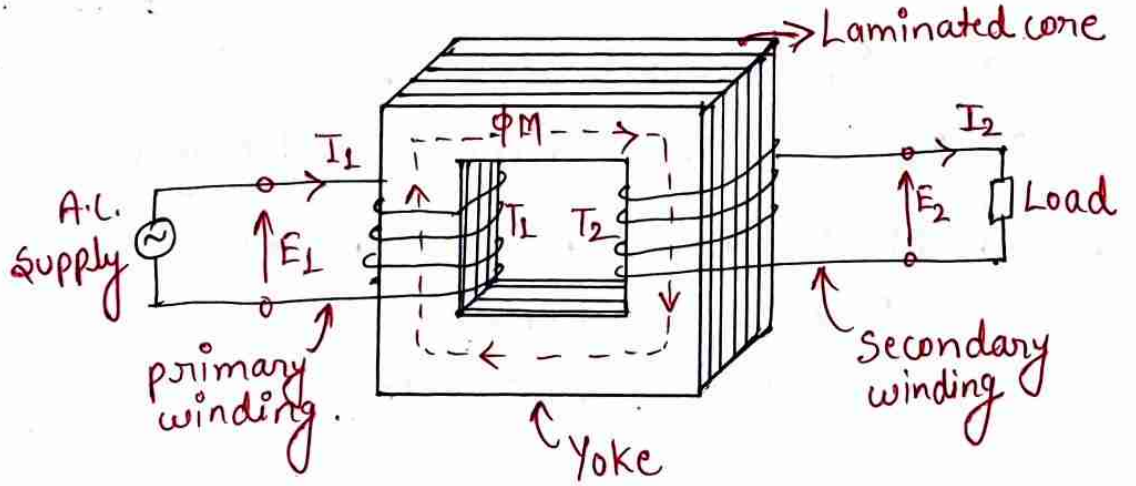
UNIT-4

Transformer

परिणामित्र एक स्थिर उपकरण (static device) है। यह दो या अधिक स्थिर विद्युत परिपथों से बना होता है, जो एक चुम्बकीय परिपथ द्वारा जुड़ा होता है। इन दोनों विद्युत परिपथों में विद्युत ऊर्जा (शक्ति), बिना आवृत्ति में परिवर्तन किए, स्थानांतरित होती है।

→ **परिणामित्र की कार्यविधि :** दो कुण्डली (coil) 1 एवं 2, एक सरल चुम्बकीय परिपथ पर लपेटे (wound) गए हैं। इन दोनों कुण्डलियों के मध्य कोई विद्युत संपर्क नहीं है। माना कि, T_1 तथा T_2 कुण्डली 1 एवं 2 में टर्न (turn) की संख्या है।

जब एक प्रत्यावर्ती वोल्टेज के स्रोत V_1 को कुण्डली 1 में लगाते हैं, तो एक प्रत्यावर्ती धारा I_0 उसमें प्रवाहित होती है। यह प्रत्यावर्ती धारा (alternating current) चुम्बकीय परिपथ में फ्लक्स ϕ_m उत्पन्न करता है। यह प्रत्यावर्ती फ्लक्स कुण्डली 1 के टर्न T_1 से लिंक करके उसमें एक प्रत्यावर्ती वोल्टेज E_1 प्रेरित करता है, इसे स्वप्रेरण (self-induction) कहते हैं।



Arrangement of a simple transformer.

कुण्डली 1 द्वारा उत्पन्न संपूर्ण फ्लक्स कुण्डली 2 के टर्न T_2 से भी लिंक करता है। कुण्डली 2 में ये वॉल्टेज E_2 प्रेरित करता है, इसे अन्योन्य प्रेरण (mutual induction) कहते हैं। यदि कुण्डली 2, भार से जुड़ा हो, तो एक प्रत्यावर्ती धारा भार (load) में प्रवाहित होती है। अतः, विद्युत उर्जा कुण्डली 1 से कुण्डली 2 में एक समान चुम्बकीय परिपथ के द्वारा स्थानांतरित होती है।

→ विद्युत वाहक बल समीकरण (E.M.F equation of Transformer):-

माना कि किसी क्षण फ्लक्स का मान,

$$\phi = \phi_M \sin \omega t \quad \text{—— (i)}$$

उक्त फ्लक्स द्वारा T टर्न की कुण्डली में तात्क्षणिक (instantaneous) वि.वा.ब (emf), फैराडे के नियम द्वारा होगा,

$$\Rightarrow e = -\frac{d}{dt}(\phi T) = -T\frac{d\phi}{dt} = -T\frac{d}{dt}(\phi_M \sin \omega t).$$

$$\Rightarrow e = -T\omega\phi_M \cos \omega t.$$

$$\Rightarrow e = +T\omega\phi_M \sin(\omega t - \pi/2) \quad \text{—— (ii)}$$

$$\Rightarrow e = E_m \sin(\omega t - \pi/2) \quad \text{—— (iii)}$$

$\forall$ $E_m = T\omega\phi_m$ = maximum value of e.

वि.वा.ब का आर.एम.एस (R.M.S.) मान होगा,

$$E_{rms} = E = E_m/\sqrt{2}$$

$$\therefore E = \frac{T\omega\phi_M}{\sqrt{2}} = \frac{T(2\pi f)\phi_M}{\sqrt{2}}$$

or

$$\boxed{E = 4.44\, f\phi_M T}$$

कुण्डली 1, जो एसी सप्लाई से ऊर्जा प्राप्त करता है, प्राथमिक कुण्डलन (primary winding) कहलाता है। इसका R.M.S वोल्टेज मान,

$$E_1 = 4.44 \phi_m f T_1 .$$

कुण्डली 2, भार से जुड़ा होता है, उसे द्वितीयक कुण्डलन (secondary winding) कहते हैं। इसका R.M.S. वोल्टेज मान,

$$E_2 = 4.44 \phi_m f T_2 .$$

→ वोल्टेज तथा टर्न अनुपात (Voltage & Turns Ratio) :
E/T के अनुपात को वोल्टेज प्रति टर्न कहते हैं।

प्राथमिक वोल्टेज प्रति टर्न,

$$\frac{E_1}{T_1} = 4.44 \phi_m f . \quad \text{—— (i)}$$

द्वितीयक वोल्टेज प्रति टर्न,

$$\frac{E_2}{T_2} = 4.44 \phi_m f . \quad \text{—— (ii)}$$

समीकरण (i) एवं (ii) से यह ज्ञात होता है कि दोनों कुण्डलनों में वोल्टेज प्रति टर्न समान होता है। तथापि,

$$\frac{E_1}{T_1} = \frac{E_2}{T_2} .$$

या $$\frac{E_1}{E_2} = \frac{T_1}{T_2} .$$

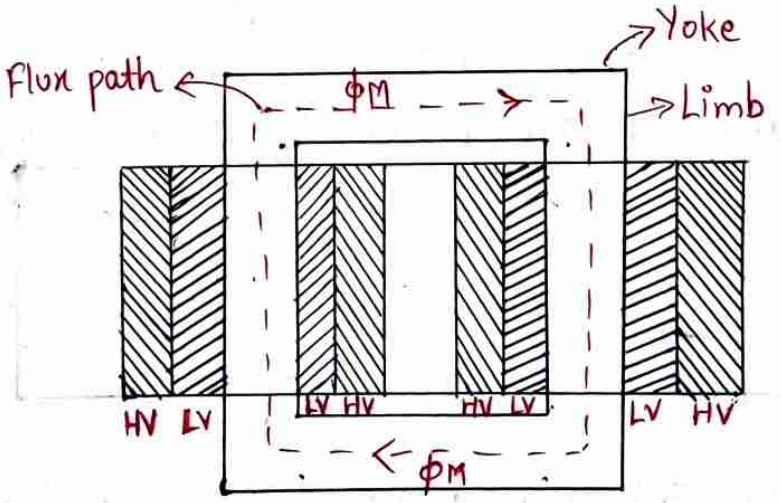
∴ T_1/T_2 के अनुपात को टर्न अनुपात (Turns ratio) कहते हैं।

→ एकल कला परिणामित्र का प्रकार (Types of Single-Phase Transformer):- एकल-कला परिणामित्र को विभिन्न प्रकार में बांटा जा सकता है, वे इस प्रकार है:-

(i) संरचना के आधार पर (on basis of Construction):- संरचना के आधार पर परिणामित्र के दो प्रकार होते है:-

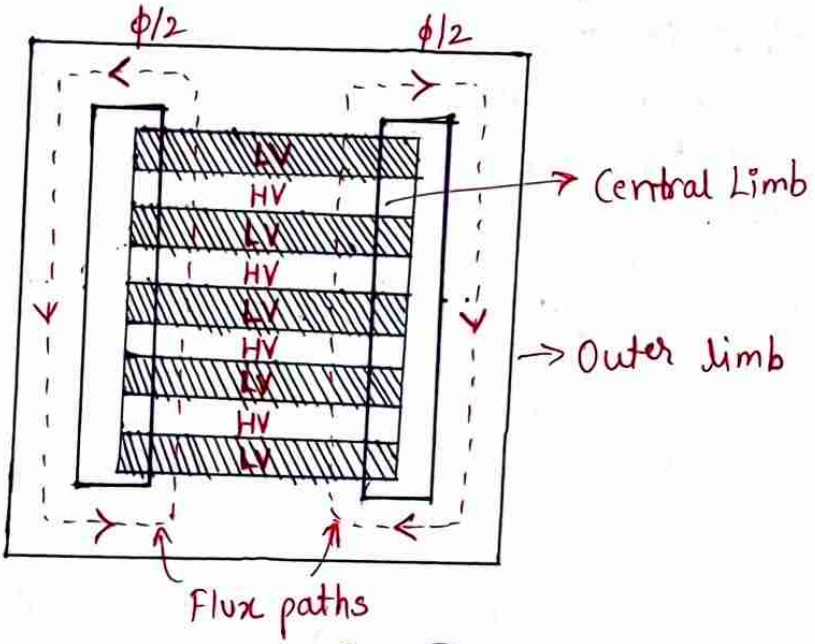
(अ) कोर संरचना (Core type construction):- कोर-प्रकार की इस संरचना में, चुम्बकीय पथ दो उर्ध्वाधर स्तंभों या लिम्बों (limbs) से बना होता है। इनमें दो क्षैतिज खण्ड (horizontal sections) होता है, जिन्हें योक (yoke) कहते है। लिकेज फ्लक्स (leakage flux) को न्यूनतम (minimum) रखने हेतु, कोर के प्रत्येक स्तंभ पर प्रत्येक कुण्डलन का आधा भाग लगाया जाता है।

निम्न-वोल्टेज कुण्डलन (low voltage winding) को कोर के समीप रखा जाता है। विसंवाहक पदार्थ (insulating material) को कम करने हेतु उच्च-वोल्टेज कुण्डलन (high-voltage winding) को निम्न-वोल्टेज कुण्डलन के समीप रखा जाता है। अतः, दोनों कुण्डलनों को संकेन्द्रित कुण्डली की तरह संयोजित किया जाता है। इन कुण्डलनों को संकेन्द्रित कुण्डलन (concentric winding) या बेलनाकार कुण्डलन (cylindrical winding) कहते है।



कोर-प्रकार परिणामित्र

(ब) शैल संरचना (Shell-type transformer) :- इस संरचना में दोनों प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलनों को केन्द्रीय लिम्ब (central limb) पर लपेटा (wound) जाता है। प्रत्येक कुण्डलन को भागों में बांटा जाता है। निम्न-वोल्टेज तथा उच्च-वोल्टेज के उपभागों (sub-sections) को सैंडविच (sandwich) की तरह बारी-बारी से लगाया जाता है। इन कुण्डलन को सैंडविच या डिस्क कुण्डलन कहते हैं।



शैल-प्रकार परिणामित्र

(ii) वोल्टेज-स्तर के आधार पर (On basis of Voltage level) :- वोल्टेज स्तर के अनुसार, परिणामित्र को दो प्रकार में बांट सकते हैं :-

(अ) उच्चाई परिणामित्र (Step-up transformer) :- परिणामित्र जिनका द्वितीयक (आउटपुट) वोल्टेज, प्राथमिक (इनपुट/सप्लाई) वोल्टेज से अधिक होता है, उसे उच्चाई परिणामित्र कहते हैं। यदि प्राथमिक वोल्टेज V_1 हो, तथा द्वितीयक वोल्टेज V_2 हो, तो उच्चाई परिणामित्र में $V_2 > V_1$ होता है।

(ब) अपचाई परिणामित्र (Step-down transformer) :- परिणामित्र जिनका

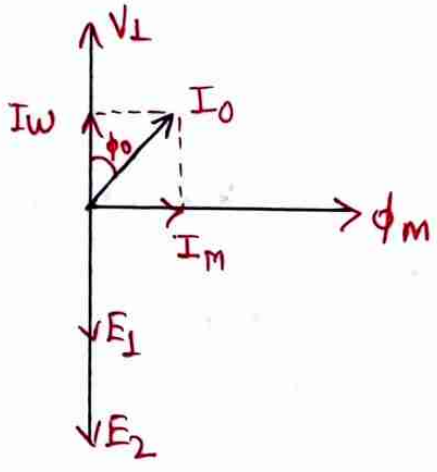
प्राथमिक वोल्टेज, द्वितीयक वोल्टेज से अधिक होता है, उसे अपचाई परिणामित्र कहते हैं। यदि प्राथमिक वोल्टेज V_1 हो, द्वितीयक वोल्टेज V_2 हो, तो अपचाई परिणामित्र के लिए $V_1 > V_2$ होता है।

(iii) **ड्यूटी के आधार पर** (On the basis of duty) :- इस आधार पर परिणामित्र दो प्रकार के होते हैं :-

(अ) **शक्ति परिणामित्र** (Power transformer) :- यह परिणामित्र जनित्र के समीप लगाया जाता है। यह एक उच्चाई (स्टेप अप) परिणामित्र होता है। इसका द्वितीयक (secondary) प्रत्येक क्षण उत्सर्जित (energised) रहता है।

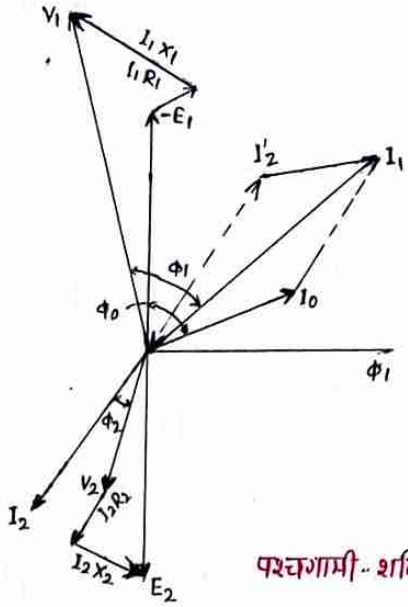
(ब) **वितरण परिणामित्र** (Distribution transformer) :- यह परिणामित्र भार (load) को सप्लाई करने हेतु प्रयुक्त होता है। वितरण परिणामित्र के द्वितीयक का उत्सर्जन (energisation) भार पर निर्भर करता है। यह अपचाई (step-down) परिणामित्र होता है।

→ **फेजर आरेख** (Phasor diagram) :- परिणामित्र का फेजर आरेख भार के बिना निम्नलिखित रूप में बनाया जाता है :-



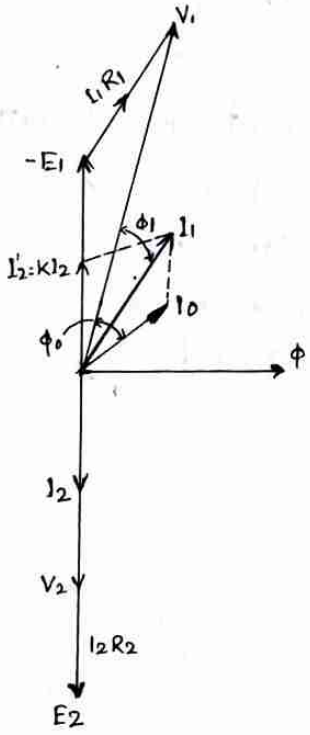
Transformer on no-load.

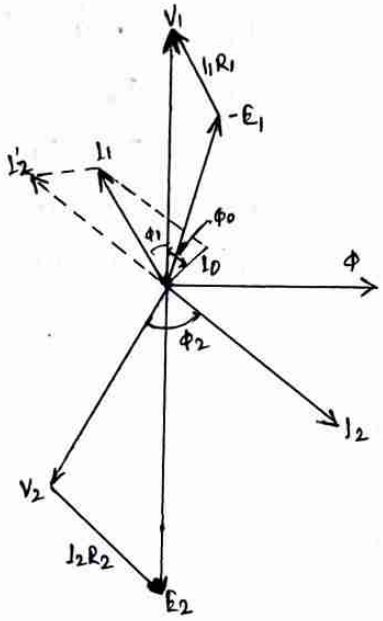
E_1 तथा E_2 फ्लक्स ϕ_m से 90° पश्चगामी (lagging) होता है। नो-लोड धारा (I_0) दो अलग भाग में विभक्त की जा सकती है। I_w तथा I_m, धारा के, वार्किंग तथा मैग्नेटाईजिंग अवयव (component) को दर्शाता है।



पश्चगामी शक्ति गुणक पर ट्रांसफार्मर का सदिश आरेख

Transformer ON-load.

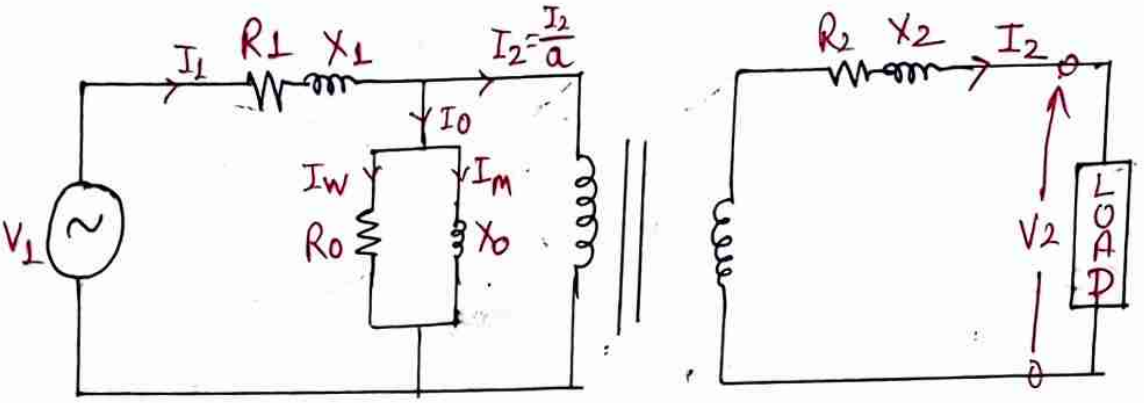




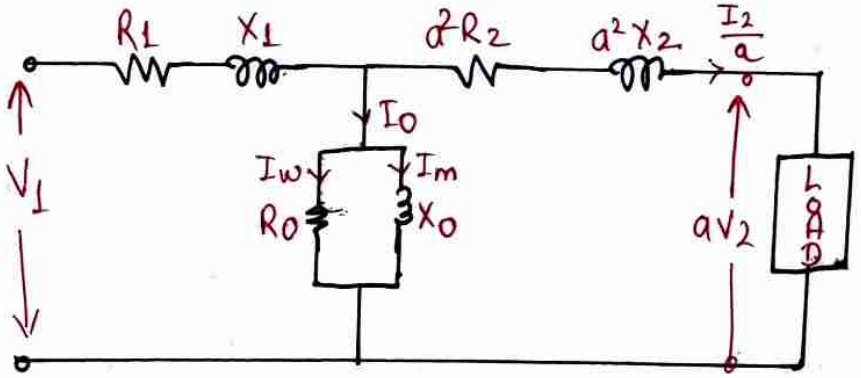
डुकाई शक्ति गुणक पर ट्रांसफार्मर का सदिश आरेख

अग्रगामी शक्ति गुणक पर ट्रांसफार्मर का सदिश आरेख

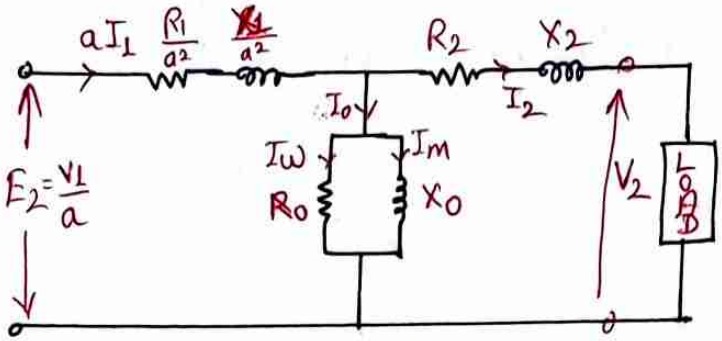
→ परिणामित्र का समकक्ष परिपथ (Equivalent Circuit of Transformer) :-



V_1 = प्राथमिक टर्मिनल वोल्टेज (Primary terminal voltage),
V_2 = द्वितीयक टर्मिनल वोल्टेज (Secondary terminal voltage),
R_1, X_1 = प्राथमिक प्रतिरोध एवं प्रतिघात (Primary Reistance & Reactance),
R_2, X_2 = द्वितीयक प्रतिरोध एवं प्रतिघात (Secondary Reistance & Reactance),
I_1 = प्राथमिक धारा (Primary current),
I_2 = द्वितीयक धारा (Secondary current),
I_w = कार्यकारी धारा (Working component of current),
I_M = चुम्बकीय धारा (Magnetizing component of current),
I_0 = भार-रहित धारा (No-load current),
R_0 = नो-लोड प्रतिरोध (No-load resistance),
X_0 = नो-लोड प्रतिघात (No-load reactance).



Equivalent Circuit referred to Primary.



Equivalent Circuit referred to Secondary.

→ परिणामित्र की हानियाँ (Losses in Transformer) ÷ परिणामित्र में निम्नलिखित दो प्रकार की हानियाँ होती हैं ÷

(अ) लौह हानि या कोर हानि (Iron or Core loss) ÷ लौह हानि परिणामित्र के चुम्बकीय कोर में होती है। यह हिस्टैरिसिस हानि (Hysteresis loss (P_h)) तथा भंवर धारा हानि (Eddy current loss (P_e)) का योग होता है।

$$P_i = P_h + P_e$$

$\because P_h = K_h f B_m^x$, $P_e = K_e f^2 B_m^2$.

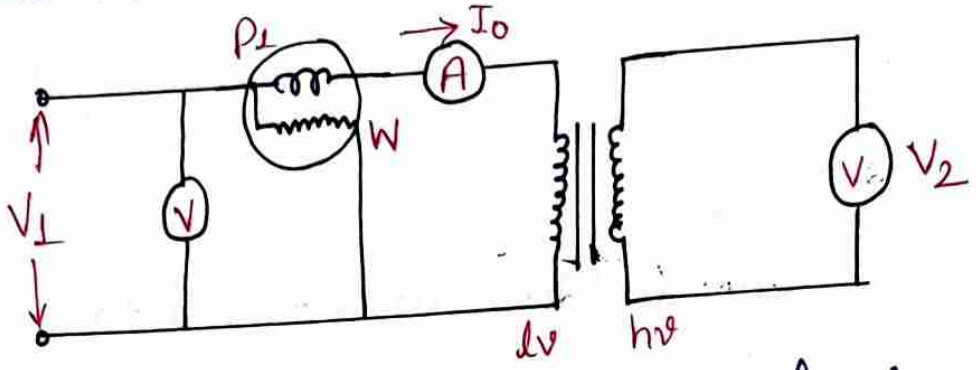
(ब) ताम्र हानि या I^2R हानि (Copper or I^2R loss) ÷ ताम्र हानि, I^2R हानि कुण्डलन प्रतिरोध के कारण होने वाली हानि है, जो प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलन में होता है।

कुल ताम्र हानि = ताम्र हानि प्राथमिक कुण्डलन + ताम्र हानि द्वितीयक कुण्डलन।

$$P_C = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$$

$$P_C = I_1^2 R_{e1} = I_2^2 R_{e2}$$

→ खुला-परिपथ परीक्षण (Open-Circuit test) :- खुला परिपथ परीक्षण का संयोजन चित्र निम्नलिखित होता है :-



Open-circuit test on transformer.

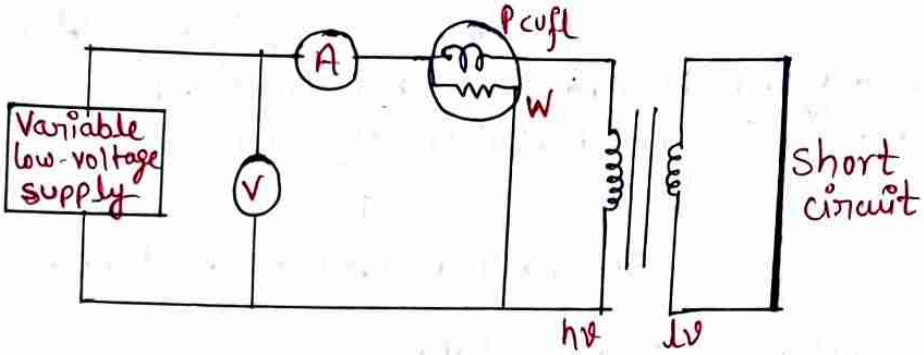
एक विभवमापी (voltmeter) V, एक धारामापी (Ammeter) A, तथा एक शक्तिमापी (wattmeter) W, निम्न-वोल्टेज (low-voltage) साईड पर लगाया जाता है, जिसे रेटेड वोल्टेज तथा आवृत्ति (frequency) दी जाती है। चूंकि द्वितीयक (secondary) खुला (open) होता है, इसलिए बहुत कम धारा (I_o) प्राथमिक में बहता है, जिसे भार-रहित धारा (No-load current) कहते हैं। धारामापी A, भार-रहित धारा (No-load current) को मापता है। परिणामित्र में शक्ति-हानि (power-loss) कोर हानि के कारण होता है, I^2R हानि प्राथमिक भाग में बहुत कम होती है। द्वितीयक भाग में I^2R हानि नहीं होती क्योंकि $I_2 = 0$। I^2R हानि को यहाँ उपेक्षित (neglect) करते हैं। कोर हानि सभी भार पर समान होगा। उपकरणों (instruments) की रीडिंग खुला-परिपथ परीक्षण के लिए निम्नलिखित है :-

धारामापी रीडिंग $= I_o$, विभवमापी रीडिंग $= V_D$, शक्तिमापी रीडिंग $= P_i$। कोर हानि $= P_i$,

$$P_i = V_o I_o \cos\phi_o \quad , \quad \cos\phi_o = \frac{P_i}{V_o I_o}$$

$$I_w = I_o \cos\phi_o, \quad I_m = I_o \sin\phi_o, \quad \boxed{R_o = \frac{V_o}{I_w} \quad , \quad X_o = \frac{V_o}{I_m}}.$$

→ लघु परिपथ परीक्षण (Short Circuit Test) :-



Short Circuit test on transformer.

लघु परिपथ परीक्षण सामन्यत: निम्न वोल्टेज साईड पर एक मीटे-चालक द्वारा लघु परिपथ करके किया जाता है। उच्च वोल्टेज साईड पर धारामापी, विभवमापी तथा शक्तिमापी लगाया जाता है। जब प्राथमिक कुण्डलन में रेटेड पूर्ण-भार (full-load) धारा प्रवाहित होगी, तब परिणामित्र क्रिया द्वारा द्वितीयक में पूर्ण भार धारा प्रवाहित होगी। तीनों उपकरणों की रीडिंग लिखि जाती है। यह परिक्षण रेटेड धारा पर होता है, अत: पूर्ण भार ताम्र हानि ज्ञात की जा सकती है।

लघु-परिपथ परीक्षण के उपकरणों की रेटिंग निम्नलिखित है :-

धारामापी रीडिंग = I_{sc}, विभवमापी रीडिंग = V_{sc}, शक्तिमापी रीडिंग = P_{wfl} = पूर्ण भार ताम्र हानि।

समकक्ष प्रतिरोध (Equivalent resistance) प्राथमिक साईड,

$$R_{o1} = \frac{P_{wfl}}{I_{sc}^2},$$

समकक्ष प्रतिबाधा (Equivalent impedance) प्राथमिक साईड,

$$Z_{o1} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}},$$

समकक्ष प्रतिघात (Equivalent reactance) प्राथमिक साईड,

$$X_{o1} = \sqrt{Z_{o1}^2 - R_{o1}^2}$$

यदि उपकरण द्वितीयक साईड पर लगे हों, तो R_{o2}, Z_{o2}, तथा X_{o2} निकाल सकते हैं।

→ परिणामित्र का वोल्टेज नियमन (Voltage Regulation of Transformer) :-

परिणामित्र के द्वितीयक टर्मिनल वोल्टेज में बदलाव जब वह बिना भार (no-load) से पूर्ण भार (full-load) पर जाता है। यह बदलाव द्वितीयक पर लगे भार के कम या अधिक होने पर होता है।

यह नियमन निम्नलिखित स्थितियों पर किया जाता है :-

(i) रेटेड वोल्टेज, धारा तथा आवृत्ति।
(ii) वोल्टेज का वेवफार्म साइनोसॉडल माना जाता है।
(iii) भार का शक्ति गुणांक ज्ञात होना चाहिए।

वोल्टेज परिवर्तन की सीमा नियमन द्वारा निर्धारित होती है। यह मान ±5% से अधिक नहीं होना चाहिए यदि परिणामित्र लोक सप्लाई के लिए लगा हो।

$$\%\ V.R = \frac{I_1 R_{o1} \cos\phi \pm I_1 X_{o1} \sin\phi}{V_1} \times 100$$

$$\%\ V.R = \frac{I_2 R_{o2} \cos\phi \pm I_2 X_{o2} \sin\phi}{V_2} \times 100$$

I_1, I_2 = प्राथमिक एवं द्वितीयक धारा (रेटेड),
R_{o1}, X_{o1} = प्रतिरोध तथा प्रतिघात (प्राथमिक साईड),
R_{o2}, X_{o2} = प्रतिरोध तथा प्रतिघात (द्वितीयक साईड),
$\cos\phi$ = भार का शक्ति गुणांक,
V_1, V_2 = प्राथमिक तथा द्वितीयक वोल्टेज,
(+) = पश्चगामी के लिए (for lagging pf),
(−) = अग्रगामी के लिए (for leading pf)।

→ परिणामित्र दक्षता (Transformer efficiency) ÷ परिणामित्र में आउटपुट शक्ति तथा इनपुट शक्ति के अनुपात को परिणामित्र दक्षता कहते हैं।

$$\eta = \frac{\text{(आउटपुट शक्ति)}}{\text{(इनपुट शक्ति)}}$$

$$\eta = \frac{\text{आउटपुट शक्ति}}{\text{आउटपुट शक्ति + ताम्र हानि + लौह हानि}}.$$

$$\Rightarrow \eta = \left(\frac{V_2 I_2 \cos\phi}{V_2 I_2 \cos\phi + I_2^2 R_{02} + P_i^\circ}\right).$$

अधिकतम दक्षता की स्थिति (Condition for Max. Efficiency) ÷

$$\eta = \frac{V_2 I_2 \cos\phi}{V_2 I_2 \cos\phi + I_2^2 R_{02} + P_i}$$

$$\eta = \left[\frac{V_2 \cos\phi}{V_2 \cos\phi + I_2 R_2 + \left[\frac{P_i^\circ}{I_2}\right]}\right]$$

for maximum value the denominator should be minimum.

$$\frac{dD_r}{dI_2} = 0 \quad \forall \quad D_r = V_2 \cos\phi + I_2 R_{02} + \frac{P_i^\circ}{I_2}.$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dI_2}\left(V_2 \cos\phi + I_2 R_{02} + \frac{P_i^\circ}{I_2}\right) = 0.$$

$$\Rightarrow 0 + R_{02} - \frac{P_i^\circ}{I_2^2} = 0.$$

$$\Rightarrow R_{02} = \frac{P_i^\circ}{I_2^2}$$

$$\Rightarrow I_2^2 R_{02} = P_i^\circ$$

$$\Rightarrow \boxed{\text{Copper loss} = \text{Iron loss}}.$$ परिणामित्र की दक्षता दिए गए शक्ति गुणांक पर अधिकतम तब होगी, जब ताम्र हानि लौह हानि के बराबर हो।

अधिकतम दक्षता पर धारा तथा KVA (Maximum efficiency current & KVA):-

अधिकतम दक्षता के लिए,

$$I_2^2 R_{02} = P_i$$

$$I_{2M}^2 = \frac{P_i}{R_{02}} = \frac{I_2^2 P_i}{I_2^2 R_{02}}$$

$$I_{2M} = I_{2fl}\sqrt{\frac{P_i}{I_2^2 R_{02}}} \quad \text{—— (i)}$$

Current at maximum efficiency = Full load current × $\sqrt{\frac{\text{Constant iron loss}}{\text{full-load copper loss}}}$

समीकरण (i) को V_2 से गुणा करने पर,

$$V_2 I_{2M} = V_2 I_{2fl}\sqrt{\frac{P_i}{P_{wfl}}}$$

$$S_M = S_{fl}\sqrt{\frac{P_i}{P_{wfl}}} \quad \text{—— (ii)}$$

समीकरण (ii) से अधिकतम दक्षता पर VA का मान ज्ञात करते हैं

अधिकतम दक्षता,

$$\eta_M = \frac{V_2 I_{2M}\cos\phi}{V_2 I_{2M}\cos\phi + I_{2M}^2 R_{02} + P_i}$$

अधिकतम दक्षता पर, $I_{2M}^2 R_{02} = P_i$ तथा $I_{2M} = m I_{2fl}$; $m = \sqrt{\frac{P_i}{P_{wfl}}}$

$$\therefore \eta_M = \frac{m V_2 I_{2fl}\cos\phi}{m V_2 I_{2fl}\cos\phi + P_i + P_i}$$

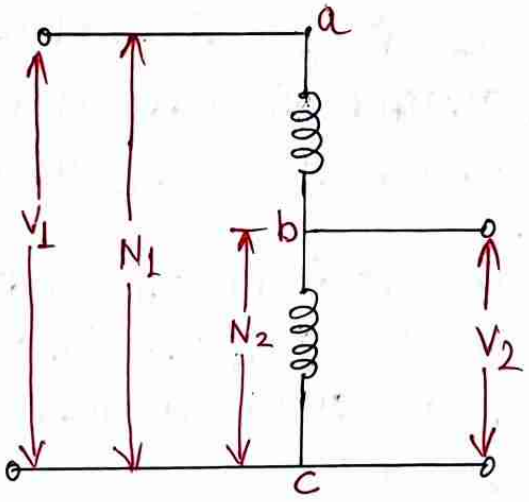
$$\eta_M = \frac{m(\text{rated VA})\cos\phi}{m(\text{rated VA})\cos\phi + 2P_i}$$

→ पूर्ण दिवस दक्षता (All day efficiency) :- यदि परिणामित्र दिनभर कार्य करता रहे तो उस पर भार दिन के समय अनुसार परिवर्तित होता रहता है। इस कारण परिणामित्र के पूर्ण दिवस में लौह हानि तो स्थिर रहती है परंतु ताम्र हानि भार के वर्ग अनुपात में परिवर्तित होती रहती है। इस प्रकार परिणामित्र में ऊर्जा दक्षता महत्वपूर्ण होती है। यह पूर्ण दिवस में निर्गत ऊर्जा तथा निविष्ट ऊर्जा का अनुपात होगी। ऊर्जा का मान किलोवाट घण्टा (KWHr) में लिया जाता है। इस कारण ऊर्जा दक्षता का सूत्र निम्नलिखित प्रकार से होगा :-

$$\text{ऊर्जा दक्षता} = \frac{\text{निर्गत ऊर्जा (KWH) में}}{\text{निविष्ट ऊर्जा (KWH) में}}$$

यदि यह ऊर्जा दक्षता पूर्ण दिवस (24 घण्टे) के लिए ली जाए, तो इस ऊर्जा दक्षता को पूर्ण दिवस दक्षता (All day efficiency) की संज्ञा दी जाती है।

→ स्व-परिणामित्र (Auto-Transformer) :- स्व-परिणामित्र एक कुण्डलन (single winding) वाला परिणामित्र होता है। यह कुण्डलन प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलनों के परिपथ में उभयनिष्ठ (common) होता है।

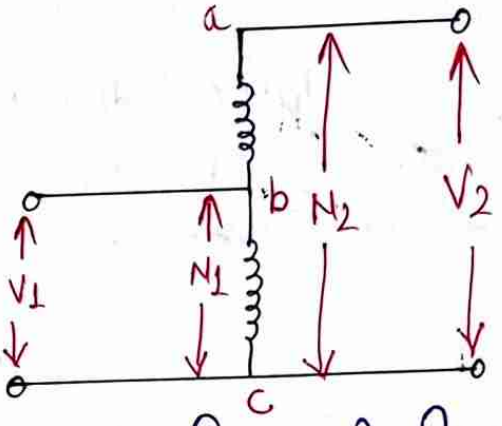


अपचाई स्व परिणामित्र.

V_1 व V_2 = प्राथमिक तथा द्वितीयक वोल्टेज,
I_1 व I_2 = प्राथमिक तथा द्वितीयक धारा,
N_1 = a तथा c के मध्य वर्तों (turns) की संख्या,
N_2 = b तथा c के मध्य वर्तों (turns) की संख्या,

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a_A .$$

a_A = स्वपरिणामित्र का ट्रांसफार्मेशन अनुपात (ratio).



उच्चाई स्व-परिणामित्र.

→ कॉपर की बचत (Saving in Copper) :- चालक पदार्थ का भार धारा तथा वर्तों (turns) के गुणा के समानुपाती होता है। दो कुण्डल परिणामित्र के लिए, प्राथमिक के चालक पदार्थ का भार $\propto I_H T_H$, द्वितीयक के चालक पदार्थ का भार $\propto T_L I_L$, पदार्थ का संपूर्ण भार $\propto (I_H T_H + I_L T_L)$.

ab भाग के वर्त $(T_H - T_L)$ तथा धारा I_H है। अतः ab भाग में चालक का भार $\propto I_H (T_H - T_L)$। भाग bc में T_L वर्त है तथा धारा $I_L - I_H$ होगा। भाग bc में चालक का भार होगा $\propto (I_L - I_H) T_L$। चालक पदार्थ का संपूर्ण भार होगा,

$$\propto [I_H (T_H - T_L) + (I_L - I_H) T_L] .$$

स्वपरिणामित्र में चालक पदार्थ का वजन
दो कुण्डली परिणामित्र में चालक पदार्थ का वजन

$$\frac{W_{auto}}{W_{2W}} = \frac{I_H(T_H - T_L) + (I_L - I_H)T_L}{I_H T_H + I_L T_L} = \frac{(I_H T_H + I_L T_L) - 2I_H T_L}{I_H T_H + I_L T_L}$$

$$= \frac{2I_H T_H - 2I_H T_L}{2I_H T_H} \quad [\because I_L T_L = I_H T_H].$$

$$= 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{1}{a_A}.$$

$$\therefore \frac{W_{auto}}{W_{2W}} = 1 - \frac{1}{a_A}.$$

$$\Rightarrow 1 - \frac{W_{auto}}{W_{2W}} = \frac{1}{a_A}.$$

∴ स्व-परिणामित्र के उपयोग में चालक पदार्थ में कॉपर की बचत

$$= W_{2W} - W_{auto} = \frac{1}{a_A} W_{2W}.$$

→ स्व-परिणामित्र के लाभ (Advantages of Auto Transformer) :- स्व-परिणामित्र के लाभ निम्नलिखित हैं :-

(i) इस परिणामित्र से सतत् परिवर्ती मान की निर्गत वोल्टता (output voltage) प्राप्त की जाती है।

(ii) स्व परिणामित्र में कम ताम्र की आवश्यकता होती है क्योंकि इसकी कुण्डली के एक भाग में, द्वितीयक तथा प्राथमिक धारा के अंतर मान की धारा प्रवाहित होती है।

(iii) इस परिणामित्र की दक्षता का मान अधिक होता है।

(iv) स्व परिणामित्र अच्छे वोल्टता नियमन पर कार्य करता है।

→ स्व परिणामित्र की हानियाँ (Disadvantages of Auto Transformer) :-

(i) इसकी सबसे बड़ी कमी, इसके प्राथमिक एवं द्वितीयक के बीच सीधे

विद्युत संयोजन का होना है। उच्च वोल्टता प्रचालन की स्थिति में परिपथ के खतरनाक होने की संभावना रहती है।

(ii) इसका प्रतिघात कम होता है, जिससे लघुपथ की स्थिति में कुण्डलन में अधिक मान की धारा प्रवाहित होती है।

(iii) जब रूपांतरण (transformation) प्राथमिक की अपेक्षा बहुत उच्च वोल्टता पर होता है तब यह वांछनीय है कि दोनों कुण्डलन विद्युत दृष्टिकोण से परस्पर अच्छी प्रकार विद्युतरोधी हों। ऐसा स्व परिणामित्र में संभव नहीं है।

→ स्व परिणामित्र के अनुप्रयोग (Applications of Auto Transformer):-

(i) स्व परिणामित्र नियामक परिणामित्र की भाँति उपयोग किये जाते हैं। जैसे पंखों की गति नियंत्रण के लिए।

(ii) इनका उपयोग प्रत्यावर्ती धारा फीडर (feedar) में वोल्टता वृद्धि के लिए बूस्टर (booster) के रूप में किया जाता है।

(iii) प्रेरण मोटर को चलाने के लिए प्रारंभक के रूप में उपयोग किया जाता है।

(iv) इनका उपयोग शक्ति तथा प्रकाश परिपथों के वोल्टता नियंत्रण के लिए किया जाता है।

(v) स्व परिणामित्र का उपयोग एक फेजी तथा तीन फेजी विद्युत इंजन के नियंत्रण-उपस्करों (control equipment) के लिए किया जाता है।

(vi) यह नियामक परिणामित्र (Regulating transformer) के रूप में भी उपयोग किया जाता है।

→ शक्ति परिणामित्र का शीतलन (Cooling of Power Transformer) →.

परिणामित्रों का शीतलन उस प्रक्रिया को कहते हैं, जिसमें उनमें जनित ताप (heat) को फैलाया जाता है या उसे सुरक्षित मान तक उपचारित किया जाता है। यह विभिन्न शीतलन प्रणालियों द्वारा संपादित किया जाता है।

परिणामित्र में ताप जनन के जो मुख्य घटक हैं, वो उनमें होने वाली - हिस्ट्रिसिस, भंवर धारा (eddy current), लौह एवं ताम्र हानियाँ होती हैं। इन सब में जो अधिकाधिक प्रभाव उत्पन्न करती है वो है - ताम्र हानि या I^2R हानि।

यदि परिणामित्र का तापमान लगातार बढ़ता रहे, तो इसके फलस्वरूप परिणामित्र के रोधन (insulation) में ह्रास होगा। रोधन ह्रास के कारण विभिन्न भाग के खराब होने का अवसर बन जाएगा और अंतिम रूप से परिणामित्र की विफलता साबित होगी। इस प्रकार परिणामित्र के प्रभावी कामकाज, लंबा जीवन तथा उच्च दक्षता के लिए यह आवश्यक है कि ताप का उचित निपटारा हो।

परिणामित्र शीतलन हेतु विभिन्न शीतलक (coolant) प्रयुक्त होते हैं, यथा - वायु (air), संश्लेषिक तेल (synthetic oil), खनिज तेल (mineral oil), गैस, जल।

आमतौर पर दो प्रकार के परिणामित्र होते हैं - शुष्क (dry type) एवं तेल निमग्न (oil immersed).

Dry Type Xmer

- Air Natural (AN)
- Air Forced (AF)

Oil Immersed Type Xmer

- Oil Natural Air Natural (ONAN)
- Oil Natural Air Forced (ONAF)
- Oil forced Air Forced (OFAF)
- Oil Natural Water forced (ONWF)
- Oil forced Water Forced (OFWF)

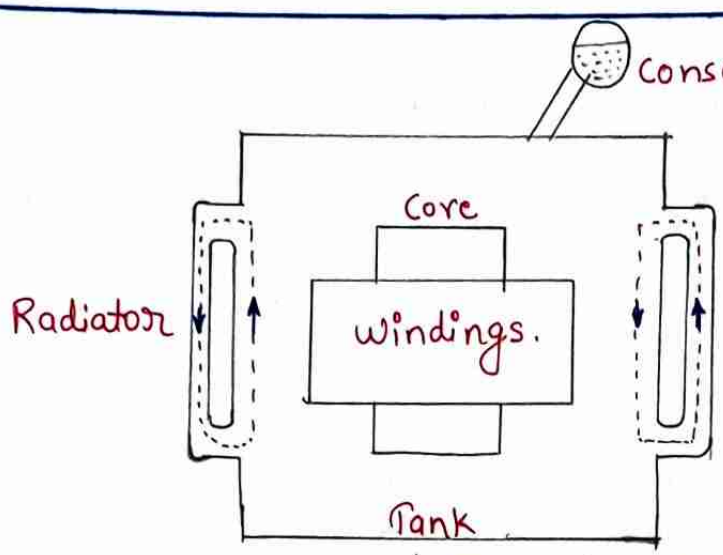
परिणामित्र शीतलन की विभिन्न विधियाँ : शुष्क (dry) प्रकार परिणामित्र का शीतलन निम्नलिखित दो विधियों द्वारा होता है :

(अ) Air Natural (AN) → इस विधि में जनित ताप को प्राकृतिक वायु के परिसंचरण द्वारा शीतलन किया जाता है। जब परिणामित्र का तापमान वायुमंडलीय हवा के तापमान से अधिक हो जाता है, तो प्राकृतिक संवहन (convection) के द्वारा गर्म हवा का स्थान ठंडी हवा लेती है। इस प्रक्रिया को स्व-शीतलन विधि (self-cooled method) भी कहा जाता है। इसका उपयोग 1.5 MVA तक के कम आऊटपुट वाले परिणामित्रों में होता है।

(ब) Air Forced (AF) → उक्त विधि में जनित ताप को शीतलन, दबावयुक्त वायु परिसंचरण (forced air circulation) द्वारा संपादित किया जाता है। पंखों तथा धौंकनी (blower) के द्वारा उच्च वेग से हवा को कोर तथा कुण्डलन में आपतित किया जाता है। परिणामित्र के आंतरिक तापमान में सुरक्षित सीमा में अधिक बढ़ोतरी हो जाती है, तो एक अलार्म सक्रिय हो जाता है तथा पंखों और ब्लोवरों के स्विच को ON कर देता है। इस विधि का उपयोग 15 MVA तक के परिणामित्रों के लिए किया जाता है।

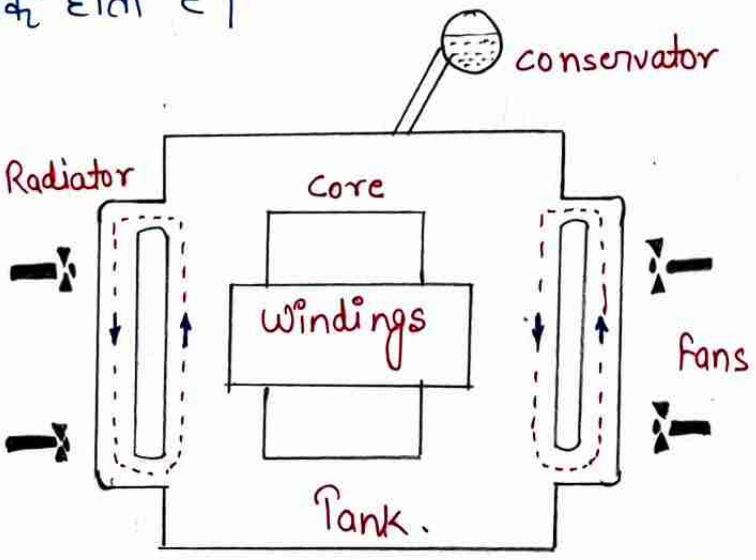
तेल निमग्न (oil immersed) परिणामित्रों का शीतलन तेल-वायु (oil-air) शीतलन विधि तथा तेल-पानी (oil-water) शीतलन विधि द्वारा किया जाता है।

(i) Oil Natural Air Natural (ONAN) → प्राकृतिक संवहन प्रक्रिया का उपयोग इस विधि में किया जाता है। कोर तथा कुण्डलन की असेंबली को तेल-निमग्न टैंक में रखा जाता है। कोर तथा कुण्डलनों के तापमान में वृद्धि होने पर तेल के तापमान में वृद्धि होती है। तेल ऊपर की ओर उठता है तथा परिणामित्र टैंक के ऊपरी हिस्से में बहने लगता है। यह गर्म तेल ताप को वायु में संचरित कर प्राकृतिक संवहन एवं संचरण के द्वारा ठंडा हो जाता है। इस प्रकार की शीतलन विधि को 30 MVA तक के परिणामित्र में उपयोग करते हैं।



Oil Natural Air Natural Cooling.

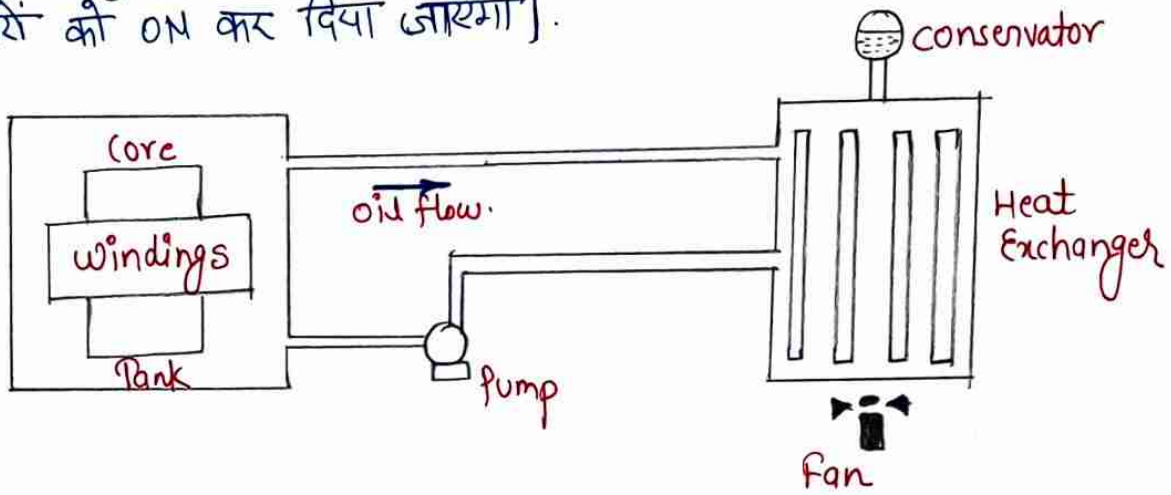
(ii) Oil Natural Air Forced (ONAF) → ONAF शीतलन का उपयोग 60 MVA तक के परिणामित्रों में किया जाता है। जैसा कि पूर्वी भाग में ONAN विधि में चर्चा की गई है, कि ताप का शीतलन संवहन विधि द्वारा होता है जिसमें वायु का परिसंचरण प्राकृतिक रूप में होता है। लेकिन उक्त विधि में (ONAF) दबावपूर्ण वायु के द्वारा परिणामित्र का शीतलन किया जाएगा। पंखों तथा ब्लोवरों की सहायता से उच्च वेग से वायु संचरण होने के फलस्वरूप, तेल जल्दी एवं उच्च दक्षता से शीतलित होगा। इस विधि की लागत अन्य विधियों से अधिक होती है।



Oil Natural Air Forced Cooling.

(iii) Oil Forced Air Forced (OFAF) → जैसा कि नाम से ही विदित है कि परिणामित्र शीतलन के लिए तेल तथा वायु दोनों को दबाव द्वारा प्रयुक्त किया जाएगा। उष्मा विनिमायक (Heat Exchanger) को स्थापित किया जाएगा, जिससे गर्म तेल का संचरण पम्प द्वारा किया जाएगा। उच्च गति के पंखों द्वारा वायु को बलपूर्वक उष्मा विनिमायक से पास कराया जाता है।

यह विधि ONAN विधि के समान होती है। निम्न या कम भार पर परिणामित्र का शीतलन साधारण ONAN विधि द्वारा होता है। हालांकि, जैसे-जैसे भार में वृद्धि होगी, ताप जनन भी अधिक होगा तथा सेंसर द्वारा अलार्म को सूचना दी जावेगी कि ताप की मात्रा सुरक्षित सीमा से अधिक हो गई है। फलस्वरूप, पंखों तथा ब्लोवरों को ON कर दिया जाएगा।

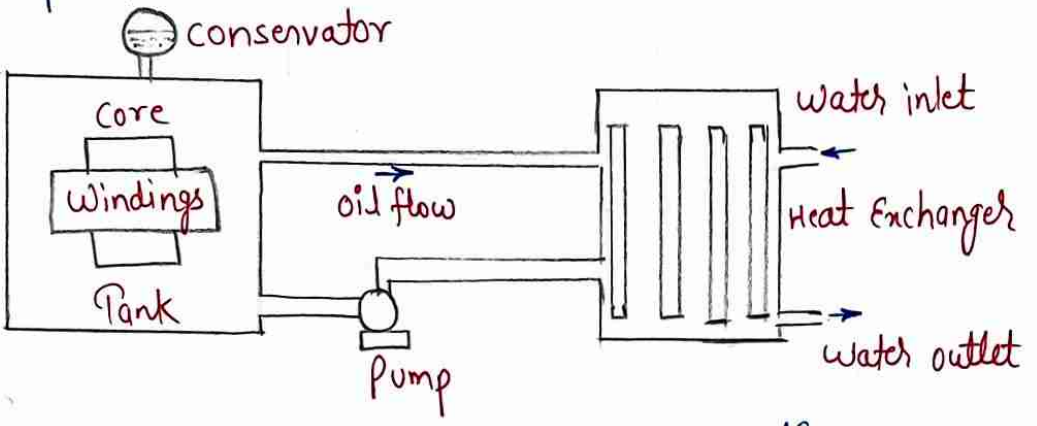


Oil Forced Air Forced Cooling.

(iv) Oil Natural Water Forced (ONWF) → इस विधि में परिणामित्र कोर तथा कुण्डलन तेल टैंक में डूबे रहते हैं। एक रेडियेटर, जो कि टैंक के बाहर लगा होता है, में तेल गर्म होने के पश्चात प्राकृतिक संवहन द्वारा ऊपर उठकर आता है। तेल को रेडियेटर से पास कराया जाता है। पानी को पम्प द्वारा उष्मा विनिमायक में भेजकर उष्मा परिवर्तन कराया जाता है।

(v) Oil Forced Water Forced (OFWF) → एक उष्मा विनिमायक स्थापित कर, उसमें से तेल तथा जल दोनों को गुजारा जाता है। तेल का स्तर तथा दाब जल से अधिक रखा जाता है चूंकि यदि रिसाव होगा तो तेल जल में मिल सके, किंतु जल तेल में न मिल पाए।

उक्त विधि अधिक क्षमता वाले परिणामित्र के लिए उपयोगी होता है। यह क्षमता कई सौ MVA या परिणामित्र के बैंको आदि के लिए हो सकती है। ज्यादातर यह विधि उन परिणामित्रों के शीतलन के लिए उपयोग की जाती है, जो जल विद्युत संयंत्र (Hydro Power plant) में स्थापित होते है।



Oil forad water forced cooling.

Q. एक 125 KVA परिणामित्र में प्राथमिक वोल्टेज 200V, 50Hz है। प्राथमिक में 182 तथा द्वितीयक में 40 वर्त (turns) है। ज्ञात कीजिए :

(i) पूर्ण भार प्राथमिक तथा द्वितीयक धारा।

(ii) भार रहित द्वितीयक प्रेरित वि.वा.ब।

(iii) कोर में अधिकतम फ्लक्स।

A 125 KVA transformer having primary voltage of 200V, at 50Hz has 182 primary & 40 secondary turns. Calculate :

(i) The full load primary & secondary current?

(ii) The no load secondary induced emf?

(iii) The max. flux in the core?

(हल) दिया गया है,

$S = 125\ KVA,\ V_1 = 200V,\ f = 50Hz,\ N_1 = 182,\ N_2 = 40,$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}.$$

$$\Rightarrow \frac{V_2}{200} = \frac{40}{182} \Rightarrow V_2 = 43.95V.$$

(ii) $\boxed{V_2 = E_2 = 43.95\ V}$ Ans.

(i) $\boxed{I_1 = \frac{125 \times 10^3}{200} = 625\ A}$ Ans.

$$I_2 = \frac{N_1}{N_2} \times I_1 = \frac{182}{40} \times 625 = 2843.75A.$$

$\boxed{I_2 = 2843.75\ A}$ Ans.

(iii) $V_1 = 4.44 f \phi_M N_1$

$\Rightarrow 200 = 4.44 \times 50 \times \phi_M \times 182$

$$\phi_M = \frac{200}{4.44 \times 50 \times 182} = 4.95\ mwb.$$

$\boxed{\phi_M = 4.95\ mwb}$ Ans.

Q. एक 600 KVA एकल कैज परिणामित्र की दक्षता 92%. ईकाई शक्ति गुणांक पर पूर्ण भार तथा आधा पूर्ण भार पर है। इनकी दक्षता 60%. पूर्ण भार 0.8 (lag) शक्ति गुणांक पर ज्ञात कीजिए। उस भार को भी ज्ञात कीजिए जब अधिकतम दक्षता होगी तथा अधिकतम दक्षता ईकाई शक्ति गुणांक पर भी ज्ञात कीजिए?.

A 600 KVA, 1ϕ transformer has an efficiency of 92%. on both at full load and half full load at unity power factor. Determine its efficiency at 60% of full load at 0.8 pf lag. Also determine the load at which maximum efficiency occur & maximum efficiency at unity power factor?

हल→ दिया गया है, $S = 600\,KVA$, $\eta = 92\%$, $pf = 1$, $x = 1$, $x = 1/2$.

$$\%\eta = \frac{S \times x \times pf}{S \times x \times pf + P_i + x^2 P_{wfl}} \times 100$$

माना कि, P_i = लौह हानि, तथा P_{wfl} = ताम्र हानि।

(i) At $x = 1$,

$$\Rightarrow 0.92 = \frac{600 \times 10^3 \times 1 \times 1}{600 \times 10^3 \times 1 \times 1 + P_i + 1^2 \times P_{wfl}}$$

$$\Rightarrow 552000 + 0.92 P_i + 0.92 P_{wfl} = 600000$$

$$\Rightarrow 0.92 P_i + 0.92 P_{wfl} = 48000 \quad \text{—— (i)}$$

At $x = 1/2$,

$$\Rightarrow 92 = \frac{600 \times 10^3 \times 1 \times 0.5}{600 \times 10^3 \times 1 \times 0.5 + P_i + (\frac{1}{2})^2 P_{wfl}} \times 100$$

$$\Rightarrow 0.92 = \frac{300000}{300000 + P_i + 0.25 P_{wfl}}$$

$$\Rightarrow 276000 + 0.92 P_i + 0.23 P_{wfl} = 300000$$

$$\Rightarrow 0.92 P_i + 0.23 P_{wfl} = 24000 \quad \text{—— (ii)}$$

$$P_i = 17.39\ KW$$

$$P_{wfl} = 34.78\ KW$$

अब $x = 0.6$, $pf = 0.8$,

$$\%\eta = \frac{600\times10^3\times0.6\times0.8}{600\times10^3\times0.6\times0.8 + 17391 + 34782}\times100$$

$$\boxed{\%\eta = 84.66\%}$$ Ans.

(ii) भार अधिकतम दक्षता पर,

$$S_m = S_{fl}\sqrt{\frac{P_i}{P_{wfl}}}$$

$$S_m = 600\sqrt{\frac{17.39}{34.78}}$$

$$\boxed{S_m = 424.26\ KVA}$$ Ans.

(iii) अधिकतम दक्षता.

$$\%\eta_M = \frac{m(\text{rated VA})\cos\phi}{m(\text{rated VA})\cos\phi + 2P_i}\times100$$

$$= \frac{1\times600\times10^3\times1}{1\times600\times10^3\times1 + 2\times17.39\times10^3}\times100$$

$$\therefore \boxed{\%\eta_M = 94.52\%}$$ Ans.

Q. एकल फेज परिणामित्र 100KVA, 3.3KV/230V, 50Hz की 89.5% दक्षता 0.85 (lag) शक्ति गुणांक पर पूर्ण तथा अर्ध पूर्ण भार पर होता है। इसकी दक्षता 75% भार तथा 0.9 (lead) शक्ति गुणांक पर ज्ञात कीजिए?.

A 1ϕ transformer 100KVA, 3.3KV/230V, 50Hz has 89.5% efficiency at 0.85 lagging power factor both at full load and also at half load. Determine efficiency of transformer at 75% load and 0.9 lead pf?.

हल → दिया गया है, 100 KVA, 3.3 KV/230V, $f = 50Hz$, $\eta = 89.5\%$, $pf = 0.85$

$$\eta = \frac{100\times10^3\times0.85\times1}{100\times10^3\times0.85\times1+P_i+1^2 P_{cufl}} = 89.5\%$$

$$\Rightarrow 0.895 = \frac{85000}{85000+P_i+P_{cufl}} \Rightarrow 76075+0.895(P_i+P_{cufl})=85000.$$

$$\Rightarrow 0.895P_i+0.895P_{cufl} = 8925 \quad \text{—(i)}$$

for $x=0.5$,

$$\Rightarrow 0.895 = \frac{100\times10^3\times0.85\times0.5}{100\times10^3\times0.85\times0.5+P_i+(0.5)^2P_{cufl}}$$

$$\Rightarrow 38037.5+0.895P_i+0.22P_{cufl} = 42500.$$

$$\Rightarrow 0.895P_i+0.22P_{cufl} = 4462.5 \quad \text{—(ii)}$$

$P_i = 3360.9\,W$

$P_{cufl} = 6611.1\,W.$

अब, $x=0.75$, $pf=0.9$,

$$\%\eta = \frac{100\times10^3\times0.75\times0.9}{100\times10^3\times0.75\times0.9+3360.9+6611.1}\times100$$

$$\boxed{\%\eta = 90.63\%}$$ Ans.

Q. एक 10 KVA एकल फेज परिणामित्र 50 Hz, 500/250V परीक्षण पर निम्नलिखित परिणाम प्राप्त हुए:

OC परीक्षण (LV साईड) = 250V, 3A, 200W.

SC परीक्षण (HV साईड) = 15V, 30A, 300W.

दक्षता एवं नियमन ज्ञात कीजिए पूर्ण भार 0.8 शक्ति गुणांक पर?

A 10KVA single phase transformer 50Hz, 500/250V gave the following results on testing:

OC test (LV side): 250V, 3A, 200W.

SC test (HV side): 15V, 30A, 300W.

Calculate efficiency & regulation at 0.8 pf on full load?

हल → OC परीक्षण से,

(i) लौह हानि = $P_i = 200\,W$.

(ii) $P_o = V_o I_o \cos\phi_o$.

$\cos\phi_o = \frac{P_o}{V_o I_o} = \frac{200}{250 \times 3} = 0.267$.

$\sin\phi_o = 0.963$.

$I_w = I_o \cos\phi_o = 3 \times 0.267 = 0.801\,A$.

$I_m = I_o \sin\phi_o = 3 \times 0.963 = 2.889\,A$.

$R_o = \frac{V_o}{I_w} = \frac{250}{0.801} = 312.11\,\Omega$.

$X_o = \frac{V_o}{I_m} = \frac{250}{2.889} = 86.53\,\Omega$.

SC परीक्षण से,

(i) ताम्र हानि,

$I_{rated} = \frac{10 \times 10^3}{500} = 20\,A$.

$I_{tested} = 30\,A$.

$\therefore P_{wfl} = P_w \times \left[\frac{I_{rated}}{I_{tested}}\right]^2$

$= 300 \times \left[\frac{20}{30}\right]^2$

$\therefore P_{wfl} = 133.33\,W$.

$R_{o1} = \frac{P_{wfl}}{I^2} = \frac{133.33}{20^2} = 0.33\,\Omega$.

$X_{o1} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} = \frac{15}{20} = 0.75\,\Omega$.

$X_{o1} = \sqrt{Z_{o1}^2 - R_{o1}^2} = \sqrt{(0.75)^2 - (0.33)^2} = 0.673\,\Omega$.

$\% \eta = \frac{10 \times 10^3 \times 0.8 \times 1}{10 \times 10^3 \times 0.8 \times 1 + 200 + 133.33 \times (1)^2} \times 100$

$\therefore \boxed{\% \eta = 96\%}$ Ans.

$$\% V.R = \frac{I_1 R_{01} \cos\phi + I_1 X_{01} \sin\phi}{V_1} \times 100.$$

$$I_1 = \frac{10 \times 10^3}{500} = 20A.$$

$$\% V.R = \frac{20 \times 0.33 \times 0.8 + 20 \times 0.673 \times 0.6}{500} \times 100$$

$$\boxed{\% V.R. = 2.67\%}$$ Ans.

Q. एक 50 KVA, एकल कला परिणामित्र 50 Hz, 2200/110 V पर परीक्षण परिणाम प्राप्त हुए :
OC परीक्षण (LV साईड) : 110V, 10A, 400W.
SC परीक्षण (HV साईड) : 90V, 20.5A, 808W.
उच्च वोल्टता साईड के सभी समकक्ष परिपथ के अवयवों को ज्ञात कीजिए एवं उसका चित्र बनाईए?.

A 50 KVA single phase transformer, 50 Hz, 2200/110 V gave the following test results:
OC test (LV side): 110V, 10A, 400W
SC test (HV side): 90V, 20.5A, 808W
Compute all the parameters of the equivalent circuit referred to HV side & draw the resultant circuit?.

हल→ OC परीक्षण,

$$P_i = P_0 = 400W.$$

$$P_0 = V_0 I_0 \cos\phi_0 \Rightarrow 400 = 110 \times 10 \times \cos\phi_0 \Rightarrow \cos\phi_0 = \frac{400}{110 \times 10} = 0.363.$$

$$\Rightarrow \sin\phi_0 = 0.931.$$

$$I_w = I_0 \cos\phi_0 = 10 \times 0.363 = 3.63 A.$$

$$I_m = I_0 \sin\phi_0 = 10 \times 0.931 = 9.31 A.$$

$$R_0 = \frac{V_0}{I_w} = \frac{110}{3.63} = 30.30\Omega.$$

$$X_0 = \frac{V_0}{I_m} = \frac{110}{9.31} = 11.81\Omega.$$

SC परीक्षण,

$$I_{rated} = \frac{50 \times 10^3}{2200} = 22.72\,A.$$

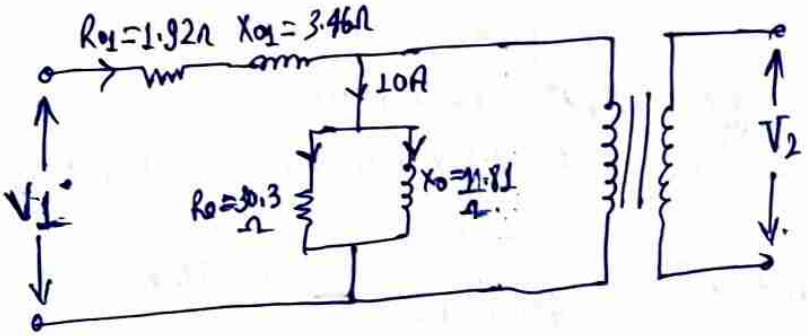
$$I_{tested} = 20.5\,A.$$

$$P_{cufl} = P_{cufl} \times \left[\frac{I_{rated}}{I_{tested}}\right]^2 = 808 \times \left(\frac{22.72}{20.5}\right)^2 = 992.47\,W.$$

$$P_{cufl} = 992.47\,W.$$

$$R_{o1} = \frac{P_{cufl}}{(I_{sc})^2} = \frac{(992.47)}{(22.72)^2} = 1.92\,\Omega.$$

$$Z_{o1} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} = \frac{90}{22.72} = 3.96\,\Omega.$$



$$X_{o1} = \sqrt{Z_{o1}^2 - R_{o1}^2} = \sqrt{3.96^2 - 1.92^2} = 3.46\,\Omega.$$

Q. एक 100 KVA वितरण परिणामित्र की पूर्ण भार हानि 3 KW है, हानियाँ बराबर लोह तथा ताम्र में बंटी हुई हैं। एक दिन में परिणामित्र 3 घंटे पूर्ण भार पर, 4 घंटे अर्ध पूर्ण भार पर चलता है। बाकी समय उसका निर्गत शून्य है। पूर्ण दिवस दक्षता ज्ञात कीजिए?

A 100 KVA distribution transformer has a full load loss of 3 kW, the losses being equally distributed between iron & cooper. During a day the transformer operates on full load for 3 hrs, half load for 4 hrs, the output being negligible for the remainder of the day. Calculate all day efficiency?

हल:- दिया गया है, $S = 100\ KVA$,

पूर्ण हानि $= 3\ kW$,

लौह हानि $= \frac{3}{2} = 1.5\ kW$, ताम्र हानि $= \frac{3}{2} = 1.5\ kW$.

दिए गए भार के अनुसार,

स.क्र.	भार (KVA)	घंटे	x	$P_{wfl} = x^2 \times P_{wfl} \times$ No. of Hours
1.	100	3	1	$P_{wfl} = 1^2 \times 1.5 \times 3 = 4.5$
2.	50	4	0.5	$P_{wfl} = 0.5^2 \times 1.5 \times 4 = 1.5$
3.	0	17	0	$P_{wfl} = 0 \times 1.5 \times 17 = 0$

Total copper loss in 24 hrs $= 6\ KWH$.

Total iron loss $= 24 \times 1.5 = 36\ KWh$.

$\therefore$ Total loss $= P_i + P_{wfl}$

$= 36 + 6 = 42\ KWh$.

Total energy output in 24 hrs,

$1 \times 100 \times 3 + 50 \times 4 \times 0.5 + 0 = 300 + 100 = 400\ KWh$

$\therefore \eta_{All\ day} = \frac{400}{400 + 42} = 0.9049$.

$\% \eta_{All\ day} = 90.5\ \%$ Ans.

Q. 1500 KVA परिणामित्र की पूर्ण दिवस दक्षता ज्ञात कीजिए, जिसका ताम्र हानि एवं लौह हानि 4.5 kW तथा 3.2 kW है। यदि परिणामित्र को दिन में इस प्रकार भारित करेंगे :-

1200 kW 0.9 pf, 10 घंटे,

900 kW, 0.8 pf, 10 घंटे,

300 kW, 0.9 pf, 4 घंटे।

Find all-day efficiency of 1500 KVA transformer whose copper loss and iron loss are 4.5 kW & 3.2 kW resp. If the transformer was loaded during the day as follows :-

1200 kW, 0.9 pf for 10 hrs,
900 kW, 0.8 pf for 10 hrs,
300 kW, 0.9 pf for 4 hrs.

हल → दिया गया है, $S = 1500$ KVA, $P_{cufl} = 4.5$ kW, $P_i = 3.2$ kW.

स.क्र.	भार	शक्ति गुणांक	घंटे	KVA = kW/cosϕ	$x = \frac{KVA}{(KVA)_{rated}}$	$P_{cufl} = x^2 \times P_{cufl} \times hrs$
1.	1200	0.9	10	1333.33	0.88	$(0.88)^2 \times 4.5 \times 10 = 34.84$
2.	900	0.8	10	1125	0.75	$(0.75)^2 \times 4.5 \times 10 = 25.31$
3.	300	0.9	4	333.33	0.22	$(0.22)^2 \times 4.5 \times 4 = 0.87$

24 घण्टे की ताम्र हानि = 61.02 KWH

24 घण्टे की लौह हानि = 24 × 3.2 = 76.8 KWH.

∴ पूर्ण हानि = 61.02 + 76.8 = 137.82 KWH.

∴ 24 घण्टे की निर्गत ऊर्जा (output energy) = 1200 × 10 + 900 × 10 + 300 × 4
= 22200 KWH.

$$\therefore \% \eta_{All\ day} = \frac{22200}{22200 + 137.82} \times 100.$$

$$\% \eta_{allday} = 99.38\%$$ Ans.