } N_1 = N_2 \times \frac{E_{P1}}{E_{P2}} = 12 \times \frac{1,270}{110} = 138$$

उदाहरण 4.11. 3 फेज बैंक ऑफ 3 सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर का टर्मिनल तीन वायर तीन फेज 11 kV (LL) सिस्टम से जुड़ा होता है। LV टर्मिनल को 3 फेज लोड 1000 kVA और 2200 V लाइन से लाइन में जोड़ा गया है। प्रत्येक कनेक्शन के लिए वोल्टेज करंट और प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की kVA रेटिंग (दोनों HV और LV वाइंडिंग्स) ज्ञात करें। निम्नलिखित कनेक्शन के लिए

(i) Y-Y (ii) Δ - Δ (iii) Y- Δ (iv) Δ -Y.

हल : प्राइमरी लाइन वोल्टेज, $V_{L1} = 11 \text{ kV}$
आउटपुट = 1,000 kVA

सेकेंडरी लाइन वोल्टेज $V_{L2} = 2.2 \text{ kV}$

$$\text{प्राइमरी लाइन करंट, } I_{L1} = \frac{1,000}{\sqrt{3} \times 2.2} = 262.43 \text{ A}$$

$$\text{प्राइमरी लाइन करंट } I_{L1} = \frac{1,000}{\sqrt{3} \times 11} = 52.486 \text{ A}$$

सॉसेस को नगण्य मानें

(i) Y-Y कनेक्शन:

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की H.V. वोल्टेज रेटिंग} = V_{P1} = \frac{V_{L1}}{\sqrt{3}} = \frac{11}{\sqrt{3}} = 6.35 \text{ kV उत्तर}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की HV करंट रेटिंग} = I_{P1} = I_{L1} = 52.486 \text{ A}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की LV वोल्टेज रेटिंग} = V_{P2} = \frac{V_{L2}}{\sqrt{3}} = \frac{2.2}{\sqrt{3}} = 1.27 \text{ kV उत्तर}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की LV करंट रेटिंग} = I_{P2} = I_{L2} = 262.43 \text{ A उत्तर}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की KVA रेटिंग} = V_{P1} \times I_{P1} = 6.35 \text{ kV} \times 52.486 \text{ A} = 333.33 \text{ kVA उत्तर}$$

(ii) Δ - Δ कनेक्शन:

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की HV वोल्टेज रेटिंग} = V_{P1} = V_{L1} = 11 \text{ kV उत्तर}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की HV करंट रेटिंग} = I_{P1} = \frac{I_{L1}}{\sqrt{3}} = \frac{52.486}{\sqrt{3}} = 30.3 \text{ A उत्तर}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की LV वोल्टेज रेटिंग} = V_{P2} = V_{L2} = 2.2 \text{ kV उत्तर}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की LV करंट रेटिंग} = I_{P2} = \frac{I_{L2}}{\sqrt{3}} = \frac{262.43}{\sqrt{3}} = 151.5 \text{ A उत्तर}$$

प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की kVA रेटिंग प्रत्येक स्थिति में समान रहेगी और लोड की कुल रेटिंग के एक तिहाई के बराबर होगी।
अर्थात् $\frac{1,000}{3} = 333.33 \text{ kVA उत्तर}$

(iii) Y- Δ कनेक्शन:

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की HV वोल्टेज रेटिंग} = V_{P1} = \frac{V_{L1}}{\sqrt{3}} = \frac{11}{\sqrt{3}} = 6.35 \text{ kV उत्तर}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की HV करंट रेटिंग} = I_{P1} = I_{L1} = 52.486 \text{ A उत्तर}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की LV वोल्टेज रेटिंग} = V_{P2} = V_{L2} = 2.2 \text{ kV उत्तर}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की LV करंट रेटिंग} = I_{P2} = \frac{I_{L2}}{\sqrt{3}} = \frac{262.43}{\sqrt{3}} = 151.5 \text{ A उत्तर}$$

(iv) Δ -Y कनेक्शन:

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की HV वोल्टेज रेटिंग} = V_{P1} = V_{L1} = 11 \text{ kV उत्तर}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की HV करंट रेटिंग} = I_{P1} = \frac{I_{L1}}{\sqrt{3}} = \frac{52.486}{\sqrt{3}} = 30.3 \text{ A उत्तर}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की LV वोल्टेज रेटिंग} = V_{P2} = \frac{V_{L2}}{\sqrt{3}} = \frac{2.2}{\sqrt{3}} = 1.27 \text{ kV उत्तर}$$

$$\text{प्रत्येक ट्रांसफॉर्मर की LV करंट रेटिंग} = I_{P2} = I_{L2} = 262.43 \text{ A उत्तर}$$

उदाहरण 4.12. एक आदर्श 3 फेज डेल्टा स्टार स्टेप डाउन ट्रांसफॉर्मर 0.8 पावर फैक्टर पर 120 KVA के 3- ϕ लोड को बैलेंस करने की पावर प्रदान करता है। इनपुट लाइन वोल्टेज 11 kV है और ट्रांसफॉर्मर का टर्न रेशो, फेज दू फेज 10 है प्राइमरी और सेकेंडरी दोनों साइड लाइन वोल्टेज, लाइन करंट, फेज वोल्टेज और फेज करंट का निर्धारण करें।

हल : आउटपुट पावर, $P_{out} = 120 \text{ kVA}$

$$\text{लोड पावर फैक्टर, } \cos \phi = 0.8$$

$$\text{प्राइमरी लाइन वोल्टेज } V_{L1} = 11 \text{ kV} = 11,000 \text{ V उत्तर}$$

$$\text{प्राइमरी फेज वोल्टेज, } V_{P1} = V_{L1} = 11,000 \text{ उत्तर} \quad \therefore \text{प्राइमरी साइड डेल्टा कनेक्टेड है।}$$

$$\text{सेकेंडरी फेज वोल्टेज } V_{P2} = \frac{V_{P1}}{\text{Turn-ratio}} = \frac{11,000}{10} = 1,100 \text{ V उत्तर}$$

$$\text{सेकेंडरी लाइन वोल्टेज, } V_{L2} = \sqrt{3} V_{P2}$$

$$= \sqrt{3} \times 1,100 = 1,905 \text{ V} \quad \therefore \text{सेकेंडरी साइड डेल्टा कनेक्टेड है।}$$

$$\text{सेकेंडरी लाइन करंट, } I_{L2} = \frac{\text{kVA में पावर आउटपुट} \times 1,000}{\sqrt{3} V_{L2}}$$

$$I_{P2} = \frac{120 \times 1,000}{\sqrt{3} \times 1,905} = 36.37 \text{ A उत्तर}$$

सेकण्डरी फेज करंट, $I_{P2} = I_{L2} = 36.37 \text{ A उत्तर}$

$$\text{प्राइमरी फेज करंट, } I_{P1} = \frac{I_{P2}}{10} = \frac{36.37}{10} = 3.637 \text{ A उत्तर}$$

$$\text{प्राइमरी लाइन करंट, } I_{L1} = \sqrt{3} I_{P1} = \sqrt{3} \times 3.637 = 6.3 \text{ A उत्तर}$$

अभ्यास

- बकोल्ज रिले की प्रक्रिया के बारे में विस्तार से बताएं।
- 3-फेज ट्रांसफॉर्मर के विभिन्न प्रकार के कनेक्शनों की व्याख्या करें।
- पावर और डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर के बीच अंतर स्पष्ट करें।
- ट्रांसफॉर्मर में विभिन्न प्रकार की कूलिंग विधियों की व्याख्या करें।
- ट्रांसफॉर्मर पैरलर ऑपरेशन की स्थिति स्पष्ट करें।
- लोड टेप कनवर्टर ट्रांसफॉर्मर के सिद्धांत को समझाइए।
- ट्रांसफॉर्मर कंजर्वेटर की कार्य सिद्धान्त की व्याख्या करें।
- 3-फेज ट्रांसफॉर्मर की संरचना के बारे में बताएं।



(ODD SEMESTER) DECEMBER-2019 EXAMINATION

वैद्युत मशीन-I (Electrical Machines-I)

[Time : 2:30 Hours]

[Maximum Marks : 50]

नोट: प्रत्येक प्रश्न से केवल दो भागों के उत्तर दीजिये।

1. (अ) D.C. मशीन के जनरेटिंग तथा मोटरिंग प्रतिक्रिया का वर्णन कीजिये। मोटरिंग तथा जनरेटिंग प्रतिक्रिया में दिक्परिवर्तक के कार्य की व्याख्या कीजिए।
(ब) डी० सी० मोटर में बलाघूर्ण कैसे उत्पन्न होता है। विद्युत चुम्बकीय बल आघूर्ण का समीकरण निकालिए। यह किन घटकों पर निर्भर करता है।
(स) विद्युत चुम्बकीय प्रेरित e.m.f. की व्याख्या कीजिये। डी०सी० मोटर तथा जनरेटर के लिए शक्ति प्रवाह आरेख खींचिये। [2 × 5 = 10]
2. (अ) 4 पोल डी० सी० मशीन का स्वच्छ चित्र बनाइये। मशीन के सभी भागों को दर्शाइये तथा प्रत्येक भाग का कार्य लिखिये।
(ब) दिष्ट धारा मोटर की गति किन कारकों पर निर्भर करती है। दिष्ट धारा शन्ट तथा श्रेणी मोटरों की गति नियन्त्रण विधियों का वर्णन कीजिये।
(स) प्रेरित वि०वा०ब०, विरोधी वि०वा०ब० तथा टर्मिनल वोल्टेज का वर्णन कीजिये। यदि दिष्ट धारा मोटर को सप्लाइ से सीधे जोड़ दिया जाये तो क्या होगा? [2 × 5 = 10]
3. (अ) ट्रांसफॉर्मर के कार्य सिद्धांत का वर्णन कीजिये। स्पष्ट कीजिये कि प्राथमिकी तथा द्वितीयकी कुण्डलन के प्रति वर्तन में वि०वा०ब० का मान समान होता है।
(ब) स्व: परिणामित्र क्या होता है? इसकी संरचना तथा कार्य सिद्धांत का वर्णन कीजिये। दो कुण्डलिए परिणामित्र की तुलना में इसके लाभों तथा दोषों का विवरण कीजिये।
(स) एक फेज 100 kVA 50 Hz ट्रांसफार्मर की लोह हानियाँ 2.5 kW तथा पूर्ण लोड पर ताप हानियाँ 3.0 kW हैं इसकी दक्षता 75 kVA, 0.8 पश्चगामी शक्ति गुणक लोड पर ज्ञात कीजिये। [2 × 5 = 10]
4. (अ) किसी ट्रांसफार्मर में होने वाली विभिन्न हानियों को लिखिये। ये हानियाँ लोड के साथ कैसे विचरित होती है। ट्रांसफार्मर की उच्चतम दक्षता के लिए प्रतिबन्ध प्राप्त कीजिए।
(ब) वर्णन कीजिये: (i) दि०धा० मशीनों के लिए सामान्य प्रकार के आर्मेचर कुण्डलन तथा इनके गुण एवं दोष।
(ii) दिष्ट धारा मशीनों की रेटिंग तथा विशिष्टतायें।
(स) एक 4 ध्रुव लैप सम्बन्ध 1200 r.p.m. डी० सी० जनरेटर में 760 आर्मेचर चालक हैं। फलक्स प्रति पोल 20 m. Wb है। उत्पादित वि० वा० ब० तथा टर्मिनल वोल्टेज ज्ञात कीजिये जबकि जनरेटर 2.5 kW का लोड सप्लाइ कर रहा है। इसका आर्मेचर प्रतिरोध 0.8Ω है। [2 × 5 = 10]

5. (अ) त्रिफेजी ट्रांसफार्मर के लिए सहायक उपकरणों—कनजरेक्टर, ब्रूथर, Buchholz Relay तथा टैप चेंजर के महत्व लिखिये।
- (ब) त्रिफेजी ट्रांसफार्मरों में विभिन्न प्रकार के संयोजनों का वर्णन कीजिये। स्टार-डेल्टा त्रिफेजी ट्रांसफार्मर के लिए प्राथमिक एवं द्वितीयक कुण्डलन की फेज़ तथा लाइन वोल्टेज व धारा में सम्बन्ध दीजिये।
- (स) शक्ति तथा वितरण ट्रांसफार्मर में अन्तर स्पष्ट कीजिये। त्रिफेजी ट्रांसफार्मरों के समानान्तर क्रम में संयोजित करने के लिए अनिवार्य शर्तों की व्याख्या कीजिये।

[2 × 5 = 10]