ट्रांसफार्मर - सिद्धान्त - वर्गीकरण - EMF समीकरण (Transformer - Principle - Classification - EMF Equation)

उद्‌देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :
- **ट्रांसफार्मस को परिभाषा करना**
- **ट्रासंफार्मर के रचनात्मक लक्षणों और प्रत्येक भाग के प्रकार्य को बताना**
- **पटलित सिलीकान स्टील का प्रयोग क्रोण पदार्थ की भांति उपयोग करने के कारणों को बतानों ।**

ट्रांसफार्मर (Transformer)

ट्रान्सफार्मर एक ऐसी स्थिर इलेक्ट्रिकल युक्ति है जो इलेक्ट्रिक ऊर्जा को एक सर्किट से दूसरे सर्किट में बिना फ्रिक्वेन्सी और पावर परिवर्तित किये स्थानांतरित करती है ।

अधिक शक्ति को जनित करने के लिये तीन कला तुल्य कालिक जनित्रों का व्यापक रूप से उपयोग होता है। वोल्टता स्तर जिस पर शक्ति जनित की जाती है प्रारूपिक रूप में 11 kV से 22 kV. के परास में होती है। जनित केन्द्र से वैद्युत शक्ति को यथेष्ट दूरी पर प्रदत्त कराना होता है। इस जनित शक्ति का सीधा संचरण सम्भव है लेकिन इसका परिणाम अमान्य शक्ति ह्रास और वोल्टता पातों में होता है।

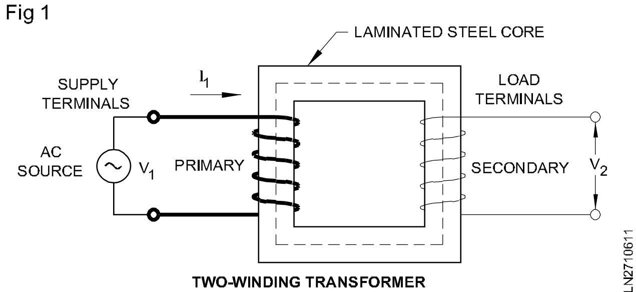
संचरण वोल्टता सैकडों हजारों वोल्ट से 400kv स्तर तक परिवर्तित होती है। यह शक्ति ट्रासंफार्मर द्वारा सम्भव होता है। ग्राही अन्त पर इस वोल्टता को कम करना चाहिये क्योंकि अन्त में इसे 415V तीन कला आपूर्ति अथवा 240V एकल कला भार पर आपूर्तित करना चाहिये।

शक्ति निकाय को विभिन्न वोल्टता स्तरों पर विभिन्न भागों को प्रचालित करने के लिये ट्रासंफार्मर से यह सम्भव होता है।

> **मानक सुरक्षा नियम : आगे के विवरण हेतु प्रशिक्षक प्रशिक्षुओं को इन्टरनेशनल इलेक्ट्रिकल कमीशन (IEC - 60076-1) में मानक सुरक्षा नियमों का संदर्भ देखने के लिए कह सकते हैं ।**

द्वि लपेट ट्रासंफार्मर (Two - winding transformers): सरलतम रूप में ट्रासंफार्मर दो स्थिर कुण्डलों से निर्मित होता है जो परास्परिक चुम्बकीय फ्लक्स (Fig 1) से युग्मित होते है। कुण्डलों को पारस्परिक युग्मित इसलिये कहा जाता है क्योंकि वह एक उभय फ्लक्स जोडते हैं पटलित स्टील क्रोण ट्रासंफार्मरों का प्रयोग शक्ति अनुप्रयोगों में होता है।

Fig 1



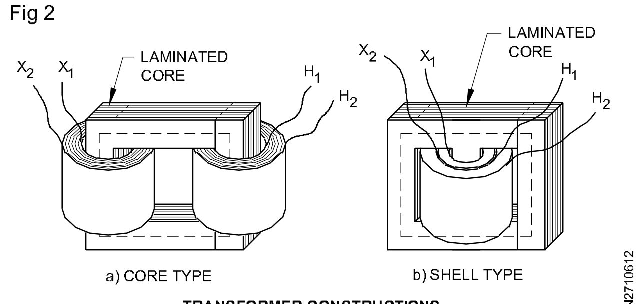
TWO-WINDING TRANSFORMER

जैसा कि Fig 1 में प्रदर्शित किया गया है AC स्रोत से सम्बन्धित कुण्डल में प्रवाहित धारा प्राथमिक लपेट अथवा केवल प्राथमिक कही जाती है। प्राथमिक ट्रासंफार्मर का निवेश होता है यह क्रोण में फ्लक्स नियोजित करता है जो आवर्ती विधि से परिमाण और दिशा दोनों में परिवर्तित होते है। फ्लक्स द्वितीयक कुण्डल से जुडा होता है जिसे द्वितीयक लपेट अथवा केवल द्वितीयक कहते है।

चूंकि फ्लक्स परिवर्तित हो रहा है यह विद्युत चुम्बकीय प्रेरण द्वारा द्वितीयक में एक वोल्टता प्रेरित करता है इस प्रकार प्राथमिक स्रोत से शक्ति प्राप्त करता है जबकि इस शक्ति को द्वितीयक भार को आपूर्तित करता है। इस क्रिया को ट्रासंफार्मर क्रिया कहते है इन दोनेां कुण्डलों के बीच कोई वैद्युत सम्बन्ध नही होता है।

मुख्य रूप से वोल्टता स्तरों को परिवर्तित करने के लिये ट्रासंफार्मर दक्ष और विश्वसनीय युक्तिया होता है। ट्रांसफार्मर इसलिये दक्ष होते है कि इनमें घूर्णन ह्रास नही होता है, इसलिये शक्ति को एक वोल्टता स्तर से दूसरे में संचरित करने पर अति लघु ह्रास होता है। प्रारूपिक दक्षतायें 92 से 99 % होती है उच्च मान उच्च शक्ति ट्रासंफार्मर के लिये होते है वोल्टता की आवृत्ति में कोई परिवर्तन नही होता । मौलिक रूप से लौह क्रोण की रचना दो प्रकार के होते है। लपेटों को आवासित करने के लिये क्रोण की रचना में अन्तर होता है। Fig 2a में वह क्रोण प्रकार दिखाया गया है जो Fig 1 में व्यक्त किया जा चुका है।

Fig 2



TRANSFORMER CONSTRUCTIONS

सामान्य रूप से यह अभिकल्पन वांछित नही है इसका दोष यह है कि इससे फ्लक्स क्षरण अधिक होता है। अधिक फ्लक्स क्षरण के कारण वोल्टता नियामन अधम होता है। इसलिये यह सुनिश्चित करने के लिये कि प्राथमिक द्वारा अधिकतम नियोजित किया गया फ्लक्स द्वितीयक से सम्बन्धित होगा। इसकी रचना Fig 2b में प्रदर्शित की गई है इसे कोश प्रकार रचना कहते है।

यहा दो लपेटों को समकेन्द्रित वेष्ठित किया जाता है। लघु वोल्टता लपेट के ऊपर उच्च वोल्टता लपेट की जाती है लघु वोल्टता लपेट को इसके पश्चात

Copyright Free Under CC BY Licence

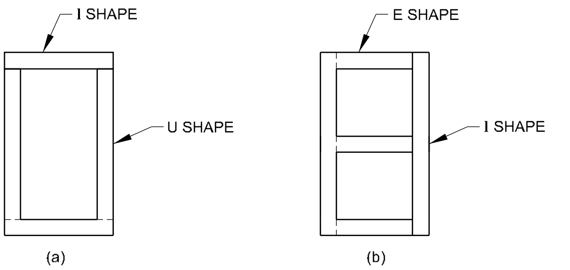
स्टील के समीप स्थापित करते है। यह प्रबन्धन वैद्युत रोधन दृष्टि से उत्तम होता है। वैद्युत दृष्टि से दोनों रचनाओं में अधिक अन्तर नही होगा।

क्रोण का निर्माण सिलीकान स्टील से काटे गये पटलन से हो सकता है। अधिकतर पटलन पदार्थो में एक एलाय होता है जिसमें तीन प्रतिशत सिलीकान, 97% लोहा होता है। सिलीकान की मात्रा चुम्बकन ह्रासों को कम करती है विशेषकर हिस्टेरिसस के कारण ह्रास कम हो जाता है सिलिकान पदार्थ को भंजक बनाती है। भंजकता स्टैम्पिंग प्रक्रिया में समस्या उत्पन्न करती है।

अधिकतर पटलित पदार्थ शीतल वेल्लित होते है और विशेषकर ग्रेन अथवा लौह क्रिस्टल को दिशा प्रदान करने के लिये विशेष रूप से अनिलित किये जाते है। इससे अति उच्च पारगम्यता और वेल्लन की दिशा में फ्लक्स का लघु हिस्टेरिसिस होता है। ट्रासंफार्मर पटलन 50Hz प्रचालन के लये प्रायः 2.5 से 0.27mm मोटे होते है। पटलानों को एक ओर से वानिर्श अथवा पेपर से कवचित किया जाता है जिससे वह एक दूसरे से रोधित रहे।

कुण्डल पहले से ही लपेटे हुए होते हैं और कोर डिजाइन ऐसा होता है कि कुण्डल को कोर पर रखा जा सकता है । हाँ यह जरूरी है कि ऐसी स्थिति में कोर को कम से कम दो भागों में बनाया जाए । Fig 2a में दर्शाये गये कोर प्रकार के ट्रान्सफार्मर के लिए लेमिनेशन (∟ और ⅂) आकार में बनाया जाए जैसा कि Fig 3a में दिखाया गया है । Fig 2b के शेल प्रकार के ट्रान्सफार्मर के लिए साधारणतः E और I आकार के लेमिनेशन बनाये जाते हैं जैसा कि Fig 3b में दिखाया गया है ।

Fig 3

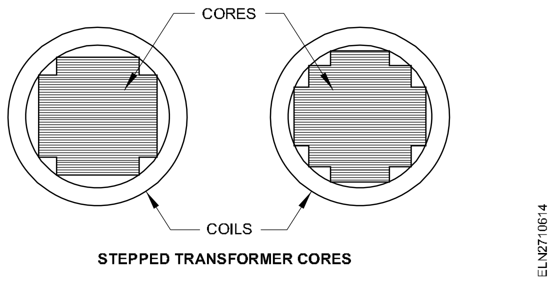


CORE CONSTRUCTION BUILT OF SEPARATE LAMINATIONS

पृथक पटलनों से बनी क्रोण रचना (Core construction) : अनेक प्रकार के लोकप्रिय क्रोण रचनायें है, जो निर्माताओं की वरीयता पर निर्भर होती है। नियम के अनुसार बट जोडों की संख्या सीमित होना चाहिये। जोड कसे हुये निर्मित होते है और पटलन अन्तर पृष्ठित होता है जिससे चुम्बकीय परिपथ की प्रतिष्ठम्भ अल्पतम हो सके। पूर्णक्रोण उचित आमापों में लगा रहता है और पटलन परस्पर दृढता से आवब्द रहते है। लेमिनेशन्स के वांछित क्रोण अनुप्रस्थ परिच्छेद स्टैकिंग टांगें वर्गाकार अथवा आयताकार अनुप्रस्थ परिच्छेद की होती है। इससे कुण्डलों को क्रोण टांगों पर वर्गाकार आयताकार अथवा वृत्ताकार कुण्डल स्पूस अथवा फार्मस पर आबब्द किया जा सकता है।

बडे ट्रासंफार्मर में एक पद क्रोण व्यवस्था का उपयोग ताबां के प्रयोग को कम करने में होता है और ताबां ह्रास कम होते है। (Fig 4) इस रचना से यह निश्चित होता है कि तांबा चालक की प्रत्येक लम्बाई लोहे के क्षेत्र फल का अधिकतम अनुप्रस्थ परिच्छेद स्पर्श करता है।

Fig 4



STEPPED TRANSFORMER CORES

व्यवहार में ट्रासंफार्मर की प्राथमिक और द्वितीयक लपेट में दो अथवा दो से अधिक कुण्डल प्रति टांग होते है। इनको श्रेणी अथवा समान्तर में व्यवस्थित किया जा सकता है पटलनों को शिकंजा द्वारा इस प्रकार परस्पर दाब दिया जाता है कि कोई विस्थापन अथवा फ्लटरिंग न हो सके।

कुण्डलों को संसेचित किया जाता है पटलनों का अपर्याप्त शिकंजन प्रायः एक गुंजन ध्वनि में परिणमित होता है इससे ट्रासंफार्मर के लौह क्रोण द्वारा प्रतिरोधात्मक और श्रृव्य शोर जनित होता है ।

ट्रासंफार्मर प्रायः वायु शीतलित होते हैं बडे ट्रासंफार्मर विशेष ट्रासंफार्मर तेल से भरे टैंक में रखा जाता है तेल के दो प्रयोजन होते है यह रोधन माध्यम अैर शीतलन माध्यम की भांति कार्य करता है । ट्रासंफार्मर में जनित ऊष्मा स्रोत के को घेरे हुये ट्रासंफार्मर तेल द्वारा दूर की जाती है और वायुमण्डलीय वायु अथवा जल को संचरित कर दी जाती है। कोई भी ट्रासंफार्मर किसी भी आमाप का क्यों न हो वे समान सिद्धान्त पर प्रचालित होते है।

ट्रासंफार्मर सिद्धान्त (Transformer principle)

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

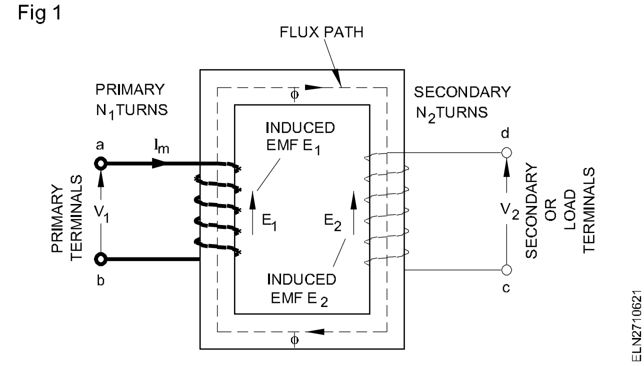
- **लोड़ के साथ और बिना लोड के एक आदर्श ट्रान्सफार्मर का वर्णन करना**
- **ट्रासंफार्मर के प्रचालन सिद्धान्त को स्पष्ट करना**
- **दो लपेट ट्रासंफार्मर के emf समीकरण को बताना**
- **एक ट्रासंफार्मर के परिणमन अनुपात को परिभाषित करना ।**

एक आदर्श ट्रासंफार्मर (An ideal transformer) : एक आदर्श ट्रासंफार्मर में ह्रास नही होते अर्थात लपेटों में ओमिक प्रतिरोध नही होता और चुम्बकीय क्षरण शून्य होता है एक आदर्श ट्रासंफार्मर में दो कुण्डल होते है जो शुद्ध प्रेरणित होते है और एक ह्रास रहित क्रोण पर वेष्ठित होते है। लेकिन इस तरह के ट्रासंफार्मर को व्यवहार में लाना असम्भव है फिर भी सुविधा के लिये पहले हम इस प्रकार का ट्रासंफार्मर विश्लेषण करेगें इसके पश्चात एक वास्तविक ट्रासंफार्मर को लेगें।

Copyright Free Under CC BY Licence

एक आदर्श ट्रासंफार्मर की कल्पना करें जसका द्वितीयक खुला है और प्राथमिक एक ज्यावक्रीय वोल्टता V_1 से सम्बन्धित है। (Fig 1)

Fig 1



कार्य सिद्धान्त (Working principle)

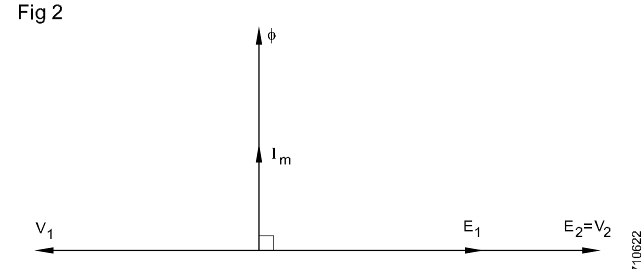
ट्रान्सफार्मर फेरडे के इलेक्टोमेग्नेटिक इन्डक्शन सिद्धान्त पर काम करते हैं।

आरोपित वोल्टता से प्राथमिक लपेटों में एकलघु धारा प्रवाहित होती है। यह शून्य भार धारा एक प्रति विद्युत वाहक बल जो कि आरोपित वोल्टता के विपरीत होता है निर्मित करने के लिये होती है चूंकि प्राथमिक लपेट शुद्ध प्रेरणित है इसलिये निर्गम नही है।

प्राथमिक केवल चुम्बकन धारा I_m लेता है इस धारा का प्रकार्य क्रोण को केवल चुम्बकित करना होता है। I_m परिमाण में लघु होता है और V_1 से 90º पश्च होता है। प्रत्यावर्ती धारा I_m एक प्रत्यावर्ती फ्लक्स ϕ उत्पन्न करता है जो धारा का समानुपाती होता है और इसलिये इसके (I_m) कला में होता है। यह परिवर्तनीय फ्लक्स दोनों लपेटों से जुडा होता है इसलिये यह प्राथमिक में स्वप्रेरित emf E_1 उत्पन्न करता है जो फ्लक्स ϕ से 90º पश्च होती है इसे सदिश आरेख Fig 2 में प्रदर्शित किया गया है ।

प्राथमिक द्वारा उत्पन्न फ्लक्स ϕ द्वितीयक लपेटों से जुडता है और पारस्परिक प्रेरण द्वारा एक emf E_2 प्रेरित होता है जो Fig 2 के अनुसार फ्लक्स ϕ से 90º पश्च होता है। चूंकि प्राथमिक में प्रेरित emf अथवा प्रतिचक्र सेकेण्डरी समान है द्वितीयक emf द्वितीयक के चक्करों की संख्या पर निर्भर होगा।

Fig 2



VECTOR DIAGRAM OF AN IDEAL TRANSFORMER

जब द्वितीयक खुले परिपथ पर है इसकी टर्मिनल वोल्टता V_2 प्रेरित emf E_2 के समान है साथ ही शून्य भार पर प्राथमिक धारा अति लघु है इसलिये आरोपित वोल्टता V प्रायः बराबर है और प्राथमिक प्रेरित emf E_1 के विपरीत है। प्राथमिक और द्वितीयक वोल्टता के बीच सम्बन्ध Fig 2 में प्रदर्शित किया गया है।

इसलिये हम कह सकते है।

$$\frac{\textit{Total}\text{ emf indued in seconday '}E_2}{\textit{Total}\text{ emf induced in primary '}E_1\text{'}}$$

$$= \frac{N_2 \times \text{emf per turn}}{N_1 \text{ x emf per turn}} \quad \text{OR}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

as $E_1 = V_1$ and $E_2 = V_2$

We have $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$

भार के साथ आदर्श ट्रासंफार्मर (Ideal Transformer on Load) : जब द्वितीयक को एक भार से सम्बन्धित करते है द्वितीयक धारा प्राथमिक धारा में वृद्धि करती है। यह किस प्रकार होता है नीचे स्पष्ट किया गया है।

प्राथमिक और द्वितीयक धाराओं के बीच सम्बन्ध प्राथमिक और द्वितीयक में एम्पियर चक्रों की तुलना पर आधारित है।

जब द्वितीयक खुला परिपथ होता है प्राथमिक धारा इस प्रकार की होती है कि प्राथमिक चक्करों फ्लक्स ϕ जो आवश्यक प्रेरित emf E_1 के लिये यथेष्ट होते है उत्पन्न होती है। जो प्रायः आरोपित वोल्टता V_1 के बराबर और विपरीत होती है। चुम्बकन धारा प्रायः पूर्ण भार प्राथमिक धारा का लगभग दो से पांच प्रतिशत होता है।

जब द्वितीयक टर्मिनल के सिरों पर एक भार को जोडा जाता है तो द्वितीयक धारा लेन्ज के नियम के अनुसार अचुम्बकन प्रभाव उत्पन्न करती है।

फलस्वरूप प्राथमिक में फलक्स और प्रेरित emf कुछ कम हो जाते है लेकिन यह लघु परिवर्तन आरोपित वोल्टता V_1 और प्रेरित emf E_1 के बीच के अन्तर में लगभग एक प्रतिशत वृद्धि करता है। जिसके कारण नवीन प्राथमिक धारा शून्य भार धारा का लगभग 20 गुना होगी।

द्वितीयक के अचुम्बकन एम्पियर चक्र इस प्रकार प्राथमिक एम्पियर टर्न में होने वाली वृद्धि के कारण प्रायः निरस्त हो जाते है और चूंकि शून्य भार पर प्राथमिक एम्पियर टर्न पूर्ण भार एम्पियर टर्न की तुलना में बहुत कम होते है

इसलिये पूर्ण भार प्राथमिक एम्पियर टर्न $\simeq$ पूर्णभार द्वितीयक एम्पियर टर्न

i.e $I_1N_1 \simeq I_2N_2$

अतः $\frac{I_1}{I_2} \simeq \frac{N_2}{N_1} \simeq \frac{V_2}{V_1}$ स्थानांतरण अनुपात

इस कथन से स्पष्ट है कि प्राथमिक और द्वितीयक परिपथों के बीच सम्बन्ध चुम्बकीय फ्लक्स द्वारा होता है। द्वितीयक धारा में किसी भी परिवर्तन के साथ फ्लक्स में कुछ परिवर्तन होता है इसलिये प्राथमिक प्रेरित emf में

Copyright Free Under CC BY Licence

परिवर्तन होता है और प्राथमिक धारा को लगभग द्वितियक धारा के अनुपात में परिवर्तित करने के योग्य करती है।

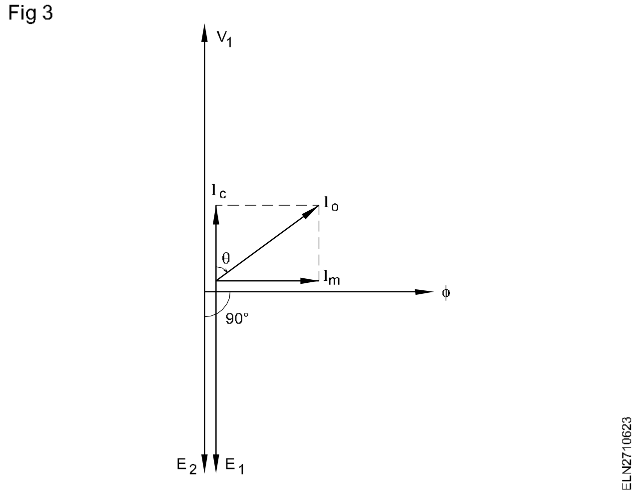
भार के साथ आदर्श ट्रासंफार्मर (Theory of No-Load Operation): द्वितीयक लपेटों को लघु पथित करने पर शून्य भार धारा I_O प्राथमिक लपेटों में प्रवाहित होती है। इस शून्य भार धारा के दो प्रकार्य होते है :

1) यह क्रोण में चुम्बकीय फ्लक्स उत्पन्न करती है जो शून्य और $\pm ø_m$ के बीच ज्यवक्रीय रूप में परिवर्तित होता है जहां $ø_m$ क्रोण फ्लक्स का अधिकतम मान है; और

2) एक घटक प्रदत्त करता है। जो क्रोण में हिस्टेरिसिस के और भवर धारा ह्रासों के लिये उत्तरदायी होता है। इन सयोजित ह्रासों को क्रोण ह्रास अथवा लौहह्रस कहा जाता है।

शून्य भार धारा I_O प्रायः ट्रासंफार्मर की निर्धारण पूर्ण भार धारा का लघु प्रतिशत (लगभा 2 से 5 प्रतिशत) होती है। चूंकि शून्य भार पर प्राथमिक लपेट एक बडे प्रतिघात की भांति लौह क्रोण के कारण कार्य करती है I_O प्राथमिक वोल्टता V_1 से लगभग 90° पश्च होगी। Fig 3 में इस सम्बन्धन को बताया गया है जहां θ ° शून्य भार शक्ति गुणक कोण है।

Fig 3



चुम्बकन धारा $= I_m = I_o \sin\theta$ प्राथमिक वोल्टता V_1 से 90° पश्च कला में है। यह वह घटक है जो क्रोण में फ्लक्स उत्पन्न करता है इसलिये$ø$ I_m के साथ कला में है।

द्वितीयक घटक $I_c = I_o \cos ø_o$ प्राथमिक वोल्टता V_1 के साथ 90° कला में है। धारा घटक लौह ह्रास प्रदान करता है और साथ में प्राथमिक तांबा ह्रास की कुछ मात्रा होती है चूंकि I_o अति लघु होता है शून्य भार प्राथमिक तांबा हास नगण्य होते है।

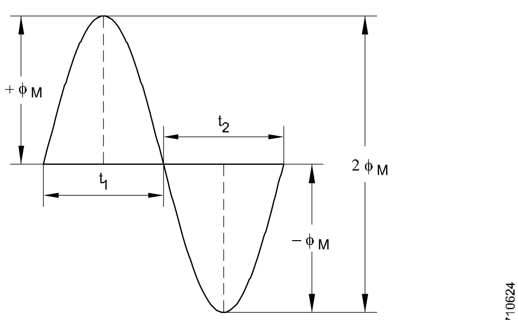
एक ट्रासंफार्मर का emf समीकरण (EMF equation of a tranformer): चूंकि प्राथमिक चक्करों द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र द्वितीयक लपेटों को सम्बन्धित करता है द्वितीयक में भी फराडे के नियम के अनुसार अर्थात $E = N(\delta\phi/\delta t)$ द्वितीयक में भी एक emf E_2 प्रेरित होगा। वही फ्लक्स प्राथमिक को भी सम्बन्धित करके उसमें एक emf E_1 प्रेरित करता है। प्रेरित वोल्टता फ्लक्स से 90° पश्च रहनी चाहिये इसलिये वे आरोपित वोल्टता V_1 के साथ 180° कला बाहर है।

चूंकि द्वितीयक लपेटों में धारा नही है $E_2 = V_2$ प्राथमिक वोल्टता और परिणमित फ्लक्स ज्यावक्रीय है इसलिये प्रेरित संख्यायें E_1 और E_2 एक ज्याप्रकार्य के अनुसार परिवर्तित होती है। प्रेरित वोल्टता का औसत मान

$$E_{avg} = \text{लपेट} \times \frac{\text{दिये गये समय में फ्लक्स परिवर्तन}}{\text{दिया गया समय}} \quad .... (1)$$

Fig 4 से ज्ञात होता है कि t_1 से t_2 समय अन्तराल में फ्लक्स परिवर्तन $2\phi_m$ है। जहां ϕ_m वेबर्स में फ्लक्स का अधिकतम मान है। समय अन्तराल उस समय को व्यक्त करता है जिसमें फ्लक्स परिवर्तन होता है और एक चक्र के आधे के बराबर ($\frac{1}{2f}$) सेकेण्ड के बराबर होता है जहां f हर्टज में आपूर्ति आवृत्ति है। इसके अनुसार

Fig 4



SINUSOIDAL FLUX WAVE IN CORE

$$E_{avg} = N \times \frac{2\phi_m}{\frac{1}{2f}} = 4fN\phi_m \quad ...(2)$$

जहां N लपेट में चक्करों की संख्या है।

AC परिपथ सिद्धान्त से एक ज्यातरंग के लिये प्रभावी अथवा rms वोल्टता औसत वोल्टता का 1.11 गुना होती है। इस प्रकार

$$E = 4.44\, f N\phi_m \quad ...(3)$$

चूंकि फ्लक्स प्राथमिक और द्वितीयक लपेटों से सम्बन्धित रहता है प्रति लपेट वोल्टता प्रत्येक लपेट में समान है। इसलिये

$$E_1 = 4.44\, f N_1\phi_m \quad ...(4)$$

और

$$E_2 = 4.44\, f N_2\phi_m \quad ...(5)$$

जहां N_1 और N_2 क्रमशः प्राथमिक और द्वितीयक में चक्करों की संख्या है।

वोल्टता रूपान्तरण अनुपात (K) (Voltage Transformation Ratio (K)) : समीकरण 4 और 5 से

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1} = K \text{ (स्थिरांक)} \quad ...(6)$$

Copyright Free Under CC BY Licence

इस स्थिरांक को वोल्टता रूपान्तरण अनुपात से जाना जाता है। यद्यपि वास्तविक रूपान्तरण अनुपात स्थिर है टर्मिनल वोल्टताओं का अनुपात कुछ परिवर्तित होता है जो भार और उसके शक्ति गुणक पर निर्भर करता है। व्यवहार में रूपान्तरण अनुपात नाम पटिटका आंकडा से प्राप्त होता है जिसमें प्राथमिक और द्वितीयक वोल्टतायें पूर्ण भार स्थिति में सूची बद्ध होती है।

जब द्वितीयक वोल्टता V_2 प्राथमिक वोल्टता की तुलना में कम है ट्रासंफार्मर को उपचायी ट्रासंफार्मर कहते है। यदि द्वितीयक वोल्टता अधिक है तो इसे अपचायी ट्रासंफार्मर कहते है। अन्य शब्दों में

a) N2 < N1 अर्थात K < 1 तब अपचायी ट्रासंफार्मर कहलाता है।

b) N2 > N1 अर्थात K > 1 तब उच्चयन ट्रासंफार्मर कहलाता है।

माना कि एक ट्रासंफार्मर का शक्ति निर्गम उसके निवेश के बराबर है। अर्थात हम एक आदर्श ट्रासंफार्मर को ले रहे है।

इस प्रकार $P_{in} = P_{out}$ (अथवा)

$V_1 I_1$ x प्राथमिक PF = $V_2 I_2$ x द्वितीयक PF

जहां PF शक्ति गुणक है। ऊपर की मान्यताओं के लिये अर्थ यह है कि प्राथमिक पर शक्ति गुणक द्वितीयक पर शक्ति गुणक समान है। (यह सम्भव है जब I_o को नगण्य मान लिया जाय)

$V_1 I_1 = V_2 I_2$ (अथवा)

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1} = K \qquad ...(7)$$

समीकरण 7 से ज्ञात होता है कि टर्मिनल वोल्टता अनुपात लगभग चक्रों के अनुपात के बराबर होता है।

ट्रांसफार्मर - सामान्य गणना (Transformer - simple calculations)

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

- **ट्रांसफार्मर रेटिंग की व्याख्या करना**
- **सेकण्डरी आँकड़ों से प्राइमरी वोल्टेज, करन्ट और टर्नों की गणना करना और यही गणना व्यक्तिक्रम में करना ।**

ट्रान्सफार्मर रेटिंग (Rating of transformer)

एक ट्रान्सफार्मर की क्षमता की रेटिंग हमेशा उसकी आभाषी शक्ति के द्वारा (VA या KVA), में की जाती हैं । न कि उसकी वास्तविक शक्ति (watt (या) KW) में KW = KVA x Cosϕ ट्रांसफार्मर लोड या तो रैजिसटिव, कैपेसिटिव या इंडक्टिव या मिश्रित हो सकता है । उसका PF लोड के ऊपर आधारित होता है । जब हम ट्रांसफार्मर के PF को स्पेस्फिक लोड के लिए जानते है । तब सिर्फ लोड करंट की ही गणना की जाती है । अन्यथा लोड करंट रेटिड करंट से अधिक होता है । अगर ट्रांसफार्मर की रेटिंग KVA में है, तब उसके लोड करंट का निर्धारण सीधे उसके दिए गए वोल्टेज के अनुसार होगा ।

हमेशा T/F की रेटिंग VA (या) KVA में होती है, क्योंकि सुरक्षा की दृष्टि से अधिकतम लोड करंट की गणना बिना उसके PF को जाने की जाती है।

एक आइडल ट्रांसफार्मर की अवधारणा के अनुसार प्राइमरी का KVA सेकेण्डरी के KVA के बराबर होता है । हम जानते है कि टर्मीनल वोल्टेज का अनुपात टर्न अनुपात के बराबर होता है । तथा प्राइमरी और सेकेण्डरी करंट का अनुपात, टर्न रेशों अनुपात के विपरीत होता है ।

उदाहरण 1: एक 100 KVA 2400/240V, 50 Hz. ट्रांसफार्मर जिसके सेकेण्डरी वाइंडिंग में 300 टर्न हैं । गणना करें (a) प्राइमरी और सेकेण्डरी करंट का अनुमानित मान (b) प्राइमरी टर्न की संख्या (c) कोर में उत्पन्न अधिकतम फ्लक्स ϕ_m ।

डाय गीवन : ट्रांसफार्मर रेटिंग 100 KVA

फ्रीक्वैसीं f = 50 Hz

प्राइमरी वोल्टेज V_P = 2400 V

सेकेण्डरी वोल्टेज V_S = 240 V

सेकेण्डरी टर्न N_S = 300

हम जानते है : $E_P = (4.44 \times f \times N_P \times \phi_m)$ वोल्टेज

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P} \cong \frac{E_P}{E_S} \cong \frac{N_P}{N_S}$$

$$V_P I_P = V_S I_S = KVA$$

यहाँ : प्राइमरी करंट I_P

सेकेण्डरी करंट I_P

प्राइमरी टर्न N_P

अधिकतम फ्लक्स Φ_m

हल

(a) $I_P \text{ (full load)} = \frac{KVA \times 1000}{V_P} = \frac{100000}{2400} = 41.7A$

and $I_S = \frac{100000}{240} = 417A$

(b) $\frac{V_P}{V_S} = \frac{2400}{240} = 10 = \frac{N_P}{N_S}$

जहाँ, $N_P = 10 \times N_S$

= 10 x 300 = 3000 टर्नस

(c) $4.44 \times f \times N_P \times \phi_m = E_P$

Copyright Free Under CC BY Licence

$$\Phi_m = \frac{2400}{4.44 \times 50 \times 3000} = 0.0036 \text{ Wb.}$$

उदाहरण 2 : एक ट्रांसफार्मर में प्रति वोल्ट की संख्या (i.e N/V) 8 हैं । और प्राइमरी वोल्टेज 110V है । प्रायमरी और सेकेण्डरी वायर टर्न ज्ञात करों । यदि V_2 25 v है ।

हटा दिया गया हैं : V_1 = 110V

$$\frac{\text{Primary turns}}{\text{Primary volts}} = \frac{N_1}{V_1} = 8$$

V_2 = 25

Known : $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$ or $\frac{N_1}{V_1} = \frac{N_2}{V_2}$

Find : N_1 and N_2

Solution : Primary turns $\frac{N_1}{V_1} = 8$

N_1 = 8 x 110 = 880 turns

Secondary turns N_2 = 8 x 25 = 200 turns

ट्रान्सफार्मर का वर्गीकरण (Classification of transformers)

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

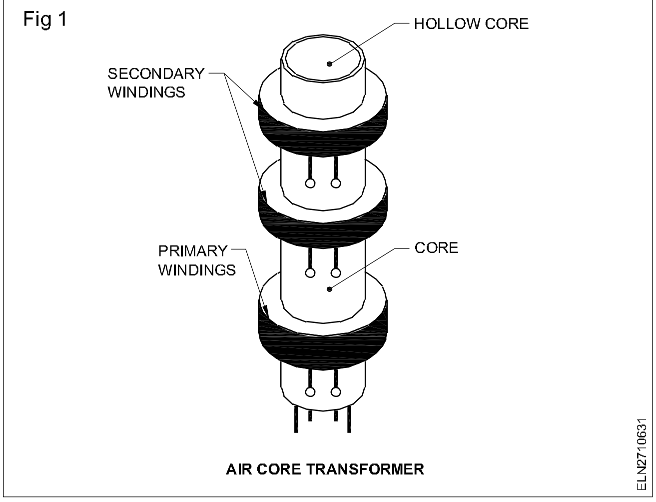
- **विभिन्न प्रकार्यों के आधार पर ट्रान्सफार्मरों का वर्गीकरण करना**
- **ड्राई प्रकार के ट्रांसफार्मर का विवरण देना ।**

ट्रांसफार्मरों का वर्गीकरण (Classification of Transformers)

1 कोर सामग्री प्रयोग के प्रकार के आधार पर वर्गीकरण (Classification based on the type of Core Material used)

- **एअर कोर ट्रांसफार्मर (Air core transformers)** : जैसा कि Fig 1 में दिखाया गया है, एअर कोर ट्रांसफार्मर खोखले नॉन मैग्नेटिक कोर से बना पेपर अथवा प्लास्टिक जोकि प्राथमिक वाइंडिंग तथा द्वितीयक वाइंडिंग घुमाया हुआ बना होता है । इन ट्रांसफार्मरों का मान (k<1) एक से K कम होता है । एअर कोर ट्रान्सफार्मरों का साधारणतया प्रयोग अधिक फ्रीक्वेंशी अनुप्रयोगों (high frequency applications) में करते हैं क्योंकि इसमें आइरन लॉस नहीं होगें और ना ही मैग्नेटिक कोर सामग्री होगी ।

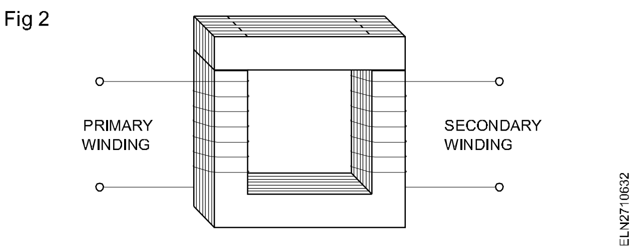
Fig 1



आइरन लॉस एक प्रकार का ट्रान्सफार्मर कोर सामग्री लॉस है (Iron-loss is a type of transformer loss due to core material)

- **आयरन कोर ट्रान्सफार्मर (Iron core transformers)** : Fig 2 में एक लैमिनेटेड आयरन कोर ट्रांसफार्मर दिखाया गया है । यह बहुत कॉमन प्रकार का ट्रान्सफार्मर जिसका प्रयोग मुख्य पावर सप्लाई के लिए होता है ।

Fig 2



- **फेरिट कोर ट्रान्सफार्मर (Ferrite core transformers)** : Fig 3 में देखें, ये ट्रान्सफार्मरों की कोर में पेराइटमैटेरियल होता है । इन मामलों में, प्राथमिक वाइंडिंग तथा द्वितीयक वाइंडिंग वाउण्ड पर एक खोखले प्लास्टिक कोर तथा फेराइट मैटेरियल को खोखली कोर में सम्मिलित करते हैं । इन ट्रान्सफार्मरों का प्रयोग अधिक फ्रीक्वेंशी (आवृत्ति) से बहुत अधिक फ्रीक्वेंशी के अनुप्रयोगों के लाभ के लिए कम से कम लॉस का परिचय कराते हैं ।

2 कोर के आकार के आधार पर वर्गीकरण करने में (Classification based on the shape of core)

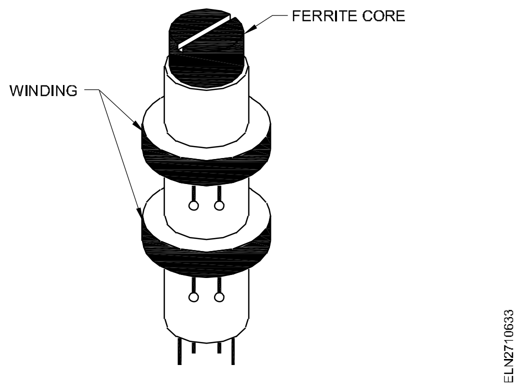
- **कोर प्रकार का ट्रान्सफार्मर (Core type transformers)** : Fig 1 के चार्ट 1 में पाठ के आखिरी में दिया गया है । कोर के ट्रान्सफार्मर में प्राथमिक वाइण्डिंग तथा द्वितीयक वाइण्डिंग के दो अलग-अलग भाग या सेक्शन/कोर की लिम्ब प्रकार की होती है ।

- **शेल टाइप ट्रान्सफार्मर (Shell type transformers)** : Fig 2 के चार्ट 1 में देखें । इस प्रकार ट्रान्सफार्मर में, प्राथमिक वाइण्डिंग तथा द्वितीयक वाइण्डिंग दोनों समान सेक्शन/कोर की लिम्ब पर वाउण्ड होता है । इसका प्रयोग अधिकतर वोल्टेज ट्रान्सफार्मर और पावर ट्रान्सफार्मर में करते हैं ।

Copyright Free Under CC BY Licence

- **रिंग टाइप ट्रान्सफार्मर (Ring type transformers)** : Fig 3 के चार्ट 1 में देखें । इस प्रकार के ट्रान्सफार्मर की कोर गोलाकार अथवा अर्द्धगोलाकार जैसा कि Fig 3c में दिखाया गया है । ये एक रिंग के साथ-साथ स्टैक्ट तथा क्लैम्पड होता है । प्राथमिक वाइण्डिंग तथा द्वितीयक वाइण्डिंग रिंग के ऊपर वाउण्ड होती है । इसकी हानि यह है कि इसकी संरचना प्राथमिक वाइण्डिंग और द्वितीयक वाइण्डिंग क्वाइल में कठिन होती है । रिंग टाइप के ट्रान्सफार्मर का साधारणतया प्रयोग इन्सट्रमेन्ट ट्रान्सफार्मर (instrument transformer) के अधिक वोल्टेज और अधिक धारा को मापने के लिए करते हैं ।

Fig 3



3 ट्रान्सफार्मेशन अनुपात के आधार पर वर्गीकरण (Classification based on the Transformation ratio)

- **स्टेप अप ट्रान्सफार्मर (Step-up Transformers) :** इन ट्रान्सफार्मरों में, प्राथमिक पर दिये गये वोल्टेज की तुलना में द्वितियक पर प्रेरित वोल्टेज से अधिक होता है स्टेप अप ट्रान्सफार्मर कहलाते हैं ।

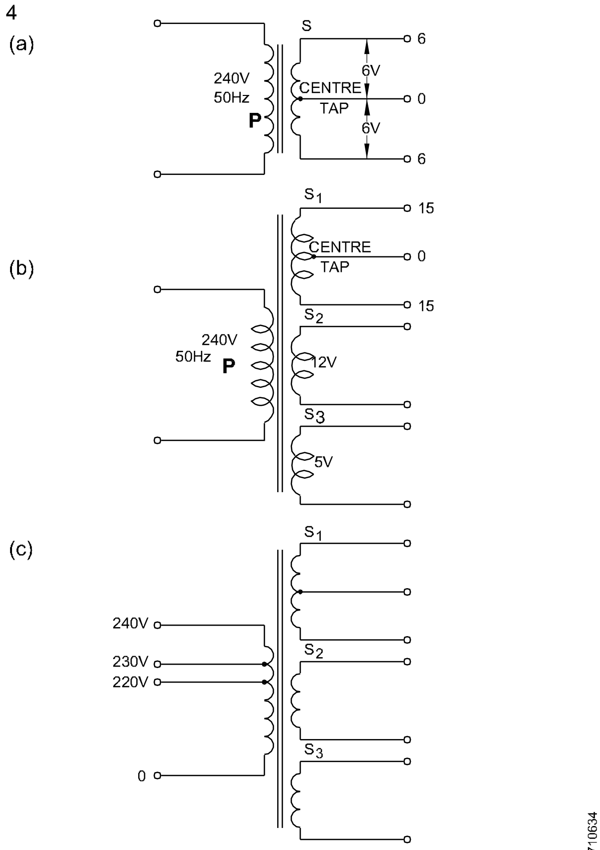
- **स्टेप-डाउन ट्रान्सफार्मर (Step-down Transformers) :** इन ट्रान्सफार्मरों में, प्रेरित द्वितीयक वोल्टेज का मान स्त्रोत प्राथमिक वोल्टेज की तुलना में कम होता है स्टेप-डाउन ट्रान्सफार्मर कहलाता है ।

- **आइसोलेशन ट्रान्सफार्मर (Isolation transformers) :** इन ट्रान्सफार्मरों में प्रेरित द्वितीयक वोल्टेज प्राथमिक वोल्टेज पर दिये गये स्त्रोत वोल्टेज के समान होता है वन टू वन अथवा आइसोलेशन ट्रांसफार्मर कहलाता है । इन ट्रान्सफार्मरों में टर्नों की संख्या सेकण्डरी में तथा प्राथमिक में टर्नों की संख्या के समान होती है अतः टर्नों की अनुपात 1 होता है ।

4 आपरेटिंग फ्रीक्वेंशी के आधार पर वर्गीकरण (Classification based on the operating frequency)

- **मुख्य ट्रान्सफार्मर (Mains frequency transformer) :** ये साधारणतया आयरन कोर शेल टाइप ट्रान्सफार्मर होते हैं । इन ट्रान्सफार्मरों का लिंक AC मुख्य स्त्रोत और दूसरा युक्ति आवश्यक AC अथवा DC पावर के बीच होता है । उदाहरण, रेडियो रिसीवर को लो (कम) वोल्टेज DC सप्लाई की जरूरत होती है । इसका प्रयोग रेडियो रिसीवर से AC मुख्य, मुख्य AC स्टेपड डाउन, AC को DC में बदलना (रेक्टिफिकेशन) तथा फेड से रेडियो रिसीवर । इन ट्रान्सफार्मरों की द्वितीयक वाइण्डिंग सेन्टर टैप प्रकार की होती है जैसा कि Fig 4a में दिखाया गया है अथवा शायद एक से अधिक द्वितीयक वाइण्डिंग होती है जैसा कि Fig 4b में दिखाया गया है कि विभिन्न AC के मुख्य लेवल के अनुकूल बनाते हैं । टैप्ड प्राथमिक की प्राथमिक वाइण्डिंग के टर्न द्वितीयक Fig 4c में बदलाव की भी सहमति होती है। सभी पावर ट्रान्सफार्मर साधारणतया डिजाइन से मुख्य सप्लाई फ्रीक्वेंशी (50 Hz) पर कार्य करती है ।

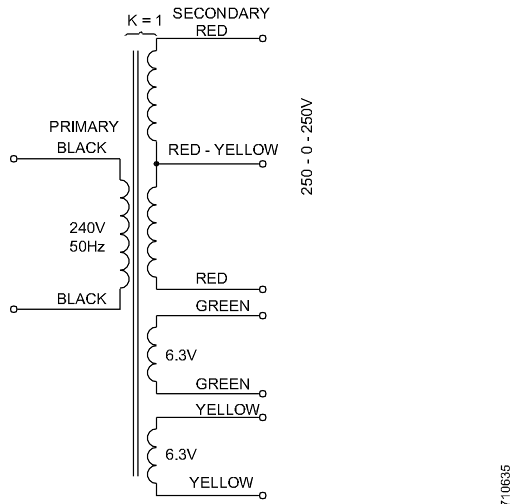
Fig 4



CENTRE TAPPED SECONDARY

पावर ट्रान्सफार्मर का प्रयोग कलर कोडिंग स्कीम से प्राथमिक वाइण्डिंग तथा द्वितीयक वाइण्डिंग को पहचानने में करते हैं । Fig 5 में एक स्कीम को देखें ।

Fig 5



A TYPICAL COLOUR CODING SCHEME FOR POWER TRANSFORMERS

- **आडियो फ्रीक्वेंशी (AF) ट्रन्सफार्मर (Audio frequency (AF) transformers) :** Fig 5 के चार्ट 1 को देखें । ये आडियो फ्रीक्वेंशी

Copyright Free Under CC BY Licence

ट्रान्सफार्मर मुख्य वोल्टेज ट्रान्सफार्मर के समान दिखते हैं लेकिन वे आकार में इनसे बहुत छोटे होते हैं । अधिकांश आडियो फ्रीक्वेंशी ट्रांसफार्मर PCB माउण्टिंग प्रकार के होते हैं । इन ट्रांसफार्मरों की डिजाइन ऑडियो फ्रीक्वेंशी रेंज 20 Hz से 20 KHz पर ऑपरेट होते हैं । ऑडिया ट्रांसफार्मर का प्रयोग -

- ऑडियो एम्पिलीफायर के एक स्टेज के आऊटपुट के कप्लिंग से इनपुट की अगली स्टेज तक (इन्टरस्टेज कप्लिंग)
- एम्पिलीफाइड ऑडियो सिग्नल से एक एम्पिलीफायर स्पीकर का साउण्ड सिस्टम ।
- **हाई फ्रीक्वेंसी ट्रान्सफार्मर (High frequency transformers) :** Fig 6 के चार्ट 1 में देखें । हाई ट्रान्सफार्मर की कोर आयरन पाउडर अथवा फेराइट अथवा ब्रास अथवा एअर कोर (खोखली कोर) की बनी होती है जैसा कि Fig 1 तथा 3 के इस पाठ में देखें । इन ट्रान्सफार्मरों को रेडियो फ्रीक्वेंशी ट्रान्सफार्मर (RFTs) तथा इन्टरमीडियट फ्रीक्वेंशी ट्रान्सफार्मर (IFTs) कहते हैं ।

  इन ट्रान्सफार्मरों का प्रयोग कोई दो स्टेजों की हाई फ्रीक्वेंशी परिपथ जैसे रेडियो रिसीवर में करते हैं । इन ट्रान्सफार्मरों की ऊपर फ्रीक्वेंशी रेन्ज (upper frequency range) 30 MHz होती है ।

इन ट्रान्सफार्मरों की दूसरी विशेषता यह है कि कोर की स्थिति अल्टर्ड जिसका परिणाम वैरीड कप्लिंग (varied coupling) तथा ऊर्जा ट्रान्सफर होता है। ये ट्रान्सफार्मर भी दूसरे इलेक्ट्रानिक पुर्जे (electronic component) को कैपेसिटर को वाइण्डिंग के समान्तर में जोड़ते हैं । यह परिणाम एक विभिन्न व्यवहार के ट्रान्सफार्मर विभिन्न फ्रीक्वेंशी पर होता है । अतः ये ट्रान्सफार्मर के प्रकार ट्यून्ड ट्रान्सफार्मर (Tuned transformers) कहलाते हैं ।

ये ट्रान्सफार्मर सम ऑडियो फ्रीक्वेंशी ट्रान्सफार्मर (even audio frequency (AF) transformer) से छोटे होते हैं । ये ट्रान्सफार्मर साधारणतया शील्ड/स्क्रीन्ड में एक अच्छा चालक होता है ।

- **अधिक हाई फ्रीक्वेंसी ट्रान्सफार्मर (Very high frequency transformers) :** इन ट्रान्सफार्मरों की कोर सामग्री एअर अथवा फेराइट अथवा ब्रास का होता है । इन ट्रान्सफार्मरों की संरचना मिनिमम ऊर्जा लॉस पर बहुत अधिक फ्रीक्वेंशी होती है । बहुत अधिक फ्रीक्वेंशी के ट्रान्सफार्मरों में कई प्रकार के आकार तथा डिजाइन उपलब्ध है । कुछ इनके अनुप्रयोग अधिकतर टेलीविजन रिसीवर में करते हैं ।

5 एकल फेज तथा तीन फेज ट्रान्सफार्मर (Single phase and three phase transformers)

Fig 4 के चार्ट 1 में ट्रान्सफार्मर एकल फेज AC मुख्य सप्लाई के साथ डिजाइन प्रयोग देखें । अतः ये ट्रान्सफार्मर में एकल प्राथमिक वाइण्डिंग होगा । इस प्रकार के ट्रान्सफार्मर को एकल फेज ट्रान्सफार्मर कहते हैं । ट्रान्सफार्मर तीन फेज AC मुख्य सप्लाई के लिए भी उपलब्ध होते हैं । ये पॉली-फेज ट्रान्सफार्मर कहलाते हैं । Fig 7 के चार्ट 1 में देखें इसमें तीन प्राथमिक वाइण्डिंग होती है । तीन फेज ट्रान्सफार्मर का प्रयोग विद्युत वितरण तथा इण्डस्ट्रीयल अनुप्रयोगों के लिए करते हैं ।

6 अनुप्रयोग के आधार पर वर्गीकरण (Classification based on application)

ट्रान्सफार्मर का वर्गीकरण उनके अनुप्रयोगों के विशेषीकृत के लिए भी कर सकते हैं । ये असंख्या (innumerable) संख्या के कार्य अनुप्रयोगों, इसके प्रकार भी असंख्या होते हैं । जोकि नीचे लिस्ट दी गयी है :

इन्स्ट्रमेन्ट ट्रान्सफार्मर (Instrument Transformers) - क्लिप में प्रयोग - धारा मीटर पर, ओवरलोड ट्रिप परिपथ आदि ।

स्थायी वोल्टेज ट्रान्सफार्मर (Constant voltage transformers) - संवेदनशील उपकरणों के लिए संतुलित वोल्टेज सप्लाई का प्रयोग करते हैं ।

ज्वलन प्रणाली अथवा प्रज्वलन ट्रान्सफार्मर (Ignition transformers) - आटोमोबाइल में प्रयोग करते हैं

वेल्डिंग ट्रान्सफार्मर (Welding transformers) - वेल्डिंग उपकरणों में प्रयोग करते हैं ।

पल्स ट्रान्सफार्मर (Pulse transformers) - इलेक्ट्रानिक परिपथों में प्रयोग करते हैं ।

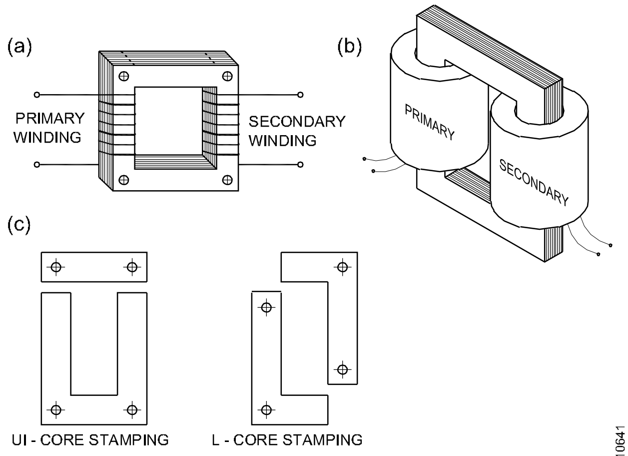
ड्राई टाइप ट्रान्सफार्मर (Dry Type Transfomers)

ट्राई प्रकार का अथवा एयर कूल्ड ट्रान्सफार्मर का प्रयोग प्रायः घरेलू उपकरणों में होता है जबकि अन्य प्रकार के ट्रान्सफार्मर अधिक खतरनाक आने जाने है ।

Copyright Free Under CC BY Licence

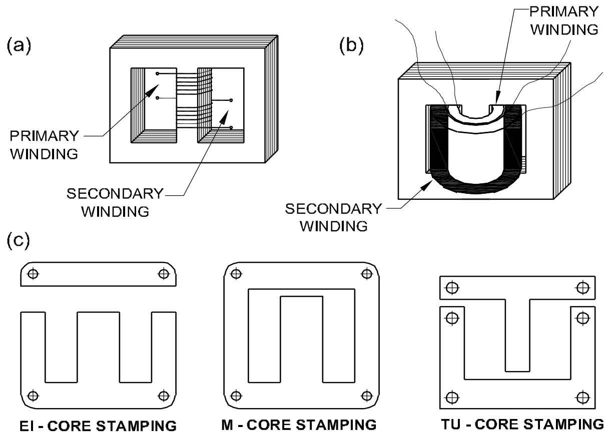
Chart - 1
Types of transformers

Fig 1 **CORE-TYPE TRANSFORMER**



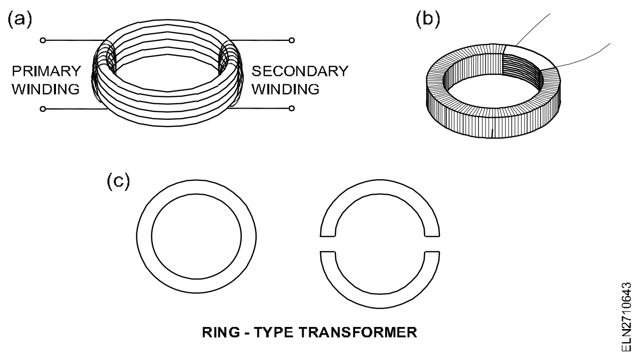
CORE-TYPE TRANSFORMER

Fig 2 **SHELL-TYPE TRANSFORMER**



SHELL-TYPE TRANSFORMER

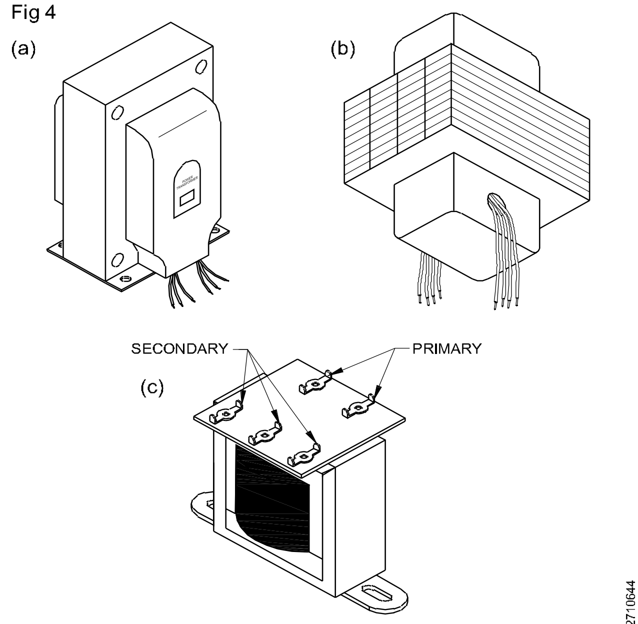
Fig 3 **RING-TYPE TRANSFORMER**



RING - TYPE TRANSFORMER

MAINS FREQUENCY TRANSFORMER

Fig 4

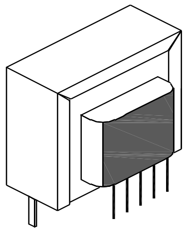


MAINS FREQUENCY TRANSFORMER

Chart - 1 Continued....
Types of transformers

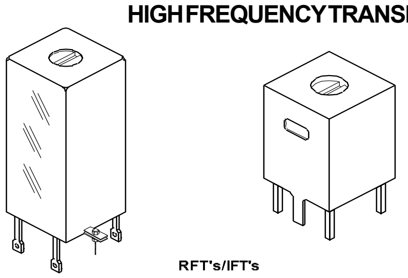
AUDIO FREQUENCY TRANSFORMER

Fig 5



AUDIO FREQUENCY TRANSFORMER

Fig 6 **HIGH FREQUENCY TRANSFORMER**

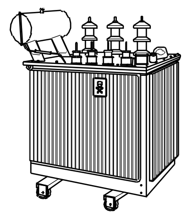


RFT's/IFT's

HIGH FREQUENCY TRANSFORMER

POLY-PHASE TRANSFORMER

Fig 7



POLY - PHASE TRANSFORMER

Copyright Free Under CC BY Licence

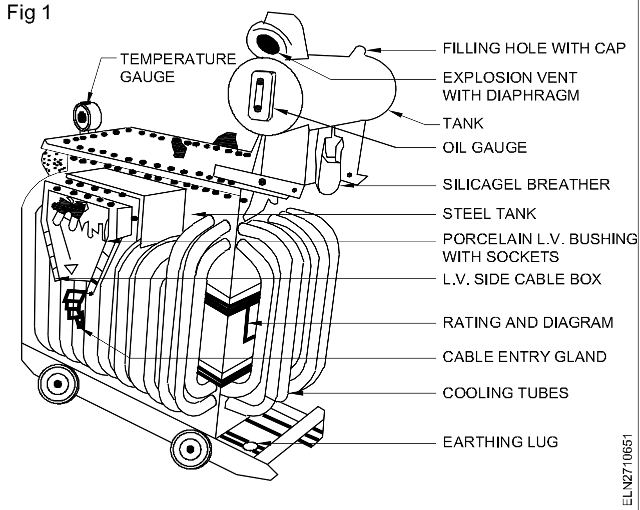
ट्रान्सफार्मर के भाग और उनके प्रकार्य (Parts and their functions of transformer)

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

- **ट्रान्सफर्मर के प्रमुख भागों की सूची बनाना**
- **वितरण ट्रान्सफर्मर के भागों का विवरण देना ।**

वितरण ट्रांसफार्मर (Distribution transformer): Fig 1 में वितरण ट्रांसफार्मर के अनिवार्य भागों को दर्शाया गया है।

Fig 1



वितरण ट्रांसफार्मर के महत्वपूर्ण पुर्जो को संक्षेप में वर्णन नीचे किया गया है : -

ट्रान्सफार्मर के प्रमुख भाग नीचे प्रकार हैं :

1 **स्टील टैंक (Steel tank)**

2 **संक्षण टैंक (Conservation Tank)**

3 **तापमान गेज (Temperature gauge)**

4 **विस्फोट मुँह (Explosion Vent)**

5 **शीतलन नलिका (Cooling tubes)**

6 **टेप चेन्जर (Tap changer)**

7 **बूशिंग टर्मिनेशन (Bushing termination)**

8 **सिलिकल जेल ब्रिदर (Silical gel breather)**

9 **बुशोल्ज़ रिले (Buchholz relay)**

1 स्टील टैंक (Steel tank)

यह, ट्रांसफार्मर के प्रचालन के लिए आवश्यक विभिन्न उपसाधनो के आरोहण के लिए तथा कोर, लपेटन के आवास के लिए उपयोग हुआ M.S. प्लेट का संविरचक (fabricated) टैंक होता है। कोर, शीत वेल्लित ग्रेन अभिविन्यस्त (oriented) सिलिकन स्टील पटलन से बना होता है। L.V लपेटन सामान्यतः कोर के निकट होती हैं तथा H.V लपेटन को L.V लपेटन के चारों ओर रखा जाता है।

2 संरक्षण टैंक (Conservator Tank)

यह ट्रांसफार्मर के ऊपर आरोहित, ड्रम के आकार मे होता है। संक्षरण टेंक से एक तेल तल सूचक, पाइप के द्वारा जुड़ा होता है। संक्षरण टेंक में, निर्दिष्ट तल तक ट्रांसफार्मर तेल भरा होता है। जब सामान्य भार प्राचलन के कारण ट्रांसफार्मर गर्म हो जाता है तो, तेल प्रसार होता है तथा संक्षरण टैंक में तेल का तल बढ़ता है या विलोमतः। संक्षरण टेंक के ऊपर जुड़ा पाइप, ब्रीदर के द्वारा अन्तरिक वायु को बाहर जाने या अंदर आने देता है।

It reduces the oxidation of oil when it get contact with air.

3 तापमान गेज (Temperature gauge)

यह ट्रांसफार्मर में फिट होता है, जो ट्रांसफार्मर तेल के ताप को संकेत करता हैं।

4 शीतलन नलिका (Cooling tubes)

पूर्व की व्यवस्था में, हमने यह पाया था कि जब, लौह ह्रास तथा तांबा ह्रास के कारण, ट्रांसफार्मर को आपूर्ति से जोड़ा जाता है तो, ट्रांसफार्मर गर्म हो जाता है। जब ट्रांसफार्मर को भार दिया जाता है तो, लपेटन के ताप को कम करने के लिए ट्रांसफार्मर के अन्दर उत्पन्न ऊष्मा को वायुमंडल में विकरित किया जाना चाहिए। लपेटन तथा कोर के अन्दर उत्पन्न ऊष्मा को क्षय करने के लिए, ट्रांसफार्मर टैंक में रोधन तेल भरा जाता है। तेल, ऊष्मा को शीतलन नलिका पर ले जाता है, जहां वायु के साथ सतह सर्म्पक के कारण वायुमडंल को ऊष्मा का क्षय होता है।

5 टैप चेन्जर (Tap changer)

जब वोल्टता को लंबी दूरी पर संचारित किया जाता है तो चालक में वोल्टता पतन होगा, जिसके परिणामस्वरूप प्राप्ति सिरे पर कम वोल्टता होती है। चालकों में इस लाइन वोल्टता पतन के क्षतिपूर्ति करने के लिए यह प्रथानुसार है कि टैप परिवर्ती ट्रांसफार्मर से प्रेषित सिरे की वोल्टता को बढ़ाया जायें। इन ट्रांसफार्मरों में Fig 2 में दर्शाये गये अनुसार उनके प्राथमिक लपेटन में अनेक लपेटन टैप होते है।

टैप परिवर्ती की दो विधियॉ है। एक विधि में इन टैपों को टैप परिवर्ती कुंजी के द्वारा हस्त परिवर्तित किया जाता है। Fig 2 इस विधि में, संपर्क बिंदु पर अत्याधिक स्पार्किंग (चिंगारी) को रोकने के लिए टैप परिवर्ती को प्रचालन करने के पूर्व भार कुंजी को खोला जाता है। इस विधि को प्रायः "निष्काषित भार" (OFF-LOAD) टैप परिवर्ती विधि कहा जाता है। दूसरी विधि में टैप परिवर्तन को, भार के साथ किया जाता है।

दूसरी विधि में ON-LOAD' नामक लोड से टेप बदली जाती है ।इस विधि में निम्नलिखित प्राचलों को पूरा किया जाता है।

- टैप परिवर्तक के समय भार धारा को रोकना नहीं चाहिए।

Copyright Free Under CC BY Licence

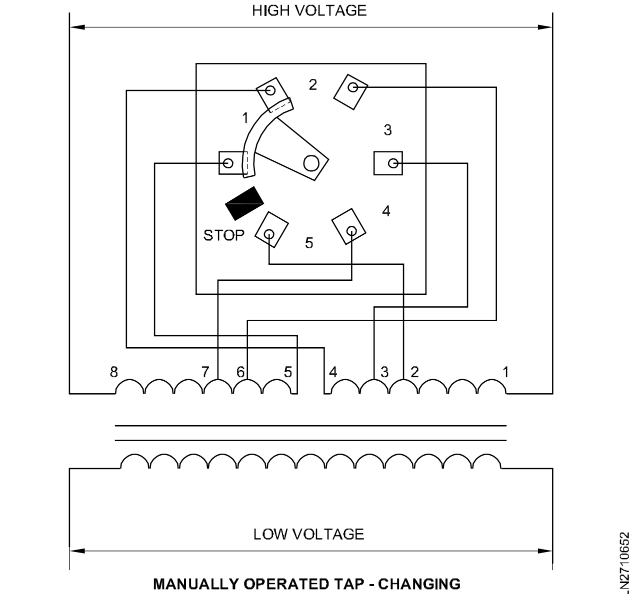


Fig 2 MANUALLY OPERATED TAP - CHANGING

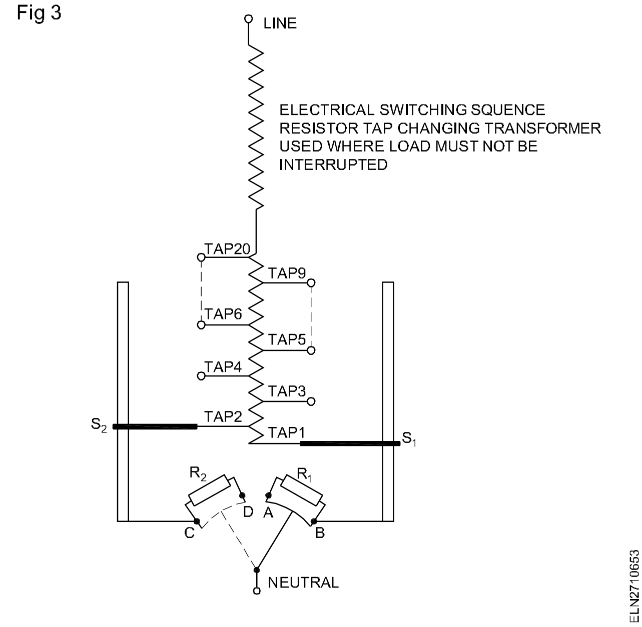


Fig 3

- टैप परिवर्तन को लपेटन के टैप किये हुए विभाग के लघु पथित किये बिना, किया जाना चाहिए।

दोनों विशिष्ट लक्षणों को पूरा करने के लिए, टैप परिवर्तन प्रचालन के समय किसी प्रकार का सेतु या स्थानांतरित प्रतिबाधा को आवश्यकता होती है।

टैप परिवर्तक में दो मुख्य इकाईया होती है। टैप संवरक (Selector) कुंजी, ट्रांसफार्मर लपेटन पर टैप के चयन के लिए उत्तरदायी इकाई है। जैसा कि Fig 3 में दर्शाया गया है, लेकिन यह भार धारा को सर्म्पक या विच्छेद नहीं करती है।

अपवर्ती कुंजी वहॉ होती है, जहॉ भार का वास्तविक स्विचन होता हैं। संवरक कुंजी, या तो स्वचल वोल्टता नियामक या हस्त विधि से चयन किये गये आंतरिक क्रियाविधि से वांच्छित टैप की स्थिति पर पहले लायी जाती है, फिर अपवर्ती कुंजी शीघ्र दर पर वांछित सेटिंग को प्रचालित होती है।

सलोड (ON-LOAD) टैप परिवर्तक के प्रचालन को निम्नानुसार वर्णन किया जा सकता है (केवल एकल कला प्रचालन को दर्शाया गया है)

Fig 3 को संदर्भित करते हुए, प्रारंभिक स्थिति में सांवरक कुंजी S_1, टैप 1 पर तथा S_2, टैप 2 पर है। ट्रांसफार्मर लपेटन की अपवर्ती कुंजी, टेप 1 को उदासीन बिन्दु के साथ जोड़ती हैं। टैप 2 को बदलने के प्रचालन का अनुक्रम निम्नानुसार है।

- क्रियाविधि इस प्रकार से प्रचालित होती है, चल सम्पर्क, अपवर्ती के एक साइड से दूसरे की तरफ चलना प्रारंभ करती है; सम्पर्क B खुला है तथा भार धारा प्रतिरोधक में से R_1 से सर्म्पक 'A' पर प्रवाह होती है।

- फिर चल सम्पर्क 'D' बंद होता है। इन दोनों प्रतिरोधक R_1 तथा R_2, टैप 1 तथा 2 के आर-पार, अब श्रेणी में है तथा भार धारा इन प्रतिरोधकों के आर -पार बिंदु में से प्रवाह होती है।

- चल सर्म्पक के और आगे चलने पर, सम्पर्क A खुल जाता है तथा फिर भार धारा, प्रतिरोधक R_2 तथा सम्पर्क 'D' के द्वारा टैप 2 से गुजरती है।

- अंत में जब चल सम्पर्क, अपवर्ती कुंजी के दूसरी साइड़ पर पहुँचता है तो, सर्म्पक C बंद हो जाता है तथा प्रतिरोधक R_2 लघुपथित होता है। टैप 2 से भार धारा, अब सम्पर्क C के द्वारा, टैप 2 के सामान्य चल स्थिति को प्रवाह होती है।

स्थिति 1 से 2 में परिवर्तन में संवरक कुंजी की गति सम्मिलित है, जैसा कि वर्णन किया गया है। यदि उसी दिशा में और परिवर्तन आवश्यक हो, अर्थात् 2 से 3 अपवर्ती (Diverter) कुंजी के चलने के पूर्व, संवरक कुंजी ST, टैप 3 तक पहँचती है तथा अपवर्ती कुंजी फिर उपरोक्त क्रम को दोहराती है, लेकिन विपरीत क्रम में।

यदि विपरीत दिशा में परिवर्तन हो तो, संवरक कुंजी स्थिर ही रहेगी तथा अपवर्ती कुंजी के चलने से ही टैप परिवर्तन होगा।

6 बुशिंग टर्मिनेशन (Bushing termination)

पावर ट्रान्सफार्मर के लिए बुशिंग का महत्व अधिक वोल्टेज पावर ट्रान्सफार्मर का अनुसरण करता है । अधिक वोल्टेज पावर ट्रान्सफार्मर का प्रयोग ट्रान्समिशन और वितरण सेक्टर में करते हैं । इस ट्रान्सफार्मर की वाइण्डिंग अधिक वोल्टेज के साथ ऊर्जित होती हैं । साधारणतया जब एक ऊर्जित चालक (कॉपर अथवा एल्यूमीनियम) मेटैलिक सेक्टर से होकर गुजरता है ।

तब सही तरीके का इन्सुलेशन बहुत आवश्यक होता है । लेकिन यदि मेटैलिक भाग सीधे जमीन से जुड़ा हुआ है । तब चार्ज चालक की क्षेत्र जमीन सामर्थ्य के कारम विरुपित या दूषित मिलेगा । पावर ट्रान्सफार्मर की संरचना, एक ट्रांसफार्मर के बाहरी फ्रेम के जैसी नहीं होती लेकिन एक मेटैलिक भाग और फाउण्डेशन के अन्दरुनी दूषित भाग पर रखते हैं । अतः ट्रान्सफार्मर का बाहरी फ्रेम भूमि सामर्थ्य (earth potential) होता है ।

Copyright Free Under CC BY Licence

लेकिन इनपुट तथा आऊटपुट टर्मिनल के लिए कुछ खुली स्वीकृति होनी चाहिए जहाँ वाइण्डिंग के टर्मिनलों को कोर से प्रवेश करा के अथवा कोर के आऊटपुट से बाहर से लें । लेकिन यदि ऊर्जित कॉपर वाइण्डिंग के टर्मिनलों के किसी इन्सुलेशन के बिना बाहर लेते हैं, तब चालक के विद्युत क्षेत्र जिससे चालक भूमिसामर्थ्य (earth potential) के साथ एक दूसरे से प्रभावित होता है। ट्रान्सफार्मर बुशिंग प्रत्येक इनपुट टर्मिनल तथा आऊटपुट टर्मिनल के साथ उपलब्ध कराता है । इसलिए ट्रान्सफार्मर बुशिंग का प्रयोग वाइण्डिंग के टर्मिनलों के लिए एक विद्युत आइसोलेसन उपलब्ध कराता है, जब कोई अर्थ्ड सामग्री चालकों के पास में उपस्थित होता है ।

साधारणतया ट्रान्सफार्मर बुशिंग ऊर्जित चालकों के साथ अधिक विद्युत ऊर्जा के लिए डिजाइन किये जाते हैं । जिनकी डाइइलेक्ट्रिक मजबूती अच्छी होनी चाहिए ।

ट्रान्सफार्मर की पोर्सलीन बुसिंग (Porcelain bushing of transformer)

इस प्रकार के ट्रान्सफार्मर की बुसिंग पारम्परिक मॉडेल (classical model) प्रकार की होती है लेकिन अभी भी उनका प्रयोग कई पावर औद्योगिकों (power industries) में मजबूती (robustness) के लिए प्रयोग करते हैं तथा ये बहुत सस्ते (cheap) भी होते हैं । पोर्सलीन बहुत अच्छा तथा विश्वसनीय विद्युत इन्सुलेशन में दूरगामी (wide range) वोल्टेज के लिए और ऐसे ही अधिक अचालक या परावैद्युत मजबूती (dielectric strength) के लिए भी किया जाता है ।

एस पोर्सलीन बुशिंग खोखले बेलनाकार आकार (hollow cylindrical shape) में पोर्सलीन डिसो के द्वारा बनायी जाती है जिसे ट्रान्सफार्मर के ऊपरी भाग में जोड़ा किया जाता है तथा ऊर्जित चालक बुशिंग के बीच वाले भाग से होकर गुजरते हैं ।

ाालक के सम्मिलित हो जाने के बाद बुशिंग के किनारे के भाग ग्लैज के साथ मजबूती से कसकर बन्द हो जाते हैं और यह व्यवस्था किसी भी प्रकार के नमी से रोक-थाम को सुनिश्चित करते हैं । सम्पूर्ण नहीं होने चाहिए । यदि आपरेटिंग वोल्टेज लेवल बहुत अधिक है तब ट्रान्सफार्मर बुशिंग के वैक्यूम भाग के साथ इन्सुलेटिंग तेल के साथ भरें ।

ट्रान्सफार्मर की कैपेसिटेन्स ग्रेडेड बुशिंग (कैपेसिटर बुशिंग) (Capacitance graded bushing of transformer (capacitor bushings))

साधारणतया कैपेसिटेन्स ग्रेडेड बुशिंग का सुधार पेपर बुशिंग है यहाँ बहुत उत्तम परतें चिकने मैटेलिक उभारक पेपर से प्रवेश कराई जाती हैं जब वाइण्डिंग प्रक्रिया हो रही होती है । प्रवेश किये गये उभारक मेटैलिक होते हैं इसलिए वे सहायक प्रकृति के होते हैं ।

जब ये उभारक उर्जित चालक के सम्पर्क में आते हैं तब वे कैपेसिटिव प्रभाव को उत्पन्न करते हैं जिसे विद्युत ऊर्जा बुशिंग से क्षय करती है ।

इस तरह विद्युत क्षेत्र दाब बुशिंग से फैलकर तथा इसका कारण इन्सुलेशन समाप्त होना है इस प्रकार की बुशिंग को कैपेसिटर बुशिंग कहते हैं ।

चार प्रकार की कैपैसिटर ग्रेडेड बुशिंग जिनके नाम हैं :-

- रेजिन बाउन्डेड पेपर बुशिंग (Resin Bounded Paper Bushing)
- तेल संसइक्त पेपर बुशिंग (Oil Impregnated Paper Bushing)
- रेसिन संसइक्त पेपर बुशिंग (Resin Impregnated Paper Bushing)
- इपाक्सी रेसिन संसइक्त पेपर बुशिंग (Epoxy Resin Impregnated Paper Bushing)

ट्रान्सफार्मर बुशिंग का परीक्षण और अनुरक्षण (Testing and maintenance of transformer bushing)

ट्रान्सफार्मर बुशिंग के लिए कई प्रकार के परीक्षण हैं यद्यपि वे सभी ट्रान्सफार्मर बुशिंग के लिं संतोषजनक ऑपरेशन (satisfactory operation) और सुरक्षा बराबर में जरूरी है । इनमें से कुछ स्थापन (installation) से पहले होती है और कुछ का प्रयोग सामान्य अनुरक्षण (routine maintenance) के लिए करते हैं ।

1 **टैन्जेन्ट डेल्टा को मापना अथवा कैपेसिटेन्स (Measurement of tangent delta (tan δ) or capacitance) :** यह एक सामान्य रखरखाव (routine maintenance) परीक्षण है । प्रारम्भिक ट्रान्सफार्मर कार्य से अलग-अलग और एक मजबूत लोकल अर्थिंग आपरेटर की सुरक्षा के लिए की जाती है । इस परीक्षण में, विद्युत कनेक्शन ट्रान्सफार्मर टैंक और बुशिंग के बीच होता है । उभरे हुये किनारे के लिए साथ में एक बजर लगाते हैं ।

   कैपेसिटेन्स मापने के लिए एक कैपेसिटर परीक्षण किट की आवश्यकता होती है । ट्रान्सफार्मर कैपेसिटेन्स का मान ना के बराबर होता है इसलिए इसे बुशिंग कैपेसिटेन्स को मापते समय उपेक्षित कर देते हैं । यह माप ट्रान्सफार्मर के प्रत्येक फेज के लिए निष्पादित कर देते हैं । मापी गयी कैपेसिटेन्स रेटिंग चार्ट के साथ और तुलना करते हैं ।

2 **आंशिक मुक्त को मापना (Measurement of Partial Discharge) :** यह भी एक अनुरक्षण कार्य की जाँच करने का सामान्य तरीका है । आंशिक मुक्त को मापना एक कमजोर इन्सुलेशन के प्वाइंट को दर्शाता है । नयी तकनीकी के हिसाब से जटिल ध्वनि सम्बन्धी सेन्सर के प्रयोग के द्वारा आंशिक मुक्त को स्थित करते हैं ।

3 **घुलनशील गैस विश्लेषण (Dissolved gas analysis) :** यह परीक्षण केवल तेल फिल बुशिंग (oil filled bushings) के लिए है । बन्द तेल सैम्पल (seal oil sample) को खोलने के बाद बुशिंग द्वारा प्रकृतिस्थ (collected) होता है और तब आवश्यक विधि (necessary procedures) निष्पादित (carried out) होती है । सैम्पल कलेक्शन के बाद, बुशिंग के ग्लेज शील को सही प्रकार से स्थित होना चाहिए। इस परीक्षण को आमतौर से ट्रान्सफार्मर बुशिंग के DGA परीक्षण नाम से भी जानते हैं ।

4 **नमी विश्लेषण (Moisture analysis) :** तेल फिल बुशिंग के लिए यह एक जरूरी परीक्षण है सही प्रकार के आपरेशन के लिए नमी

Copyright Free Under CC BY Licence

हानिकारक है । ऑयल बुशिंग ट्रान्सफार्मर को मजबूती से बन्द करते हैं ।

कुछ समय अन्तराल के बाद आयल सैम्पल नमी विषय सूची को मापने में करते हैं । बुशिंग की नमी आपरेटिंग तापमान के ऊपर निर्भर करती है । इसको पेपर से ऑयल अथवा ऑयल से पेपर को हटायेंगे।

5 **पोर्सलीन का अनुरक्षण (Maintenance of Porcelain) :** बुशिंग के पोर्सलीन भाग को कुछ चिप्ड अथवा कर्कश या फटा हुआ अथवा मिश्रण शील कुछ समय में घट जाता है । इसलिए पोर्सलीन के सही अनुरक्षण की आवश्यकता और खराब पोर्सलीन को एक नये के साथ बदलना चाहिए।

अलग से ये मेटल के भाग, टैप और ऑयल लेवल के अनुरक्षण की लगातार जाँच करें ।

7 अनुरक्षण युक्तियाँ / ट्रान्सफर्मर के भाग (Protective - devices / parts of transformers) :

1 ब्रीदर (Breather)

ट्रांसफार्मर का तेल, नमी के कारण खराब हो जाता है। ट्रांसफार्मर में नमी, तीन स्त्रोत से आ सकती है, अर्थात गास्केट के द्वारा क्षरण से, तेल की सतह के साथ सम्पर्क में वायु से अवशोषण द्वारा, या उच्च ताप पर रोधन के काल प्रभावन (ages) के जैसे खराब होने के ट्रांसफार्मर में, ट्रांसफार्मर के अन्दर ही लम्बे समय तक उच्च ताप पर विद्युतरोधन के खराब होने से।

तेल में नमी का प्रभाव, पैराविद्युतांक सामर्थ्य को कम करना है, विशेषतः जब ढ़ीले फाईबर या गंदगी के कण उपस्थित हो।

नमी से तेल दूषण को कम करने के लिए उपलब्ध विधियाँ निम्नासनुसार है:

- सिलिका जेल श्वासक के उपयोग से
- रबर डायफ्राम के उपयोग से
- सील किये हुए संरक्षण टैंक के उपयोग से
- गैस के कुशन के उपयोग से
- थर्मो साइफन फिल्टर के उपयोग से।

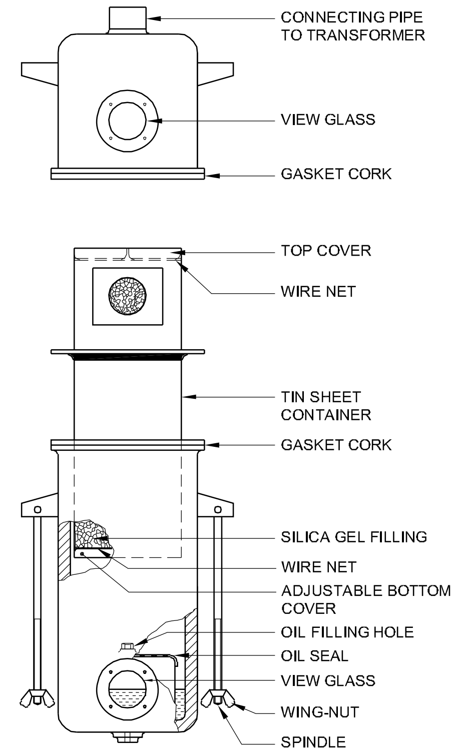
सिलिका जेल ब्रीदर (Silica gel breather)

सिलिका जेल ब्रीदर को नमी अवशोषण को रोकने के माध्यम के जैसे अधिकाशंतः उपयोग किया जाता है। ट्रांसफार्मर से फिट किया हुआ संरक्षण टैंक, के ऊपर फ्टि किये हुए ब्रीदर (श्वासक) तथा ताप में परिवर्तन के कारण वायु के आयतन में अन्तर होने देता है।

जैसे ही ट्रांसफार्मर पर भार कम होता है, तो सिलिका जैल क्रिस्ट्रल के साथ पैक किये हुए कार्ट्रिज (कारतूस) में से संरक्षण में वायु खींची जाती है। सिलिका जैल, दक्ष रूप से वायु को शुष्क करता है। नवजात पुनःर्योजित जल बहुत दक्ष होता है। नवजात सिलिका जैल शुब्द या सफेद या हल्के गुलाबी रंग में मिलता है। जैसे ही यह वायु की नमी को शोषित करता है तो, सिलिका जैल का रंग बदल कर नीला हो जाता है।

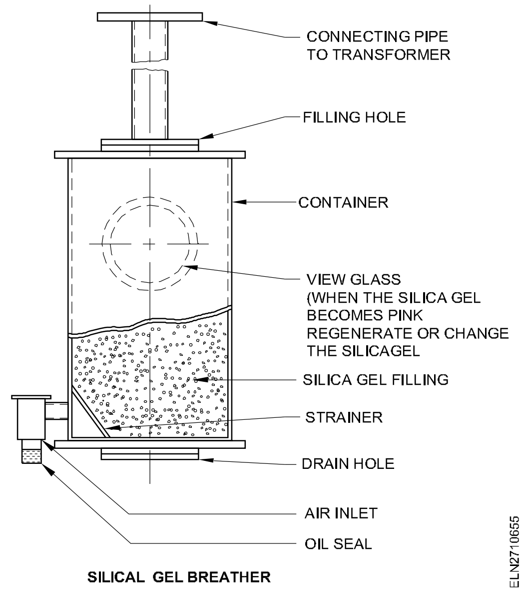
सिलिका जैल को नवकृत (Recondition) करने के लिए या तो उसे सूर्य की रोशनी में सुखाया जा सकता है या उसे स्टोव पर तलने के बर्तन में (Frying pan) रखकर सूखा भुना जा सकता है। Fig 4 तथा 5 में ऐसे ब्रीदर का अनुप्रस्थ काट दृश्य दर्शाया गया है।

Fig 4



SILICA GEL BREATHER

Fig 5



SILICAL GEL BREATHER

ब्रीदर के निचले भाग पर तेल की सील, संरक्षण में प्रवेश करने वाली वायु में उपस्थित गंदगी के कणों को अवशोषित करती है।

Copyright Free Under CC BY Licence

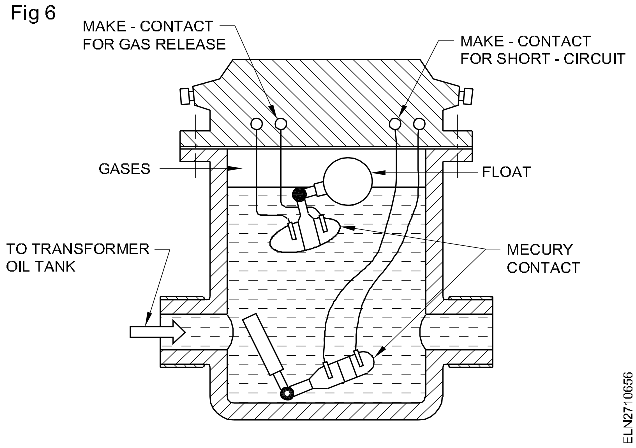
2 बर्कोल्स रिले (Buchholz relay)

ट्रांसफार्मर के अंदर उपस्थित दोष की प्रथम चेतावनी को ट्रांसफार्मर के तेल में बुलबुले (Gas) की उपस्थिति से संकेत किया जाता है।

गैस की उपस्थिति को गैस दाब रिले, जिसे बर्कोल्स रिले कहते है, के उपयोग से पहचाना जा सकता है, जो ट्रांसफार्मर के तेल के टैंक तथा संरक्षण टैंक के बीच जुड़ा होता है।

रिले में एक ढ़लवे लोहे का, कक्ष होता है, जिसमें Fig 6 में दर्शाये गये अनुसार दो प्लवन होते है। ऊपरी प्लवन समुच्चय, ट्रांसफार्मर के गलत प्रचालन (आपरेशन) के कारण बनने वाले गैस/ वायु के बुलबुले की प्रथम स्तर के समय प्रचालित होता है।

Fig 6



टॉप फ्लोट के आसपास जब काफी गेस के बूलबूले बनते हैं तो फ्लोट न्यूमाटिक प्रेशर सिद्धान्त पर काम करता है, जिससे इलक्ट्रिक सर्किट पारद के द्वारा बन्द हो जाता है । इससे साइरन अथवा अलार्म प्रचालित हो जाती है और ऑपरेट सावधान हो जाता है ।

अलार्म के आवाज सुनकर ऑपरेटर ट्रान्सफार्मर की रक्षा हेतु आवश्यक कारवाई करता है ।

अर्थ इत्याजि जैसा बड़ा दोष आ जाता है ट्रान्सफर्मर में तो गेस बूलबूलों का बनना तीव्र हो जाता है और बोटम फ्लोट मर्क्यूरी स्वीट्च को सक्रिय करता है और रिले का संपर्क टूट जाता है ।

बॉटम रिले कान्टेक्ट के बन्द होने से ट्रान्सफर्मर सर्किट ट्रीप करने लगता है और ट्रान्सफर्मर मुख्य लाईने से खुल जाता है और इस प्रकार ट्रान्सफर्मर बड़ी क्षति से बच जाता है ।

3 एक्सप्लोशन वेन्ट (Explosion vent)

यह एक प्रेसर कम करनेवाली युक्ति है । एक पतले कॉंच से अथवा लिमिटेड शीट के द्वारा एक्सप्लेशन पाईप का मूँह बन्द रखा जाता है ।

यदि किसी कारणवश शार्ट सर्किट अथवा ओवरलोड के कारण ट्रान्सफर्मर अधिक गरम हो जाता है तो ट्रान्सफर्मर के अन्दर स्थित गैसे टेन्क में बहुत दबाव बनाते हैं जिससे टेन्क क्षतिग्रस्त हो सकता है ।

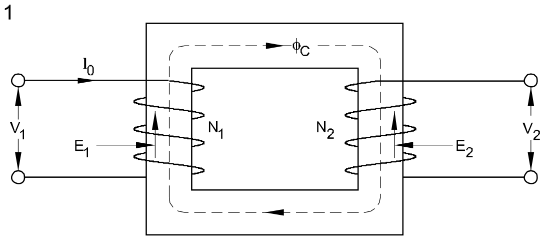
दूसरी ओर यदि ट्रान्सफार्मर के भीतर बना दबाव कॉंच/लेमीनेटेड एक्सप्लोशन पाइप के डायफाग्राम को तोड़ देता है तो टेन्स क्षतिग्रस्त होने से बच सकती है ।

ट्रान्सफार्मर लोड के साथ (Transformer with load)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :
- **तात्क्षणिक मान को लेते हुये यह स्पष्ट कि किस प्रकार एक ट्रासंफार्मर का भारण किया जाता है**
- **क्षरण फ्लक्स और क्षरण प्रतिघात का वर्णन करना ।**

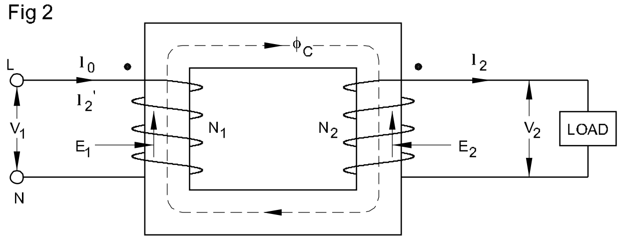
Fig 1 में शून्य भार के साथ ट्रासंफार्मर का तुल्य परिपथ दिखाया गया है। Fig 2 में एक भार आपूर्ति करने वाले ट्रासंफार्मर का तुल्य परिपथ दिखाया गया है। प्राथमिक और द्वितीयक वोल्टतायें समान ध्रुवताअें की है जैसा कि बिन्दु चिन्हांकन रीति द्वारा प्रदर्शित किया गया है। चिन्हित टर्मिनल की ध्रुवता समान है इसलिये द्वितीयक से भार जोडने पर तात्क्षणिक भार धारा प्रदर्शित दिशा में है।

Fig 1



EQUIVALENT CIRCUIT OF TRANSFORMER WITH-OUT LOAD

Fig 2



EQUIVALENT CIRCUIT OF TRANSFORMER WITH LOAD

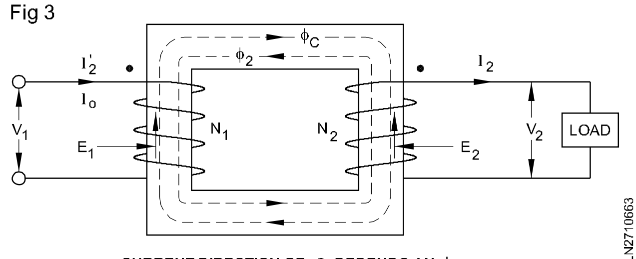
चूंकि द्वितीयक वोल्टता क्रोण फ्लक्स $\varnothing_C$ पर निर्भर करती है तो यह स्पष्ट हो जाना चाहिये कि यदि E_2 मुख्य रूप से स्थिर रहता है तो फ्लक्स में यथेष्ट परिवर्तन नही होना चाहिये।

जब भार सम्बन्धित कर दिया जाता है द्वितीयक परिपथ में I_2 धारा प्रवाहित होगी क्योंकि प्रेरित emf E_2 एक वोल्टता स्रोत की भांति कार्य करेगा। I_2 का परिमाण भार के अभिलक्षणिक से ज्ञात किया जाता है। द्वितीयक धारा स्वयं अपना mmf ($N_2 I_2$) स्थापित करती है वह फ्लक्स $\varnothing_2$ है। इस फ्लक्स की ऐसी दिशा होती है कि किसी समय यह मुख्य फ्लक्स $\varnothing_C$ का विरोध करता है इसे प्रथम स्थिति में उत्पन्न किया था। यह कार्य में लेंन्ज का नियम है।

Copyright Free Under CC BY Licence

हम मान लेते है कि $\varnothing_C$ में वृद्धि होने पर धारा I_2 की दिशा Fig 3 के अनुसार होगी यदि परिणमित फ्लक्स को क्रोण फ्लक्स का विरोध करना है।

Fig 3



CURRENT DIRECTION OF I_2 DEPENDS AN ϕ_c

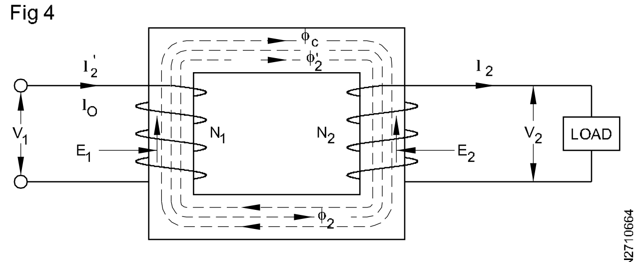
इस प्रकार N_2I_2 द्वारा व्यक्त mmf क्रोण फ्लक्स $\varnothing_C$ को कम करने की प्रवृत्ति रखता है। इसका अर्थ है कि प्राथमिक लपेट में फ्लक्स सम्बन्धन न्युनित होता है फलस्वरूप प्राथमिक प्रेरित वोल्टता E_1 होगी। E_1 में यह कमी आरोपित वोल्टता और प्रति प्रेरित emf की बीच अधिक अन्तर उत्पन्न करता है और प्राथमिक में अधिक धारा प्रवाह की अनुमाति देता है। यह तथ्य कि प्राथमिक धारा I_2 में वृद्धि होती है का अर्थ है कि निम्न दो स्थितियां पूर्ण होती है।

- शक्ति निवेश बढ कर शक्ति निर्गम के समान होता है।
- प्राथमिक mmf बढ कर द्वितीयक mmf की फ्लक्स को कम करने की प्रवृत्ति उत्पन्न करता है।

सामान्यतः यह पाया जायेगा कि ट्रासंफार्मर लगभग तात्क्षणिक प्रतिक्रिया करता है ताकि परिणमित क्रोण फ्लक्स मुख्य रूप से स्थिर रहे। धारा I^2 प्राथमिक धारा का भार घटित कहा जाता है। यह धारा I_2 के साथ कला विरोध में है।

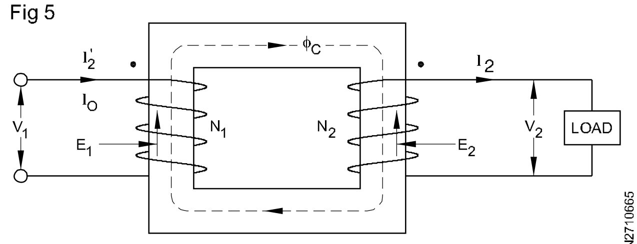
अतिरिक्त प्राथमिक mmf N_1I_2' एक फ्लक्स $\varnothing_2'$ नियोजित करता है जो $\varnothing_2$ का विरोध करता है और परिमाण में समान है। इस प्रकार I_2 का चुम्बकीय प्रभाव अतिरिक्त प्राथमिक धारा I_2' से तुरन्त निरसित हो जाता है । (Fig 4) इसलिये भार स्थिति कुछ भी हो क्रोण से निकलने वाला नेट फ्लक्स लगभग वही होता है जो शून्य भाग पर होता है। (Fig 5)

Fig 4



CURRENT I_2 NEUTRALISED BY ADDITIONAL CURRENT I_2

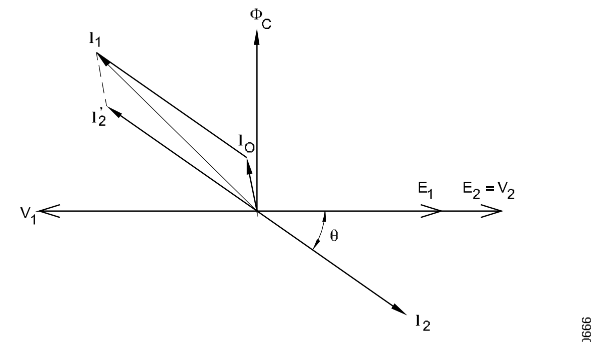
Fig 5



NET FLUX THROUGH CORE IS SAME AT NO-LOAD

जब ट्रासंफार्मर शून्य भार होता है प्राथमिक लपेटों में दो धारायें I_O और $I_{2'}$ होती है। कुल प्राथमिक धारा I_1, I_O और I_2' का सदिश है। Fig 6 में लोड के साथ ट्रासंफार्मर का प्रारम्भिक सदिश प्रदर्शित किया गया है।

Fig 6



ELEMENTRARY PHASOR DIAGRAM OF TRANSFORMER WITH LOAD.
ONLY CORE LOSSES ARE CONSIDERED IN THIS DIAGRAM.

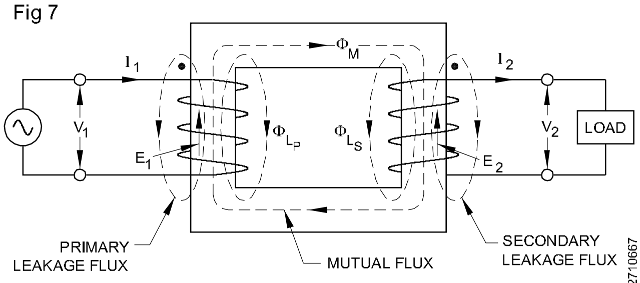
चूंकि शून्य भार धारा अपेक्षाकृत कम है यह मान लेना सही होगा कि प्राथमिक एम्पियर चक्र द्वितीयक एम्पियर चक्करों के समान होगे। इस प्रकार $N_1I_1 = N_2I_2$ होगे। हम मानते है I_0 नगण्य है क्योंकि यह पूर्ण भार धारा का केवल एक लघु घटक है।

क्षरण फ्लक्स (Leakage fluxes): जब एक धारा द्वितीयक में प्रवाहित होती है परिणमित mm (N_2I_2) एक पृथक फ्लक्स $\varnothing_C$ से जो I_O से उत्पन्न होता है से अलग एक पृथक फ्लक्स उत्पन्न करता है जो केवल द्वितीयक लपेटों से सम्बन्धित होता है।

यह फ्लक्स प्राथमिक लपेटों से सम्बन्धित नही होता है इसलिये यह पारस्परिक फ्लक्स नही है। साथ ही प्राथमिक लपेटों से प्रवाहित धारा एक फ्लक्स उत्पन्न करती है जो केवल प्रथमिक लपेटों से सम्बन्धित होती है। इसे प्राथमिक क्षरण फ्लक्स कहते है।

Fig 7 इन फ्लक्सों को प्रदर्शित करता है क्षरण फ्लक्स के कारण प्राथमिक और द्वितीयक दोनों लपेटों में क्षरण प्रतिबाधा होती है अर्थात प्रत्येक स्वप्रेरण के emf की पीठिका होगी।

Fig 7



PRIMARY AND SECONDARY ARE IN SEPERATE LIMBS

इस emf का परिमाण मेन फ्लक्स के कारण emf के एक छोटा भाग के बराबर होगा। प्राथमिक पर आरोपित टर्मिनल वोल्टता V_1 का एक घटक L_1X_1 होता है । (जहां X_1 प्राथमिक का क्षरण प्रतिघात है) जो प्राथमिक का क्षरण emf को सन्तुलित करता है।

Fig.7 में प्राथमिक और द्वितीयक कुण्डल पृथक भागों पर प्रदर्शित किये गये है। इस व्यवस्था का परिणाम अति उच्च क्षरण होगा। प्राथमिक और द्वितीयक

Copyright Free Under CC BY Licence

के बीच का क्षरण यदि लपेटों को एक ही स्थल में आवेशित किया जाय तो निरस्त हो सकता है।

भौतिक रूप से यह वास्तव में असंभव है। प्राथमिक और द्वितीयक कुण्डलों को समकेन्द्रित रखकर अति लघु क्षरण के सन्निकटन को प्राप्त किया जा सकता है।

प्रतिरोध और क्षरण प्रतिघात के साथ ट्रासंफार्मर

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2}$$

और द्वितीयक प्रतिबाधा

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}.$$

स्वतः ट्रान्सफर्मर - सिद्धान्त - संरचना - लाभ -अनुप्रयोग (Autotransformer - principle - construction - advantages - applications)

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

- **ट्रान्सफर्मर का सिद्धान्त बताना**
- **स्वतः ट्रान्सफर्मर की संरचना का वर्णन करना**
- **स्वतः ट्रान्सफर्मर के लाभ, हानियाँ और प्रचालन विधि बताना ।**

स्वतः ट्रान्सफर्मर (Auto transformer)

- स्वतः ट्रान्सफार्मर एक ऐसा ट्रान्सफार्मर होता है जिसमें एकल वाइन्डिंग होती है जो कि प्राथमिक एवं माध्यमिक वाइन्डिंग के रूप में कार्य करती है ।
- स्वतः ट्रान्सफार्मर फेरेडे के इलेक्ट्रोमेग्नेटिक इन्डक्शन के नियम के सेल्फ इन्डक्शन सिद्धान्त पर कार्य करता है ।

आपको स्मरण होगा कि ट्रान्सफार्मर प्रचालन की चर्चा के समय पर यह कहा गया था कि एक काउन्टर emf को वाइन्डिंग में इन्ड्यूस किया जाता है जो कि प्राइमरी के रूप में कार्य करता है ।

प्रति लपेट में प्रेरित किया गया वाल्टेज उस हर एक लपेट में समान था जो कॉमन फ्लक्स को कोर से जोड़ती थी ।

अतः मूलरूप से इससे प्रचालन में कोई फर्क नहीं पड़ता कि द्वितीय प्रेरित वोल्टेज को कोर से जोड़नेवाली अलग वाइन्डिंग से प्राप्त किया जाता है अथवा प्राइमरी लपेटों के एक बड़े भाग से । दोनों स्थितियों में समान वोल्टेज का स्थानांतरण होता है ।

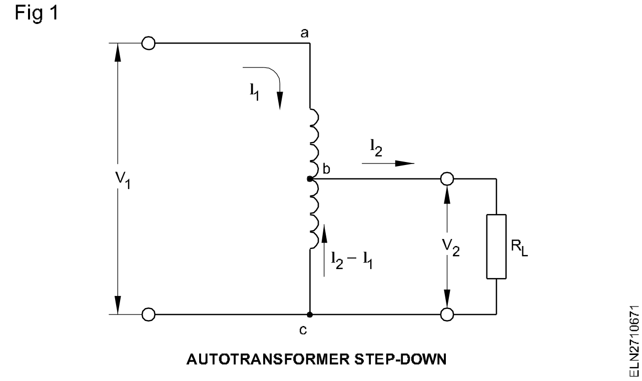
संरचना (Construction):

एक साधारण दो लपेट ट्रासंफार्मर का उपयोग एक स्वट्रासंफार्मर की भांति दोनों लपेटों को श्रेणी में सम्बन्धित करके और दो के सिरों पर वोल्टता के सिरों को आरोपित करके अथवा केवल एक लपेट से सम्बन्धित करके प्राप्त किया जा सकता है।

यह इस बात पर निर्भर करता है कि वौल्टता को क्रमशः नीचे अथवा अधिक करना है।

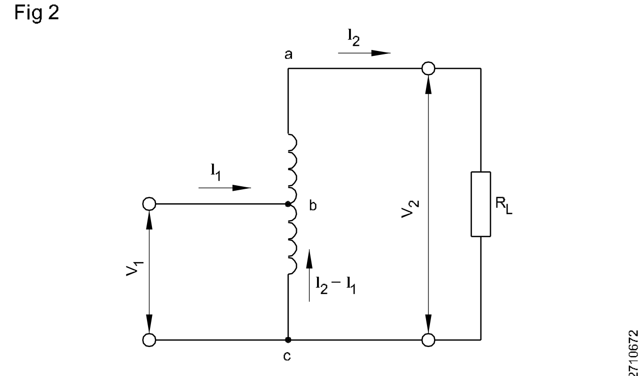
Fig 1 & 2 इन सम्बन्धों को प्रदर्शित करते है।

Fig 1



AUTOTRANSFORMER STEP-DOWN

Fig 2



AUTOTRANSFORMER STEP-UP

Fig.1 को ध्यान में रखते हुये निवेश वोल्टता V_1 पूर्ण लपेट a-c से सम्बन्धित होती है और भार R_L लपेटों के एक भाग के सिरें पर है अर्थात BC के सिरों पर है। V_2 वोल्टता V_1 से ट्रासंफार्मर की दो लपेटों से रूढिवादी विधियों से अर्थात

$$V_2 = V_1 \times \frac{N_{bc}}{N_{ac}} \qquad ....(1)$$

जहा N_{bc} और N_{ac} क्रमशः लपेटों में चक्करों की संख्या है। एक स्व ट्रासंफार्मर

Copyright Free Under CC BY Licence

में वोल्टता रूपान्तरण का अनुपात वही होता है जो एक साधारण ट्रासंफार्मर में होता है। इसलिये

$$a = \frac{N_{bc}}{N_{ac}} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} \qquad ....(2)$$

जब अपचयन के लिय $a < 1$.

माना कि सुविधा के लिये प्रतिरोधक भार और द्वितीयक धारा $I_2 = V_2/R_L$ है। यदि ट्रासंफार्मर को 100% दक्ष मान लिया जाय तो शक्ति निर्गम

$$P_L = V_2 I_2 \qquad ....(3)$$

ध्यान दें कि लपेट a b के भाग में प्रवाहित होती है जबकि धारा $I_2 - I_1$ शेष bc भाग में प्रवाहित होती है। लपेट bc में परिणमित प्रवाहित होने वाली धारा सदैव $I_1 I_2$ के बीच गणितीय अन्तर होता है। चूंकि वे सदैव विपरीत (दिशा) विपरीत रूप में लिये जाते है । स्मरण रहे कि प्राथमिक में प्रेरित वोल्टता प्राथमिक आरोपित वोल्टता का विरोध करती है। फलस्वरूप प्रेरित वोल्टता के कारण धारा निवेश धारा के विपरीत प्रवाहित होती है। एक स्व ट्रासंफार्मर में द्वितीयक धारा इस प्रकार प्रेरित होती है अर्थात

$$I_1 + (I_2 - I_1) = I_2 \qquad ....(4)$$

इसलिये खण्ड bc के कारण एम्पियर टर्न प्रतिस्थापित करने पर $I_2 = \frac{I_1}{a}$ and $N_{bc} = N_{ac} \times a$ Fig. 2 के अनुसार निर्मित होने पर हमें प्राप्त होता है,

Ampere turns of

$$bc = (I_2 - I_1) N_{bc} = \left(\frac{I_1}{a} - I_1 \right) N_{bc} = \frac{I_1 N_{bc}}{a} - I_1 N_{bc}$$

$$= I_1 N_{ac} - I_1 N_{bc} = I_1 N_{ab}$$

(ie) ampere turns due to ab.

इस प्रकार खण्ड bc और ac के कारण एम्पियर टर्न एक दूसरे को संतुलित करते है जो सभी ट्रासंफार्मर का अभिलक्षणिक है।

प्रदत्त शक्ति (Power delivered): समीकरण (3) भार द्वारा ज्ञात शक्ति प्रदान करता है। यह देखने के लिये कि शक्ति किस प्रकार प्रदत्त होती है समीकरण को कुछ आशोधित रूप में लिखा जाता है। समीकरण तीन में समीकरण चार को प्रतिस्थापित करने पर निम्न परिणाम प्राप्त होता है।

$$P_L = V_2 (I_1 + (I_2 - I_1)$$

$$= V_2 I_1 + V_2 (I_2 - I_1) \text{ watts}$$

इससे ज्ञात होता है कि भार शक्ति दो भागों से निर्मित होती है ।

पहला भाग $P_C = V_2 I_1$ = ab द्वारा भार को चालित शक्ति

द्वितीय भाग $P_{tr} = V_2 (I_2 - I_1)$ = bc द्वारा भार को स्थान्तरित शक्ति

लाभ (Advantages): स्वट्रासंफार्मर :

- कम मूल्य
- उत्तम वोल्टता नियामन
- आकार में छोटे
- भार में हल्के
- समान धारिता के दो लपेट ट्रासंफार्मर की तुलना में अधिक दक्ष

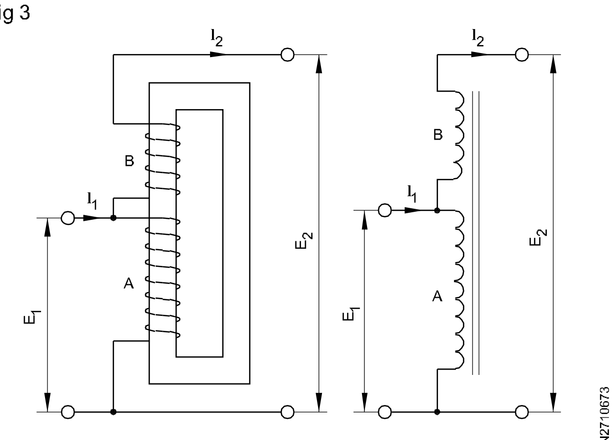
हानियां (Disadvantages): स्वट्रासंफार्मर में दो हानियां होती है।

- एक स्वट्रासंफार्मर द्वितीयक को प्राथमिक परिपथ से विलगित नही करता है ।
- यदि Fig 1 अथवा 2 के अनुसार उभय लपेट डड़ खुला परिपथ हो जाती है प्राथमिक वोल्टता अब भी भार को भारित करती है। अपचायी स्व ट्रासंफार्मर के साथ इससे द्वितीयक भार जल सकता है और / अथवा यदि अपचायी में अनुपात उच्च है एक गम्भीर आघात लग सकता है।

अनुप्रयोग (Application): उभय अनुप्रयोग निम्न है:

- प्रतिदीप्ती लैम्प (जहां आपूर्ति वोल्टता निर्धारित वोल्टता से कम है)
- न्यूनित वोल्टता मोटर प्रवर्तक
- रेखा वोल्टता के स्थिर समंजन के लिये श्रेणी रेखा वर्धक (Fig 3)
- सर्वो रेखा वोल्टता सुधारक

Fig 3



BOOSTER CIRCUIT

Copyright Free Under CC BY Licence

मापी यन्त्र ट्रांसफार्मर – धारा ट्रांसफार्मर (Instrument transformers - current transformer)

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

- **मापी यन्त्र की आवश्यकता प्रकार और सिद्धान्त को स्पष्ट करना**
- **धारा ट्रांसफार्मर की रचना और सम्बन्धों को स्पष्ट करना**
- **धारा ट्रांसफार्मर के सापेक्ष सामान्य परिभाषिक शब्द जैसे विशुद्धता, कला विस्थापन, बोझ, और निर्गम को स्पष्ट करना**
- **धारा ट्रांसफार्मर में प्रयुक्त IS प्रतीक और चिन्हांकनों का अभिनिर्धारण करना**
- **धारा ट्रांसफार्मर का उपयोग करते समय अनुपालित किये जाने वाली सावधानियों करना**
- **धारा ट्रांसफार्मर को विनिर्देशित करना ।**

मापी यन्त्र ट्रांसफामर्स की आवश्यकता (Necessity of instrument transformer): मापन प्रयोजनों के लिये मापी यन्त्रों के संगम में प्रयुक्त ट्रांसफामर्स मापी यन्त्र ट्रांसफामर्स कहलाते है। वास्तव मापन केवल मापी यन्त्रों द्वारा ही किया जाता है।

धारा वोल्टता, शक्ति, शक्ति गुणक और ऊर्जा का मापन मध्यम आमाप मापी यन्त्रों से हो जाता है और व्यवसायिक मापन में अति उच्च महत्वपूर्ण है। जहां प्रहस्तित धारा और वोल्टता अति उच्च होती है सीधा मापन सम्भव नही होता क्योंकि यह धारायें और वोल्टतायें तर्क संगत आमाप मापी यन्त्रों के लिये अति अधिक होती है और मापी का मूल्य उच्च हो जाता है।

इसका हल मापी यन्त्र ट्रांसफार्मर द्वारा धारा और वोल्टता का अपचयन है जिससे उनका मापन मध्यम - आमाप मापी यन्त्रों से हो सके।

यह मापी यन्त्र ट्रांसफामर्स मापी यन्त्रों और रिलेज को उच्च धारा/ वोल्टता सम्बन्धों से विद्युतीय विलगन कर देते है। जिससे जान और माल का संकट कम हो जाता है। पूर्ण विलगन के लिये मापी यन्त्र ट्रांसफार्मर के द्वितीयक और क्रोण भू सम्पर्कित कर देना चाहिये।

मापी यन्त्र ट्रांसफार्मर के प्रकार (Type of instrument transformers): दो प्रकार के मापी यन्त्र ट्रांसफार्मस है ।

- धारा ट्रांसफामर्स (Current transformer)
- विभव ट्रांसफामर्स (Potential transformer)

उच्च धारा मापन के लिये प्रयुक्त ट्रांसफार्मर धारा ट्रांसफार्म अथवा केवल 'CT' कहलाता है।

उच्च वोल्टता मापन के लिये प्रयुक्त ट्रांसफार्मर वोल्टता ट्रांसफामर्स अथवा विभव ट्रांसफार्मर अथवा संक्षेप में 'PT' कहलाता है।

मापी यन्त्र ट्रांसफार्मर को उनके उपयागों के अनुसार और भी विभाजित किया जा सकता है। a) मापी यन्त्र ट्रांसफार्मर, मापी यंत्रों के मापन के लिये और b) मापी यंन्त्र ट्रांसफार्मर नियन्त्रंक रिलेज के लिये।

मापन प्रयोजन में प्रयुक्त मापी यंत्र ट्रांसफार्मर उच्च विशुद्धता के होते हैं लेकिन नियंत्रण और रक्षात्मक रिलेज मापी यन्त्र ट्रांसफार्मर मध्यम में विशुद्धता के पर्याप्त हैं, पर उच्च विश्ववसनीयता और दृढता आवश्यक है।

सिद्धान्त (Principle): मापीयंत्र ट्रांसफार्मस दो वेष्ठन ट्रांसफार्मर की भांति पारस्परिक प्रेरण के सिद्धान्त पर कार्य करते है।

एक मांपी यन्त्र ट्रांसफार्मर के प्रकरण में, निम्न डिजाइन कारकों को ध्यान देना चाहिये।

क्रोण (Core): त्रुटि को कम करने के लिये, चुम्बकन धारा कम रखनी चाहिये इसका अर्थ है कि क्रोण लघु प्रतिघात और लघु क्रोण ह्रास का होना चाहिये।

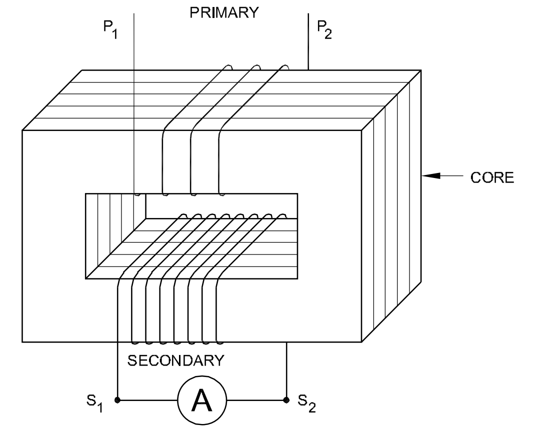
वेष्ठन (Winding): द्वितीयक क्षरण प्रतिघात को कम रखने के लिये वेष्ठन परस्पर समीप होना चाहिये, अन्यथा त्रुटि अनुपात में वृद्धि होगी। धारा ट्रान्सफार्मर में वेष्ठन को इस प्रकार डिजाइन करना चाहिये, कि प्रबल लघु पथित धारा के बिना विनाश का विरोंध कर सके।

धारा ट्रांसफार्मर्स - रचना और सम्बन्ध प्रकार धारा ट्रांसफार्मर्स के विभिन्न प्रकार निम्न हैं (Current transformers - types of construction and connection)

करन्ट ट्रान्सफर्मरों के विभिन्न प्रकार निम्नलिखित हैं :

वेष्ठन प्रकार के धारा ट्रांसफार्मर (Wound type current transformer): Fig 1 के अनुसार क्रोण पर प्राथमिक वेष्ठन में एक से अधिक पूर्ण चक्कर होते है।

Fig 1



WOUND TYPE CURRENT TRANSFORMER

एक वेष्ठन प्रकार के धारा ट्रांसफार्मर जिसमें आयताकार प्रकार का क्रोण होता है के सम्बन्ध Fig 1 में दिखाये गये है। सामान्यतः एम्पियर मापी

Copyright Free Under CC BY Licence

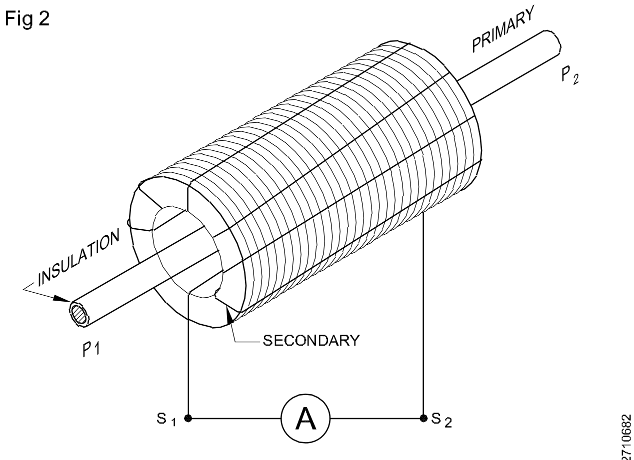
की व्यवस्था इस प्रकार की जाती है कि 5A अथवा 1A से पूर्ण पैमाना विक्षेप प्राप्त होता है जब इसे धारा ट्रांसफार्मर के द्वितीयक से जोडा जाता है।

धारा ट्रांसफार्मर के प्राथमिक और द्वितीयक में चक्करों की संख्या के अनुपात से यह तय होता है कि 5Amp अथवा 1Amp को स्थिर द्वितीयक धारा निर्धारण से कितनी प्राथमिक धारा मापी जा सकती है।

उदाहरण के लिये प्राथमिक धारा 100Amp है और प्राथमिक में दो चक्कर है तो पूर्ण भार प्राथमिक एम्पियर टर्न 200 है फलस्वरूप द्वितीयक में 5Amp की धारा परिसंचरण के लिये द्वितीयक चक्करों की संख्या 200/5 अर्थात 40 टर्न होना चाहिये।

अंगूठी प्रकार के धारा ट्रांसफार्मर (Ring type current transformer) इसमें केन्द्र पर एक निकास Fig 2 के अनुसार प्राथमिक वेष्ठन के आवासित हो सकने के लिये होता है। Fig 2 में एक एकल चक्क्रर प्राथमिक अंगूठी प्रकार का धारा ट्रांसफार्मर प्रदर्शित किया गया है। इस धारा ट्रांसफार्मर में रोधित चालक जो मापी जाने वाली धारा ले जाता है ट्रासफार्मर समुच्चय एक प्रवेश से निकलती है।

Fig 2



RING TYPE CURRENT TRANSFORMER

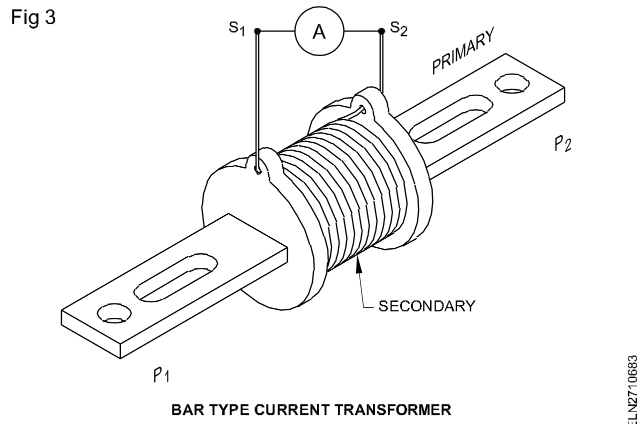
यदि द्वितीयक में 20 चक्कर है और इनका धारा परास I5 Amp है तो यह धारा ट्रांसफार्मर परिवर्तन अनुपात के अनुसार 100AMp की धारा माप सकता है।

क्लैम्प आन अथवा क्लिप आन एम्पियर मापी इसी सिध्दन्त पर कार्य करते है लेकिन क्रोण ऐसा बनाया जाता है कि रोधित चालक को ले जाने के लिये खुल सकता है और इसके पश्चात चुम्बकीय परिपथ को पूरा करने के लिये बन्द हो सकता है।

छड प्रकार के धारा ट्रांसफामर्स (Bar type current transformer): इस प्रकार में एक उचित आमाप की छड पर प्राथमिक वेष्ठन होता है तथा द्वितीयक वेष्ठन और क्रोण समुच्चयन पदार्थ धारा ट्रांसफार्मर एक एकीकृत भाग निर्मित करते है। जैसा कि Fig 3 में दिखाया गया है।

शुष्क प्रकार के धारा ट्रांसफार्मर (Dry type current transformer) इसमें शीतलन के लिये किसी प्रकार के द्रव अथवा अर्ध द्रव के प्रयोग की आवश्यकता नही होती।

Fig 3

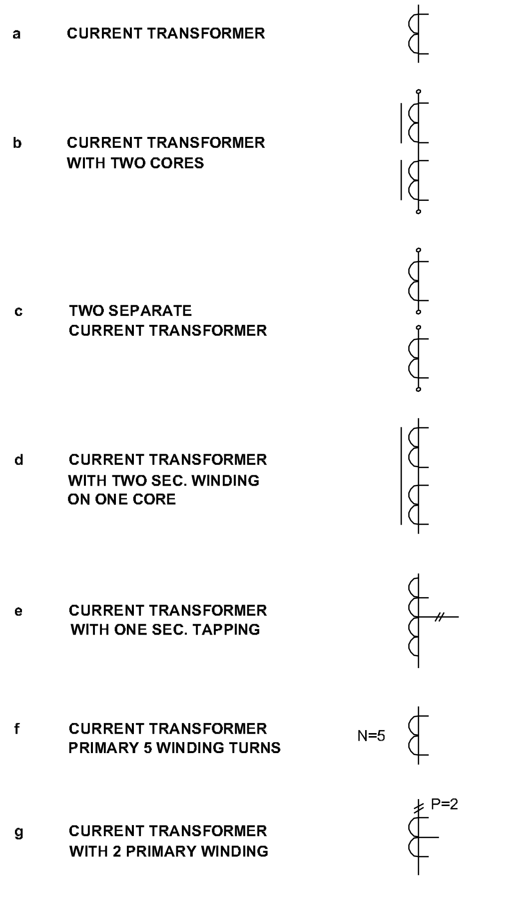


BAR TYPE CURRENT TRANSFORMER

तेल निमंजित धारा ट्रांसफार्मर (Oil immersed current transformer) इसमें रोधन और शीतलन माध्यम के लिये उचित अभिलक्षणिक के एक तेल के उपयोग की आवश्यकता होती है।

IS 2012 (भाग XX11)- 1978 के अनुसार संस्तुतित प्रतीक और टर्मिनल चिन्ह (Recommended symbols and terminal marking as per I.S . 2012 (Part XX11)-1978) (Fig 4)

Fig 4



अंशाकन की विधि (Method of marking)

नीचे दिये गये मार्ग दर्शन के अनुसार अंशाकन करना चाहिये (IS 2705 (part 1 1981)

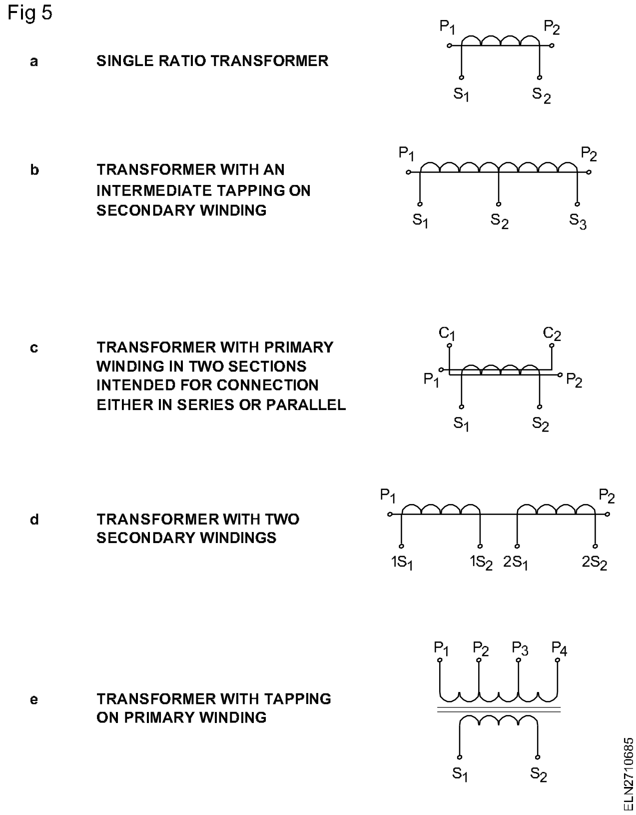
टर्मिनल्स का स्पष्ट और अक्षय अंशाकन उनके तल पर अथवा उनके निकट सामीप्य में करना चाहिये।

Copyright Free Under CC BY Licence

अंशाकन अक्षरों में आवश्यकता पडने पर संख्याओं से अनुगमित अथवा अग्रित होना चाहिये अक्षर बडे ठप्पे में होगें।

धारा ट्रंसफार्मर का अंशाकन Fig 5a से Fig 5e के अनुसार होगा।

Fig 5



सभी टर्मिनल्स जा P1 S1 और C1 से चिन्हित है किसी भी क्षण समान ध्रुवता के होने चाहिये।

प्रयुक्त सामान्य पद (General terms used)

विशुध्दता वर्ग (Accuracy class) विशुध्दता वर्ग एक अभिहित है जो उन धारा ट्रासफार्मस को निरूपित करता है जिनकी त्रुटियों उपयोग की निश्चित परिस्थितियों में विनिर्देशित सीमाओं के अन्तर्गत रहती है। धारा ट्रांसफार्मर मापन के लिये मानक विशुध्दता वर्ग 0.1, 0.2, 0.5, 1.0. 3.0 और 5.0 होगा।

कला विस्थापन (Phase displacement) यह प्राथमिक और द्वितीयक धारा सदिशों के बीच कलान्तर होता है। सदिश की दिशा इस प्रकार चयनित की जाती है कि पूर्ण ट्रांसफार्मर के लिये कोण शून्य रहता है।

जब द्वितीयक धारा सदिश प्राथमिक धारा सदिश से अग्रित रहती है तो कला विस्थापन धनात्मक कहा जाता है।

ऊपर की यह परिभाषा केवल ज्यावक्रीय धाराओं के लिये कठोरता से लागू होती है। कला विस्थापन, विचार हेतु एक महत्वपूर्ण घटक होता है जब विभिन्न मापनों के लिये एक परिपथ में अनेक धारा ट्रांसफार्मर एक साथ सम्बन्धित किये जाते है।

बोझ (Burden): वोल्ट- एम्पियर में आभाषी शक्ति की भांति व्यक्त किया जाता है। जो एक विनिर्देशित शक्ति गुणक निर्धारित द्वितीयक धारा पर शोषित होता है। निर्धारित बोझ वह मान है जिस पर इस वीनिर्देशन के लिये विशुध्दता वांछिता आधारित होती है।

निर्धारित निर्गम (Rated output): यह अभासी शक्ति का मान (एक विनिर्देशित शक्ति गुणक पर एक वोल्ट एम्पियर) है जो धारा ट्रांसफार्मर द्वितीयक परिपथ को द्वितीयक धारा निर्धारण और इससे सम्बन्धित निर्धारित बोझ पर द्वितीयक परिपथ की आपूर्ति करने के विचार से होता है। निर्धारित निर्गम के मानक मान 2.5, 5.0, 7.5, 10, 15 और 30VA है।

धारा ट्रांसफार्मर के उपयोग में सावधानियां (Precautions while using the transformer): एक साधारण ट्रांसफार्मर में आपूर्ति वोल्टता लगभग स्थायी रहती है और प्राथमिक धारा का परिमाण भार धारा पर निर्भर होता है, लेकिन धारा ट्रांसफार्मर में द्वितीयक धारा प्राथमिक धारा पर निर्भर करती है।

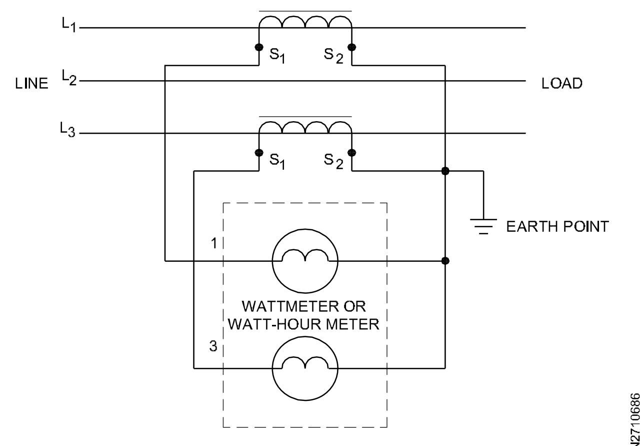
साथ ही चूंकि एम्पियर मापी प्रतिरोध अत्यधिक लघु होता है इसलिये धारा ट्रांसफार्मर का द्वितीयक लगभग लघुपथित माना जा सकता है। किसी भी प्रकरण में धारा ट्रांसफार्मर का वेष्ठन खुला परिपथ नही होना चाहिये। यह एम्पियर मापी के खुले पथित होने अथवा इसको द्वितीयक से हटा देने पर हो सकता है।

इन प्रकरणों में द्वितीयक को लघुपथित कर देना चाहिये। यदि द्वितीयक एम्पियर टर्न की अनुपस्थिति में द्वितीयक को लघुपथित नही किया जा सकता है प्राथमिक क्रोण में अप्रत्याशित उच्च फ्लक्स उत्पन्न होगा जो क्रोण को तप्त कर उसे जला देगा। साथ ही द्वितीयक खुले टर्मिनल पर उच्च वोल्टता उत्पन्न करेगा जिससे सुरक्षा विपन्ति होगी।

धारा अवाहक धातीय भाग के भु सम्पर्कन के अतिरिक्त खुला परिपथ होने पर एक उच्च स्थैतिक विभवान्तर को हटाने के लिये हमें धारा ट्रांसफार्मर के एक सिरें का भी सम्पूर्णनन करना होगा। रोधन भंजन की स्थिति में यह सुरक्षा कवच की भांति उपयोगी होगा।

परिपथ में एक से अधिक धारा टराफार्मर का उपयोग करने पर भू सम्पर्कन धारा ट्रंसफार्मर की समान ध्रुवता किनारो और Fig.6 के अनुसार परिपथ के प्रदर्शित बिन्दु पर करना चाहिये।

Fig 6



GROUP OF CURRENT TRANSFORMER WITH GROUNDING POINT

Copyright Free Under CC BY Licence

धारा ट्रांसफार्मर के विनिर्देशन (Specification of a transformer): एक धारा ट्रांसफार्मर को क्रय करते समय नीचे के विनिर्देशों की जांच कर लेनी चाहिये।

- निधार्रित वोल्टता आपूर्ति प्रकार और भू सम्पर्कन स्थिति जैसे 7.2kV 3 कला प्रतिरोध अथवा सम्यक भू सम्पर्कन
- रोधन स्तर
- आवृत्ति
- रूपान्तरण अनुपात
- निर्धारित निर्गम
- विशुध्दता वर्ग
- लघु समय ऊष्मन धारा और इसकी अवधि
- सेवा परिस्थितियां जैसे धारा ट्रांसफार्मर भवन के अन्दर अथवा बाहर, अति लघु ताप, ऊचाई (यदि एक हजार मीटर से अधिक) आद्रता और अन्य विशेष परिस्थितियां जो है, अथवा सम्भावित है जैसे जलवाष्प अथवा वाष्प धुआं विष्फोटक गैस या कम्पन अत्यधिक धूल अनावरण इत्यादि।
- धारा ट्रांसफार्मर के सुरक्षात्मक प्रयोजनों के लिये विशुध्दता सीमा गुणक और कोई अतरिक्त वांछित कारक
- विशेष लक्षण जैसे सीमित परिसीमायें।

निर्धारित प्राथमिक धारा के मानक मान (Standard values of rated primary current): निर्धारित आवृत्ति के एम्पियर में मानक मान 10, 15, 20, 30, 50, 75 mA और इनके दशमलव गुणक है।

निर्धारित द्वितीयक धारा के मानक मान (Standard values of rated secondary current): द्वितीयक धारा के मानक मान एक एम्पियर अथवा पांच एम्पियर होगें।

विभव ट्रांसफार्मर (Potential transformer)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :
- **विभव ट्रांसफार्मर की रचना और सम्बन्ध का स्पष्टीकरण करना**
- **विभव ट्रांसफार्मर में प्रयुक्त IS प्रतीकों, चिन्हों का अभिनिर्धारण करना**
- **विभव ट्रांसफार्मर के सापेक्ष सामान्य पद जैसे विशुध्दता, कला विस्थापन, बोझ और निर्गम को व्यक्त करना**
- **विभव ट्रांसफार्मर को विनिर्देशित करना ।**

विभव ट्रांसफार्मर (Potential transformer)

रचना और सम्बन्ध (Construction and connection): विभव ट्रांसफार्मर की रचना मुख्य रूप से शक्ति ट्रांसफार्मर के समान ही है। मुख्य अन्तर यह है कि विभव ट्रांसफमर्मर का वोल्ट – एम्पियर बहुत कम होता है।

विभव ट्रांसफार्मर में त्रुटि को कम करने के लिये लघु चुम्बकीय पथ क्रोण पदार्थ की उत्तम गुणवत्ता, लघु फ्लक्स घनत्व और क्रोण का उचित समुच्चयन तथा अन्तर्वतन (Interlaying) वांछित होता है।

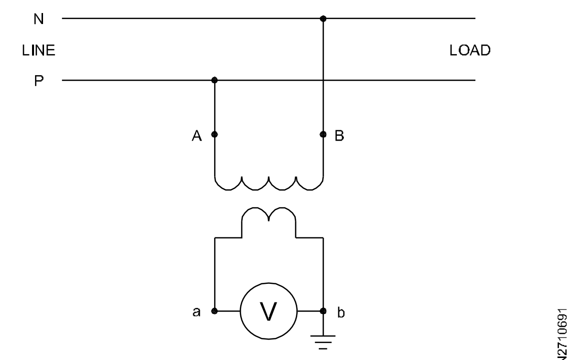
प्रतिरोध और क्षरण प्रतिबाधा को कम करने के लिये मोटे चालक प्रयुक्त होते है और दो वेष्ठन एक दूसरे के अधिकतम समीप रखे जाते है।

क्रोण का कोष अथवा क्रोण प्रकार की रचना हो सकती है। लघु वोल्टता ट्रांसफर्मार के लिये साधारणतयः क्रोस रचना प्रयुक्त होती है।

क्षरण प्रतिघात को अल्पतम रखने के लिये प्राथमिक और द्वितीयक वेष्ठन सम अक्षीय होते है रोधन समस्या के समाधान के लिये क्रोण के पास प्रायः एक लघु वोल्टता वेष्ठन (द्वितीयक) रख दिया जाता है। लघु वोल्टता ट्रांसफार्मर के लिये प्राथमिक वेष्ठन कुण्डल का हो सकता है लेकिन उच्च वोल्टत टांसफार्मर के लिये वेष्ठन को अनेक लघु कुण्डलों में विभाजित कर देते है।

Fig 1 में एक विभव ट्रांसफार्मर के सम्बन्ध प्रदर्शित किये गये है। सामान्यतः 110V पर पूर्ण पैमाना विक्षेप पाने के लिये विभव ट्रांसफार्मर के द्वितीयक से वोल्ट मापी सम्बन्धित रहता है।

Fig 1



CONNETION OF POTENTIAL TRANSFORMER

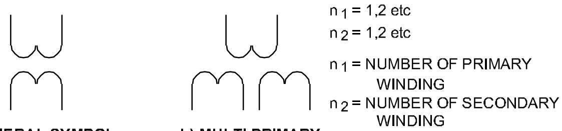
विभव ट्रांसफार्मर के प्राथमिक और द्वितीयक चक्करों का अनुपात प्राथमिक वोल्टता निर्णय करता है जो 110V के द्वितीयक निश्चित वोल्टता निर्धारण के साथ मापी जा सकती है जैसा कि Fig 1 में दिखाया गया है।

यदि प्राथमिक टर्न चार है द्वितीयक टर्न दो है और प्राथमिक एक 220V के वोल्टता स्रोत से सम्बनिधत है तो रूपान्तरण अनुपात के अनुसार द्वितीयक वोल्टता 110 होगी।

Copyright Free Under CC BY Licence

IS 3156 (भाग 1) 1978 के अनुसार संस्तुति प्रतीक और टर्मिनल चिन्ह (Recommended symbols and terminal marking as per I.S. 3156 (Part I) 1978) (Fig 2):

Fig 2



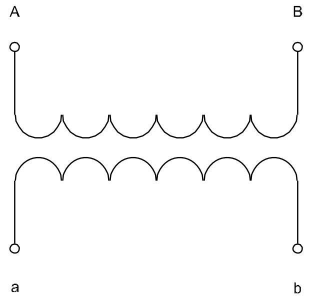
a) GENERAL SYMBOL b) MULTI PRIMARY AND SECONDARY WINDINGS

चिन्हांकन विधि (Method of marking):

नीचे दिये गये मार्ग दर्शन के अनुसार टर्मिनल्स का चिन्हांकन करना चाहिये। (IS 3156) (भाग 1 1978)

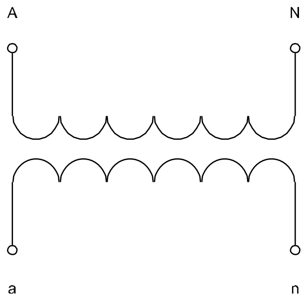
IS के अनुसार एक विभव ट्रांसफार्मर के संस्तुतित चिन्हं Fig 3-10 में दिये गये है।

Fig 3



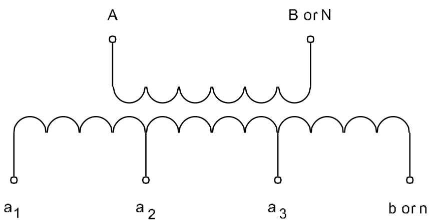
SINGLE PHASE TRANSFORMERS WITH FULL INSULATED TERMINALS AND A SINGLE SECONDARY

Fig 4



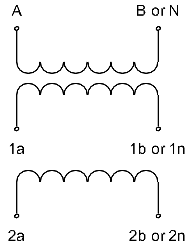
SINGLE PHASE TRANSFORMER WITH A NEUTRAL PRIMARY TERMINAL WITH REDUCED INSULATION AND A SINGLE SECONDARY

Fig 5



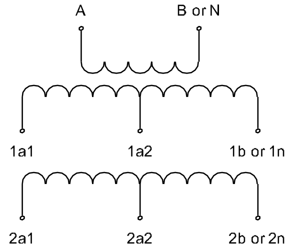
SINGLE PHASE TRANSFORMER WITH ONE MULTI-TAP SECONDARY

Fig 6



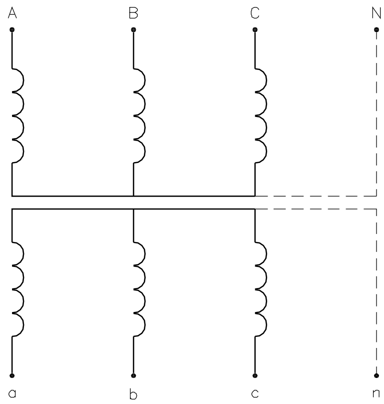
SINGLE PHASE TRANSFORMER WITH TWO SECONDARIES

Fig 7



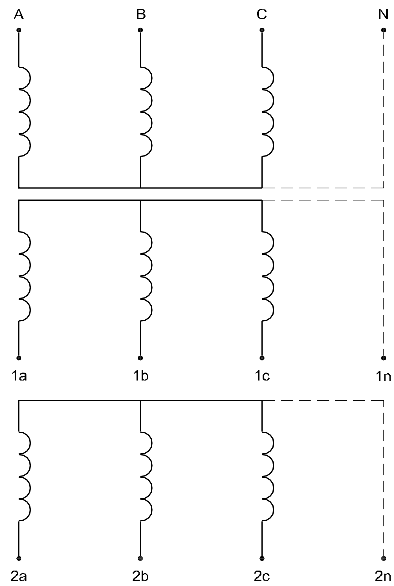
SINGLE PHASE TRANSFORMER WITH TWO MULTI-TAP SECONDARIES

Fig 8



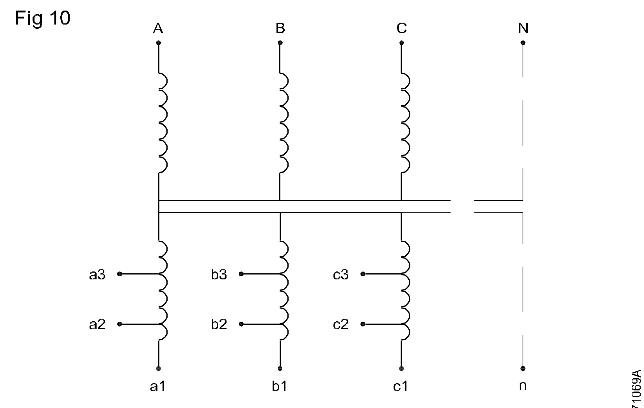
THREE PHASE ASSEMBLY WITH A SINGLE SECONDARY

Fig 9



THREE PHASE ASSEMBLY WITH TWO SECONDARIES

Copyright Free Under CC BY Licence



THREE PHASE ASSEMBLY WITH ONE MULTI-TAP SECONDARY

चिन्हांकन 3-10 तक उपयुक्तता के अनुसार होगा। बडे अक्षर ABC और N प्रारम्भिक वेष्ठन टर्मिनल और छोटे abc और n उनके संगत द्वितीयक वेष्ठन टर्मिनल्स के लिये है।

अक्षर ABC पूर्ण रोधित टर्मिनल और N भू सर्म्पर्कि टर्मिनल के लिये है जिसका रोधन अन्य टर्मिनल्स की तुलना में कम है।

विशुद्धीकरण वर्ग अभिनतन (Accuracy class designation): वोल्टता ट्रांसफार्मर मापन के लिये विशुद्धता का अभिनतन निर्धारित वोल्टता पर उच्चतम अनुज्ञोय प्रतिशत वोल्टता त्रुटि और सम्बन्धित विशुद्धता वर्ग द्वारा आदेशित निर्धारित बोझ धारा अभिनत किया जाता है।

एकल कला मापी में वोल्टता ट्रांसफार्मर के लिये मानक विशुद्धता वर्ग 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, और 3.0 होगा।

कला विस्थापन (Phase displacement): यह प्राथमिक वोल्टता और द्वितीयक वोल्टता सदिश के बीच का अन्तर है। सदिशों की दिशा इस प्रकार की पूर्ण ट्रांसफार्मर के लिये चयनित कोण शून्य है।

कला विस्थापन विचार योग्य महत्वपूर्ण कारक होता है जब विभिन्न मापों के लिये अनेक विभव ट्रांसफार्मर एक ही निकाय से सम्बन्धित किये जाते है।

बोझ (Burden): निर्धारित द्वितीयक वोल्टता पर वोल्ट एम्पियर में आभासी शक्ति के रूप में एक वोल्टता ट्रांसफार्मर का निर्धारित बोझ माना जाता है।

बोझ एम्पियर में मापी यन्त्रों के वोल्टता कुण्डलों से जुडे रिलेज अथवा उसके जुडे विमोचन कुण्डलों से जो वोल्टता ट्रांसफार्मर से जुडे है के व्यक्तिगत बोझों से निर्मित है।

जब व्यक्तिगत बोझ ओमिक मानों में व्यक्त किये जाते है तो कुल बोझ का आकलन प्रवेष्यता को योगित करके ज्ञात किया जाता है। प्रवेष्यता मान को VA बोझ में निर्धारित वोल्टता के वर्ग को प्रवेष्यता मान से गुणा करके परिवर्तित किया जाता है।

निर्धारित निर्गम (Rated output): यह आभासी शक्तिमान है (विनिर्देशित शक्ति गुणक परवोल्ट एम्पियर में) जिसे ट्रांसफार्मर से निर्धारित बोझ जुडे होने पर निर्धारित द्वितीय वोल्टता पर द्वितीयक कुण्डलों को प्रदत्त कराने की अपेक्षा की जाती है।

0.8 पश्च शक्ति गुणक पर निर्धारित निर्गम को वोल्ट एम्पियर में निम्न दिये गये मानों में किसी एक द्वारा व्यक्त करना चाहिये। 10, 15, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400 और 500vA ।

विभिन्न मापियों द्वारा रोपित VA बोझ के प्रारूपिक मान नीचे दिये जा रहे है।

- वोल्टमापी, वाटमापी शक्ति गुणक के वोल्टता कुण्डल और अनुरेखित वोल्टमापी – 5VA
- आवृत्ति मापी (संकेतक और रीड प्रकार) के वोल्टता कुण्डल KWH के वोल्टता कुण्डल KVAR मापी अनुरेखित शक्ति गुणक मापियों, और वाट मापियों के वोल्टता कुण्डल - 7.5VA ।
- तुल्य कालत्व दर्शी के वोल्टता कुण्डल – 15VA ।

एक विभव ट्रांसफार्मर के उपयोग समय अनुपालित सावधानियां (Precautions to be followed while using a potential transformer): चेसिस फ्रेमकृत्य और वोल्टता ट्रासंफामर्मर के धातीय आवरण के स्थिर भाग से बने समुच्चय के लिये दो पृथक तुरंत पहुंचवाले, संक्षरण स्वतन्त्र टर्मिनल होने चाहिये जिन पर स्पष्ट भू टर्मिनल लिखा होना चाहिये।

एक विभव ट्रांसफार्मर के विनिर्देश (Specification of a potential transformer): एक विभव ट्रांसफार्मर को क्रय करते समय निम्न विनिर्देशों की जांच कर लेनी चाहिये।

- आपूर्ति की निर्धारित वोल्टता प्रकार और भू सम्पर्कन परिस्थितियां (उदाहरण के लिये 6.6KV , तीन कला सम्यक भूसम्पर्कन)
- रोधन स्तर (Insulation level)
- आवृत्ति (Frequency)
- रूपान्तरण अनुपात (Transformation ratio)
- निर्धारण निर्गम (Rated output)
- विशुद्धता वर्ग (Accuracy class)
- वेष्ठन सम्बन्ध (Winding connection)
- निर्धारित वोल्टता गुणक (Rated voltage factor)
- सेवा परिस्थितियां जैसे धारा ट्राफसर्मर भवन के अन्दर अथवा बाहर अति लघु ताप, ऊचाई (यदि 1000 मीटर से अधिक) आर्द्रता और अन्य विशेष परिस्थितियां जो है अथवा सम्भावित है जैसे जल वाष्प और वाष्प धुआं विस्फोटक गैसे कम्पन्न अत्यधिक धूल अनावरण इत्यादि
- विशेष लक्षण जैसे सीमित परिसीमायें
- वोल्टता ट्रांसफार्मर को तारा जनित्र और भूमि के बीच तारा बिन्दु से जोडना है।

Copyright Free Under CC BY Licence

- वोल्टता ट्रांफसर्मर के रक्षण की कोई अन्य सूचना
- अधिष्ठापन विद्युत रूप से अनावरणित है अथवा नही
- कोई अन्य सूचना
- Fig 10 तीन फेस की एसम्बली दर्शाता है जिसमें एक मल्टी-टेप सेकन्डरी है ।

विभव ट्रांसफार्मर का मानक निर्धारण (Standard rating of potential transformer):

निर्धारण आवृत्ति (Rated frequency): - 50Hz होगी।

निर्धारित प्राथमिक वोल्टता (Rated primary voltage): निर्धारित प्राथमिक नाममात्र निकाय वोल्टता एक तीन कला ट्रांसफार्मर 0.6, 3.3, 6.6, 11, 15, 22, 33, 47, 66, 110, 220, 400 और 500KV

एकल कला ट्रासंफार्मर जो एक तीन कला निकाय की एक लाइन और उदासीन बिन्दु से जुडा है कि प्राथमिक वोल्टता का मानक मान नाम मात्र निकाय वोल्टता के उपर्युक्त मानों का $\frac{1}{\sqrt{3}}$ गुना होगा।

निर्धारित द्वितीयक वोल्टता (The rated secondary voltage): एकल कला ट्रांसफार्मर अथवा एक तीन कला ट्रासफार्मर के लिये द्वितीयक वोल्टता का निर्धारण मान 100 अथवा 110V होगा।

एक सिंगल फेज सर्किट में CT और PT का उपयोग करते हुए शक्ति मापना (Measurement of power in single phase circuit using CT and PT)

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

- **एक सिंगल फेज सर्किट में CT और PT का उपयोग करते हुए एक मल्टी रेंज वाटमीटर से शक्ति मापना तथा संबधित समस्या को हल करना।**

मल्टी रेंज वाटमीटर की रीडिंग लेना (Reading multi-range wattmeters): मल्टी रेंज वाटमीटर एक नियंत मीटर है और शक्ति नापते समय उस नियंत्रक को गणना में लेना चाहिए । मीटर नियांत्रक (गुणांक फेक्टर MF) साधारणतः मीटर के ऊपरी कपर के अन्दर लिखा होता है । यदि नहीं लिखा हो तो हम उसकी गणना नीचे प्रकार से कर सकते हैं :

प्रेशर क्वाइल रेंज x करंट क्वाइल रेंज

मीटर कान्सेटेन्ट (मल्टीपलीकेशन कारक) =

$$\frac{\text{Pressure coil range x Current coil range}}{\text{Maximum dial reading in watts(Full scale reading in watts)}}$$

एक मल्टी रेंज वाटमीटर का ऊपयोग करते हुए निम्न उदाहरण द्वारा एक प्रशिक्षणार्थी को मीटर नियंताक निकालना सिखा सकते है।.

उद्दाहरण (Example) एक वाटमीटर का निम्न मल्टी रेंज है।

प्रेशर क्वाइल coil 500/250/125 volts

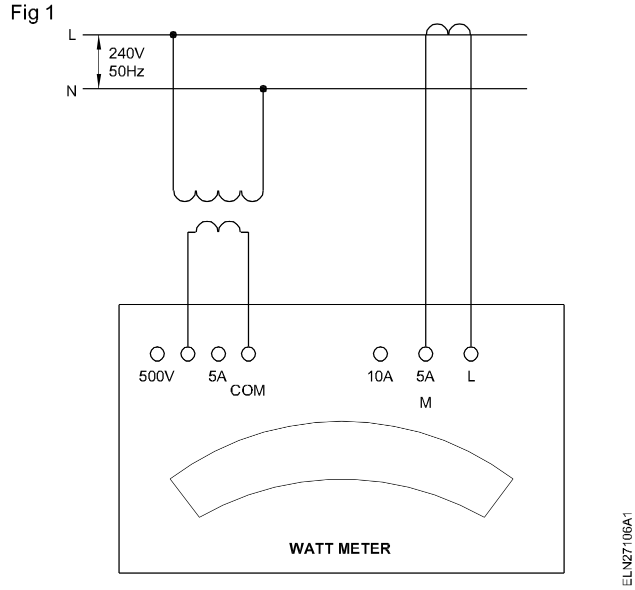
करंट क्वाइल coil 20/10/5 amps (Fig 1)

यहाँ अधिकतम डायल रीडिंग (फुल स्केल डीफलेशन FSD) 625 वाट दिखा रहा है मीटर नियंताक और वास्तविक शक्ति निकाले यदि मीटर 600वाट पढ़ता दिए गए पारस के अनुसार

A 500V, 10A

B 125V, 5A

Fig 1



रेंज A 500V, 10A (RANGE A 500V, 10A)

$$\frac{\text{Pressure coil range x Current coil range}}{\text{Maximum dial reading in watts(Full scale reading in watts)}}$$

$$= \frac{500 \times 10}{625} = 8$$

वास्तविक शक्ति = वाटमीटर रीडिंग x मीटर नियतांक (मल्टीपीकेशन फैक्टर MF)

= 600 x 8 = 4800 वाट

Copyright Free Under CC BY Licence

रेंज B 125V, 5 A (RANGE B 125V, 5 A)

मीटर नियंताक $= \frac{125 \times 5}{625} = 1$

(मल्टीपलीकेशन फैक्टर MF)

वास्तविक शक्ति = 600 x 1= 600 वाट

माल्टीस्केल वाटमीटर का रीडिंग लेना जब CT और PT लगा हो (Reading multiscale wattmeters when connected to CT and PT) यदि कि सर्किट में वाटमीटर को लगाया गया है CT एंव PT के माध्यम से सर्किट को मापने के लिए तो हमे CT अनुपात और PT अनुपात को ध्यान में रखना होगा।

ऐसे सर्किट में वास्तविक शक्ति का खपत होता है।

P = वाटमीटर रीडींग x मल्टीपीकेशन फैक्टर MF (मीटर कासेटेन्ट MC) x CT अनुपात x PT अनुपात = वाट

उदाहरण : एक मल्टीस्केल वाटमीटर में निम्न रेंज है

500/250/125V और 10A / 5A .

वाटमीटर 240V रेटिंगवाले सर्किट से CT और PT से जुड़ा हुआ होता है और उनकी रेंज क्रमशः 25/5 और 250/110 होती है ।

125V रेंज और करन्ट क्वायल 5 Amps की रेंज में है । सर्किट में पावर की खपत की गणना करें यदि वाटमीटर 500 वाट्स की रीडिंग 625 watts की अपनी अधिकतम रीडिंग पर दर्शाती हो ।

तब मल्टीपीकेशन फैक्टर MF $= \frac{\text{Voltage range} \times \text{Current range}}{\text{Maximum dial reading}}$

मीटर नियंताक $= \frac{125 \times 5}{625} = 1$

वास्तविक शक्ति सर्किट द्वाराखपत P

वाटमीटर रीडिंग = x MF x CT अनुपात x PT अनुपात

$$= 500 \times 1 \times \frac{25}{5} \times \frac{250}{110}$$
$$= 500 \times 1 \times 5 \times 2.272$$
$$= 5680 \text{ W or } 5.68 \text{ KW}$$

CT और PT के उपयोग द्वारा तीन कला ऊर्जा मापन (Measurement of three phase energy using CT and PT)

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

- **भार और मापी की आवश्यकता अनुसार CT और PT के परासों की चयन विधि बताना**
- **तीन कला ऊर्जा मापी से CT और PT का सम्बन्ध जोड़ना ।**

तीन कला ऊर्जा मापी के साथ CTs और PTs (CTs and PTs with 3 - phase energy meter): ऊर्जामापियों के मानक निर्धारण 10, 20, 30, 50 और 100A और वोल्टताओं के 120 अथवा 240V अथवा 415V होते है। उच्च धारा और वोल्टताओं के साथ ऊर्जा मापन के लिये धारा और विभव ट्रांसफार्मर के साथ तीन कला ऊर्जा मापी भी प्रयुक्त किये जाते है।

एक ऊर्जामापी के CT चयन के लिये CT की प्राथमिक धारा का निर्धारण अधिकतम पंक्ति धारा अथवा दूसरे उच्च मानक निर्धारण के अनुसार करना चाहिये। जब कि द्वितीयक मापी के अधिकतम धारा निर्धारण का होना चाहिये। PT चयन के लिये PT की प्राथमिक वोल्टता पंक्ति वोल्टता और द्वितीयक वोल्टता मापी की दाब कुण्डल वोल्टता होनी चाहिये।

इस मापी यन्त्र ट्रांसफार्मर प्रचालित तीन कला ऊर्जा मापी के लिये दो और धारा कुण्डलों के टर्मिनल्स प्रथम होने चाहिये। जब एक सामान्य ऊर्जा मापी प्रयुक्त होता है तो CTs और PTs से सम्बन्धित करने से पहले इस दो कुण्डल सम्पर्क को विक्षेदित कर देना चाहिये।

मानक मापीयन्त्र ट्रांसफार्मर प्रचालित ऊर्जा मापियों के लिये धारा कुण्डल 5A अथवा 1A के लिये निर्धारित होते है जबकि विभव कुण्डलों का निर्धारण 110V अथवा 100V के लिये होता है। एक धारा ट्रांसफार्मर का उपयोग उपलब्ध मापी निर्धारण से उच्च भार धारा निर्धारण होने पर किया जाता है।

जब केवल उच्च धाराओं को ही समंजित करना होता है तो मापी केवल CTs के साथ ही प्रयुक्त किये जाते है।

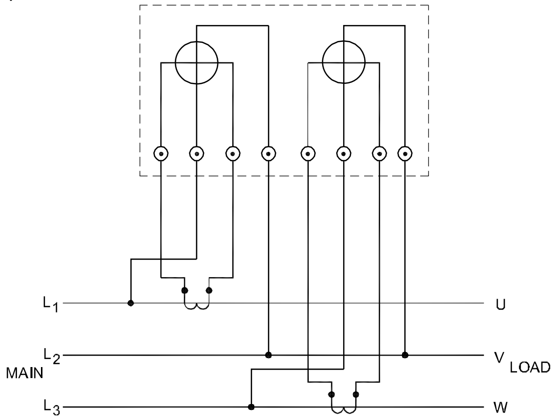
मानक मापीयंत्र ट्रान्सफर्मर चालित ऊर्जा मीटर के लिए करन्ट कोईलों को 5A अथवा 1A के लिए रेट किया जाता है, जबकि विभव कायलों को 110V अथवा 100V के लिए रेट किया जाता है ।

करन्ट ट्रान्सफर्मर का उपयोग तब किया जाता है जब लोड की करन्ट रेटिंग उपलब्ध मीटर रेटिंग से अधिक हो ।

दो घटक ऊर्जा मापी के साथ CT और PT (CT and PT with 2 - element energy meter): दो घटक ऊर्ज मापी के साथ CTs और 2PTs के लिये Fig 1 में एक सम्बन्ध आरेख दिखाया गया है।

Copyright Free Under CC BY Licence

Fig 1

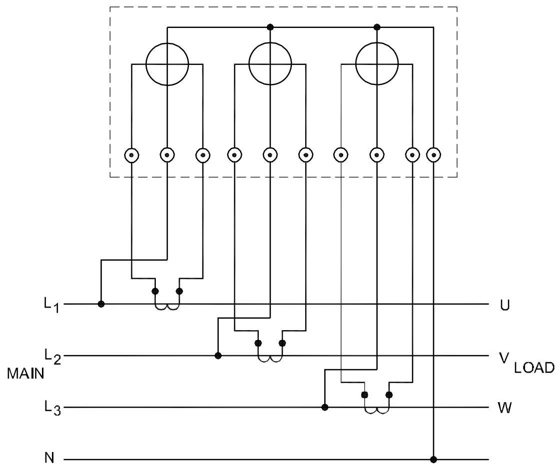


3-PHASE TWO ELEMENT ENERGY METER WITH CURRENT TRANSFORMERS USED ON A 3-PHASE 3-WIRE SYSTEM. SEQUENCE IS UVW.

ELN27106B1

CTs- दो घटक ऊर्जा मापी के साथ (CTs with 3 - element energy meter): तीन कला तीन तार निकाय के लिये उपयुक्त 3 CTs के साथ दो घटक ऊर्जा मापी की सम्बन्धन विधि को Fig 2 में दिखाया गया है। यह व्यवस्था एक तीन कला चार तार निकाय के लिये उपयुक्त है।

Fig 2



3-PHASE TWO ELEMENT ENERGY METER WITH CURRENT TRANSFORMERS USED ON A 3-PHASE 4-WIRE SYSTEM. SEQUENCE IS UVW.

ELN27106B2

उदाहरण 1: एक उद्योग में, 400V- तीन कला 50Hz के लिये 200Hp भार जुडा है । धारा ट्रांसफार्मर और उसके अनुपात का धारा निर्धारण क्या होगा। PF को एकांक मान ले

सम्बन्धित भार = 200 HP

आपूर्ति वोल्टता = 400V 3-कला

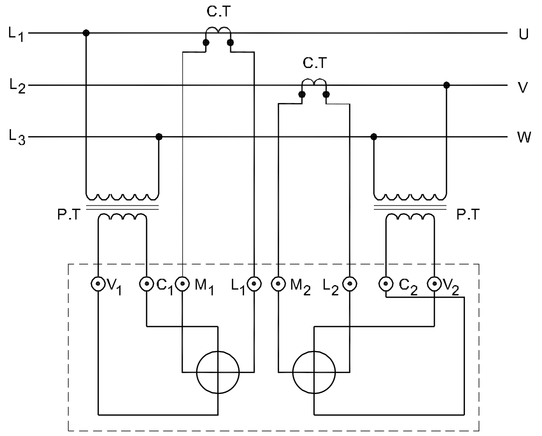
$$I_L = \frac{HP \times 746}{\sqrt{3}\, V \times PF} = \frac{200 \times 746}{\sqrt{3} \times 400 \times 1} = 215A$$

Rating of CT $\frac{215}{5} = 43$

CT अनुपात = 43:1 अथवा 50:1 अथवा 250A/5A

तीन घटक ऊर्जामापी के साथ CT और PT (CT and PT with 2 - element energy meter): एक तीन कला तीन तार निकाय में प्रयुक्त एक तीन कला PT और 2 CT जो दो घटक ऊर्जा मापी से जुडे है Fig 3 में दिखाये गये है।

Fig 3

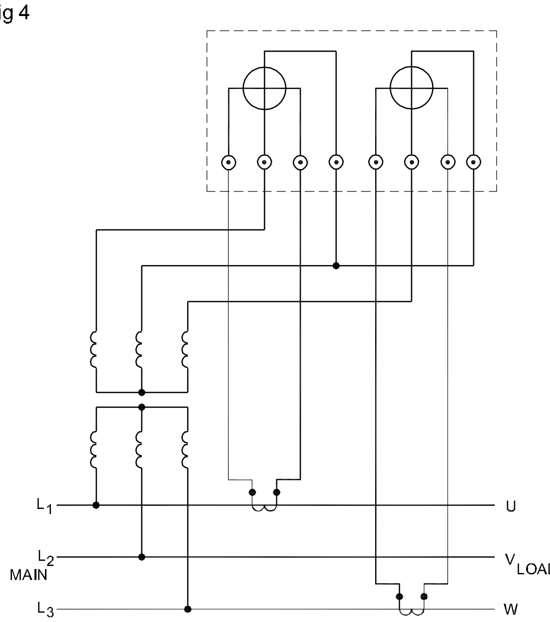


3-PHASE, 2 ELEMENT ENERGY METER WITH CT & PT

ELN27106B3

Fig 4 में CT और PT के साथ एक तीन घटक ऊर्जामापी जो एक तीन कला चार तार निकाय से जुडा है दिखाया गया है।

Fig 4



3-PHASE THREE ELEMENT ENERGY METER WITH CURRENT AND VOLTAGE TRANSFORMERS USED ON A 3-PHASE 3-WIRE SYSTEM. SEQUENCE IS UVW.

ELN27106B4

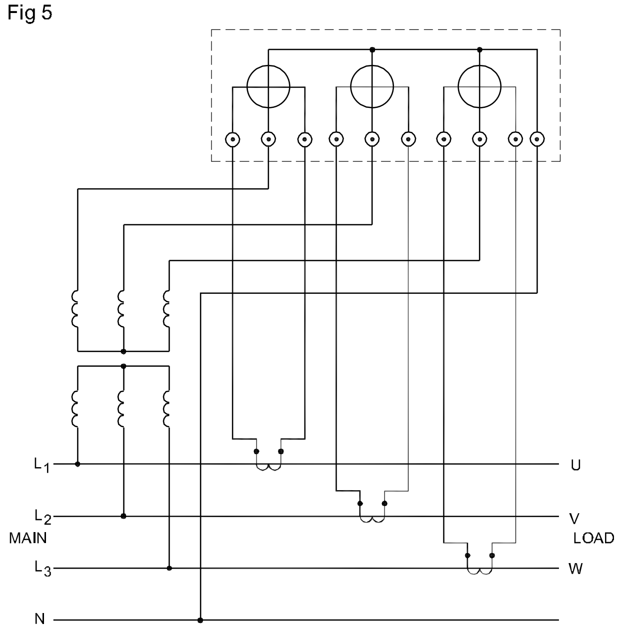
3-एलीमेन्ट एनर्जी मीटर CT और PT के साथ (CT and PT with 3-element energy meter) : Fig 5 में एक C.T और P.T वाला A3-एलीमेन्ट एनर्जी मीटर को 3-फेज़, 4-वायर सिस्टम के साथ जोड़ा हुआ दिखाया गया है ।

प्रयुक्त घनीय मापन 11kv अथवा उच्च वोल्टता के HT पंक्ति के साथ एक तीन कला CTs जिन्हें किआस्क कहते है PTsसे निर्मित होता है।

किआस्क से केबल्स मापी पैनेल पर आते है। सामान्यतः kWH, kVARH और KVAH को मापने के लिये त्रिसदिश मापी प्रयुक्त किया जाता है।

Copyright Free Under CC BY Licence

Fig 5



3-PHASE THREE ELEMENT ENERGY METER WITH CURRENT AND VOLTAGE TRANSFORMERS USED ON A 3-PHASE 4-WIRE SYSTEM. SEQUENCE IS UVW.

इस मीटर में तीन मीटर का सेटअप होता है जो kWH, kVARH और KVAH के रूप में लौड द्वारा पयुकू ऊर्जा को मापता है ।

अधिकतम मांग (MD) (Maximum demand) (MD) : इस त्रिसदिश मापी में अधिकतम मान संकेतक भी होता है जो भार की अधिकतम KVA निर्धारण को प्रदर्शित करता है । यदि प्रेरणित शक्ति 30 मिनट से अधिक बनी रहती है।

टैरिफ KVA में दण्ड के साथ इस अधिकतम मांग के लिये लिया जायेगा। यदि यह निर्धारण कारखाने द्वारा मांगे गये KVA निर्धारण से अधिक है।

उदाहरण* (Example)** ***2: एक उद्योग को 800KVA, 11kv तीन कला ऊर्जा आर्पूति की जानी है जो एक 5A, 110V, 3 कला ऊर्जामापी द्वारा मापनी है। PT और CT के अनुपात की गणना करें।

उद्योग आपूर्ति वोल्टता = 11KV

ट्रांसफार्मर निर्धारण = 800KVA

इसलिये धारा

$$= \frac{800}{11 \times \sqrt{3}} = \frac{800 \times \sqrt{3}}{11 \times \sqrt{3} \times \sqrt{3}}$$

$$= \frac{800 \times 1.732}{33} = \frac{1385.600}{33} = 42A$$

उपलब्ध तीन कला ऊर्जा मापी = 5A, 110V

CT के अनुसार = 42/5 = 8.4 अथवा मान लें 10 = 10:1

PT के अनुसार = 1100/110 = 100 = 100:1

***उदाहरण* (Example) 3 :** पहली मई को एक उद्योग 369 मात्रक पाठ देता है। जब उसे CT और PT द्वारा एक उद्योग से जोडा जाता है 31 मई को पाठ 426 हो जाता है यदि CT : 50A / 5A और PT : 1100V/ 110V है तो महीने में मापन गुणांक और उपभोगित ऊर्जा की गणना करे।

मापन गुणांक = CT अनुपात X PT अनुपात

$$= \frac{50}{5} \times \frac{11000}{110} = 10 \times 100 = 1000$$

उपभोगित ऊर्जा = मापक अन्तर X MC

= (426 - 369) x 1000

= 57 x 1000 = 57000 Units.

Copyright Free Under CC BY Licence

ट्रांसफार्मर में ह्रास - OC और SC परीक्षण - दक्षता - वोल्टेज विनियमन (Transformer losses - OC and SC test - efficiency - Voltage Regulation)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :
- **उन घटकों की सूची बताना में जिस पर लौह ह्रास निर्भर करता है**
- **ट्रांसफार्मर में होने वाले लौह तथा तांबा ह्रास के बीच का अन्तर स्पष्ट करना ।**

ह्रास (Losses)

ट्रान्सफर्मर में लौहा (core) ह्रास (Hysterisis + eddy current) और तांबा (Ohmic) अथवा लोड ह्रास होता है ।

आयरन (या) शून्य-भार ह्रास (Iron (or) No-load losses) : ट्रांसफार्मर के कोर की धातु, परिवर्तीय चुम्बकीय फ्लक्स से लिंक होती है। इसलिए इसमें परिसंचारी धारा प्रेरिणत हो जाती है। ये भवर धारा (eddy current), जैसा कि इन्हें कहते है, हिस्टेरिसेस कहलाये जाने वाले प्रभाव के साथ एक साथ, लौह कोर में ऊष्मा के रूप में शक्ति ह्रास उत्पन्न करते है।

जैसा कि ट्रांसफार्मर में कोर फ्लक्स सभी भारों पर व्यवहारिक रूप से स्थिर होता है, इसलिए सभी भारों के लिए कोर ह्रास भी स्थिर होता है। परिणाम स्वरूप कोर में सर्क्यूलेटिंग करन्ट एडी का उसके पश्चात् I^2R ह्रास होगा । इसको **आयन लास (अथवा) कोर लास (अथवा) कान्स्टेन्ट लास** भी कहते हैं ।

चूँकि ट्रान्सफार्मर में कोर फ्लक्स विशेष रूप से सभी भारों के लिए स्थिर रहता है, सभी भारों के लिए कोर ह्रास भी स्थिर होगा । इसको नो-लोड-लास भी कहते हैं ।

हिस्टरिसिस ह्रास $W_h = K_h B^{1.6}_m$ वाट,

भवर धारा ह्रास $W_e = K_e f^2 K_f B_m^2$

जहाँ K_h = हिस्टेरिसिस नियतांक,

K_f = फार्म गुणक (Form factor)

K_e = भवर धारा नियतांक

इन ह्रासों (Losses) को, कोर के लिए उच्च सिलिकन अन्तवस्तु (1.0 से 4.0 प्रतिशत तक) के इस्पात का उपयोग करने तथा बहुत पतले पटलित के उपयोग से न्यूनतम किया जा सकता है।

सिलिकान स्टील का उच्च संतृप्ति बिंदु, उच्च फ्लक्स घनत्व पर अच्छा परावैद्युतांक तथा मध्यम ह्रास होता है। सिलिकान, स्टील, शक्ति ट्रांसफार्मर श्रव्य निर्गत ट्रांसफार्मर तथा कई अन्य अनुप्रयोगों में बहुत उपयोग किया जाता है।

ट्रांसफार्मर की निवेशी शक्ति, जब भार रहित होती है तो उसमें कोर ह्रास होता है।

तांबे (या) भार ह्रास (Load losses): यह ह्रास मुख्यतः, ट्रांसफार्मर लपेटन के ओह्मिक प्रतिरोध के कारण होता है। प्राथमिक तथा द्वितीयक लपेटन के प्रतिरोध के द्वारा भार धारा, I^2R ह्रास उत्पन्न करते है, जो तांबे के तारो को गर्म करते है, तथा इसके कारण वोल्टता पतन होता है। इस ह्रास को तांबा ह्रास भी कहते है। ह्रास को लघु पथित परीक्षण से मापा जाता है।

ट्रान्सफार्मर में कोर ह्रास सभी भार स्थितियों में स्थिर ह्रास होता है । तांबे का ह्रास करन्ट के वर्ग के अनुपात में परिवर्तित होता रहता है ।

ट्रांसफार्मर का खुला परिपथ (O.C) परीक्षण (Open Circuit (O.C) test of a transformer)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :
- **खुला परिपथ परिक्षण करने की विधि का वर्णन करना**
- **ठीक लौह ह्रास की गणना करना ।**

खुला परिपथ (The open circuit)

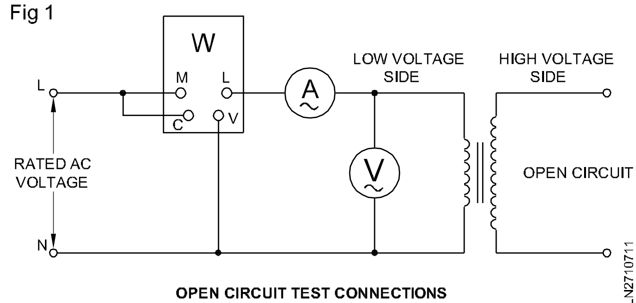
खुला परिपथ परीक्षण, भार रहित ह्रास या कोर ह्रास को ज्ञात करने के लिए किया जाता है।

इस परीक्षण में, एक लपेटन को निर्धारण वोल्टता दी जाती है। सुरक्षा के कारणों के लिए सामान्यतः कम वोल्टता लपेटन को, जब कि दूसरे को खुला परिपथ ही रहने दिया जाता है। ट्रांसफार्मर को आपूर्तित निवेशी शक्ति मुख्यतः कोर ह्रास को प्रदर्शित करता है। क्योंकि भार रहित धारा अपेक्षाकृत कम होता हैं, इसलिए इस परीक्षण के समय तांबा ह्रास को ध्यानहीन किया जा सकता है।

परिपथ उपकरण को Fig 1 में दर्शाया गया है। वाटमापी, कोर ह्रास को संकेत करता हैं। वोल्टमापी, निर्धारण वोल्टता को पंजीयन करेगा। वोल्टता के साथ संयोजन में अमीटर पाचांक, चुम्बकन शाखा के बारे में जानकारी प्राप्त करने के लिए आवश्यक आकड़े उपलब्ध करता है।

Copyright Free Under CC BY Licence

Fig 1



OPEN CIRCUIT TEST CONNECTIONS

कोर ह्रास को, ट्रांसफार्मर के किसी भी साइड पर मापा जा सकता है। उदाहरण के लिए, यदि 3300/240V ट्रांसफार्मर का परीक्षण किया जा रहा हो तो वोल्टता, द्वितीयक साइड को दी जावेगी, क्योंकि 240V अधिक सरलता से उपलब्ध होती है।

ट्रांसफार्मर के किसी भी साइड पर मापा गया कोर ह्रास समान होगा, क्योकि 240V उस लपेटन को दिया जा रहा है, जिसमें उच्च वोल्टता साइड की अपेक्षा कम टर्न (लपेट) है। इसलिए वोल्ट / टर्न का अनुपात समान होता है। यह, ये संकेत करता है कि अधिकतम फ्लक्स का मान, किसी भी स्थिति में समान है।

कोर ह्रास, अधिकतम फ्लक्स पर निर्भर करता है। OC परीक्षण आपूर्ति की आवृत्ति को, ट्रांसफार्मर की निर्धारण आवृत्ति के समान होना चाहिए।

वास्तविक (सटीक) लौह ह्रास (W_i) की इस सूत्र द्वारा गणना की जा सकती है

लौह ह्रास $= W_i = W_0$ - भारहीन तांबा ह्रास

$W_i = W_o - (I_0)^2 R$

W0 = भाररहित वाटमीटर को रीडिंग

भारत रहित तांबा ह्रास $= (I_0)^2 R$

R = वाइन्डिंग का प्रतिरोध जिसमें OC परीक्षण की गणा की जाती है ।

I_0 = भार रहित करन्ट

ट्रांसफार्मर का लघु परिपथ परीक्षण (Short circuit (S.C) test of a transformer)

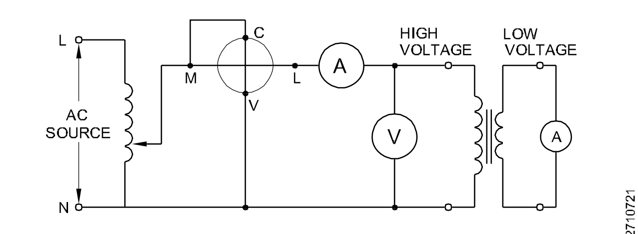
उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **एकल कला ट्रांसफार्मर का लघु परिपथ परीक्षण करने की विधि बताना**
- **उच्च वोल्टता परिपथ के परिप्रेक्ष्य में, ट्रांसफार्मर के तुल्य प्रतिरोध तथा समतुल्य रिआक्टान्स की गणना करना**
- **तांबा ह्रास की गणना करना ।**

लघु पथित परीक्षण (Short circuit test) :

लघुपथित परीक्षण को, OC परीक्षण के अतिरिक्त ट्रांसफार्मर तुल्य परिपथ प्राचल को ज्ञात करने के लिए आवश्यक होता है। लघुपथित परीक्षण के लिए उपकारण के सम्बंधन आरेख को Fig 1 में दर्शाया गया है।

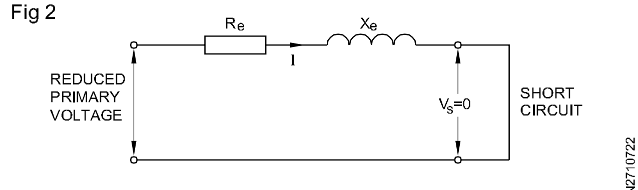
Fig 1



CONNECTION DIAGRAM

ट्रांसफार्मर की कम वोल्टता साइड को लघुपथित किया जाता है। ट्रांसफार्मर के उच्च वोल्टता लपेटन पर दी गयी कम वोल्टता को इस तरह से समायोजित किया जाता है कि निर्धारण धारा, अमीटर में से प्रवाह हो। इस स्थिति में ट्रांसफार्मर की प्रतिबाधा (Impendance), Fig 2 में दर्शाये गये अनुसार, केवल तुल्य प्रतिबाधा ही होती है।

Fig 2



EQUIVALENT CIRCUIT

परीक्षण को उच्च वोल्टता साइड पर किया जाता है, क्योंकि निर्धारण वोल्टता की कम प्रतिशत का प्रयुक्त करना सुविधाजनक होता है। 3300V/240V ट्रांसफार्मर की स्थिति में, 240V के 5% की अपेक्षा 3300V के 5% के साथ व्यवहार करना अधिक सरल तथा अधिक यथार्थ (Accurate) है।

प्राथमिक वोल्टता को अत्याधिक कम करने के साथ फ्लक्स भी उसी सीमा तक कम हो जायेगा, क्योकि कोर ह्रास, फ्लक्स के वर्ग के लगभग समानुपाती होता है। इसलिए यह व्यवहारिक रूप से शून्य होता है।

अतः निवेशी शक्ति को मापने के लिए प्रयुक्त वाटमापी, केवल तांबा ह्रास को ही संकेत करेगा, इसलिए निर्गत शक्ति शून्य होती है। उपकरण से प्राप्त निवेशी आकड़े से तुल्य प्रतिकार्यता की गणना की जा सकती है। ज्ञात किये गये सभी मान उच्च वोल्टता साइड के पदों में होते है।

R_e तुल्य प्रतिरोध है।

X_e तुल्य प्रतिकार्यता है।

R_{eH} उच्च वोल्टता साइड पर तुल्य प्रतिरोध है।

X_{eH} उच्च वोल्टता साइड पर तुल्य प्रतिकार्यता है।

Z_{eH} उच्च वोल्टता साइड पर तुल्य प्रतिबाधा है।

Copyright Free Under CC BY Licence

$$R_{eH} = \frac{P_{SC}}{I^2_{SC}} \text{ ohms}$$

$$Z_{eH} = \frac{V_{SC}}{I_{SC}} \text{ ohms}$$

$$\text{and } X_{eH} = \sqrt{Z^2_{eH} - R^2_{eH}} \text{ ohms}$$

जहाँ I_{sc}, V_{sc} तथा P_{sc} क्रमशः लघुपथित एम्पियर, वोल्ट तथा वाट है तथा R_{eH}, Z_{eH} तथा X_{eH}, उच्च वोल्टता साइड के पदों में क्रमशः प्रतिरोध, प्रतिबाधा तथा प्रतिकार्यता है।

उदाहरण (Example)

एक 20kVA, 2400V/ 240V, 50Hz ट्रांसफार्मर पर लघुपथित परीक्षण में निम्नलिखित आकड़े प्राप्त हुए थे।

V_{SC}, = 72V, I_{SC} = 8.33A, P_{SC} = 268W.

उपकरण को उच्च वोल्टता साइड पर लघुपथित में रखा गया था। उच्च वोल्टता साइड के तुल्य ट्रांसफार्मर प्राचल को ज्ञात कीजिए।

हल (Solution)

$$R_{eH} = \frac{P_{SC}}{I^2_{SC}} = \frac{268}{(8.332)^2} = 3.86\,\Omega$$

$$Z_{eH} = \frac{V_{SC}}{I_{SC}} = \frac{72}{8.33} = 8.64\,\Omega$$

$$\text{and } X_{eH} = \sqrt{Z^2_{eH} - R^2_{eH}}$$

$$= \sqrt{8.64^2 - 3.86^2} = 7.73\,\Omega$$

ट्रांसफार्मर की दक्षता (Efficiency of transformer)

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

- **प्राथमिक के सन्दर्भ में भार प्रतिबाधा की गणना करना**
- **रिसाव फ्लक्स और क्षरण प्रतिघात को वर्णित करना**
- **एक वितरण ट्रांसफार्मर की सकल दिवस दक्षता की परिभाषा देना ।**

ट्रांसफार्मर की दक्षता (Efficiency of transformer) :

सामन्यतः किसी वैद्युत उपकरण की दक्षता

$$\eta = \frac{\text{निर्गम शक्ति}}{\text{निवेश शक्ति}} = \frac{\text{निर्गम शक्ति}}{\text{निर्गम शक्ति + ह्रास}} \quad ...(1)$$

जहांः η दक्षता को व्यक्त करने वाला प्रतीक है। जब समीकरण (1) को गुणक 100 से गुणा कर देते है दक्षता प्रतिशत में होगी।

ट्रासंफार्मर की दक्षता 95 से 98% के परास में उच्च होती है इसका अर्थ है कि ट्रासंफार्मर ह्रास निवेश शक्ति का 2 से 5 % तक होते है।

दक्षता की गणना करते समय यह उत्तम है कि निवेश और निर्गम शक्तियों का सीधा मापन न करके ट्रासंफार्मर ह्रास को ज्ञात किया जाय। जब बडे ट्रासंफार्मर को लेते है अप्रहस्तित शक्ति केवल परीक्षण के प्रयोजन के लिये आरोपित करने लिये अति अधिक होती है।

ट्रासंफार्मर निर्धारण निर्गम kVA (MVA) पर अधारित होती है इसलिये दक्षता के समीकरण को निम्न प्रकार लिख सकते है।

$$\eta = \left| \frac{KVA_{out} \times PF}{(KVA_{out} \times PF) + \text{Copper loss} + \text{core loss}} \right|$$

अधिकतम दक्षता की स्थिति (Condition for maximum efficiency):

एक ट्रान्सफार्मर की दक्षता तब अधिकतम होती है जब स्थित ह्रास परिवर्तनशील ह्रास के समान होता है । दूसरे शब्दों में तांबे का ह्रास, लौहे के ह्रास के समान हो तो दक्षता अधिकतम होता है ।

उदाहरण (Example): एक ट्रासंफार्मर का निर्धारण 10 kVA 2200/ 220V 50Hz निम्न परिणामों के साथ परीक्षित किया गया।

लघु पथित शक्ति निवेश परीक्षण = 340 W

खुला परिपथ शक्ति निवेश परीक्षण = 168 W

ज्ञात करें

i) इस ट्रासंफार्मर की पूर्ण भार पर दक्षता

ii) भार जिस पर अधिकतम दक्षता होती है।

भार शक्ति गुणक 0.80 पश्च है।

हल :

i) पूर्ण भार पर दक्षता η_{FL}

Copyright Free Under CC BY Licence

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{(10 \times 10^3 \times 0.8)\ 100}{(10 \times 10^3 \times 0.8) + \text{Cu loss} + \text{Iron loss}}$$

$$= \frac{(10000 \times 0.8)\ 100}{(10000 \times 0.8) + 340 + 168}$$

= 94.0%.

ii) अधिकतम दक्षता उस भार पर होती है जब तांबा ह्रास = क्रोण ह्रास

इस प्रकार तांबा ह्रास = क्रोण ह्रास = 168W

माना पूर्ण भार धारा = I

अधिकतम दक्षता पर धारा = I'

तब पूर्ण भार तांबा ह्रास I^2R_{eq} = 340W

η_{max} पर तांबाह्रास = $(I)^2 x R_{eq}$ = 168W

$$\text{Therefore, } \frac{I^2 R_{eq}}{I'^2 R_{eq}} = \frac{340}{168}$$

$$\text{or} \qquad I' = I\sqrt{\frac{168}{340}}$$

यह वह गुणक है जिससे शक्ति कम होती है

$$\text{Therefore, } P_{atmax\eta} = \sqrt{\frac{168}{340}} \times (10000 \text{x} 0.8)$$

= 5623 W

$P_{atmax\eta}$ = 5623 W

= 70.26% of 8000 W

= 0.7026 of full load.

or

$$\text{Therefore, } \eta_{max} = \frac{5623}{5623 + 168 + 168} \times 100$$

= 94.36%.

सकल दिवस दक्षता (All day efficiency)

प्रदीप्त, ट्रासंफार्मर और अधिकतम वितरण ट्रासंफार्मर दिवस में कुल 24 घण्टों तक पूर्ण भार पर नही होते। इस प्रकार के वितरण की प्रचालन दक्षता रखने के लिये ट्रासंफार्मर्स अभिकल्पित किये जाते है जिससे पूर्ण भार की तुलना में लघु मान पर उनकी दक्षता अधिकतम हो।

All day efficiency

$$= \frac{\text{Output in 24 hours}}{\text{Output in 24 hours + losses in 24 hours}}$$

$\eta_{\text{all day}}$

$$= \frac{\text{Output KWh 24 hours}}{\text{Output KWh(24 hours) + losses KWh (24 hours)}}$$

यहाँ लोहे का ह्रास पूरी अवधि के लिए गिना जाता है जबकि तांबे का ह्रास उस पर निर्भर करता है कि ट्रान्सफार्मर कितने समय तक लोड किया गया है और लोड का प्रतिशत क्या है ।

उदाहरण : एक 100 kVA वितरण ट्रासंफार्मर का पूर्ण ह्रास 3kW है पूर्ण भार पर ह्रास लौह और तांबा ह्रासों में समान रूप से विभाजित होते है। किसी दिन ट्रासंफार्मर को प्रदीप्त भार से सम्बन्धित किया जाता है और निम्न दिये गये भारों पर प्रचालित किया जाता है।

a) पूर्णभार पर एकांक P.F. 3 घण्टे

b) अर्धपूर्ण भाग पर एकांक P.F. 4 घण्टै

c) दिवस के शेष भाग में नगण्य।

सकल दिवस की दक्षता की गणना करें।

हल (Solution):

चूंकि भार मुख्य रूप से प्रदीप्त का है P.F. = 1.0

a) पूर्ण भाग पर तीन घण्टों में ऊर्जा निर्गम

= 100 KVA x 1 x 3 = 300 KWh

b) अर्ध पूर्ण भार पर चार घण्टें में ऊर्जा निर्गम

= 100 x 1/2 x 1 x 4 = 200 KWh.

पूर्ण भार के समय KwH मे नष्ट ऊर्जा

= 3 KW x 3h = 9 KWh.

पूर्ण भार पर

लौह ह्रास = ताबां ह्रास = 3.0 ÷ 2 = 1.5 kW

अर्ध पूर्ण भार पर तंबा ह्रास

= 1.5 x $(1/2)^2$ = 1.5/4 KW.

इसलिये अर्ध पूर्ण भार के समय ऊर्जा ह्रास

= 4 घण्टों के लिये लौह ह्रास + 4 घण्टों के लिये तांबा ह्रास

= (1.5 x 4) + (1.5/4 x 4)

= 6 + 1.5 = 7.5 KWh.

Copyright Free Under CC BY Licence

ट्रासंफार्मर (24-7) घण्टे = 17 घण्टे शून्य भार रहता है।

17 घण्टों के लिये स्थिर ह्रास = 1.5 x 17 = 25.5 KWh.

24 घण्टों के लिये कुल हास = (9 + 7.5 + 25.5) KWh

= 42 KWh

$\eta_{all\ day}$

$$= \frac{\text{Output KWh 24 hours}}{\text{Output KWh(24 hours) + losses (24 hours)}}$$

$$\frac{(300 + 200)}{(300 + 200) + 42} = 0.922$$

η_{allday} = 92.2%

ट्रांसफार्मर का वोल्टता नियामन (Voltage regulation of transformers)

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

- **ट्रांसफार्मर के वोल्टता नियामन को परिभाषित करना**
- **ट्रांसफार्मर के वोल्टता नियामन की गणना करना ।**

वोल्टता नियामन (Voltage regulation) :

एक ट्रासंफार्मर का वोल्टता नियामन शून्य भार पर द्वितीयक वोल्टता के बीच का अन्तर होता है जिसे पूर्ण भार वोल्टता के प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है। प्राथमिक अथवा आरोपित वोल्टता स्थिर रहना चाहिये।

यह एक अतिरिक्त प्रतिबन्ध है जो कि ट्रासंफार्मर के प्रकरण में पूर्ण होना चाहिये।

साथ ही भार के लिये शक्ति गुणक ही बताना चाहिये क्योंकि वोल्टता नियामन भार शक्ति गुणक पर निर्भर नही करता जैसा कि तुल्य कालिक जनित्रों के साथ होता है।

सामान्यतः

$$\text{वोल्टता नियामन} = \frac{V_{noload} - V_{load}}{V_{load}} \times 100\%$$

माना कि शून्य भार पर द्वितीयक टर्मिनल वोल्टता V_0 है

भार पर द्वितीयक टर्मिनल वोटता V_S है

$$\text{तो प्रतिशत नियामन} = \frac{V_o - V_S}{V_S} \times 100$$

गणना में प्रयुक्त किये गये आंकिक मान इस बात पर निर्भर करते है कि कौन से लपेट तुल्य परिपथ के लिये सन्दर्भ की भांति प्रयोग में लायी जाती है। प्रतिबाधा मान को चाहे प्राथमिक पर स्थान्तरित कर दिया जाय अथवा ट्रासंफार्मर के द्वितीयक पर स्थान्तरित कर दिया जाय प्राप्त परिणाम समान होते है।

***उदाहरण* (Example):**

11KV/440V, 100KVA ट्रान्सफार्मर का द्वितीय वोल्टेज पर नो-लोड पर 426 V है । पूरे लोड के स्थिति में 0.92 पावर फैक्टर पर वही 410V है। ट्रान्सफार्मर के वोल्टेज रेग्युलेशन के प्रतिशत की गणना करें ।

हल (Solution):

$$\text{\% वोल्टेज रेग्युलेशन का प्रतिशत} = \frac{V_o - V_S}{V_S} \times 100$$

$$\text{वोल्टेज रेग्यूलेशन का\%} = \frac{426 - 410}{410} \times 100$$

$$= \frac{16}{10} \times 100$$

$$= 3.9\%$$

Copyright Free Under CC BY Licence