শিক্ষক পরিচিতিঃ

এস, এম, জয়নাল আবেদীন
ইন্সট্রাক্টর (ইলেকট্রিক্যাল)
ফেনী পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট

পাঠ পরিচিতিঃ

বিষয়ঃ এসি মেসিনস-১ (৬৬৭৬১)

৬ষ্ঠ পর্ব (ইলেকট্রিক্যাল)

৩য় অধ্যায়

ট্রান্সফরমারের লোডবিহীন এবং লোডযুক্ত অবস্থায় কার্যপ্রণালিঃ (Operation of Transformer on No-load & Load Condition)

এ অধ্যায়ের পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা জানতে পারবেঃ

৩.১। ট্রান্সফরমারের নো-লোড অপারেশনের ধারণা।

৩.২। ট্রান্সফরমারের নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট, মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর সম্পর্কে ধারণা।

৩.৩। ট্রান্সফরমারের নো-লোড অবস্থার ভেক্টর চিত্র অংকনকরণ।

৩.৪। ট্রান্সফরমারের নো-লোড টেস্টের সমস্যার সমাধান করন।

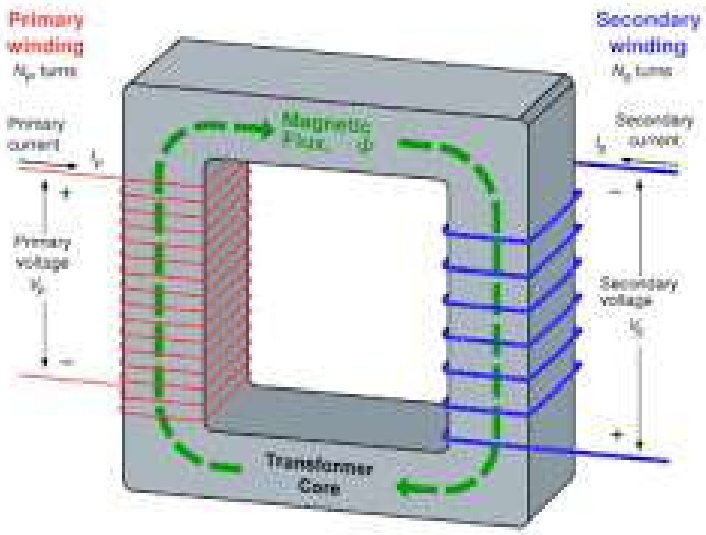
৩.৫। ট্রান্সফরমারের লোডযুক্ত অবস্থায় কার্যবলির ধারণা।

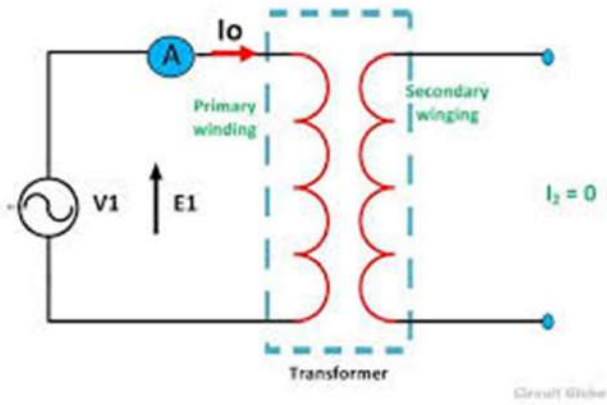
৩.৬।ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম অংকনকরণ।

৩.৭। লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের সমস্যাবলির সমাধান করন।

৩.১ ট্রান্সফরমারের নো-লোড অপারেশন (No-load Operation of Transformer)

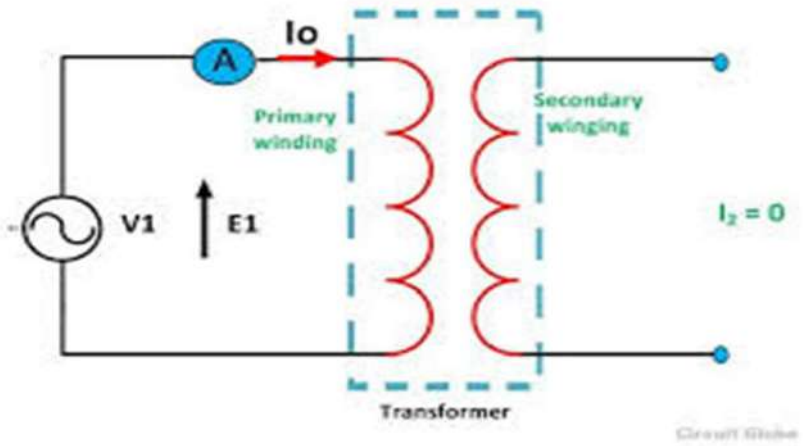
ট্রান্সফরমারের একদিকে এর রেটেড পূর্ণ ভোল্টেজ প্রয়োগ করে অন্য সাইড খোলা রেখে দিলে ট্রান্সফরমারের যে অবস্থার সৃষ্টি হয়,তাকে নো-লোড কন্ডিশন (condition) বলে। এ অবস্থায় অর্থাৎ লোডবিহীন অবস্থায় কার্যক্রমই হলো নো-লোড অপারেশন।





৩.১ ট্রান্সফরমারের নো-লোড অপারেশন (No-load Operation of Transformer)

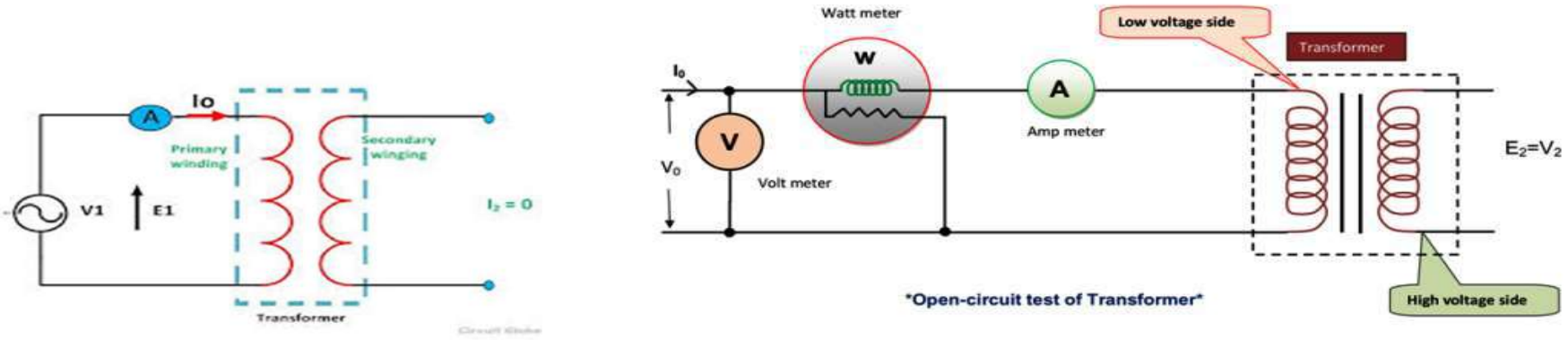
এ অবস্থায় ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারিতে কোনো লোড থাকেনা। সেকেন্ডারি বর্তনী খোলা থাকে (চিত্র নং-২)। প্রাইমারিতে উচ্চমানের ইম্পিড্যান্স থাকে বিধায় আরোপিত প্রাইমারি ভোল্টেজ $(V1)$ কারণে প্রাইমারিতে সামান্য কারেন্ট প্রবাহিত হয়,যা ফুল –লোড কারেন্টের 2% - 5% হয়ে থাকে। প্রাইমারিতে প্রবাহিত এ সামান্য কারেন্টকেই নো-লোড কারেন্ট বলে। ইহাকে I_0 বা I_n দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সেকেন্ডারি বর্তনী খোলা থাকে বিধায় কোনো এনার্জী ট্রান্সফার হয় না।



চিত্র নং-২

৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(ক) নো-লোড ভোল্টেজ (No-load Voltage): ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি সার্কিট লোড-বিহীন অবস্থায় খোলা প্রাইমারিতে যে রেটেড ভোল্টেজ (V_1) প্রয়োগ করা হয় সে পরিমান ভোল্টেজকেই নো-লোড ভোল্টেজ বলে।অর্থাৎ সে অবস্থায় আরোপিত ভোল্টেজ (V_1)-ই নো-লোড ভোল্টেজ ।

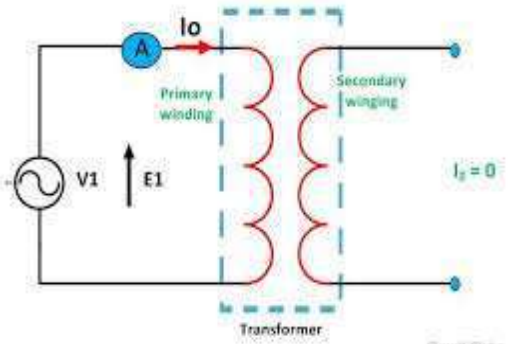


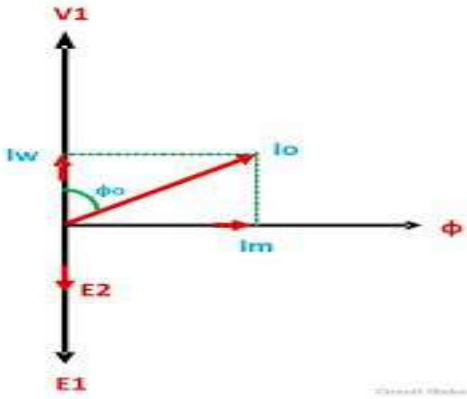
চিত্র নং-৩

৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(খ) নো- লোড কারেন্ট (No-load current):

ট্রান্সফরমারের নো-লোড অবস্থায় প্রাইমারি ওয়াইন্ডিং-এ যে সামান্য পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয়,তাকেই নো-লোড কারেন্ট বলে। ফুল-লোড অবস্থায় ট্রান্সফরমারের প্রাইমারিতে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, নো-লোড অবস্থায় তার প্রায় 2% - 5% কারেন্ট প্রবাহিত হয়। এই কারেন্টকে I_0 বা I_n দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

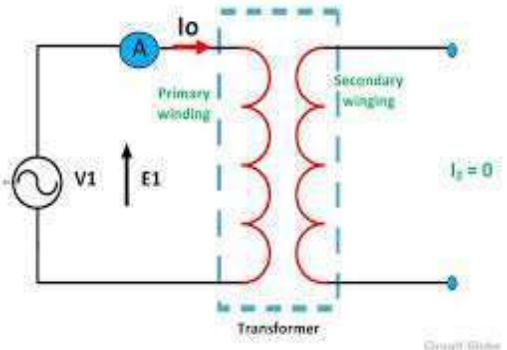


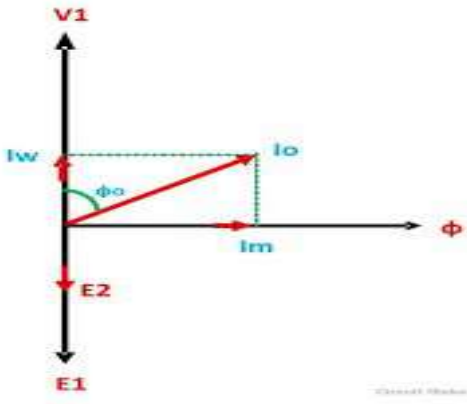


৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(খ) নো- লোড কারেন্ট (No-load current):

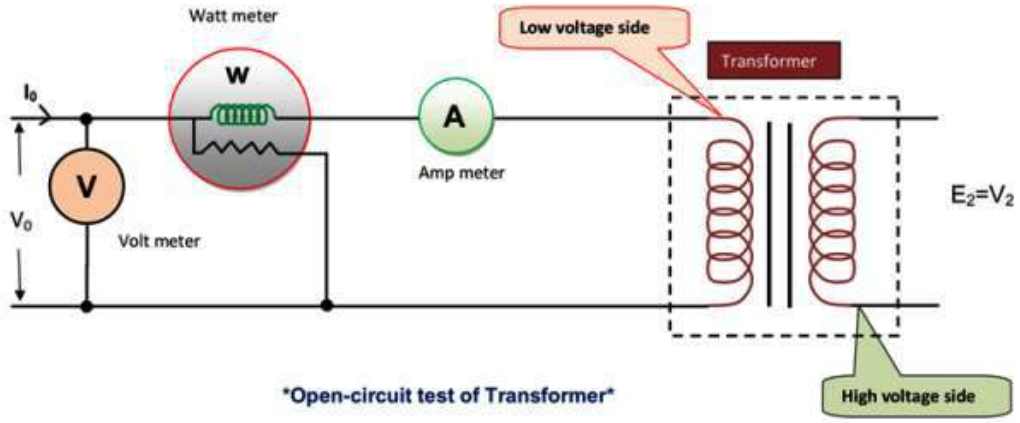
এ কারেন্টের দুটি কম্পোনেন্ট বা উপাংশ থাকে।একটি কম্পোনেন্টকে ম্যাগনেটাইজিং কম্পোনেন্ট (I_μ or I_m) বলে,যা সাপ্লাই ভোল্টেজের 90° পেছনে থাকে কোরে মিউচুয়াল ফ্লাক্সকে প্রতিষ্ঠিত করে। এই ম্যাগনেটাইজিং কম্পোনেন্টকে ওয়াটলেস (Wattless) কম্পোনেন্ট বলে। কারন (I_μ or I_m)এবং ϕ_m or ϕ একই ফেইজে অবস্থান করলেও সরবরাহ হতে কোনো পাওয়ার গ্রহন করেনা।





৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

দ্বিতীয় কম্পোনেন্টকে ওয়ার্কিং কম্পোনেন্ট (I_w) বলে,যা সাপ্লাই ভোল্টেজ (V_1)-এর সাথে একই ফেজে অবস্থান করে কোর লস করে থাকে। I_w সরবরাহ হতে পাওয়ার গ্রহন করে বিধায় এটিকে অ্যাকটিভ কম্পোনেন্টও বলে।

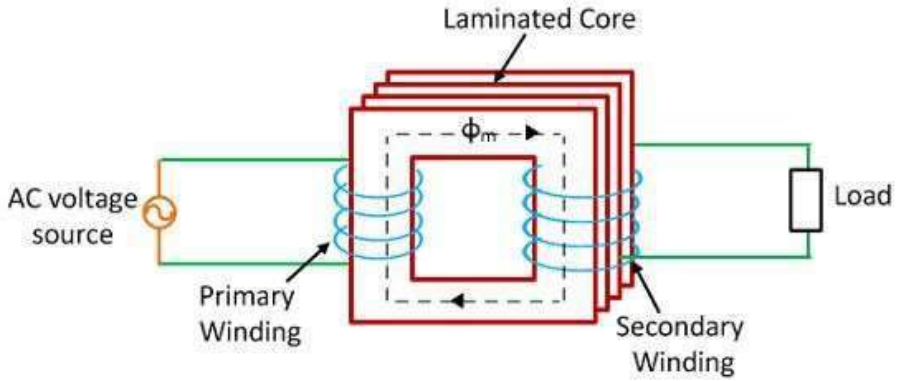


চিত্র নং -৪

৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(গ) মিউচুয়াল ফ্লাক্স (Mutual flux):

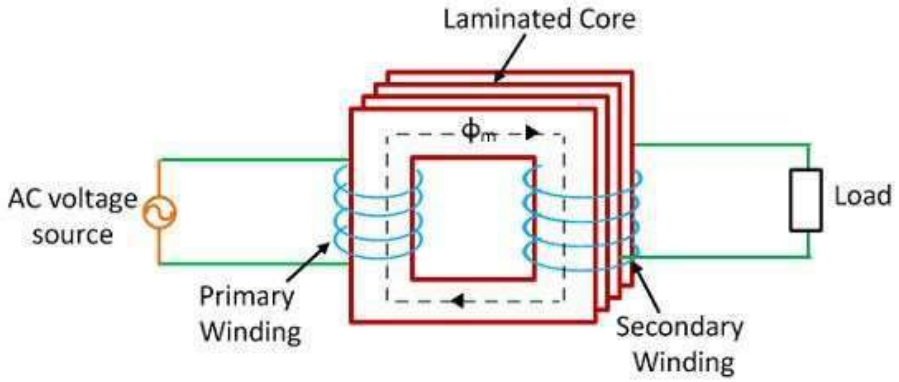
একটি চুম্বকের বা উদ্যমশীল তারের চতুর্দিকের চুম্বকীয় বলরেখার মোট পরিমাণকে ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স বলে। ট্রান্সফরমারের প্রথমায় এসি প্রবাহের ফলে প্রথমায় যে চৌম্বক বলরেখা উৎপন্ন হয় তা কোরের মাধ্যমে দ্বিতীয়ায় যায়।



৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(গ) মিউচুয়াল ফ্লাক্স (Mutual flux):

এজন্য এ প্রক্রিয়ায় ওয়াইন্ডিং-এ সংশ্লিষ্ট ফ্লাক্সকেই মিউচুয়াল ফ্লাক্স বলা হয়। ট্রান্সফরমারের নো-লোড কারেন্টের ম্যাগনেটাইজিং কম্পোনেন্ট-এ মিউচুয়াল ফ্লাক্স ϕ_m সৃষ্টি করে। এ মিউচুয়াল ফ্লাক্স উভয় ওয়াইন্ডিং-এ ইনিডিউস্ড ই,এম,এফ সৃষ্টি করে থাকে।



৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(ঘ) নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load Power factor):

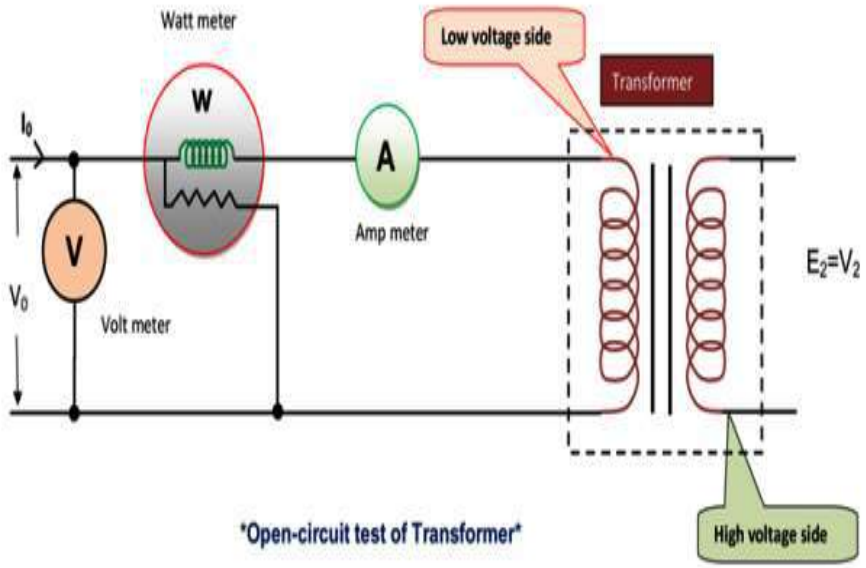
আমরা জানি, ট্রান্সফরমারের ইনপুট পাওয়ার, $W_o = (V_1)\ I_0\ \cos\phi_0$

যেখানে, W_o= নো-লোড ইনপুট পাওয়ার

(V_1)= নো-লোড ভোল্টেজ

I_0= নো-লোড কারেন্ট

$\cos\phi_0$ = নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর

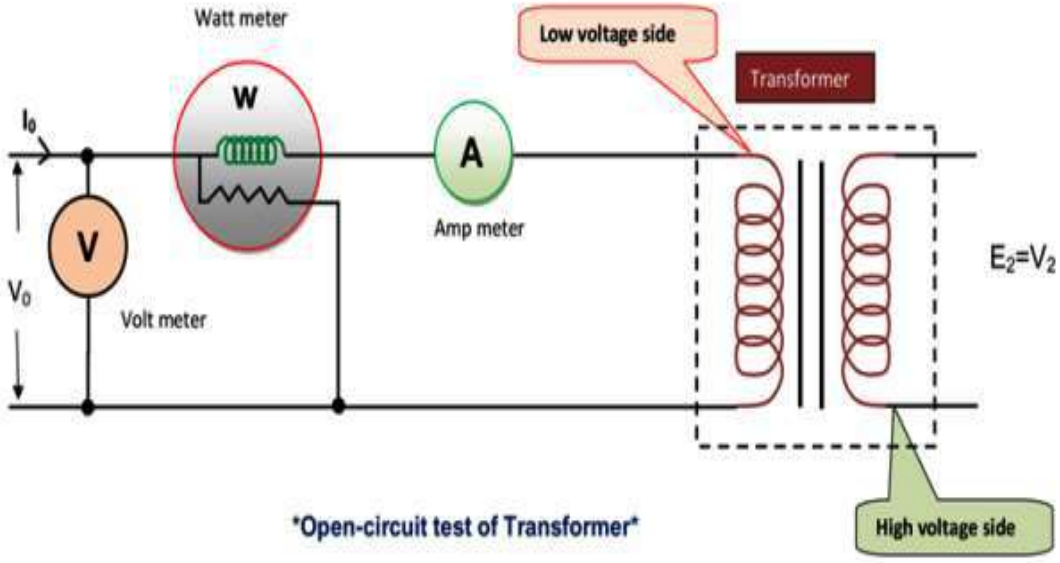


৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(ঘ) নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load Power factor):

কাজেই নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর ,
$\cos\phi_0 = Wo/(V_1)\ \ I_0)$ ল্যাগিং এখানে ϕ_0 হলো নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর এ্যাঙ্গেল। এটি (V_1) এবং I_0 এর মধ্যবর্তী কোন এবং এর মান 90°এর চেয়ে ছোট।

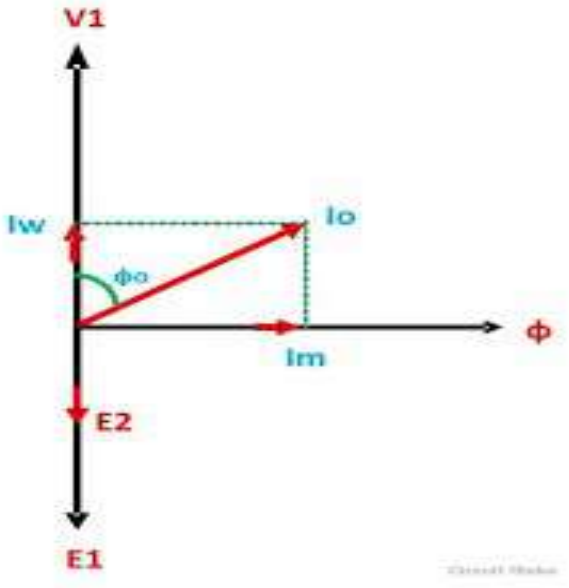
Open-circuit test of Transformer



৩.৩ নো- লোড ট্রান্সফরমারের ভেক্টর চিত্র (Vector Diagram of Transform on no-load):

ট্রান্সফরমারের নো-লোড অবস্থায় প্রাইমারি ওয়াইন্ডিং-এ যে সামান্য পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয়,তাকেই নো-লোড কারেন্ট বলে। এই কারেন্টকে I_0 বা I_n দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
এ কারেন্টের দুটি কম্পোনেন্ট বা উপাংশ থাকে।একটি কম্পোনেন্টকে ম্যাগনেটাইজিং কম্পোনেন্ট (I_μ or I_m) বলে,যা সাপ্লাই ভোল্টেজের 90° পেছনে থাকে কোরে মিউচুয়াল ফ্লাক্সকে প্রতিষ্ঠিত করে।

$(I_\mu \text{ or } I_m) = I_0 \sin\phi_0$ ।

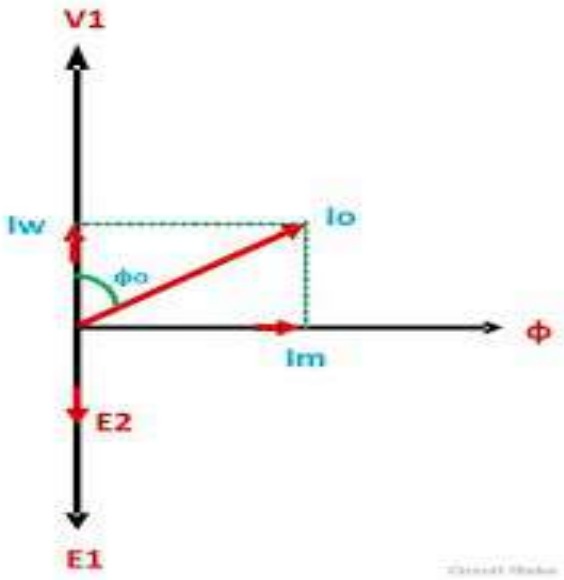


৩.৩ নো- লোড ট্রান্সফরমারের ভেক্টর চিত্র (Vector Diagram of Transform on no-load):

দ্বিতীয় কম্পোনেন্টকে ওয়ার্কিং কম্পোনেন্ট (I_w) বলে,যা সাপ্লাই ভোল্টেজ (V_1)-এর সাথে একই ফেজে অবস্থান করে কোর লস করে থাকে। I_w সরবরাহ হতে পাওয়ার গ্রহন করে বিধায় এটিকে অ্যাকটিভ কম্পোনেন্টও বলে।

$(I_w) = I_0 \cos\phi_0$

সুতারং I_μ এবং I_w ভেক্টর যোগ হবে



$$I_0 = \sqrt{{I_w}^2 + {I_\mu}^2}$$

৩.৪ ট্রান্সফরমারের নো-লোড টেস্টের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformer on no-load):

সূত্রসমূহঃ

Wo= $(V_1)\ I_0\ \cos\phi_0$

$$I_w = I_0 \cos\varphi_0$$

$$I_\mu = I_0 \sin\varphi_0$$

$$I_0 = \sqrt{{I_w}^2 + {I_\mu}^2}$$

$$\cos\varphi_0 = \frac{I_w}{I_\mu}$$

No load resistance $R_0 = \frac{V_1}{I_w}$

No load reactance $X_0 = \frac{V_1}{I_\mu}$

৩.৪ ট্রান্সফরমারের নো-লোড টেস্টের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformer on no-load):

প্রশ্নঃ-১ একটি এক ফেজ 10 কেভিএ 500/250 ভোল্ট 50 Hz ট্রান্সফরমারের নো-লোড পাওয়ার 200 ওয়াট, নো-লোড ভোল্টেজ 250 ভোল্ট, নো লোড কারেন্ট 1.2 A হলে I_{μ} এবং I_{w} এর মান নির্ণয় করো।

সমাধানঃ দেওয়া আছে,

Wo=200 Watt,

V_1=250 V,

I_0=1.2 A

আমরা জানি, Wo= (V_1) I_0 $\cos\phi_0$

৩.৪ ট্রান্সফরমারের নো-লোড টেস্টের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformer on no-load):

প্রশ্নঃ-১ একটি এক ফেজ 10 কেভিএ 500/250 ভোল্ট 50 Hz ট্রান্সফরমারের নো-লোড পাওয়ার 200 ওয়াট, নো-লোড ভোল্টেজ 250 ভোল্ট, নো লোড কারেন্ট 1.2 A হলে I_μ এবং I_w এর মান নির্ণয় করো।

সমাধানঃ

অতএব, $\cos\phi_0 = Wo/(V_1)\ I_0 = 200/(250\times1.2) = 0.67$

$$\theta_0 = \cos^{-1}(0.67) = 47.93^\circ$$

$$\sin\theta_0 = \sin(47.93^\circ) = 0.75$$

$$I_\mu = I_0 \sin\phi_0 = 1.2\times0.75 = 0.9 \text{ A}$$ (উত্তর)

$$I_w = I_0 \cos\phi_0 = 1.2\times0.67 = 0.804 \text{ A}$$ (উত্তর)

৩.৪ ট্রান্সফরমারের নো-লোড টেস্টের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformer on no-load):

প্রশ্নঃ-২ একটি 3300/240V এক ফেজ ট্রান্সফরমারের 240V লো- ভোল্টেজ সাইডে সাপ্লাই দিয়ে হাই -সাইড খোলা রাখা হল।এ অবস্থায় নো লোড কারেন্ট 2 A এবং পাওয়ার 60W গ্রহন করে। লো- ভোল্টেজ সাইডের ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স 0.8Ω হলে বের কর। (ক) নো- লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (খ) লো- ভোল্টেজ সাইডের ওয়াইন্ডিং এর কপার লস।

সমাধানঃ

Here given

$V_1 = 240$ V

No load current $I_0 = 2A$

No load power $W_0 = 60\,W$

winding resistance $R = 0.8\,\Omega$

no load power factor $\cos\theta_0 = ?$

copper loss of low voltage winding $= I_0^2 R = ?$

Wo= $(V_1)\ I_0\ \cos\phi_0$

অতএব, $\cos\phi_0 = Wo/(V_1)\ I_0 = 60/(240\times2)$

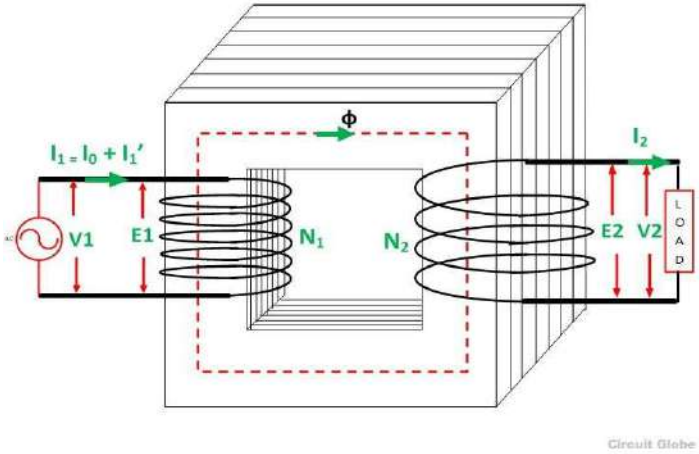
$= 0.125$ lagging

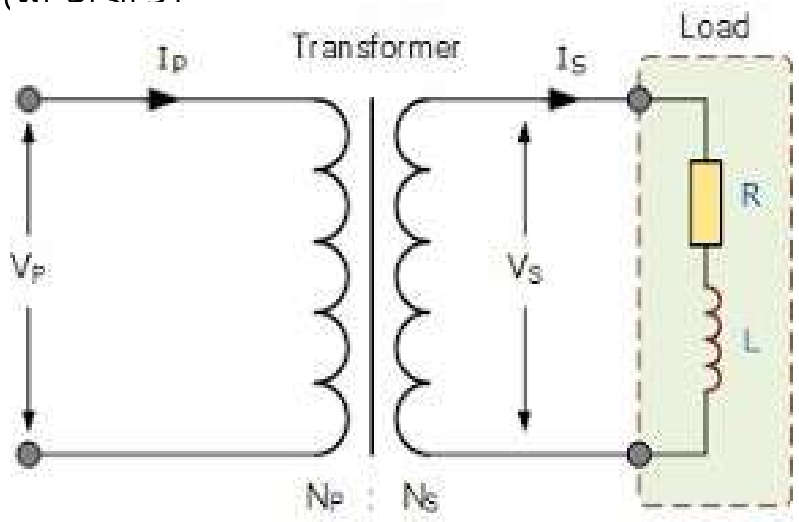
Copper loss of low voltage winding

$$I_0^2 R = (2)^2 \times 0.8 = 3.2\,W$$

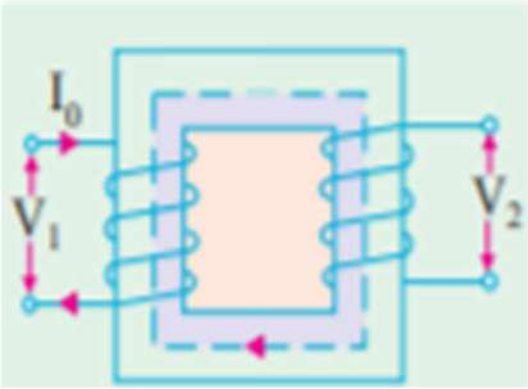
৩.৫ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের কার্যাবলি (Operation of transformer on load condition)

ট্রান্সফরমারের একদিকে লোড সংযোগ করে অন্যদিকে পূর্ণ ভোল্টেজ প্রয়োগ করলে যে অবস্থার উদ্ভব হয়, তাকে ট্রান্সফরমারের লোডযুক্ত বা লোডেড অবস্থা বলা হয়। সেকেন্ডারিতে লোড দিলে প্রাইমারিতে কারেন্ট সৃষ্টি এবং ঐ লোড ক্রমান্বয়ে বর্ধিত করলে আনুপাতিক হারে প্রাইমারিতে কীভাবে কারেন্ট বৃদ্ধি পায় তা পর পর চারটি চিত্র দ্বারা বুঝানো হয়েছে।





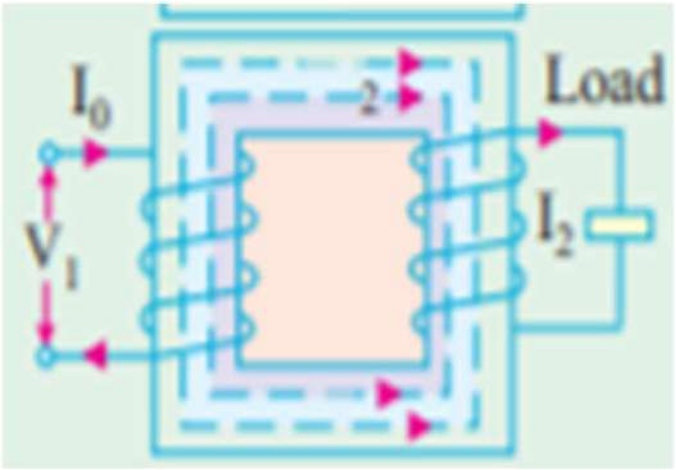
চিত্রঃ ট্রান্সফরমার

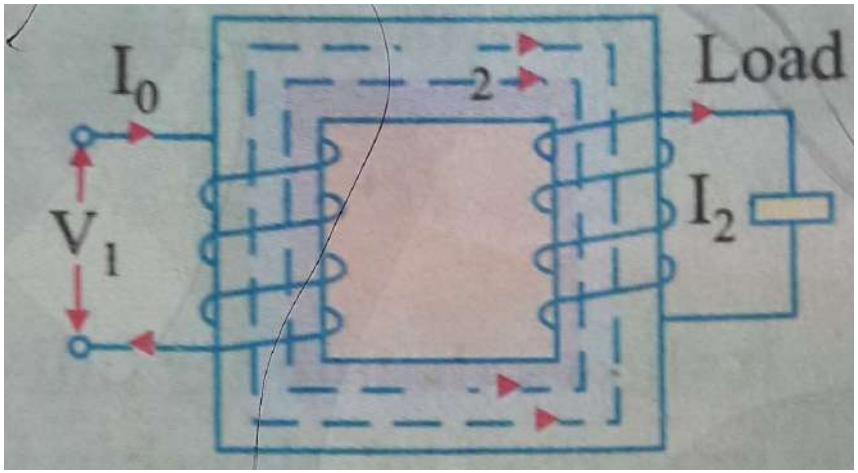


চিত্র নং-১

১ নং চিত্রে লোডের সংযোগ নাই। এ অবস্থায় নো-লোড কারেন্ট I_0 প্রাইমারিতে প্রবাহিত হয়। কোরে সৃষ্ট ফ্লাক্স হলো Φ_m। এ অবস্থায় আবিষ্ট কাউন্টার ই,এম,এফ E_1 আরোপিত প্রাথমিক ভোল্টেজ V_1 এর চেয়ে কম হবে।

৩.৫ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের কার্যাবলি (Operation of transformer on load condition)

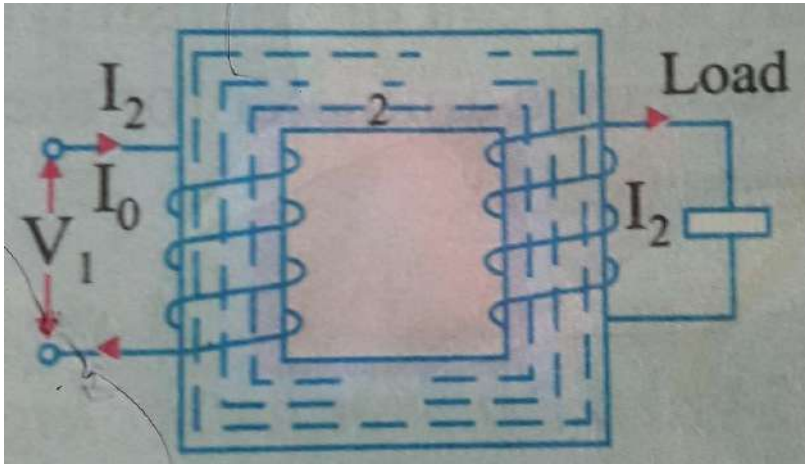




চিত্র নং-২

২ নং চিত্রে লোডের সংযোগ দেওয়া হয়েছে। ফলে লোডে একটি কারেন্ট I_2 কারেন্ট প্রবাহিত হয়েছে। এর দ্বারা কোরে আরো একটি ফ্লাক্স ϕ_sসৃষ্টি হয়েছে। কিন্তু এই ফ্লাক্স এর অভিমুখ ϕ_m-এর 180° বিপরীতে আছে। সুতরাং ফ্লাক্স ϕ_s , ফ্লাক্স ϕ_m কে দুর্বল করে। ϕ_s এর পরিমাণ অবশ্যই সেকেন্ডারি অ্যাম্পিয়ার টার্ন ($I_2\ N_2$) এর সমান।

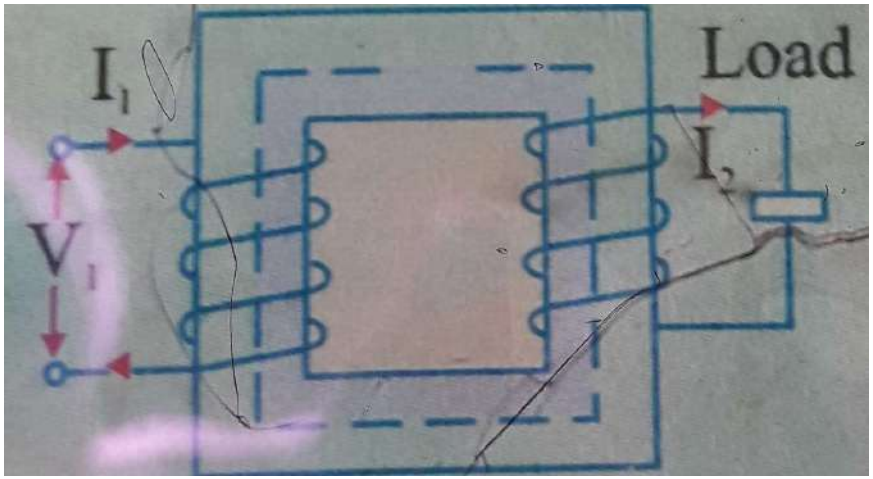
৩.৫ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের কার্যাবলি (Operation of transformer on load condition)



চিত্র নং ৩

৩ নং চিত্রে কোরে তিনটি ফ্লাক্স দেখানো হয়েছে। এখানে লক্ষণীয় যে, ϕ_s এর কারনে ϕ_m দুর্বল হয়ে যায়, তখন প্রাইমারিতে আবিষ্ট কাউন্টার ইএমএফ E_1 এর মানও কিছুটা কমে যায়। E_1 এর মান কমার সাথে সাথে প্রাইমারি কয়েলে আরো কিছু অতিরিক্ত কারেন্ট I_1' প্রবাহিত হয়। এই অতিরিক্ত কারেন্ট I_1'কে প্রাইমারি কারেন্টের লোড কম্পোনেন্ট বলে। এই I_1' কোরে আর একটি নতুন ফ্লাক্স ϕ_s' সৃষ্টি করে। ফ্লাক্স ϕ_s' এর কাজ হলো ϕ_s এর 180° বিপরীতে থেকে একে অপরকে নিস্ক্রিয় করা। এখানে প্রাইমারিতে অতিরিক্ত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত কারেন্ট I_1' আগত প্রাথমিক কারেন্ট I_0 এর সাথে মিলিত হয়ে মোট I_1 হবে।

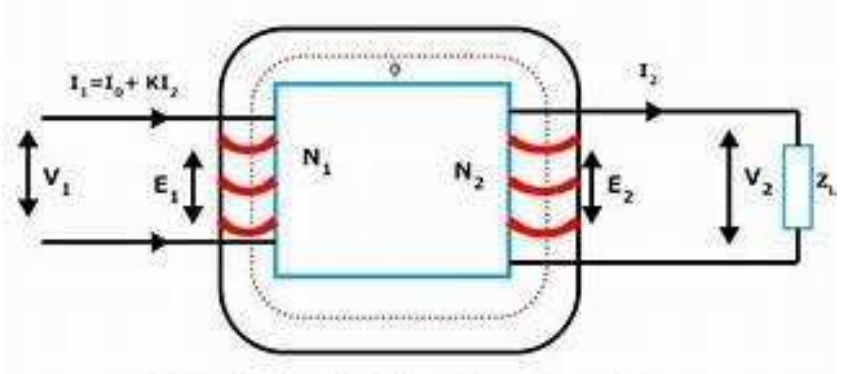
৩.৫ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের কার্যাবলি (Operation of transformer on load condition)



চিত্র নং-৪

৪ নং চিত্রে ফ্লাক্স কোরে শুধু আগের মিউচুয়াল ফ্লাক্স Φ_m পূর্বাবস্থায় ফিরে আসে। এভাবে যদি সেকেন্ডারিতে ক্রমান্বয়ে লোড বাড়ানো হয় তবে প্রাইমারিতে আনুপাতিক হারে কারেন্ট বেড়ে যায়।

৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):



চিত্র নং-৫

বাস্তব ট্রান্সফরমারের ক্ষেত্রে দুটি অবস্থা বিবেচনা করা হয়ঃ

১। ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্স বিহীন ট্রান্সফরমার।

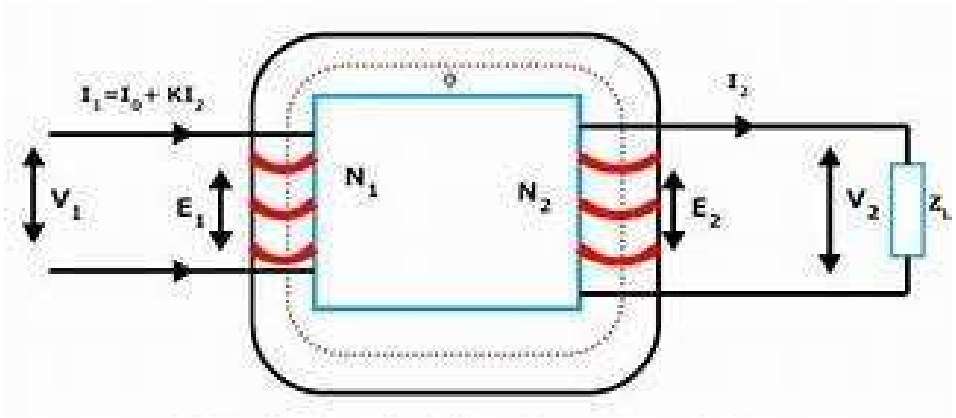
২। ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সসহ ট্রান্সফরমার।

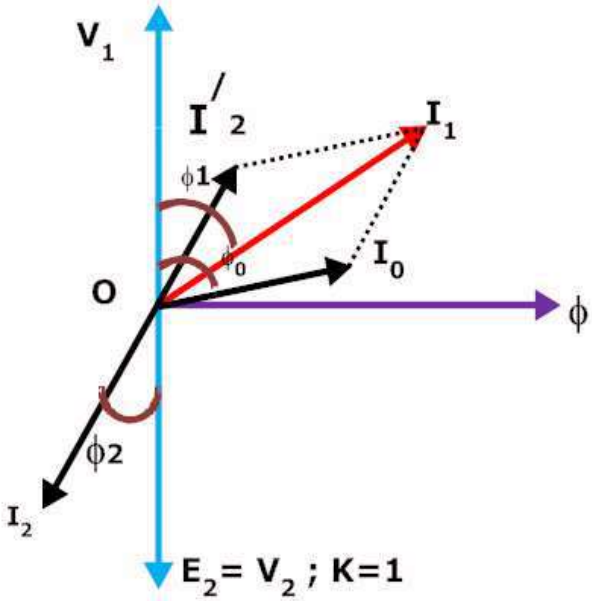
৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সবিহীন ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

(ক) ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রেঃ

ট্রান্সফরমারের ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্স শূন্য হওয়ায় ভেক্টর ডায়াগ্রামে ইনডিউসড ই,এম,এফ এবং সাপ্লাই ভোল্টেজ ইনফেজে দেখানো হয়েছে। যেহেতু সেকেন্ডারি সাইডে ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোড সংযুক্ত আছে, সেহেতু সেকেন্ডারি সাইডের কারেন্ট I_2 ,ভোল্টেজ V_2 এর পেছনে থাকবে। উক্ত কারেন্টকে প্রাইমারি সাইডে ট্রান্সফার করতে হলে ট্রান্সমিশন রেশিও দ্বারা ভাগ করতে হবে, যা ভেক্টর ডায়াগ্রামে I_2' দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। এখানে I_0 এবং I_2' এর ভেক্টর যোগের মাধ্যমে প্রাইমারি কারেন্ট I_1 পাওয়া যায় ।





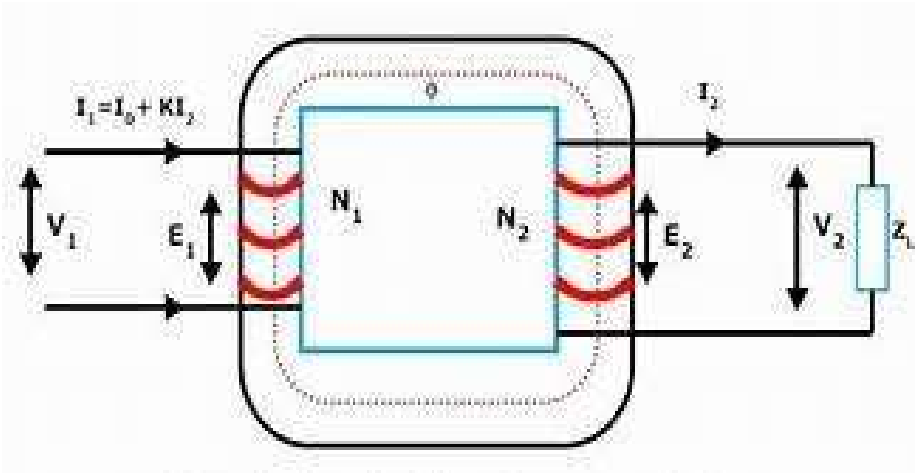
চিত্র নং-৬: ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরের ভেক্টর ডায়াগ্রাম

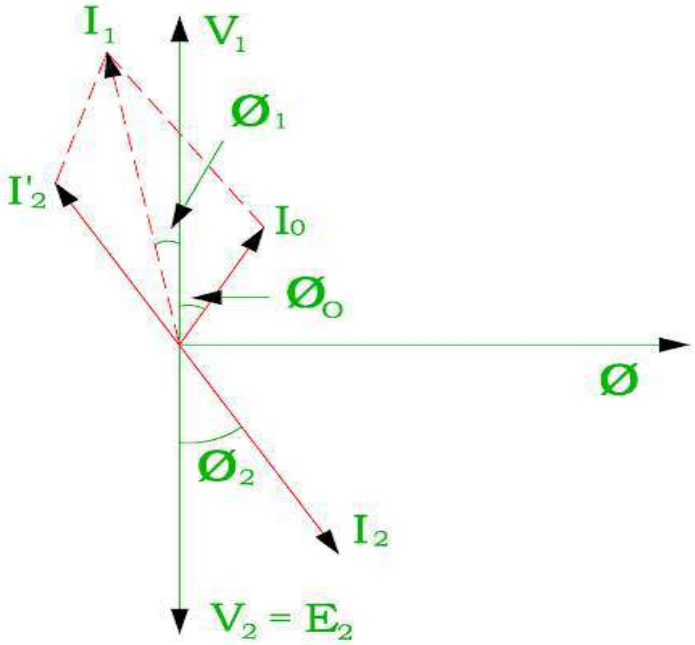
৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সবিহীন ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

(খ) লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রেঃ

চিত্র নং-৭ এ সেকেন্ডারি কারেন্ট I_2 কে ভোল্টেজ V_2 এর লিডিং-এ দেখানো হয়েছে। তার সাপেক্ষে প্রাইমারি সাইডের কারেন্ট I_1 অংকন করা হয়েছে,





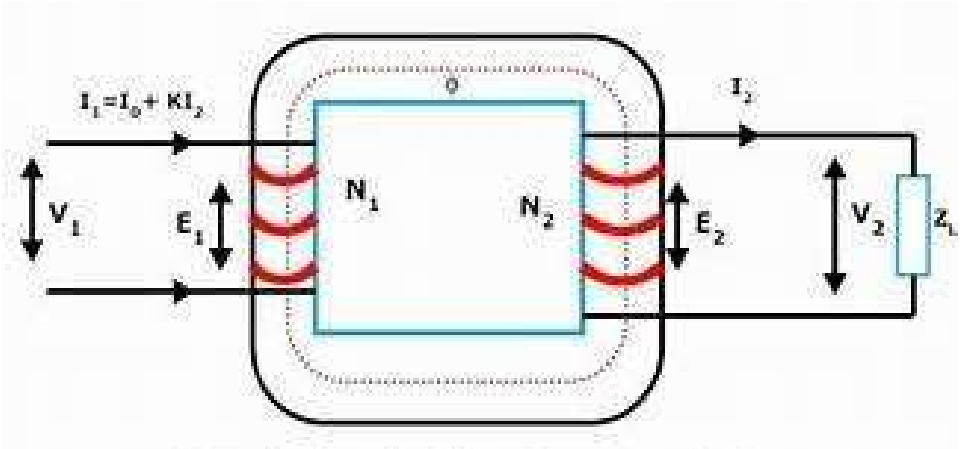
চিত্র নং-৭: লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টরের ভেক্টর ডায়াগ্রাম।

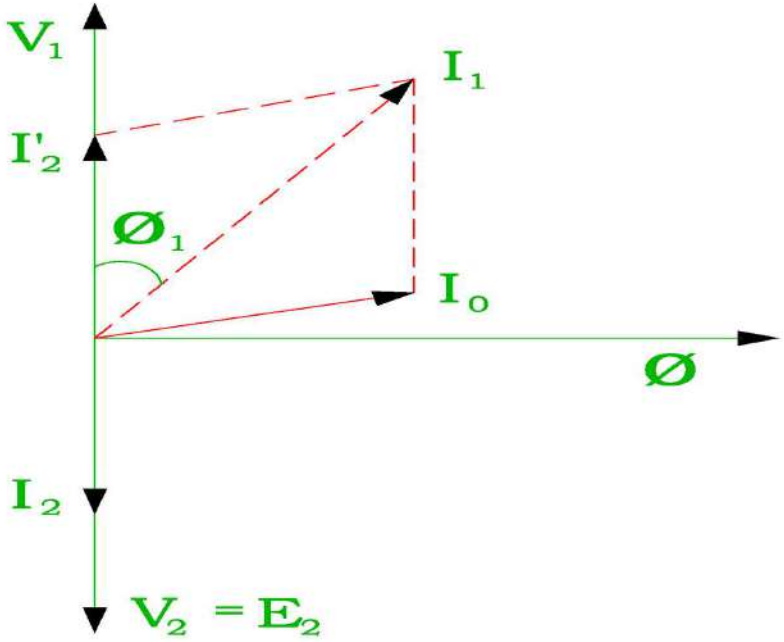
৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সবিহীন ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

(গ) ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রেঃ

ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রে সেকেন্ডারি ভোল্টেজ V_2 এবং কারেন্ট I_2 ইনফেজে থাকে।



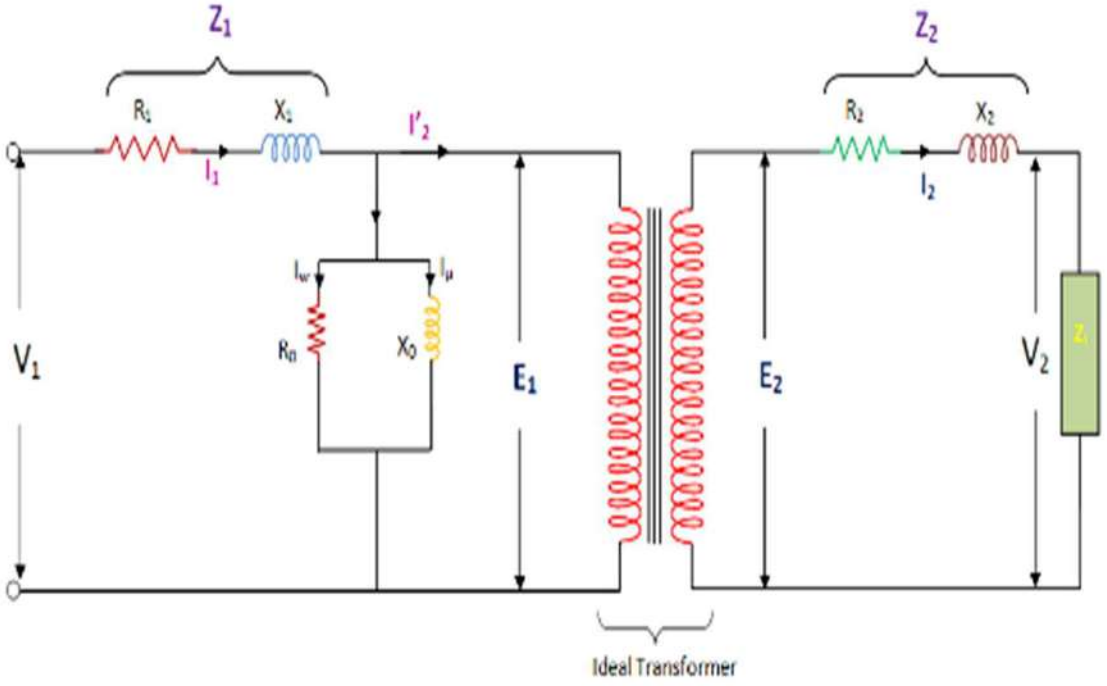


চিত্র নং-৮: ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ভেক্টর ডায়াগ্রাম

৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সসহ ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

Due to the presence of resistance and leakage reactance, some voltage drop will occur in the primary winding.
If, V_1 =Applied primary voltage,
E_1= Primary induced voltage,
Then, we can write , that
$V_1 = E_1 + I_1(R_1+jX_1)$
$V_1 = E_1 + I_1Z_1$,
Similarly, The voltage drop will occur in secondary winding,
If V_2 = secondary terminal voltage,
and E_2= Secondary induced voltage,
Then, we can write, that
$E_2=V_2 + I_2(R_2+jX_2)$
$E_2 =V_2 +I_2Z_2$



Equivalent Circuit diagram of Transformer

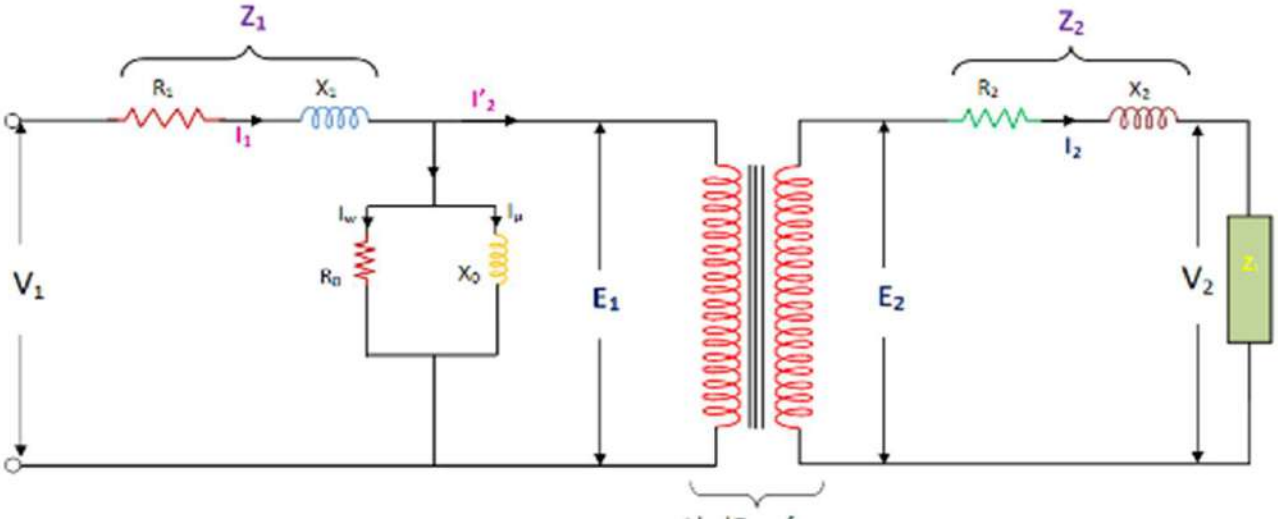
৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সসহ ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

(ক) ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রেঃ

$V_1 = E_1 + I_1(R_1+jX_1)$
$V_1 = E_1 + I_1Z_1$,

$E_2=V_2 + I_2(R_2+jX_2)$
$E_2 =V_2 +I_2Z_2$



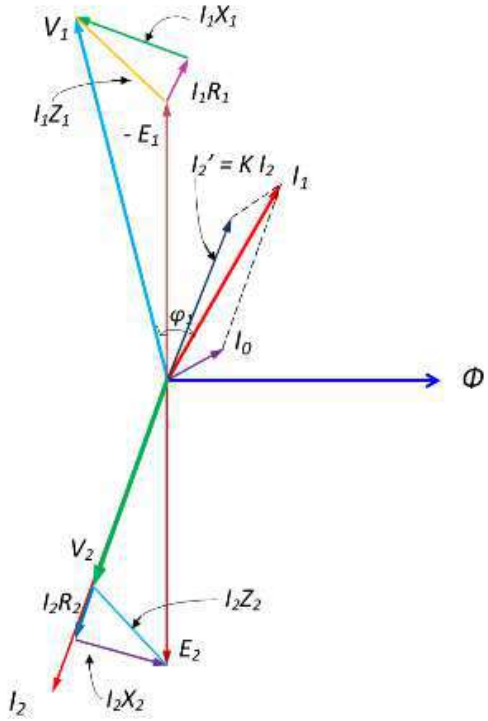


Fig-2 (When Load is Non-Inductive)

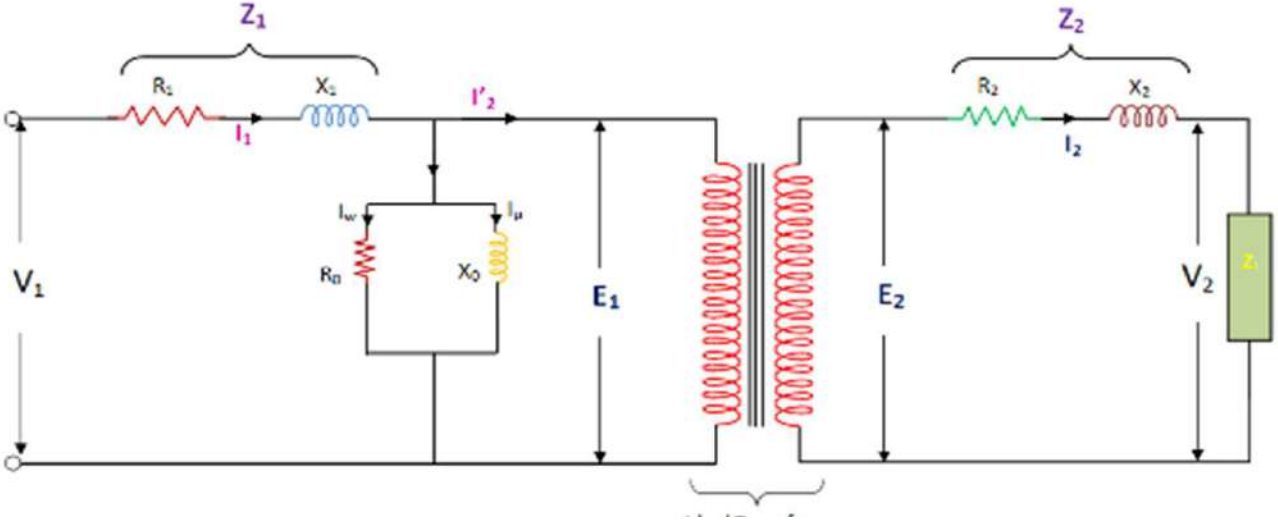
৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সসহ ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

(খ) ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রেঃ

$V_1 = E_1 + I_1(R_1+jX_1)$
$V_1 = E_1 + I_1Z_1$,

$E_2=V_2 + I_2(R_2+jX_2)$
$E_2 =V_2 +I_2Z_2$



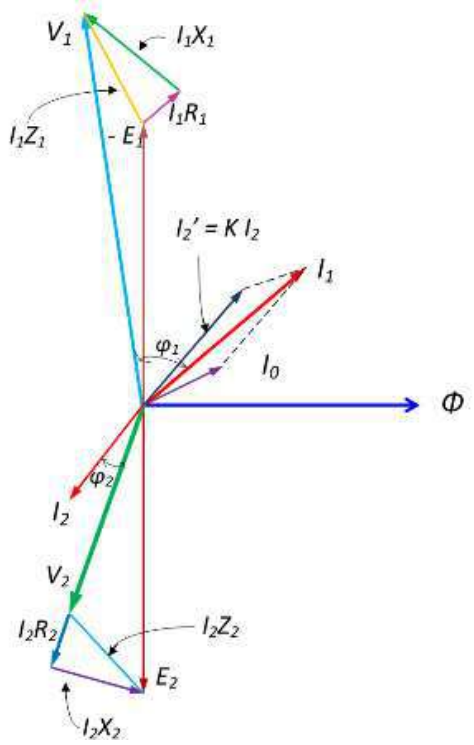


Fig-3 (When Load is Inductive)

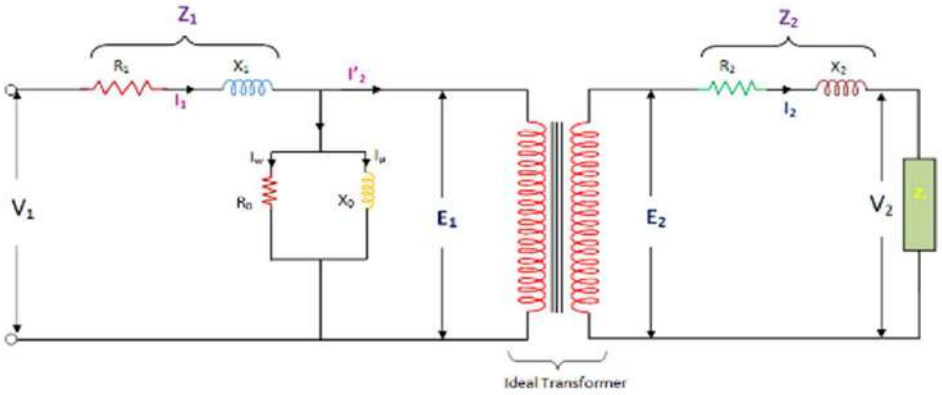
৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সসহ ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

(গ) লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রেঃ

$V_1 = E_1 + I_1(R_1+jX_1)$
$V_1 = E_1 + I_1Z_1$

$E_2=V_2 + I_2(R_2+jX_2)$
$E_2 =V_2 +I_2Z_2$



Equivalent Circuit diagram of Transformer

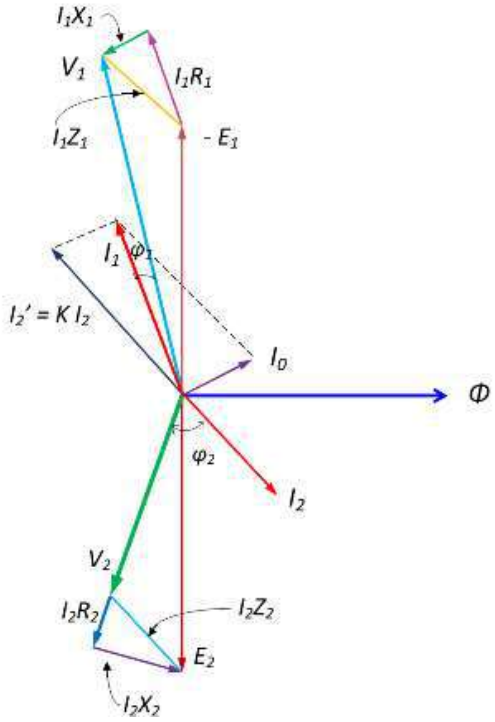


Fig-4 (When Load is Capacitive)

৩.৭ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformeron load condition):

প্রয়োজনীয় সুত্রাবলিঃ

$$1.\ I_p{}^2 = I_0{}^2 + (I_s{}')^2$$

$$2.\ \mathrm{I_s}' = \frac{I_s}{a}$$

$$3.\ \mathrm{I_s} = aI_p$$

$$4.\ \mathrm{I_p} = \sqrt{(I_0)^2 + (I_s{}')^2 + 2I_0 I_s{}' \cos\theta}$$

$$5.\ \mathrm{I_p}\angle -\theta_p = I_0\angle -\theta_0 + I_s{}'\angle -\theta_s$$

৩.৭ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformeron load condition):

প্রশ্ন-৩: একটি ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং এর প্যাচ সংখ্যা যথাক্রমে 800 ও 200। যখন 0.8 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে সেকেন্ডারি লোড কারেন্ট 80 A হয়, তখন 0.707 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে প্রাইমারি কারেন্ট 25 A দেখয়। বের কর- (ক) নো-লোড কারেন্ট (খ)নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর

Here given data,

$N_p = 800$

$N_S = 200$

$\therefore a = \frac{N_p}{N_s} = \frac{800}{200} = 4$

Secondary load current $I_s = 80\ A$

Pr *imary* load Component Current $I_s' = \frac{I_s}{a} = \frac{80}{4} = 20$

Secondary Power factor, $\text{Cos}\ \theta_s = 0.8$ lagging

$\Rightarrow \quad \theta_s = Cos^{-1}(0.8) = 36.87°$

$\Rightarrow \quad \text{Sin}\ \theta_s = Sin(36.87°) = 0.6$

Primary Current $I_p = 25\ A$

Pr *imary* Power factor $\text{Cos}\ \theta_p = 0.707$ lagging

$\Rightarrow \quad \theta_p = \text{Cos}^{-1}(0.707) = 45°$

$\text{Sin}\ \theta_p = \text{Sin}(45°) = 0.707$

No load Current $I_0 = ?$

No Load Power Factor $\text{Cos}\ \theta_0 = ?$

We Know That

$$I_p \angle -\theta_p = I_0 \angle -\theta_0 + I_s' \angle -\theta_s$$

$$I_0 \angle -\theta_0 = I_p \angle -\theta_p - I_s' \angle -\theta_s$$

$$= I_p(\cos\theta_p - j\sin\theta_p) - I_s'(\cos\theta_s - j\sin\theta_s)$$

$$= 25(0.8 - j0.6) - 20(0.707 - j0.707)$$

$$= 20 - j15 - 14.14 + j14.14$$

$$= 5.86 - j0.86$$

$$= 5.92 \angle -8.35°$$

No load current $I_0 = 5.92$ A

No load power factor $\cos\theta_0 = \cos(-8.35°) = 0.99$ lagging

৩.৭ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformeron load condition):

প্রশ্ন-৪: একটি 400/200 V সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার 0.8 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে সেকেন্ডারি লোড কারেন্ট 50 A সরবরাহ করে। নো-লোড কারেন্ট ও নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর যথাক্রমে 2 A ও 0.2 ল্যাগিং হলে প্রাইমারি কারেন্ট ও প্রাইমারি পাওয়ার ফ্যাক্টর নির্ণয় কর।

Here given data,

$V_p = 400$

$V_S = 200$

$\therefore a = \frac{V_p}{V_s} = \frac{400}{200} = 2$

Secondary load current $I_s = 50\ A$

Pr *imary* load Component Current $I_s' = \frac{I_s}{a} = \frac{50}{2} = 25\ A$

Secondary Power factor, Cos $\theta_s = 0.8$ lagging

$\Rightarrow \quad \theta_s = Cos^{-1}(0.8) = 36.87°$

$\Rightarrow \quad \text{Sin}\ \theta_s = Sin(36.87°) = 0.6$

No load Current $I_0 = 2\ A$

*N*o load Power factor Cos $\theta_0 = 0.2$ lagging

$\Rightarrow \quad \theta_0 = \text{Cos}^{-1}(0.2) = 78.46°$

$\text{Sin}\ \theta_0 = \text{Sin}(78.46°) = 0.98$

Primary Current $I_p = ?$

Primary Power Factor Cos $\theta_p = ?$

We Know That

$$I_p \angle -\theta_p = I_0 \angle -\theta_0 + I_s' \angle -\theta_s$$

$$= I_0(\cos\theta_0 - j\sin\theta_0) + I_s'(\cos\theta_s - j\sin\theta_s)$$

$$= 2(0.2 - j0.98) + 25(0.8 - j0.6)$$

$$= 0.4 - j1.96 + 20 - j15$$

$$= 20.4 - j16.96$$

$$= 26.53 \angle -39.74°$$

$\therefore$ Primary current $I_p = 26.53$ A

$\therefore$ Primary power factor $\cos\theta_p = \cos(-39.74°)$

$= 0.768$ lagging

পাঠ মূল্যায়ন

প্রশ্নঃ-১ ট্রান্সফরমারের নো-লোড অপারেশন কী?

উত্তরঃ ট্রান্সফরমারের একদিকে এর রেটেড পূর্ণ ভোল্টেজ প্রয়োগ করে অন্য সাইড খোলা রেখে দিলে ট্রান্সফরমারের যে অবস্থার সৃষ্টি হয়,তাকে নো-লোড কন্ডিশন (condition) বলে। এ অবস্থায় অর্থাৎ লোডবিহীন অবস্থায় কার্যক্রমই হলো নো-লোড অপারেশন।

প্রশ্নঃ-২ ট্রান্সফরমারের মিউচুয়াল ফ্লাক্স কী?

উত্তরঃ

একটি চুম্বকের বা উদ্যমশীল তারের চতুর্দিকের চুম্বকীয় বলরেখার মোট পরিমাণকে ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স বলে। ট্রান্সফরমারের প্রথমায় এসি প্রবাহের ফলে প্রথমায় যে চৌম্বক বলরেখা উৎপন্ন হয় তা কোরের মাধ্যমে
দ্বিতীয়ায় যায়। এজন্য এ প্রক্রিয়ায় ওয়াইন্ডিং-এ সংশ্লিষ্ট ফ্লাক্সকেই মিউচুয়াল ফ্লাক্স বলা হয়।
ট্রান্সফরমারের নো-লোড কারেন্টের ম্যাগনেটাইজিং কম্পোনেন্ট-এ মিউচুয়াল ফ্লাক্স ϕ_m সৃষ্টি করে। এ মিউচুয়াল ফ্লাক্স উভয় ওয়াইন্ডিং-এ ইনিডিউস্ড ই,এম,এফ সৃষ্টি করে থাকে।

বাড়ির কাজ

১। একটি ট্রান্সফরমারের লোডযুক্ত অবস্থা চিত্রসহ বর্ণনা কর।

২। ট্রান্সফরমারের ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর লোডের ভেক্টর চিত্র অঙ্কন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

৩। ট্রান্সফরমারের ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টর লোডের ভেক্টর চিত্র অঙ্কন করে ব্যবহৃত বিভিন্ন চিহ্নের পূর্ণনাম লেখ।

৪। ট্রান্সফরমারের লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টর লোডের ভেক্টর চিত্র অঙ্কন করে এতে ব্যবহৃত বিভিন্ন সাংকেতিক চিহ্নের পূর্ণনাম লেখ।

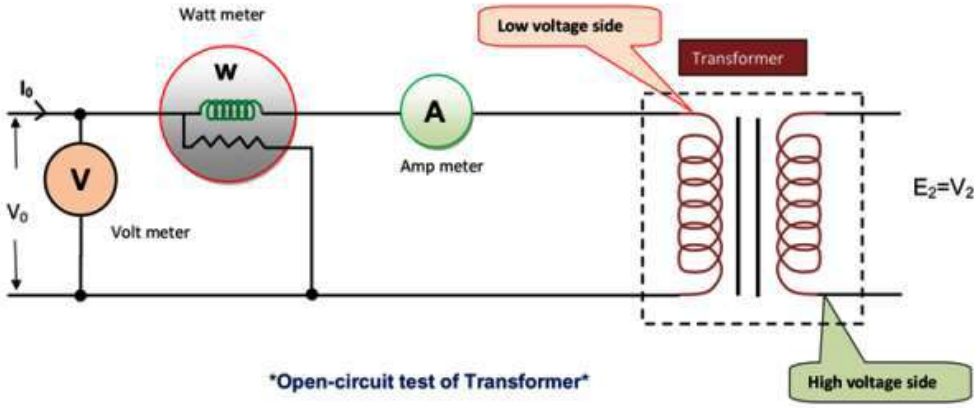
৫। একটি 400/200 v, সিঙ্গেল-ফেজ ট্রান্সফরমার o.866 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর লোডে 50 অ্যাম্পিয়ার সরবরাহ করে। নো-লোড কারেন্ট ও পাওয়ার ফ্যাক্টর যথাক্রমে 2 অ্যাম্পিয়ার ও 0.208 ল্যাগিং হলে প্রাইমারি কারেন্ট ও পাওয়ার ফ্যাক্টর নির্নয় কর।

এই ভিডিওটি পুণরায় দেখতে জাতীয় দক্ষতা বাতায়নে কারিগরি শিক্ষা অধিদপ্তরের পেইজ www.skills.gov.bd/dte ভিজিট করুন।

সরাসরি ক্লাস দেখার লিঙ্কঃ www.facebook.com/skills.gov.bd

আগামি মঙ্গল বার অধ্যায়-৪ পড়ানো হবে।

সবাইকে ধন্যবাদ


Watt meter
W
Low voltage side
Transformer
I_0
A
Amp meter
V
V_0
Volt meter
$E_2=V_2$
Open-circuit test of Transformer
High voltage side

শিক্ষক পরিচিতিঃ

এস, এম, জয়নাল আবেদীন

চীফ ইন্সট্রাক্টর (ইলেকট্রিক্যাল)

ফেনী পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট

পাঠ পরিচিতি

- বিষয়ঃ এসি মেসিনস-১ (৬৬৭৬১)
- ৬ষ্ঠ পর্ব (ইলেকট্রিক্যাল)
- ## ২য় অধ্যায়
- ট্রান্সফরমারের ই,এম,এফ,সমীকরণ, ট্রান্সফরমেশন রেশিও এবং বিভিন্ন প্রকার অপচয়।(E.M.F Equation, Transformation Ratio &Different losses of Transformer)

এ অধ্যায়ের পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা জানতে পারবেঃ

১. ট্রান্সফরমারের ই,এম,এফ সমীকরণের সংজ্ঞা।

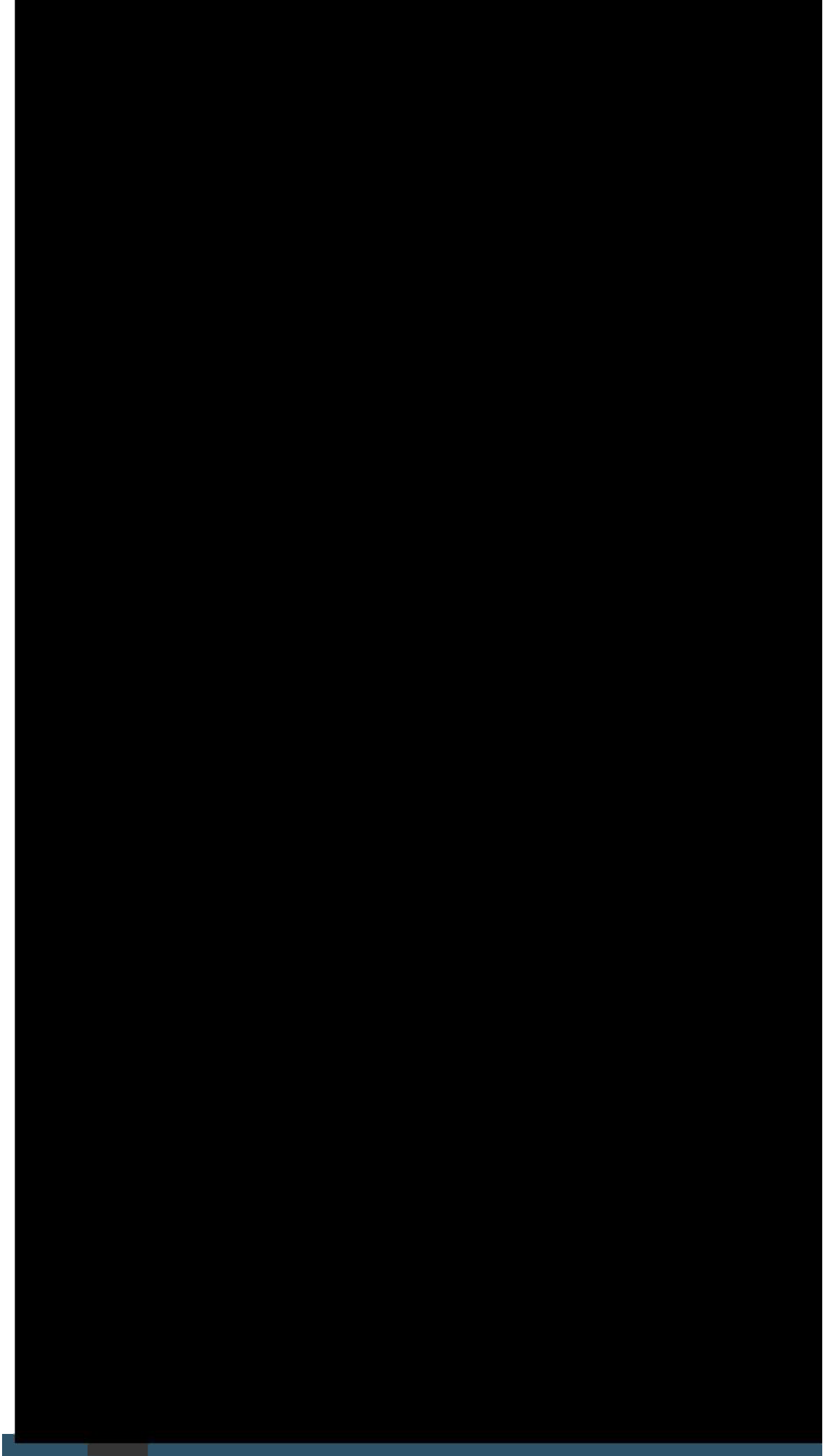
২. ট্রান্সফরমারের ই,এম,এফ সমীকরণ নির্ণয়করণ।

৩. ট্রান্সফরমারের ভোল্টেজ রেশিও,কারেন্ট রেশিও এবং ট্রান্সফরমেশন রেশিও নির্ণয়করণ

৪. ট্রান্সফরমারের বিভিন্ন লসের সম্পর্কে ধারনা।

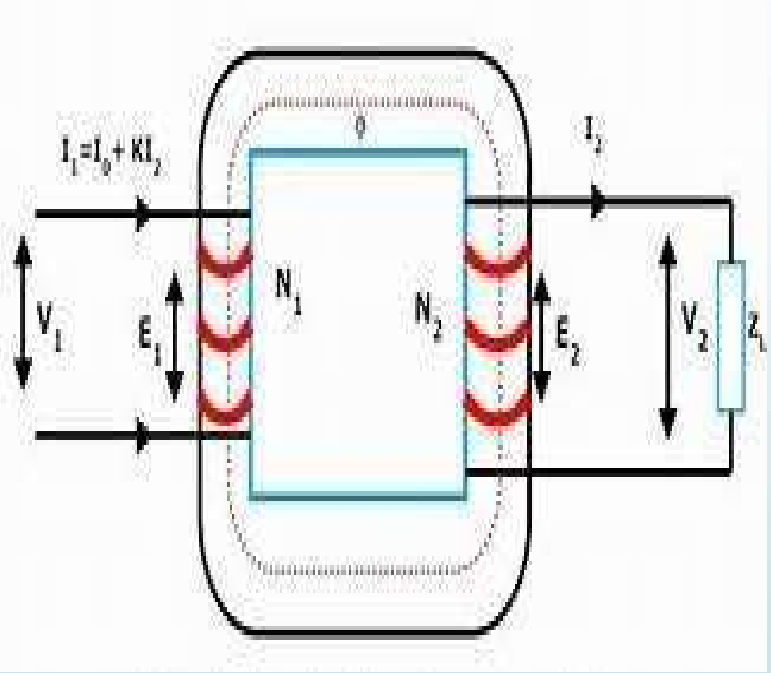
৫. হিসটেরেসিস লস্, এডি কারেন্ট লস, কোর লস এবং কপার লসের ব্যাখ্যা করন

৬. ট্রান্সফরমারের ই,এম,এফ সমীকরনের সমস্যার সমাধান করতে পারবে।



১। ট্রান্সফরমারের ই,এম,এফ সমীকরণের সংজ্ঞাঃ(Define E.M.F equation)

ট্রান্সফরমারের প্রথমায় এসি ভোল্টেজ প্রয়োগে উৎপন্ন মিউচুয়াল ফ্লাক্স যখন উভয় ওয়াইন্ডিং-এ সংশ্লিষ্ট হয়ে কয়েল দুটিতে ইনডিউস্ড ই,এম,এফ এর সৃষ্টি করে এবং একে যখন সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয় তখন তাকে ই,এম,এফ সমীকরণ বলে।



১। ট্রান্সফরমারের ই,এম,এফ সমীকরণের সংজ্ঞাঃ(Define E.M.F equation)

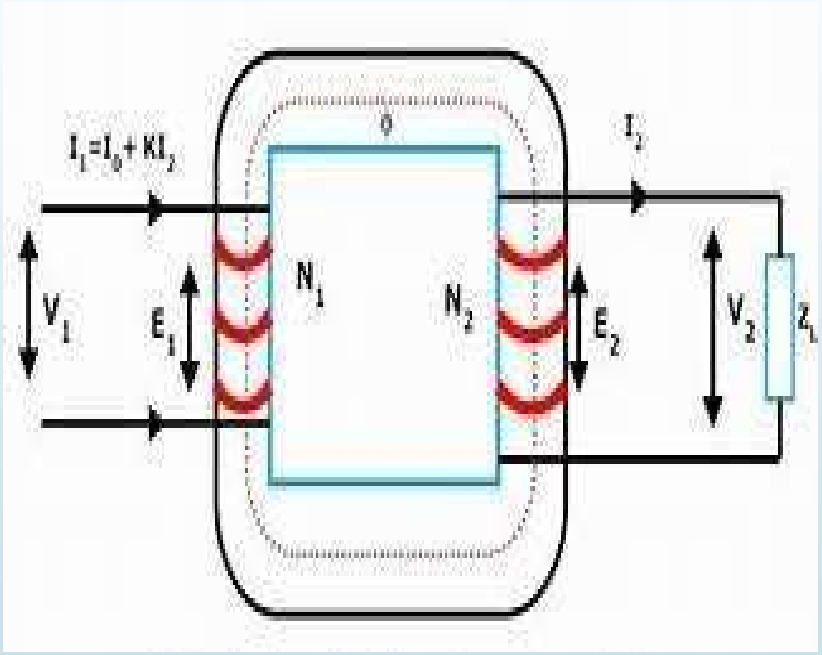
সাধারণত ই,এম,এফ সমীকরণ হলো

$E=4.44\ \Phi m\ f\ N$ Volt

এখানে, Φm =Flux in Weber

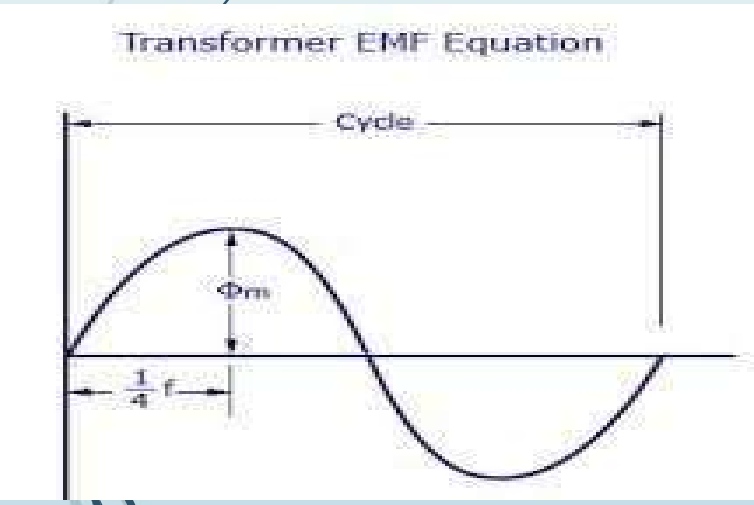
f=frequency

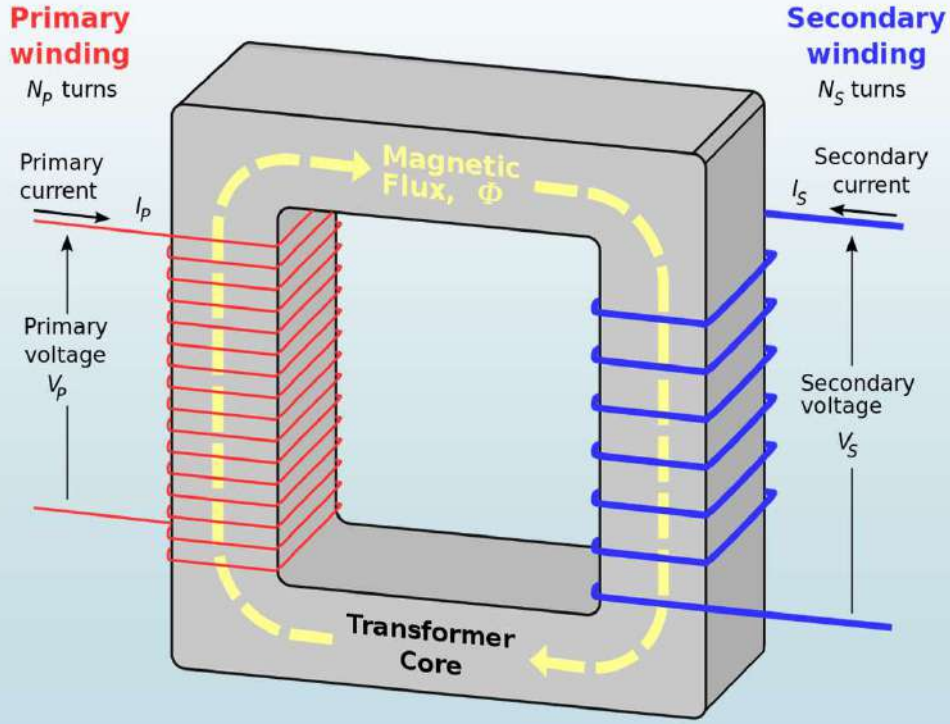
N=Number of Turns



২.২। ই,এম,এফ সমীকরণ নির্ণয় (Derive E.M.F equation)

এখানে আরোপিত ভোল্টেজ Vp কে সাইন ওয়েভ ধরা হয়েছে। মিউচুয়াল ফ্লাক্সও সাইনুসয়ডাল (Sinusoidally) অনুযায়ী পরিবর্তন হবে।

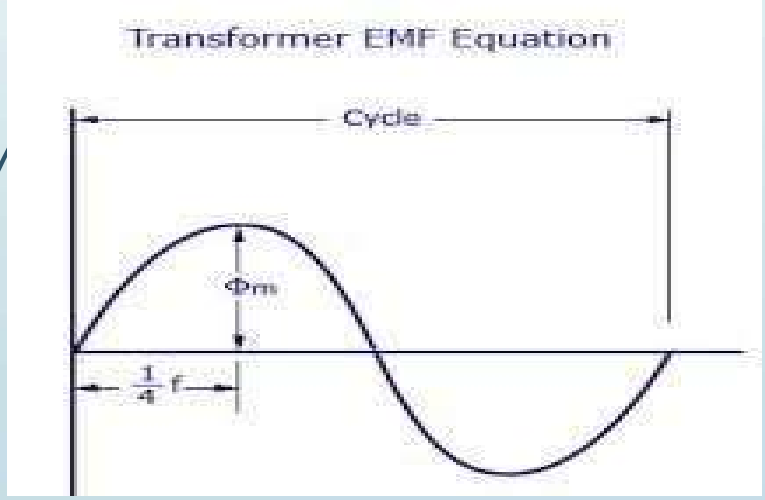


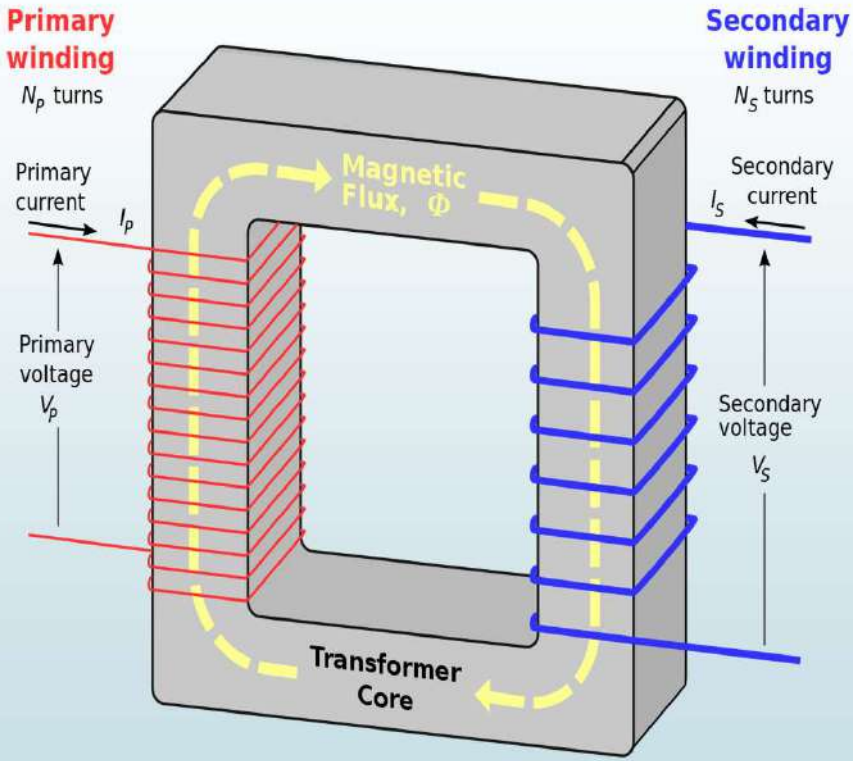


২.২। ই,এম,এফ সমীকরণ নির্ণয় (Derive E.M.F equation)

এই অবস্থায় আবিষ্ট (Induced) ভোল্টেজ Ep এবং Es সাইন ফাংশন অনুযায়ী পরিবর্তন হয়।কয়েলে আবিষ্ট ভোল্টেজ ফ্যারাডের সুত্র

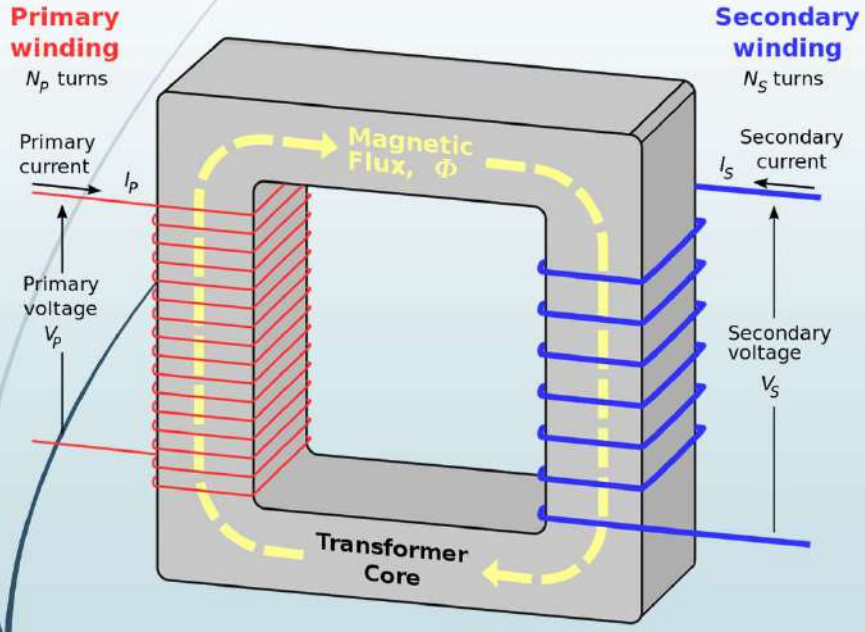
অনুযায়ী এবং আবিষ্ট ভোল্টেজের অভিমুখ লেন্‌জের নিয়ম অনুযায়ী হবে।



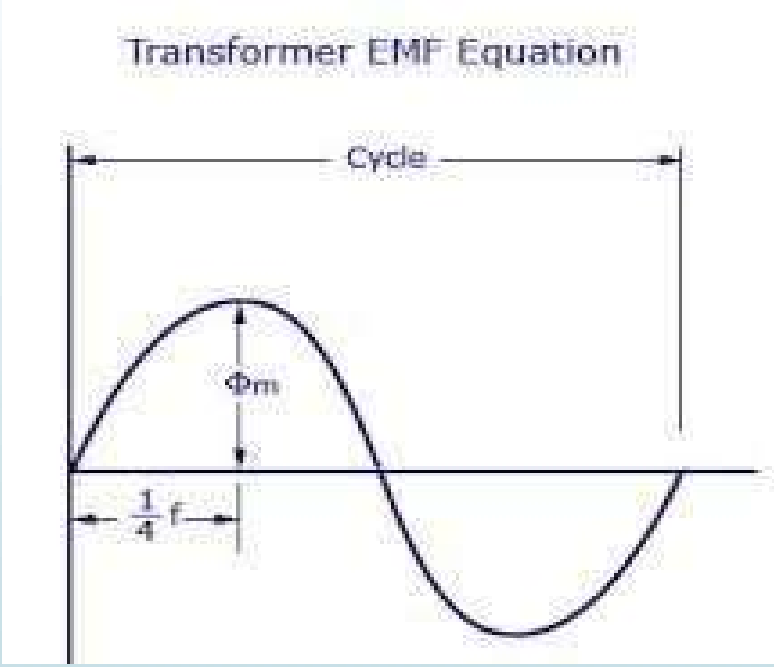


২.২। ই,এম,এফ সমীকরণ নির্ণয় (Derive E.M.F equation)

ফ্লাক্স/সাইন ওয়েভ



চিত্র নং- ১



চিত্র নং- ২

২.২। ই,এম,এফ সমীকরণ নির্ণয় (Derive E.M.F equation)

এখানে,

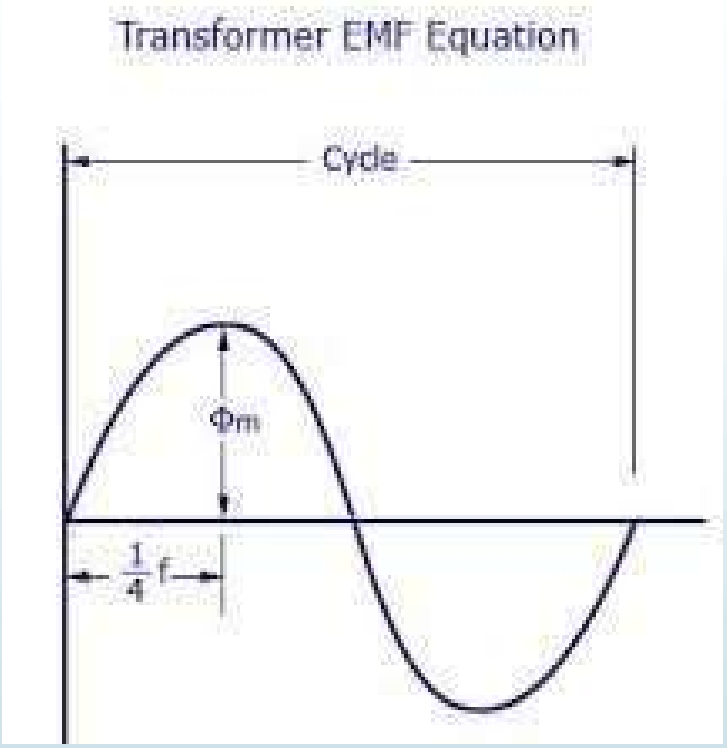
Np= প্রাইমারি কয়েলের টার্ন সংখ্যা

Ns= সেকেন্ডারি কয়েলের টার্ন সংখ্যা

Φm = কোরের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সর্বোচ্চ ফ্লাক্স

$$=Bm \times A$$

f=ফ্রিকুয়েন্সি



চিত্র নং-২

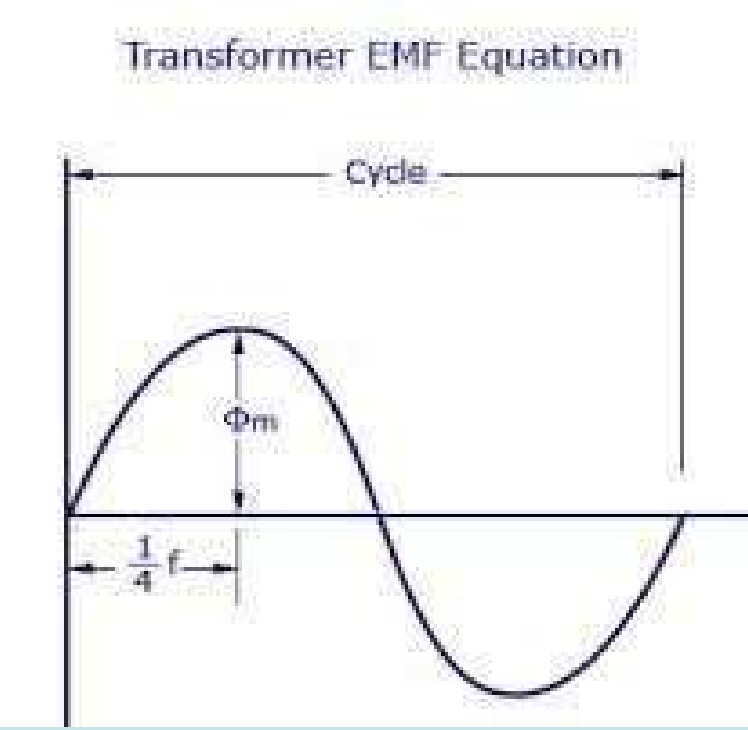
২.২। ই,এম,এফ সমীকরণ নির্ণয় (Derive E.M.F equation)

চিত্র- ২ হতে দেখা যায় যে,টাইম পিরিয়ডের চার ভাগের এক ভাগ সময়ে (অর্থাৎ (1 / 4f সেকেন্ডে) ফ্লাক্স এর মান শূন্য হতে সর্বোচ্চ মান Φm পৌছায়।

অতএব,ফ্লাক্স পরিবর্তনের গড় হার= $\Phi m /(1 / 4f)$

$= 4f \Phi m$

ওয়েবার/সেকেন্ড বা ভোল্ট



চিত্র নং-২

২.২। ই,এম,এফ সমীকরণ নির্ণয় (Derive E.M.F equation)

এখন প্রতি টার্নে ফ্লাক্স পরিবর্তনের জন্য প্রতি টার্নে ই,এম,এফ ইনডিউসড হবে।

গড় ই,এম,এফ/টার্ন = $4f\ \Phi m$ ভোল্ট

যদি ফ্লাক্স সাইনুসয়ডালি পরিবর্তন হয়,তবে গড় ই,এম,এফ-কে ফরম ফ্যাক্টর দ্বারা গুণ করলে RMS মান পাওয়া যায়।

আমরা জানি,ফরম ফ্যাক্টর=RMS মান/গড় মান =1.11

অতএব,প্রতি টার্নে ইনডিউসড ই,এম,এফ এর RMS মান = $1.11 \times 4f\ \Phi m$

$= 4.44f\ \Phi m$ ভোল্ট

তাহলে, সমগ্র কয়েলে উৎপন্ন ই,এম,এফ, $E = 4.44fN\ \Phi m$ ভোল্ট

২.২। ই,এম,এফ সমীকরণ নির্ণয় (Derive E.M.F equation)

যদি প্রাইমারি কয়েলে ইনডিউসড ই,এম,এফ Ep এবং টার্ন সংখ্যা Np হয় তবে প্রাইমারি কয়েলে ইনডিউসড ভোল্টেজ হবে

Ep=4.44fNp Φm ভোল্ট--------(1)

আবার যদি সেকেন্ডারি কয়েলের ইনডিউসড ই,এম,এফ Es এবং টার্ন সংখ্যা Ns হয় তবে সেকেন্ডারি কয়েলের ইনডিউসড ভোল্টেজ হবে

Es= 4.44 f Ns Φm ভোল্ট-----------(2

২.৩। ভোল্টেজ রেশিও, কারেন্ট রেশিও, ট্রান্সফরমেশন রেশিও (VoltageRatio,Current Ratio and Transformation Ratio)

ভোল্টেজ রেশিও (Voltage Ratio):

ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি আবিষ্ট ভোলেটজের অনুপাতকে ভোল্টেজ রেশিও বলে।

$$\therefore \frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = a$$

এখানে a=ট্রান্সফরমেশন রেশিও

আমরা জানি

প্রাইমারি আবিষ্ট ভোল্টেজ $E_p = 4.44 f N_p \Phi_m$ ভোল্ট--------(1)

সেকেন্ডারি আবিষ্ট ভোল্টেজ $E_s = 4.44 f N_s \Phi_m$ ভোল্ট----------(2)

(1)/(2)

$$E_p/E_s = (4.44 f N_p \Phi_m) / (4.44 f N_s \Phi_m)$$
$$= N_p/N_s \text{ ----------(3)}$$

২.৩। ভোল্টেজ রেশিও, কারেন্ট রেশিও, ট্রান্সফরমেশন রেশিও (VoltageRatio,Current Ratio and Transformation Ratio)

কারেন্ট রেশিও (Current Ratio)

ট্রান্সফরমারের উভয় ওয়াইন্ডিং-এ কারেন্টের অনুপাত এর

ওয়াইন্ডিংদ্বয়ের প্যাঁচ ও ভোল্টেজ রেশিওর উল্টানুপাতের সমান হয়ে

থাকে। একে কারেন্ট রেশিও বলে।

২.৩। ভোল্টেজ রেশিও, কারেন্ট রেশিও, ট্রান্সফরমেশন রেশিও (VoltageRatio,Current Ratio and Transformation Ratio)

কারেন্ট রেশিও (Current Ratio)

আমরা জানি,ট্রান্সফরমারের ইনপুট পাওয়ার এবং আউটপুট পাওয়ার সমান। অর্থাৎ

$$E_p I_p = E_s I_s$$

$$\therefore \frac{I_s}{I_p} = \frac{E_p}{E_s} = a$$

অনুরুপভাবে, আমরা জানি, ট্রান্সফরমারের উভয় দিকের অ্যাম্পিয়ার টার্ন সমান।অর্থাৎ,

$$N_p I_p = N_s I_s$$

$$\therefore \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s} = a$$

২.৩। ভোল্টেজ রেশিও, কারেন্ট রেশিও, ট্রান্সফরমেশন রেশিও (VoltageRatio,Current Ratio and Transformation Ratio)

টার্ন রেশিও বা ট্রান্সফরমেশন রেশিও (Turns ratio or Transformation ratio):

ট্রান্সফরমারের উভয় দিকের ইনডিউসড ভোল্টেজ এবং কারেন্ট ও কয়েলের প্যাঁচের সংখ্যার সাথে একটী নির্দিষ্ট অনুপাত মেনে চলে। এটা টার্ন রেশিও বা ট্রান্সফরমেশন রেশিও নামে পরিচিত।এ রেশিওকে "a" দ্বারা (অনেক ক্ষেত্রে k দ্বারা) সূচিত করা হয়।

অর্থাৎ,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = a$$

এখানে a=ট্রান্সফরমেশন রেশিও

২.৩। ভোল্টেজ রেশিও, কারেন্ট রেশিও, ট্রান্সফরমেশন রেশিও (VoltageRatio,Current Ratio and Transformation Ratio)

টার্ন রেশিও বা ট্রান্সফরমেশন রেশিও (Turns ratio or Transformation ratio):

ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারির প্যাচেঁর সংখ্যার অনুপাত তাদের মধ্যে আবিষ্ট ভোল্টেজের অনুপাতের সমান।
অর্থাৎ,

$$a = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

২.৩। ভোল্টেজ রেশিও, কারেন্ট রেশিও, ট্রান্সফরমেশন রেশিও (VoltageRatio,Current Ratio and Transformation Ratio)

একটি সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমারের ক্ষেত্রে ভোল্টেজ এবং টার্ন রেশিও সমান থাকে কিন্তু থ্রি ফেজ এর ক্ষেত্রে ট্রান্সফরমারের সংযোগের উপর নির্ভর করে।

স্টার-ডেলটা সংযোগের জন্য-

$$\frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{\sqrt{3}N_s}$$

$$or\ ,\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{\sqrt{3}N_s}$$

২.৩। ভোল্টেজ রেশিও, কারেন্ট রেশিও, ট্রান্সফরমেশন রেশিও (VoltageRatio,Current Ratio and Transformation Ratio)

এবং ডেল্টা-স্টার সংযোগের ক্ষেত্রে-

$$\frac{V_p}{\sqrt{3}N_p} = \frac{V_s}{V_p}$$

$$or\ \frac{V_p}{V_s} = \sqrt{3}\frac{N_p}{N_s}$$

কারন স্টার-সংযোগে ফেজ ভোল্টেজ $V_p = \frac{1}{\sqrt{3}}V_L$ এবং ডেল্টা- সংযোগে ফেজ ভোল্টেজ $V_p = V_L$ লাইন ভোল্টেজ।

কিন্তু ট্রান্সফরমার 3-ϕ হলেও যদি উভয় পাশে একই ধরনের সংযোগ হয় অর্থাৎ স্টার-স্টার কিংবা ডেল্টা-ডেল্টা , তবে সেক্ষেত্রে ভোল্টেজ এবং টার্ন

রেশিও-এর মান একই থাকবে। (1-ϕ এর মতে হবে।

২.৪ ট্রান্সফরমেশন রেশিওর সমস্যার সমাধান (Solve problems on transformation ratio):

প্রশ্নঃ-১। একটি 25kVA,1920/240 V, 50 Hz সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমারের স্টেপ ডাউন হিসাবে ব্যবহার করা হচ্ছে। বের কর-(ক) টার্ন রেশিও (খ) হাই ভোল্টেজ ও লো ভোল্টেজ সাইডে কারেন্টের পরিমাণ।

সমাধানঃ এখানে, Ep=1920 volt, Es=240 volt

(ক)আমরা জানি,টার্ন রেশিও,$a = Ep/ES = Np/Ns = 1920/240 = 8$

(খ)লো ভোল্টেজ সাইডে কারেন্ট,$Is = (25\times1000)/240 = 104$ Amps

হাই ভোল্টেজ সাইডে কারেন্ট,$Ip = (25\times1000)/1920 = 13.02$ Amps

২.৪ ট্রান্সফরমেশন রেশিওর সমস্যার সমাধান (Solve problems on transformation ratio):

প্রশ্নঃ-২। একটি ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ওয়াইন্ডিং এর টার্ন সংখ্যা 150 এবং সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং এর টার্ন সংখ্যা 900। এর ইনপুট প্রাইমারি ভোল্টেজ এবং কারেন্টের মান যথাক্রমে 300V ও 3A হলে আউটপুট সেকেন্ডারি ভোল্টেজ এবং কারেন্টের মান কত বের কর।

সমাধানঃ

দেয়া আছে,

প্রাইমারি ওয়াইন্ডিং এর টার্ন সংখ্যা, $N_p = 150$

সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং এর টার্ন সংখ্যা, $N_s = 900$

ইনপুট প্রাইমারি ভোল্টেজ, $V_p = 300V$

ইনপুট প্রাইমারি কারেন্ট, $I_p = 3A$

সেকেন্ডারি ভোল্টেজ, $V_s = ?$

সেকেন্ডারি কারেন্ট, $I_s = ?$

$$V_s = \frac{V_p}{a} = 300 \times 6 = 1800V$$

২.৪ ট্রান্সফরমেশন রেশিওর সমস্যার সমাধান (Solve problems on transformation ratio):

প্রশ্নঃ-২। একটি ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ওয়াইন্ডিং এর টার্ন সংখ্যা 150 এবং সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং এর টার্ন সংখ্যা 900। এর ইনপুট প্রাইমারি ভোল্টেজ এবং কারেন্টের মান যথাক্রমে 300V ও 3A হলে আউটপুট সেকেন্ডারি ভোল্টেজ এবং কারেন্টের মান কত বের কর।

আমরা জানি, $$\frac{V_p}{V_s}=\frac{N_p}{N_s}=\frac{I_s}{I_p}=a$$

এখানে, ট্রান্সফরমার রেশিও, $$a=\frac{N_p}{N_s}=\frac{150}{900}=\frac{1}{6}$$

সেকেন্ডারি ভোল্টেজ, $$V_s=\frac{V_p}{a}=300\times 6=1800V$$

এবং সেকেন্ডারি কারেন্ট, $$I_s=aI_p=\frac{1}{6}\times 3=0.5A$$

২.৪। ট্রান্সফরমারের অপচয়ের তালিকা (List the losses in Transformer)

ট্রান্সফরমার একটি স্থির ধরনের ডিভাইস। এজন্য এতে কোনো ঘর্ষন বা বাতাসের বাঁধাজনিত অপচয় নেই। ট্রান্সফরমার লস বলতে নো-লোড ও ফুল-লোড অবস্থায় যে-সকল লস্ দেখা যায়, তাকে বুঝায়। সাধারণ ট্রান্সফরমারে দুই ধরণের লস্ হয়ে থাকে, যথা-

১। কোর লস্ বা আয়রন লস (Core loss or iron loss):

(ক) এডি কারেন্ট লস (Eddy current loss)

(খ) হিস্টেরেসিস লস্ (Hysteresis loss)

এই কোর লসের পরিমাণ ট্রান্সফরমারের যে-কোনো লোডে একই থাকে। তবে প্রাইমারিতে আরোপিত ভোল্টেজের হ্রাস-বৃদ্ধির উপর এ- লস যথাক্রমে কম ও বেশি হয়।

২.৪। ট্রান্সফরমারের অপচয়ের তালিকা (List the losses in Transformer)

ট্রান্সফরমার একটি স্থির ধরনের ডিভাইস। এজন্য এতে কোনো ঘর্ষন বা বাতাসের বাঁধাজনিত অপচয় নেই। ট্রান্সফরমার লস বলতে নো-লোড ও ফুল-লোড অবস্থায় যে-সকল লস্ দেখা যায়, তাকে বুঝায়। সাধারণ ট্রান্সফরমারে দুই ধরণের লস্ হয়ে থাকে, যথা-

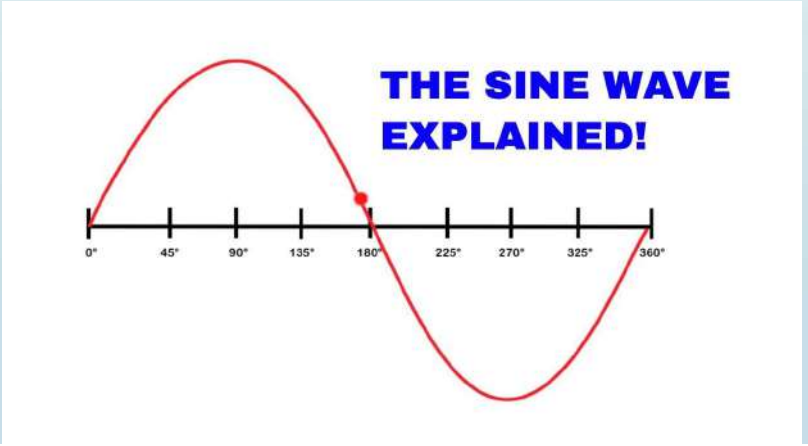
২। কপার লস বা I^2R লস (Copper loss or I^2R loss):

এটা লোডের উপর নির্ভর করে।

২.৫। হিসটেরেসিস লস্, এডি কারেন্ট লস, কোর লস এবং কপার লসের ব্যাখ্যা (Explain hysteresis loss, eddy current loss, core loss and copper loss):

(ক) হিসটেরেসিস লস্ (Hysteresis loss) :

অল্টারনেটিং কারেন্ট প্রতি অর্ধ-সাইকেল অন্তর অন্তর দিক পরিবর্তন করে। ফলে চুম্বকীয় ফ্লাক্স একবার সর্বোচ্চ পজিটিভ মানে আরেকবার সর্বোচ্চ নেগেটিভ মানে পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়। কোরে চুম্বক ক্ষেত্রের মেরুর দিক পরিবর্তন হয়। এ পর্যায়ক্রমিক চুম্বকীকরণ ও বিচুম্বকীকরণের ফলে কোরে অণুচুম্বকগুলো খুবই দ্রুত স্ব স্ব স্থানে নড়াচড়া করতে থাকে ও বার বার দিক বদলাতে থাকে এবং তাদের মধ্যে সংঘর্ষণের ফলে পাওয়ার ব্যায়িত হয়।



২.৫। হিসটেরেসিস লস্, এডি কারেন্ট লস, কোর লস এবং কপার লসের ব্যাখ্যা (Explain hysteresis loss, eddy current loss, core loss and copper loss):

(ক) হিসটেরেসিস লস্ (Hysteresis loss) :

এই পাওয়ার ঘাটতিকেই হিসটেরেসিস লস্ বলে। ড.স্টেইনমেটজ এর ইমপেরিক্যাল ফর্মুলা হতে দেখা যায় যে, কোনো একটি চুম্বক পদার্থের হিসটেরেসিস লস্ উক্ত পদার্থের প্রতিষ্ঠিত সর্বোচ্চ ফ্লাক্স ডেনসিটির 1.6 তম পাওয়ারের সাথে সরাসরি সমানুপাতিক।

অর্থাৎ, হিসটেরেসিস লস্,

$$P_h = K_h f B_m^{1.6} \quad W/m^3$$

এখানে,

K_h = ধ্রুব সংখ্যা; এটি ব্যবহৃত কোরের আয়তন এবং গুনাগুনের উপর নির্ভর করে।

B_m = কোরের সর্বোচ্চ ফ্লাক্স ডেনসিটি

f = ফ্রিকুয়েন্সি

২.৫। হিসটেরেসিস লস্, এডি কারেন্ট লস, কোর লস এবং কপার লসের ব্যাখ্যা (Explain hysteresis loss, eddy current loss, core loss and copper loss):

হিসটেরেসিস লসের কারণঃ

১। কোরে তাপীয় বা তাপ হিসেবে শক্তি ব্যয়।
২। কোর বা মজ্জার ধারণক্ষমতা।
৩। এসি সার্কিটে যখন চৌম্বকীকরণ কারেন্ট দিক পরিবর্তন করে।

হিসটেরেসিস লসের প্রভাবঃ

হিসটেরেসিস লস যত বেশি হবে তাপ উৎপন্ন তত বেশি হবে।ফলে পাওয়ার লস বৃদ্ধি পাবে ও ইনসুলেশন তত ক্ষতিগ্রস্ত হবে।

২.৫। হিসটেরেসিস লস্, এডি কারেন্ট লস, কোর লস এবং কপার লসের ব্যাখ্যা (Explain hysteresis loss, eddy current loss, core loss and copper loss):

হিসটেরেসিস লসের প্রভাবঃ

হিসটেরেসিস লস যত বেশি হবে তাপ উৎপন্ন তত বেশি হবে।ফলে পাওয়ার লস বৃদ্ধি পাবে ও ইনসুলেশন তত ক্ষতিগ্রস্ত হবে।

হিসটেরেসিস লস কমানোর উপায়ঃ

হিসটেরেসিস লস্ কমানোর জন্য উচ্চ গুনসম্পন্ন ম্যাগনেটিক শিটের কোর,যেমন-ম্যাংগানিজ স্টিল বা সিলিকন স্টিল ব্যাবহার করা হয়।

২.৫। হিসটেরেসিস লস্, এডি কারেন্ট লস, কোর লস এবং কপার লসের ব্যাখ্যা (Explain hysteresis loss, edd loss, core loss and copper loss):

(খ) এডি কারেন্ট লস (Eddy Current Loss):

যখন একটি বৈদ্যুতিক চুম্বকের কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট পরিবর্তিত হতে থাকে তখন এর চতুষ্পার্শ্বস্থ চৌম্বকক্ষেত্রও পরিবর্তিত হয় ও কোর পদার্থকে কর্তন করে ।এর ফলে কোরে ভোল্টেজের সৃষ্টি হয় এবং এ ভোল্টেজের কারণে কোরে একটি কারেন্ট আবর্তিত হতে থাকে। এ আবর্তিত কারেন্টকেই এডি কারেন্ট (Eddy current) বলে।এডি কারেন্ট কোরের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় কোর রেজিস্ট্যান্স কর্তৃক বাধাগ্রস্ত হয়ে যে অপচয়ের সৃষ্টি করে,তাকেই এডি কারেন্ট লস্ বলে।

২.৫। হিসটেরেসিস লস্, এডি কারেন্ট লস, কোর লস এবং কপার লসের ব্যাখ্যা (Explain hysteresis loss, eddy current loss, core loss and copper loss):

(খ) এডি কারেন্ট লস (Eddy Current Loss):

ড. স্টেইনমেটজ এর ফর্মুলা থেকে দেখা যায় যে, কোন একটি চৌম্বক পদার্থের এডি কারেন্ট লস উক্ত পদার্থের প্রতিষ্ঠিত সর্বোচ্চ ফ্লাক্স ডেনসিটি এবং ফ্রিকুয়েন্সির বর্গের সাথে সরাসরি সমানুপাতিক। অর্থাৎ এডি কারেন্ট লস-

$$P_e = K_e f^2 B_m^2 t^2$$

এখানে, K_e = ধ্রুব সংখ্যা। এটি ব্যবহৃত কোরের আয়তন ,ল্যামিনেশন পুরু এবং স্টিলের (কোর) রেজিস্টিভিটির উপর নির্ভর করে।

f= ফ্রিকুয়েন্সি

t=ল্যামিনেশনের পুরুত্ব,মিটারে

২.৫। হিসটেরেসিস লস্, এডি কারেন্ট লস, কোর লস এবং কপার লসের ব্যাখ্যা (Explain hysteresis loss, eddy current loss, core loss and copper loss):

(খ) এডি কারেন্ট লস (Eddy Current Loss):

এডি কারেন্ট লস কমানোর উপায়ঃ

উচ্চমানের সিলিকন স্টিলের খুব পাতলা পাতলা শিটের উভয় দিকে ইনসুলেশন বার্নিশ দিয়ে কোর তৈরি করে এডি কারেন্ট লস্ কমানো যায়।

২.৫। হিসটেরেসিস লস্, এডি কারেন্ট লস, কোর লস এবং কপার লসের ব্যাখ্যা (Explain hysteresis loss, eddy current loss, core loss and copper loss):

(গ) কোর লস (Core loss):

কোর লস বা আয়রন লস হলো এডি কারেন্ট লস এবং হিসটেরেসিস লসের সমষ্টি। অর্থাৎ কোর লস $P_c = P_h + P_e$

এ কোর লস কোনো ট্রান্সফরমারের জন্য নির্দিষ্ট থাকে অর্থাৎ ট্রান্সফরমারের নো-লোড থেকে ফুল লোডের যেকোনো অবস্থায় একই থাকে। কারণ ট্রান্সফরমারের জন্য কোর লস মিউচুয়াল ফ্লাক্সের বর্গের সমানুপাতিক হয়। অর্থাৎ $P_c \propto \phi_m^{\,2}$

এ মিউচুয়াল ফ্লাক্স কোরে প্রতিষ্ঠিত হয় এবং এর মান লোডের সাথে সম্পর্কযুক্ত নয়। মিউচুয়াল ফ্লাক্স প্রাইমারিতে আরোপিত সাপ্লাই ভোল্টেজের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ আরোপিত ভোল্টেজের হ্রাস ও বৃদ্ধি হলে মিউচুয়াল ফ্লাক্সেরও হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে।

২.৫। হিসটেরেসিস লস্, এডি কারেন্ট লস, কোর লস এবং কপার লসের ব্যাখ্যা (Explain hysteresis loss, eddy current loss, core loss and copper loss):

(গ) কোর লস (Core loss):

আরোপিত ভোল্টেজ কোনো পরিবর্তন না করলে মিউচুয়াল ফ্লাক্সেরও কোনো পরিবর্তন হয়না। ফলে কোর লস একই থাকে এবং লোডের হ্রাস-বৃদ্ধির উপর নির্ভর করেনা। পক্ষান্তরে, লোড হ্রাস-বৃদ্ধি হলে লোড কারেন্ট কম ও বেশি হয় এবং সে অনুযায়ী কপার লসও কম বা বেশি হয়।

কোর লস কমানোর উপায়ঃ

হাই সিলিকনযুক্ত পাতলা ল্যামিনেটেড শিট দ্বারা কোর তৈরি করে এই লস কমানো যায়।
ট্রান্সফরমারের ওপেন সার্কিট টেস্ট দ্বারা এই লস মাপা যায়

২.৫। হিসটেরেসিস লস্, এডি কারেন্ট লস, কোর লস এবং কপার লসের ব্যাখ্যা (Explain hysteresis loss, eddy current loss, core loss and copper loss):

(ঘ) কপার লস (Copper loss):

ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং এর যে ওহমিক রেজিস্ট্যান্স থাকে তার জন্য যে লস হয়,তাকে কপার লস বলে।কপার লস লোডের সাথে সম্পর্কযুক্ত। লোড বাড়ার সাথে সাথে এ লসও বাড়তে থাকে। এ লস I^2 R দ্বারা নির্ণয় করা হয়। কপার লস কারেন্টের বর্গের সমানুপাতিক।

অর্থাৎ ,কপার লস, $P_C \propto I^2$

অথবা, $P_C \propto (kVA)^2$

২.৫। হিসটেরেসিস লস্, এডি কারেন্ট লস, কোর লস এবং কপার লসের ব্যাখ্যা (Explain hysteresis loss, eddy current loss, core loss and copper loss):

(ঘ) কপার লস (Copper loss):

এ কপার লসের পরিমাণ শর্ট সার্কিট টেস্ট থেকে পাওয়া যায়। ট্রান্সফরমারের ক্ষেত্রে উভয় ওয়াইন্ডিং-এ কপার লস হয়। কাজেই সেক্ষেত্রে মোট কপার লস = $I_p^2 R_p + I_s^2 R_s$,ট্রান্সফরমারের রেটেড kVA-এর চেয়ে লোড কম বা বেশি হলে কপার লসও সে অনুপাতে না হয়ে খুব দ্রুত কমে বা বৃদ্ধি পায়। উদাহরণস্বরুপ, কোনো ট্রান্সফরমারের রেটেড kVA তে 100W কপার লস হলে 1/2 লোডে, 3/4 লোডে ও দ্বিগুণ লোডে কপার লস হবে যথাক্রমে,

১। $(\frac{1}{2})^2 \times 100 = 25W$

২। $(\frac{3}{4})^2 \times 100 = 56.25W$

৩। $(2)^2 \times 100 = 400W$

২.৬। ই.এম.এফ সমীকরণের সমস্যার সমাধান (Solve problems on E.M.F equation):

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলিঃ

$$(1) E_p = V_p = 4.44\phi_m f N_p \times 10^{-8} Volt$$

$$(2) E_s = V_s = 4.44\phi_m f N_s \times 10^{-8} Volt$$

$$(3) \phi_m = B_m \times A$$

$$(4) a = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$(5) I_p = \frac{kVA \times 1000}{V_p}$$

$$(6) I_s = \frac{kVA \times 1000}{V_s}$$

ϕ_m মান ম্যাক্সওয়েলে দেওয়া থাকলে সমীকরণকে 10^{-8} দ্বারা গূন করতে হবে আর ϕ_m মান ওয়েবারে দেওয়া থাকলে 10^{-8} দ্বারা গূন করতে হবেনা।

২.৬। ই.এম.এফ সমীকরণের সমস্যার সমাধান (Solve problems on E.M.F equation):

প্রশ্ন -৩। একটি 1000 kVA, 11kV/440V, 50 c/s ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি টার্নসংখ্যা 200, কোরের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 150 বর্গসেন্টিমিটার। নির্ণয় করঃ (ক) সর্বোচ্চ ফ্লাক্স ডেনসিটি (খ) প্রাইমারি সাইডের টার্নসংখ্যা।

সমাধানঃ

দেওয়া আছে

$$E_p = 11\,kV = 11 \times 10^3\,V = 11000\ V$$

$$E_s = 440\,V$$

$$f = 50\,c/s$$

$$N_S = 200$$

$$A = 150\ cm^2 = 150 \times 10^{-4}\,m^2$$

$$B_m = \phi_m \times A = ?$$

$$N_p = ?$$

২.৬। ই.এম.এফ সমীকরণের সমস্যার সমাধান (Solve problems on E.M.F equation):

প্রশ্ন -৩। একটি 1000 kVA, 11kV/440V, 50 c/s ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি টার্নসংখ্যা 200, কোরের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 150 বর্গসেন্টিমিটার। নির্ণয় করঃ (ক) সর্বোচ্চ ফ্লাক্স ডেনসিটি (খ) প্রাইমারি সাইডের টার্নসংখ্যা।

সমাধান (ক)আমরা জানি, সেকেন্ডারিতে উৎপন্ন ভোল্টেজ, $E_s = 4.44\phi_m f N_s$

$$\Rightarrow 440 = 4.44 \times \phi_m \times 200 \times 50$$

$$\Rightarrow \phi_m = \frac{440}{(4.44 \times 200 \times 50)} = 9.9 \times 10^{-3} Wb$$

$$\therefore B_m = \frac{\phi_m}{A} = \frac{9.9 \times 10^{-3}}{(150 \times 10^{-4})} = 0.66 Wb/m^2$$

২.৬। ই.এম.এফ সমীকরণের সমস্যার সমাধান (Solve problems on E.M.F equation):

প্রশ্ন ৩। একটি 1000 kVA, 11kV/440V, 50 c/s ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি টার্নসংখ্যা 200, কোরের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 150 বর্গসেন্টিমিটার। নির্ণয় করঃ (ক) সর্বোচ্চ ফ্লাক্স ডেনসিটি (খ) প্রাইমারি সাইডের টার্নসংখ্যা।

সমাধানঃ

(খ)

আমরা জানি, $\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$

$$\Rightarrow \frac{11000}{440} = \frac{N_p}{200}$$

$$\Rightarrow N_p = \frac{11000 \times 200}{440} = 5000 \text{ Turns}$$

২.৬। ই.এম.এফ সমীকরণের সমস্যার সমাধান (Solve problems on E.M.F equation):

প্রশ্ন ৪। একটি 60 c/s ট্রান্সফরমারের প্রাইমারিতে 1320 টার্ন ও সেকেন্ডারিতে 46 টার্ন আছে। কোরের সর্বোচ্চ ফ্লাক্স 3.76×10^{6} ম্যাক্সওয়েল হলে প্রাইমারি ও সেকন্ডারিতে আবেশিত ভোল্টেজের পরিমান বের কর।

সমাধানঃ

দেওয়া আছে,

ফ্রিকুয়েন্সি $f = 60c/s$

প্রাইমারি টার্ন সংখ্যা $N_p = 1320$

সেকন্ডারি টার্ন সংখ্যা $N_s = 46$

সর্বোচ্চ ফ্লাক্স $\phi_m = 3.76\times10^{6}$ Maxwel

প্রাইমারি আবেশিত ভোল্টেজ $E_p = ?$

সেকেন্ডারি আবেশিত ভোল্টেজ $E_s = ?$

২.৬। ই.এম.এফ সমীকরণের সমস্যার সমাধান (Solve problems on E.M.F equation):

প্রশ্ন ৪। একটি 60 c/s ট্রান্সফরমারের প্রাইমারিতে 1320 টার্ন ও সেকেন্ডারিতে 46 টার্ন আছে। কোরের সর্বোচ্চ ফ্লাক্স 3.76×10^{6} ম্যাক্সওয়েল হলে প্রাইমারি ও সেকন্ডারিতে আবেশিত ভোল্টেজের পরিমান বের কর।

সমাধানঃ

আমরা জানি,

প্রাইমারি আবেশিত ভোল্টেজ

$$E_p = 4.44\, fN_p\phi_m \times 10^{-8} V$$

$$\Rightarrow E_p = 4.44 \times 60 \times 1320 \times 3.76 \times 10^{6} \times 10^{-8} V$$

$$\Rightarrow E_p = 13222\, Volt$$

সেকেন্ডারি আবেশিত ভোল্টেজ

$$E_s = 4.44\, fN_s\phi_m \times 10^{-8} V$$

$$\Rightarrow E_s = 4.44 \times 60 \times 46 \times 3.76 \times 10^{6} \times 10^{-8} V$$

$$\Rightarrow E_s = 460.77 Volt$$

মূল্যায়ন

১ ট্রান্সফরমারের ই,এম,এফ সমীকরণের সংজ্ঞা দাও?

উত্তরঃ ট্রান্সফরমারের প্রথমায় এসি ভোল্টেজ প্রয়োগে উৎপন্ন মিউচুয়াল ফ্লাক্স যখন উভয় ওয়াইন্ডিং-এ সংশ্লিষ্ট হয়ে কয়েল দুটিতে ইনডিউস্ড ই,এম,এফ এর সৃষ্টি করে এবং একে যখন সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয় তখন তাকে ই,এম,এফ সমীকরণ বলে।

২ ট্রান্সফরমারের ভোল্টেজ রেশিও বলতে কি বুঝায়?

উত্তরঃ ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ভোল্টেজ এবং সেকেন্ডারি ভোল্টেজের অনুপাতকে ভোল্টেজ রেশিও বলে।

বাড়ি কাজঃ

১।একটি 60 Hz বিশিষ্ট ট্রান্সফরমারের প্রাইমারিতে 1320 টার্নস এবং সেকেন্ডারিতে 92 টার্নস আছে। কোরে সর্বোচ্চ ফ্লাক্স 3.76 ওয়েবার হলে প্রাইমারি ও সেকেন্ডারিতে আবেশিত ভোল্টেজের পরিমাণ কত?

২।একটি ট্রান্সপফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারিতে যথাক্রমে 1200 এবং 120 প্যাঁচ আছে,যদি সর্বোচ্চ ফ্লাক্স 7.2×10^5 ম্যাক্সওয়েল হয়,তবে সেকেন্ডারি ভোল্টেজ কত?

৩। ট্রান্সফরমারের ই.এম.এফ (E.M.F) সমীকরণ প্রতিপাদন করো।

৪। ট্রান্সফরমারের লসসমূহের বর্ণনা দাও।

৫। লোড-হ্রাস বৃদ্ধির সঙ্গে ট্রান্সফরমারের কপার হ্রাস -বৃদ্ধির লসের কারণ কী?

৬। এডি কারেন্ট লসের সমীকরণ বর্ণনা করে দেখাও যে-প্রদত্ত আরোপিত ভোল্টেজে এডি কারেন্ট লস ভোল্টেজের বর্গের সমানুপাতিক।

এই ভিডিওটি পুণরায় দেখতে জাতীয় দক্ষতা বাতায়নে কারিগরি শিক্ষা অধিদপ্তরের পেইজ www.skills.gov.bd/dte ভিজিট করুন।

সরাসরি ক্লাস দেখার লিঙ্কঃ www.facebook.com/skills.gov.bd

আগামি মঙ্গল বার Chapter Three পড়ানো হবে।

সবাইকে ধন্যবাদ

শিক্ষক পরিচিতিঃ

এস, এম, জয়নাল আবেদীন
চীফ ইন্সট্রাক্টর (ইলেকট্রিক্যাল)
ফেনী পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট

পাঠ পরিচিতিঃ

বিষয়ঃ এসি মেসিনস-১ (৬৬৭৬১)

৬ষ্ঠ পর্ব (ইলেকট্রিক্যাল)

৩য় অধ্যায়

ট্রান্সফরমারের লোডবিহীন এবং লোডযুক্ত অবস্থায় কার্যপ্রণালিঃ (Operation of Transformer on No-load & Load Condition)

এ অধ্যায়ের পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা জানতে পারবেঃ

৩.১। ট্রান্সফরমারের নো-লোড অপারেশনের ধারণা।

৩.২। ট্রান্সফরমারের নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট, মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর সম্পর্কে ধারণা।

৩.৩। ট্রান্সফরমারের নো-লোড অবস্থার ভেক্টর চিত্র অংকনকরণ।

৩.৪। ট্রান্সফরমারের নো-লোড টেস্টের সমস্যার সমাধান করন।

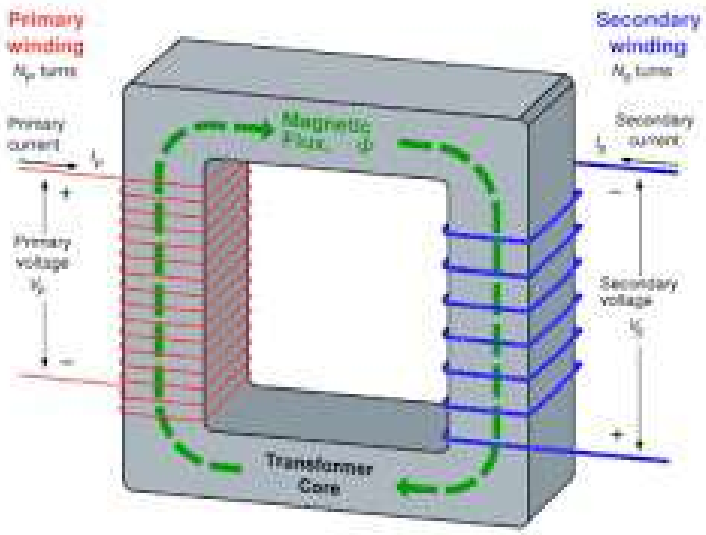
৩.৫। ট্রান্সফরমারের লোডযুক্ত অবস্থায় কার্যবলির ধারণা।

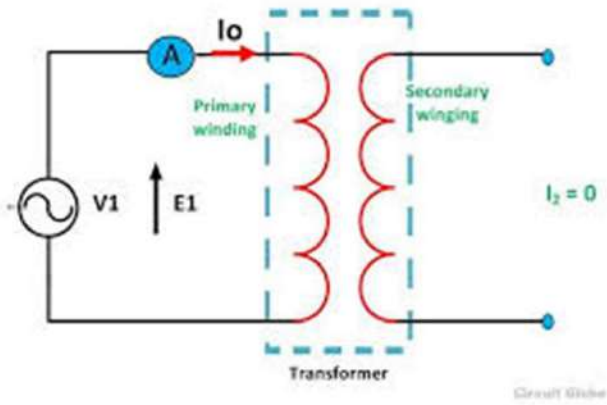
৩.৬।ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম অংকনকরণ।

৩.৭। লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের সমস্যাবলির সমাধান করন।

৩.১ ট্রান্সফরমারের নো-লোড অপারেশন (No-load Operation of Transformer)

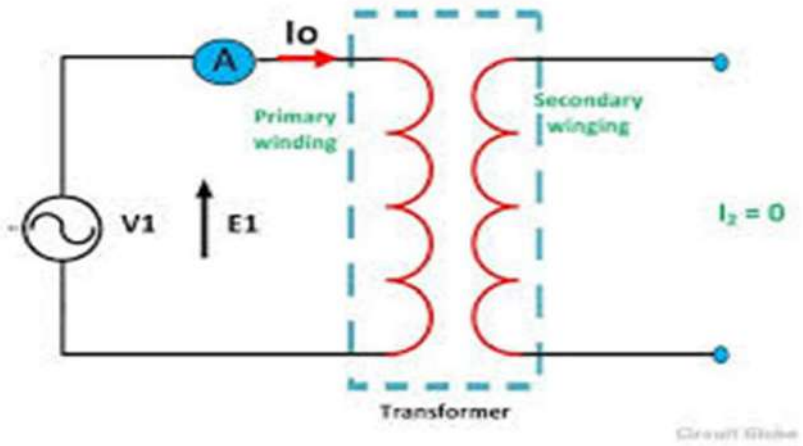
ট্রান্সফরমারের একদিকে এর রেটেড পূর্ণ ভোল্টেজ প্রয়োগ করে অন্য সাইড খোলা রেখে দিলে ট্রান্সফরমারের যে অবস্থার সৃষ্টি হয়,তাকে নো-লোড কন্ডিশন (condition) বলে। এ অবস্থায় অর্থাৎ লোডবিহীন অবস্থায় কার্যক্রমই হলো নো-লোড অপারেশন।





৩.১ ট্রান্সফরমারের নো-লোড অপারেশন (No-load Operation of Transformer)

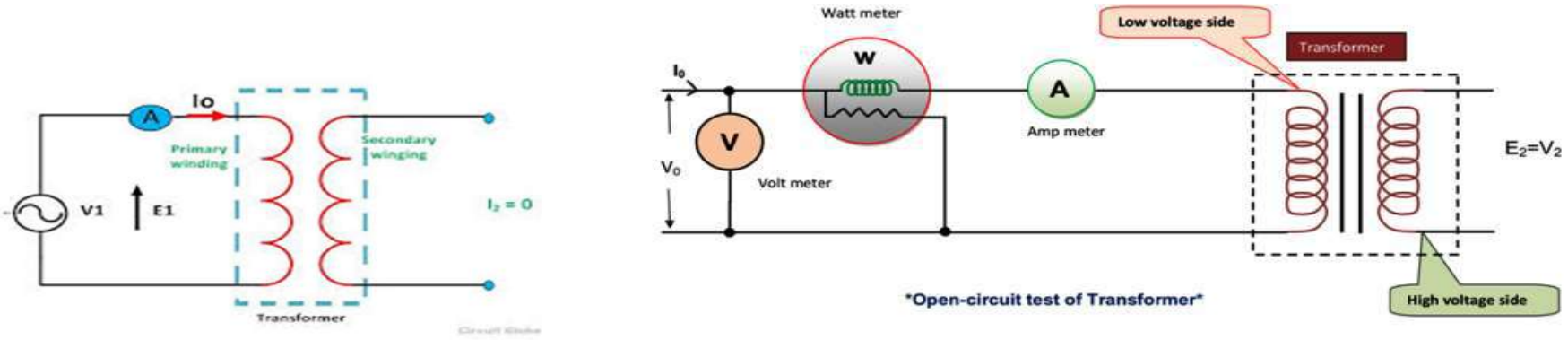
এ অবস্থায় ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারিতে কোনো লোড থাকেনা। সেকেন্ডারি বর্তনী খোলা থাকে (চিত্র নং-২)। প্রাইমারিতে উচ্চমানের ইম্পিড্যান্স থাকে বিধায় আরোপিত প্রাইমারি ভোল্টেজ $(V1)$ কারণে প্রাইমারিতে সামান্য কারেন্ট প্রবাহিত হয়,যা ফুল –লোড কারেন্টের 2% - 5% হয়ে থাকে। প্রাইমারিতে প্রবাহিত এ সামান্য কারেন্টকেই নো-লোড কারেন্ট বলে। ইহাকে I_0 বা I_n দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সেকেন্ডারি বর্তনী খোলা থাকে বিধায় কোনো এনার্জী ট্রান্সফার হয় না।



চিত্র নং-২

৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(ক) নো-লোড ভোল্টেজ (No-load Voltage): ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি সার্কিট লোড-বিহীন অবস্থায় খোলা প্রাইমারিতে যে রেটেড ভোল্টেজ (V_1) প্রয়োগ করা হয় সে পরিমান ভোল্টেজকেই নো-লোড ভোল্টেজ বলে।অর্থাৎ সে অবস্থায় আরোপিত ভোল্টেজ (V_1)-ই নো-লোড ভোল্টেজ ।

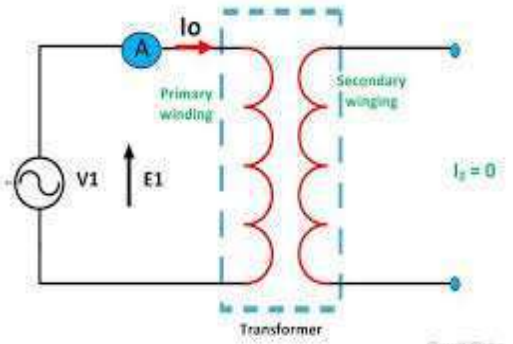


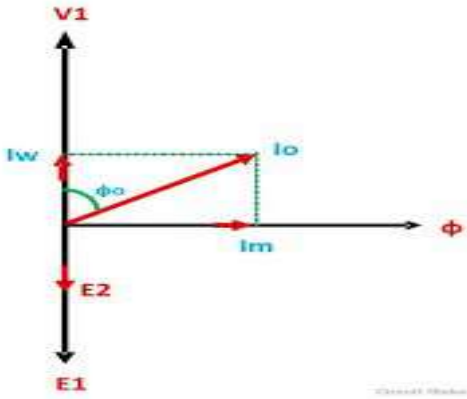
চিত্র নং-৩

৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(খ) নো- লোড কারেন্ট (No-load current):

ট্রান্সফরমারের নো-লোড অবস্থায় প্রাইমারি ওয়াইন্ডিং-এ যে সামান্য পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয়,তাকেই নো-লোড কারেন্ট বলে। ফুল-লোড অবস্থায় ট্রান্সফরমারের প্রাইমারিতে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, নো-লোড অবস্থায় তার প্রায় 2% - 5% কারেন্ট প্রবাহিত হয়। এই কারেন্টকে I_0 বা I_n দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

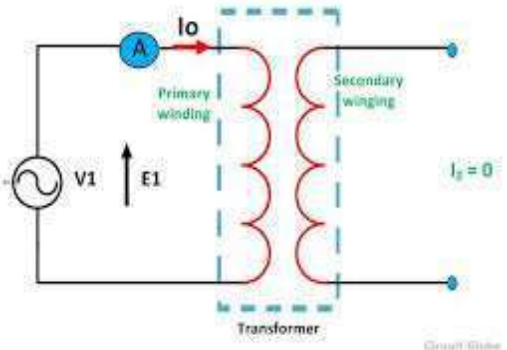


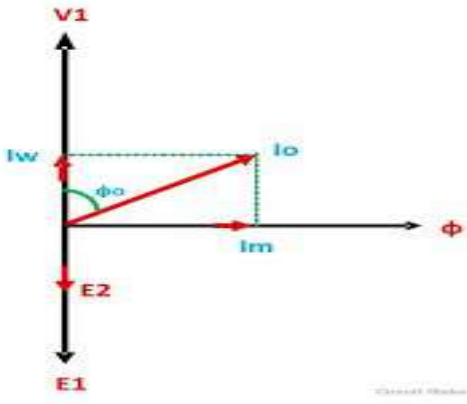


৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(খ) নো- লোড কারেন্ট (No-load current):

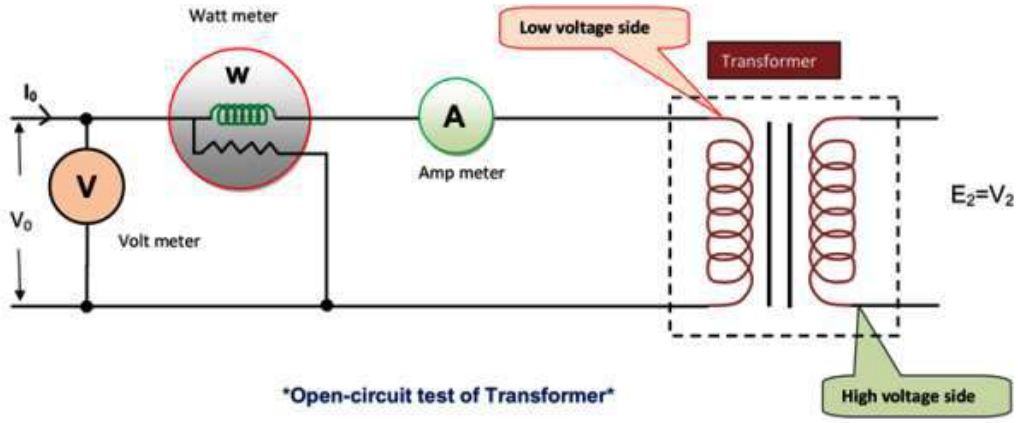
এ কারেন্টের দুটি কম্পোনেন্ট বা উপাংশ থাকে।একটি কম্পোনেন্টকে ম্যাগনেটাইজিং কম্পোনেন্ট (I_μ or I_m) বলে,যা সাপ্লাই ভোল্টেজের 90° পেছনে থাকে কোরে মিউচুয়াল ফ্লাক্সকে প্রতিষ্ঠিত করে। এই ম্যাগনেটাইজিং কম্পোনেন্টকে ওয়াটলেস (Wattless) কম্পোনেন্ট বলে। কারন (I_μ or I_m)এবং ϕ_m or ϕ একই ফেইজে অবস্থান করলেও সরবরাহ হতে কোনো পাওয়ার গ্রহন করেনা।





৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

দ্বিতীয় কম্পোনেন্টকে ওয়ার্কিং কম্পোনেন্ট (I_w) বলে,যা সাপ্লাই ভোল্টেজ (V_1)-এর সাথে একই ফেজে অবস্থান করে কোর লস করে থাকে। I_w সরবরাহ হতে পাওয়ার গ্রহন করে বিধায় এটিকে অ্যাকটিভ কম্পোনেন্টও বলে।

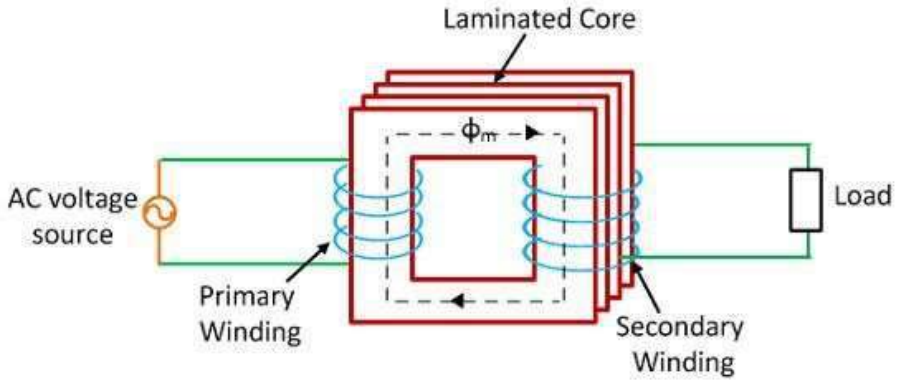


চিত্র নং -৪

৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(গ) মিউচুয়াল ফ্লাক্স (Mutual flux):

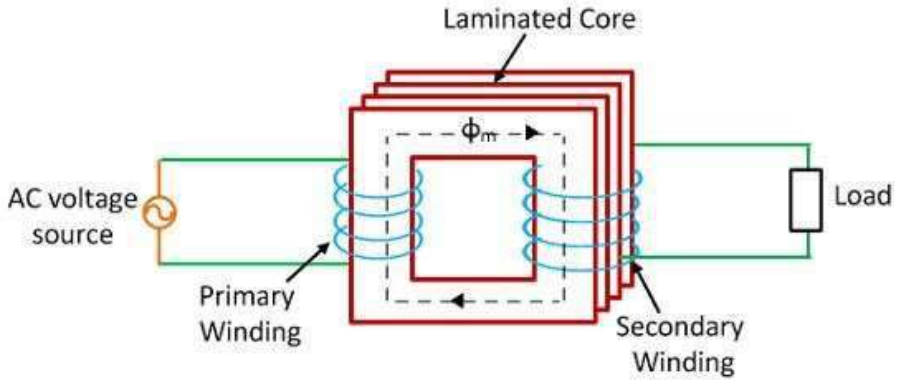
একটি চুম্বকের বা উদ্যমশীল তারের চতুর্দিকের চুম্বকীয় বলরেখার মোট পরিমাণকে ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স বলে। ট্রান্সফরমারের প্রথমায় এসি প্রবাহের ফলে প্রথমায় যে চৌম্বক বলরেখা উৎপন্ন হয় তা কোরের মাধ্যমে দ্বিতীয়ায় যায়।



৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(গ) মিউচুয়াল ফ্লাক্স (Mutual flux):

এজন্য এ প্রক্রিয়ায় ওয়াইন্ডিং-এ সংশ্লিষ্ট ফ্লাক্সকেই মিউচুয়াল ফ্লাক্স বলা হয়। ট্রান্সফরমারের নো-লোড কারেন্টের ম্যাগনেটাইজিং কম্পোনেন্ট-এ মিউচুয়াল ফ্লাক্স ϕ_m সৃষ্টি করে। এ মিউচুয়াল ফ্লাক্স উভয় ওয়াইন্ডিং-এ ইনিডিউস্ড ই,এম,এফ সৃষ্টি করে থাকে।



৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(ঘ) নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load Power factor):

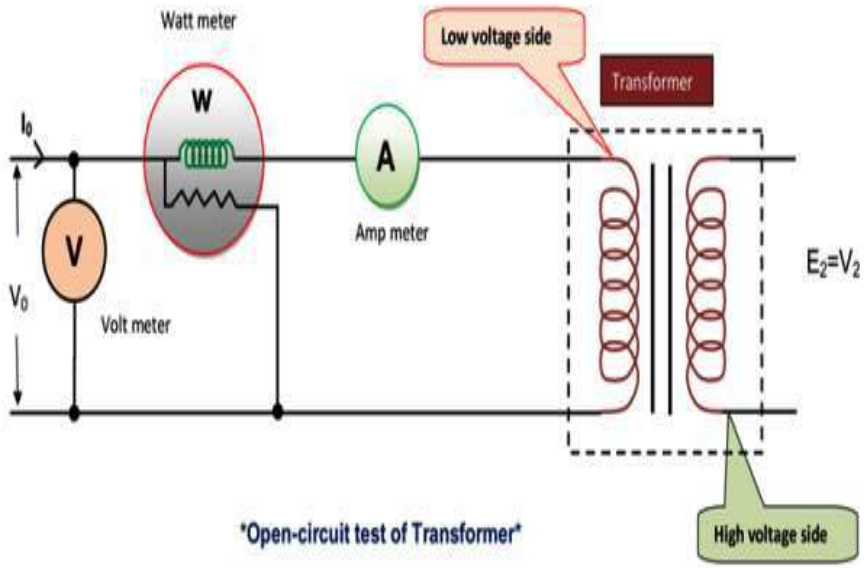
আমরা জানি, ট্রান্সফরমারের ইনপুট পাওয়ার, $W_o = (V_1)\ I_0\ \cos\phi_0$

যেখানে, W_o= নো-লোড ইনপুট পাওয়ার

(V_1)= নো-লোড ভোল্টেজ

I_0= নো-লোড কারেন্ট

$\cos\phi_0$ = নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর

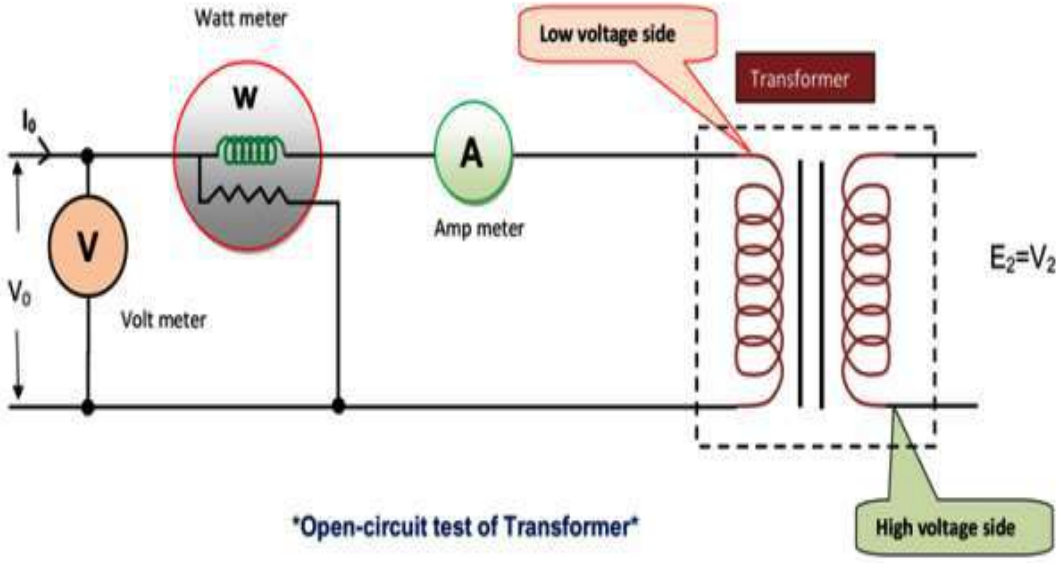


৩.২ নো-লোড ভোল্টেজ,কারেন্ট,মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load voltage,cuurent,mutual fluxand no-load power factor):

(ঘ) নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (No-load Power factor):

কাজেই নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর ,
$\cos\phi_0 = Wo/(V_1)\ I_0)$ ল্যাগিং এখানে ϕ_0 হলো নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর এ্যাঙ্গেল। এটি (V_1) এবং I_0 এর মধ্যবর্তী কোন এবং এর মান 90° এর চেয়ে ছোট।

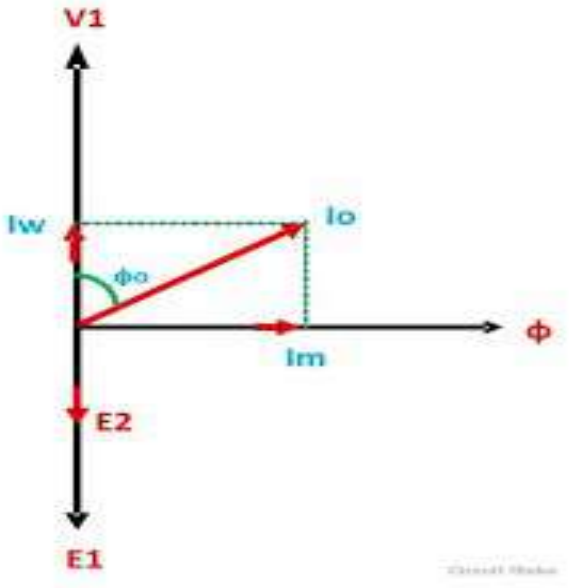
Open-circuit test of Transformer



৩.৩ নো- লোড ট্রান্সফরমারের ভেক্টর চিত্র (Vector Diagram of Transform on no-load):

ট্রান্সফরমারের নো-লোড অবস্থায় প্রাইমারি ওয়াইন্ডিং-এ যে সামান্য পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয়,তাকেই নো-লোড কারেন্ট বলে। এই কারেন্টকে I_0 বা I_n দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
এ কারেন্টের দুটি কম্পোনেন্ট বা উপাংশ থাকে।একটি কম্পোনেন্টকে ম্যাগনেটাইজিং কম্পোনেন্ট (I_μ or I_m) বলে,যা সাপ্লাই ভোল্টেজের 90° পেছনে থাকে কোরে মিউচুয়াল ফ্লাক্সকে প্রতিষ্ঠিত করে।

$(I_\mu \text{ or } I_m) = I_0 \sin\phi_0$ ।

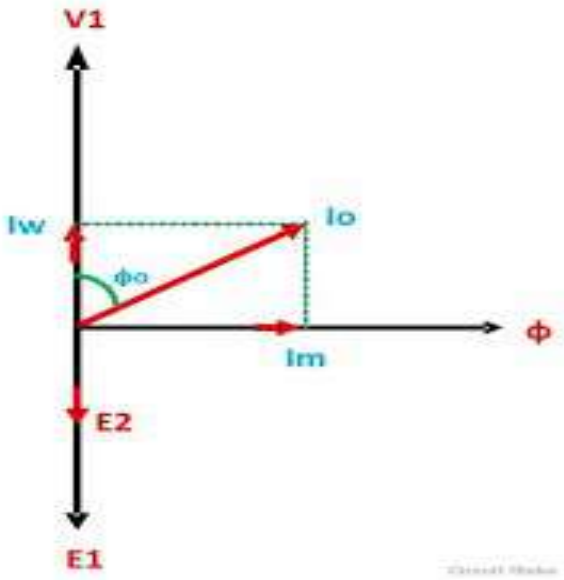


৩.৩ নো- লোড ট্রান্সফরমারের ভেক্টর চিত্র (Vector Diagram of Transform on no-load):

দ্বিতীয় কম্পোনেন্টকে ওয়ার্কিং কম্পোনেন্ট (I_w) বলে,যা সাপ্লাই ভোল্টেজ (V_1)-এর সাথে একই ফেজে অবস্থান করে কোর লস করে থাকে। I_w সরবরাহ হতে পাওয়ার গ্রহন করে বিধায় এটিকে অ্যাকটিভ কম্পোনেন্টও বলে।

$(I_w) = I_0 \cos\phi_0$

সুতারং I_μ এবং I_w ভেক্টর যোগ হবে



$$I_0 = \sqrt{{I_w}^2 + {I_\mu}^2}$$

৩.৪ ট্রান্সফরমারের নো-লোড টেস্টের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformer on no-load):

সূত্রসমূহঃ

Wo= $(V_1)\ I_0\ \cos\phi_0$

$$I_w = I_0 \cos\varphi_0$$

$$I_\mu = I_0 \sin\varphi_0$$

$$I_0 = \sqrt{{I_w}^2 + {I_\mu}^2}$$

$$\cos\varphi_0 = \frac{I_w}{I_\mu}$$

No load resistance $R_0 = \frac{V_1}{I_w}$

No load reactance $X_0 = \frac{V_1}{I_\mu}$

৩.৪ ট্রান্সফরমারের নো-লোড টেস্টের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformer on no-load):

প্রশ্নঃ-১ একটি এক ফেজ 10 কেভিএ 500/250 ভোল্ট 50 Hz ট্রান্সফরমারের নো-লোড পাওয়ার 200 ওয়াট, নো-লোড ভোল্টেজ 250 ভোল্ট, নো লোড কারেন্ট 1.2 A হলে I_{μ} এবং I_{w} এর মান নির্ণয় করো।

সমাধানঃ দেওয়া আছে,

Wo=200 Watt,

V_1=250 V,

I_0=1.2 A

আমরা জানি, Wo= (V_1) I_0 $\cos\phi_0$

৩.৪ ট্রান্সফরমারের নো-লোড টেস্টের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformer on no-load):

প্রশ্নঃ-১ একটি এক ফেজ 10 কেভিএ 500/250 ভোল্ট 50 Hz ট্রান্সফরমারের নো-লোড পাওয়ার 200 ওয়াট, নো-লোড ভোল্টেজ 250 ভোল্ট, নো লোড কারেন্ট 1.2 A হলে I_μ এবং I_w এর মান নির্ণয় করো।

সমাধানঃ

অতএব, $\cos\phi_0 = Wo/(V_1)\ I_0 = 200/(250\times1.2) = 0.67$

$$\theta_0 = \cos^{-1}(0.67) = 47.93^\circ$$

$$\sin\theta_0 = \sin(47.93^\circ) = 0.75$$

$$I_\mu = I_0 \sin\phi_0 = 1.2\times0.75 = 0.9 \text{ A}$$ (উত্তর)

$$I_w = I_0 \cos\phi_0 = 1.2\times0.67 = 0.804 \text{ A}$$ (উত্তর)

৩.৪ ট্রান্সফরমারের নো-লোড টেস্টের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformer on no-load):

প্রশ্নঃ-২ একটি 3300/240V এক ফেজ ট্রান্সফরমারের 240V লো- ভোল্টেজ সাইডে সাপ্লাই দিয়ে হাই -সাইড খোলা রাখা হল।এ অবস্থায় নো লোড কারেন্ট 2 A এবং পাওয়ার 60W গ্রহন করে। লো- ভোল্টেজ সাইডের ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স 0.8Ω হলে বের কর। (ক) নো- লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর (খ) লো- ভোল্টেজ সাইডের ওয়াইন্ডিং এর কপার লস।

সমাধানঃ

Here given

$V_1 = 240$ V

No load current $I_0 = 2A$

No load power $W_0 = 60\,W$

winding resistance $R = 0.8\,\Omega$

no load power factor $\cos\theta_0 = ?$

copper loss of low voltage winding $= I_0^2 R = ?$

Wo= $(V_1)\ I_0\ \cos\phi_0$

অতএব, $\cos\phi_0 = Wo/(V_1)\ I_0 = 60/(240\times2)$

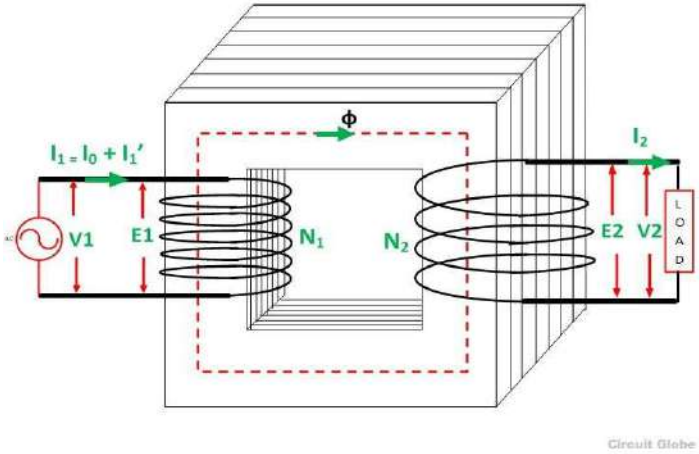
$= 0.125$ lagging

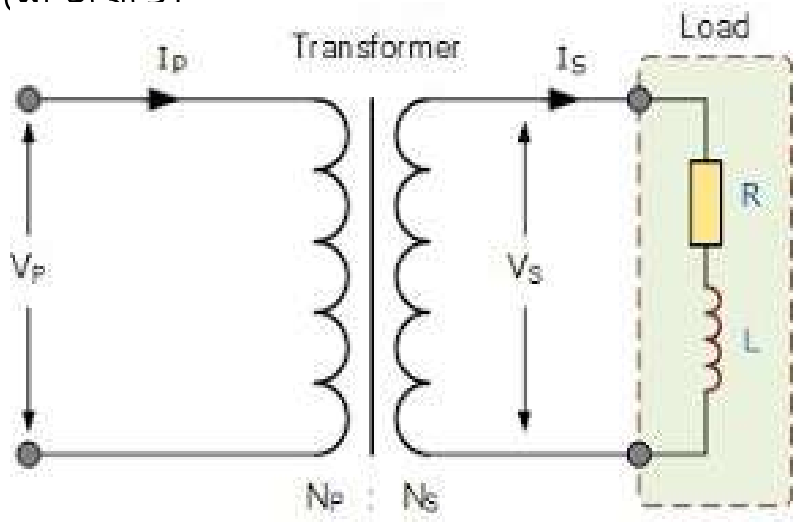
Copper loss of low voltage winding

$$I_0^2 R = (2)^2 \times 0.8 = 3.2\,W$$

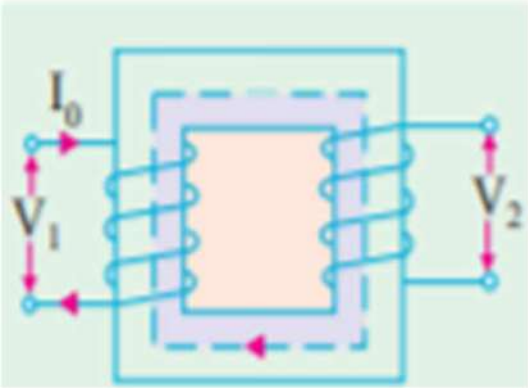
৩.৫ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের কার্যাবলি (Operation of transformer on load condition)

ট্রান্সফরমারের একদিকে লোড সংযোগ করে অন্যদিকে পূর্ণ ভোল্টেজ প্রয়োগ করলে যে অবস্থার উদ্ভব হয়, তাকে ট্রান্সফরমারের লোডযুক্ত বা লোডেড অবস্থা বলা হয়। সেকেন্ডারিতে লোড দিলে প্রাইমারিতে কারেন্ট সৃষ্টি এবং ঐ লোড ক্রমান্বয়ে বর্ধিত করলে আনুপাতিক হারে প্রাইমারিতে কীভাবে কারেন্ট বৃদ্ধি পায় তা পর পর চারটি চিত্র দ্বারা বুঝানো হয়েছে।





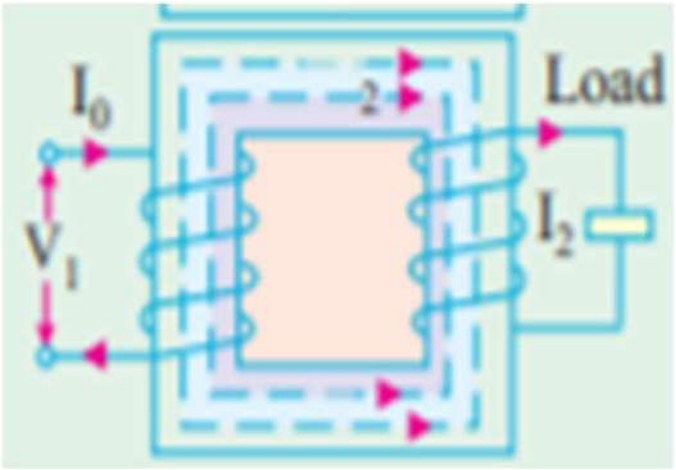
চিত্রঃ ট্রান্সফরমার

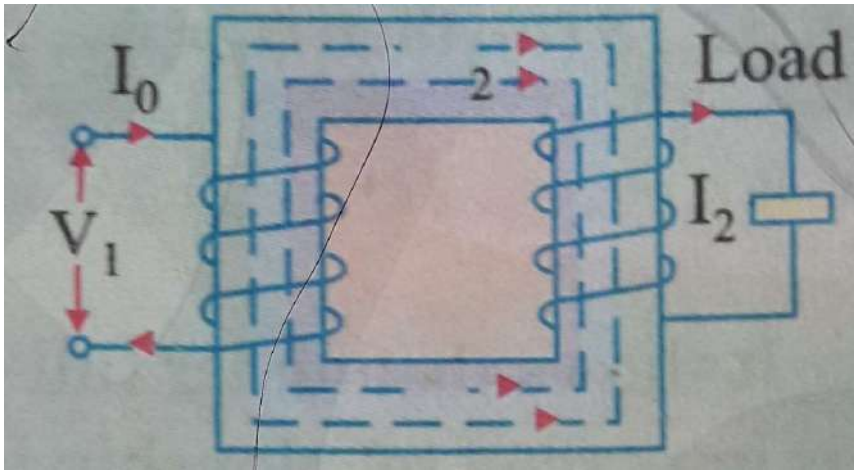


চিত্র নং-১

১ নং চিত্রে লোডের সংযোগ নাই। এ অবস্থায় নো-লোড কারেন্ট I_0 প্রাইমারিতে প্রবাহিত হয়। কোরে সৃষ্ট ফ্লাক্স হলো Φ_m। এ অবস্থায় আবিষ্ট কাউন্টার ই,এম,এফ E_1 আরোপিত প্রাথমিক ভোল্টেজ V_1 এর চেয়ে কম হবে।

৩.৫ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের কার্যাবলি (Operation of transformer on load condition)

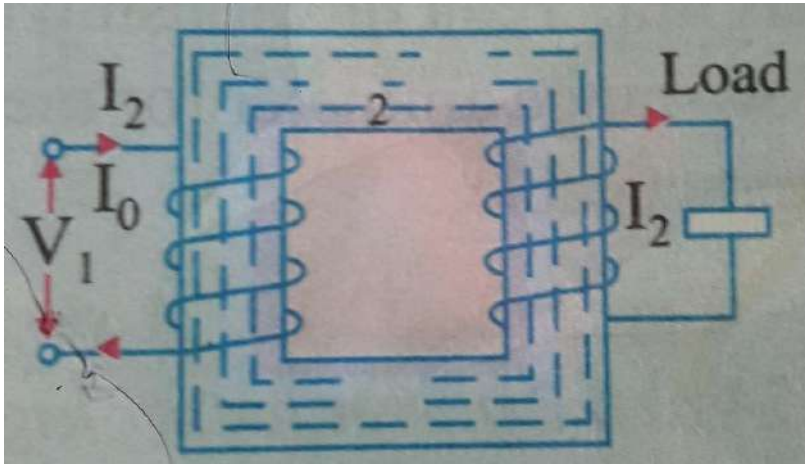




চিত্র নং-২

২ নং চিত্রে লোডের সংযোগ দেওয়া হয়েছে। ফলে লোডে একটি কারেন্ট I_2 কারেন্ট প্রবাহিত হয়েছে। এর দ্বারা কোরে আরো একটি ফ্লাক্স ϕ_sসৃষ্টি হয়েছে। কিন্তু এই ফ্লাক্স এর অভিমুখ ϕ_m-এর 180° বিপরীতে আছে। সুতরাং ফ্লাক্স ϕ_s , ফ্লাক্স ϕ_m কে দুর্বল করে। ϕ_s এর পরিমাণ অবশ্যই সেকেন্ডারি অ্যাম্পিয়ার টার্ন ($I_2\ N_2$) এর সমান।

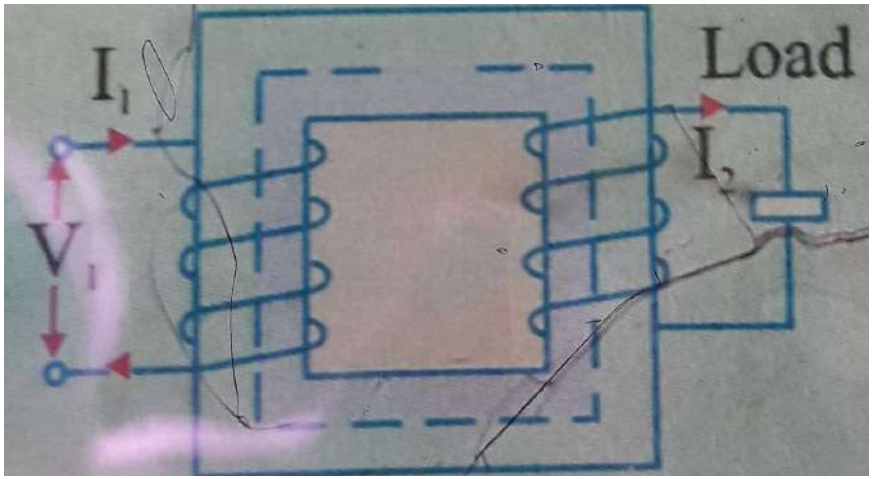
৩.৫ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের কার্যাবলি (Operation of transformer on load condition)



চিত্র নং ৩

৩ নং চিত্রে কোরে তিনটি ফ্লাক্স দেখানো হয়েছে। এখানে লক্ষণীয় যে, ϕ_s এর কারনে ϕ_m দুর্বল হয়ে যায়, তখন প্রাইমারিতে আবিষ্ট কাউন্টার ইএমএফ E_1 এর মানও কিছুটা কমে যায়। E_1 এর মান কমার সাথে সাথে প্রাইমারি কয়েলে আরো কিছু অতিরিক্ত কারেন্ট I_1' প্রবাহিত হয়। এই অতিরিক্ত কারেন্ট I_1'কে প্রাইমারি কারেন্টের লোড কম্পোনেন্ট বলে। এই I_1' কোরে আর একটি নতুন ফ্লাক্স ϕ_s' সৃষ্টি করে। ফ্লাক্স ϕ_s' এর কাজ হলো ϕ_s এর 180° বিপরীতে থেকে একে অপরকে নিস্ক্রিয় করা। এখানে প্রাইমারিতে অতিরিক্ত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত কারেন্ট I_1' আগত প্রাথমিক কারেন্ট I_0 এর সাথে মিলিত হয়ে মোট I_1 হবে।

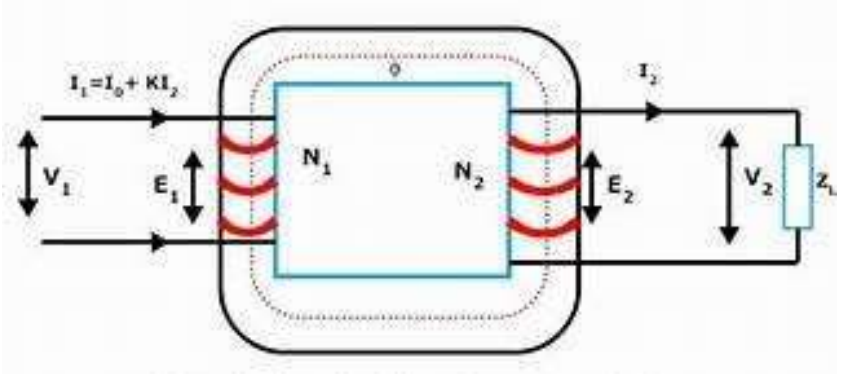
৩.৫ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের কার্যাবলি (Operation of transformer on load condition)



চিত্র নং-৪

৪ নং চিত্রে ফ্লাক্স কোরে শুধু আগের মিউচুয়াল ফ্লাক্স Φ_m পূর্বাবস্থায় ফিরে আসে। এভাবে যদি সেকেন্ডারিতে ক্রমান্বয়ে লোড বাড়ানো হয় তবে প্রাইমারিতে আনুপাতিক হারে কারেন্ট বেড়ে যায়।

৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):



চিত্র নং-৫

বাস্তব ট্রান্সফরমারের ক্ষেত্রে দুটি অবস্থা বিবেচনা করা হয়ঃ

১। ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্স বিহীন ট্রান্সফরমার।

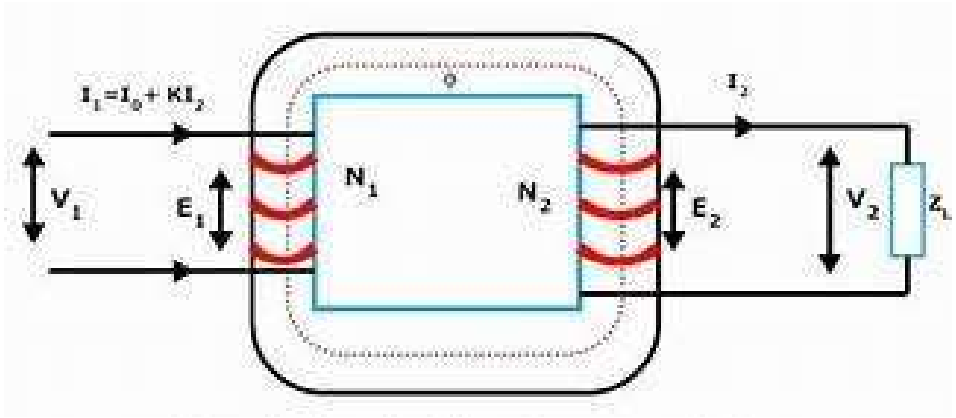
২। ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সসহ ট্রান্সফরমার।

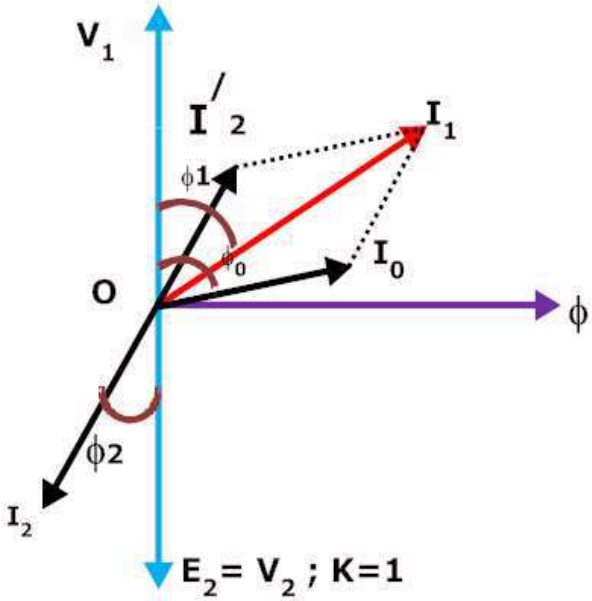
৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সবিহীন ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

(ক) ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রেঃ

ট্রান্সফরমারের ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্স শূন্য হওয়ায় ভেক্টর ডায়াগ্রামে ইনডিউসড ই,এম,এফ এবং সাপ্লাই ভোল্টেজ ইনফেজে দেখানো হয়েছে। যেহেতু সেকেন্ডারি সাইডে ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোড সংযুক্ত আছে, সেহেতু সেকেন্ডারি সাইডের কারেন্ট I_2 ,ভোল্টেজ V_2 এর পেছনে থাকবে। উক্ত কারেন্টকে প্রাইমারি সাইডে ট্রান্সফার করতে হলে ট্রান্সমিশন রেশিও দ্বারা ভাগ করতে হবে, যা ভেক্টর ডায়াগ্রামে I_2' দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। এখানে I_0 এবং I_2' এর ভেক্টর যোগের মাধ্যমে প্রাইমারি কারেন্ট I_1 পাওয়া যায় ।





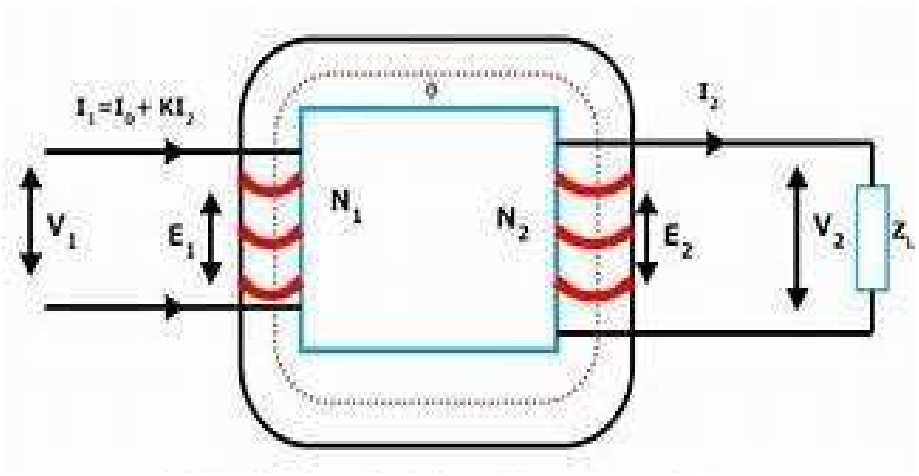
চিত্র নং-৬: ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরের ভেক্টর ডায়াগ্রাম

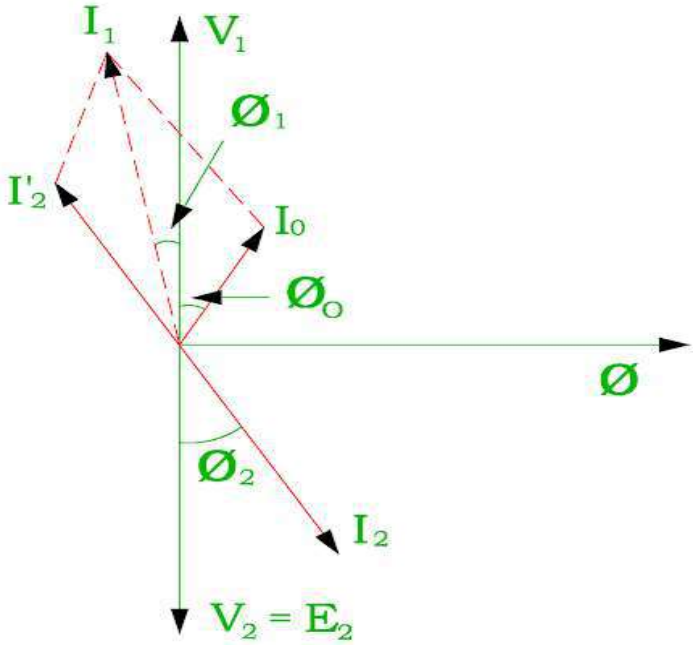
৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সবিহীন ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

(খ) লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রেঃ

চিত্র নং-৭ এ সেকেন্ডারি কারেন্ট I_2 কে ভোল্টেজ V_2 এর লিডিং-এ দেখানো হয়েছে। তার সাপেক্ষে প্রাইমারি সাইডের কারেন্ট I_1 অংকন করা হয়েছে,





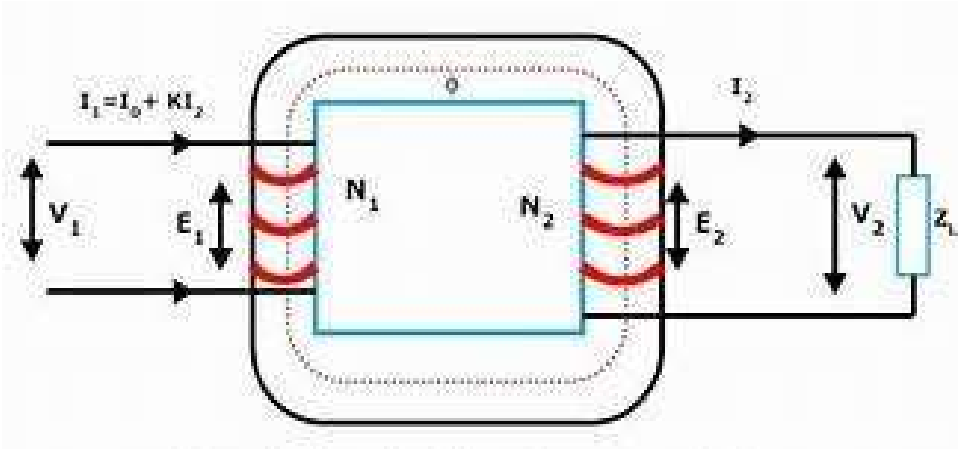
চিত্র নং-৭: লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টরের ভেক্টর ডায়াগ্রাম।

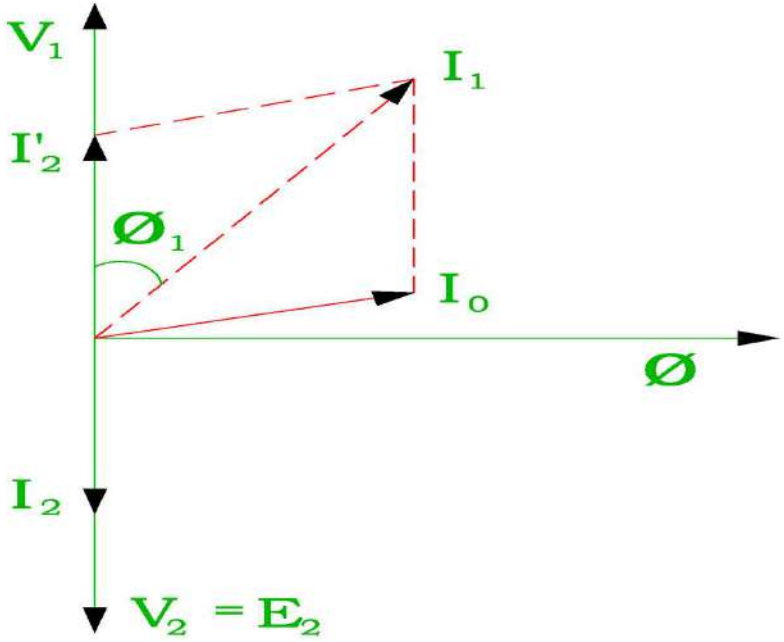
৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সবিহীন ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

(গ) ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রেঃ

ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রে সেকেন্ডারি ভোল্টেজ V_2 এবং কারেন্ট I_2 ইনফেজে থাকে।



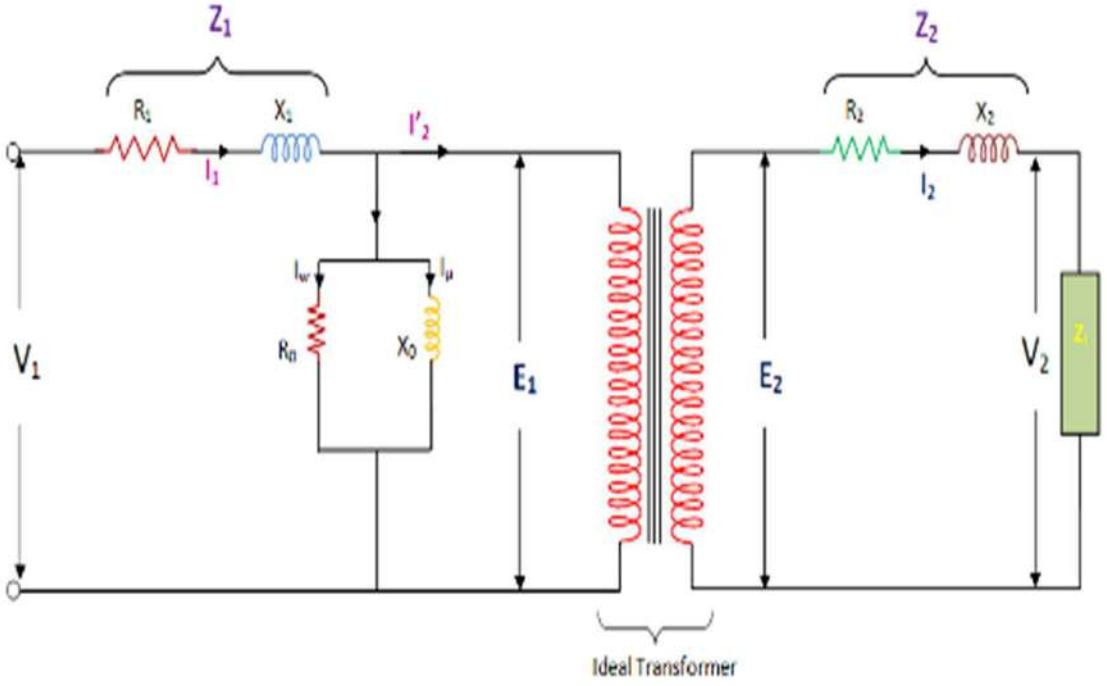


চিত্র নং-৮: ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ভেক্টর ডায়াগ্রাম

৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সসহ ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

Due to the presence of resistance and leakage reactance, some voltage drop will occur in the primary winding.
If, V_1 =Applied primary voltage,
E_1= Primary induced voltage,
Then, we can write , that
$V_1 = E_1 + I_1(R_1+jX_1)$
$V_1 = E_1 + I_1Z_1$,
Similarly, The voltage drop will occur in secondary winding,
If V_2 = secondary terminal voltage,
and E_2= Secondary induced voltage,
Then, we can write, that
$E_2=V_2 + I_2(R_2+jX_2)$
$E_2 =V_2 +I_2Z_2$



Equivalent Circuit diagram of Transformer

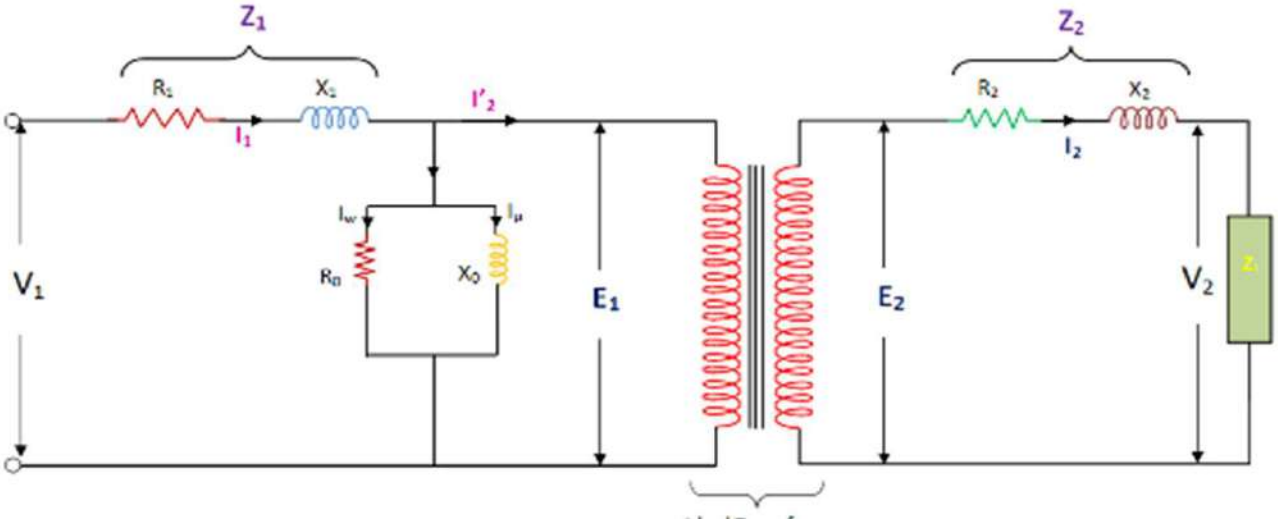
৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সসহ ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

(ক) ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রেঃ

$V_1 = E_1 + I_1(R_1+jX_1)$
$V_1 = E_1 + I_1Z_1$,

$E_2=V_2 + I_2(R_2+jX_2)$
$E_2 =V_2 +I_2Z_2$



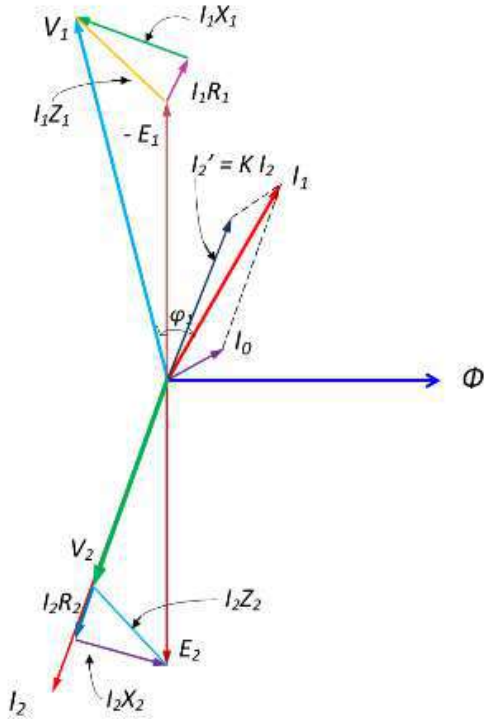


Fig-2 (When Load is Non-Inductive)

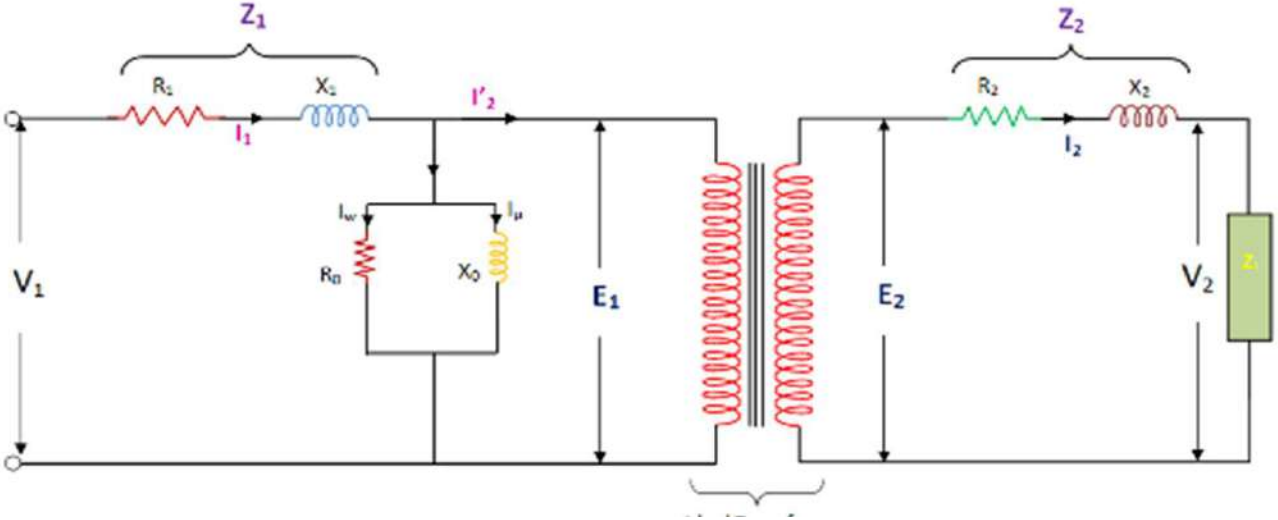
৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সসহ ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

(খ) ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রেঃ

$V_1 = E_1 + I_1(R_1+jX_1)$
$V_1 = E_1 + I_1Z_1$,

$E_2=V_2 + I_2(R_2+jX_2)$
$E_2 =V_2 +I_2Z_2$



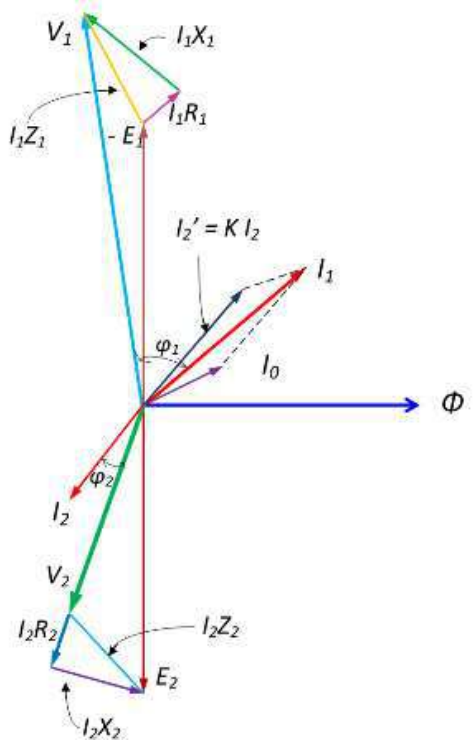


Fig-3 (When Load is Inductive)

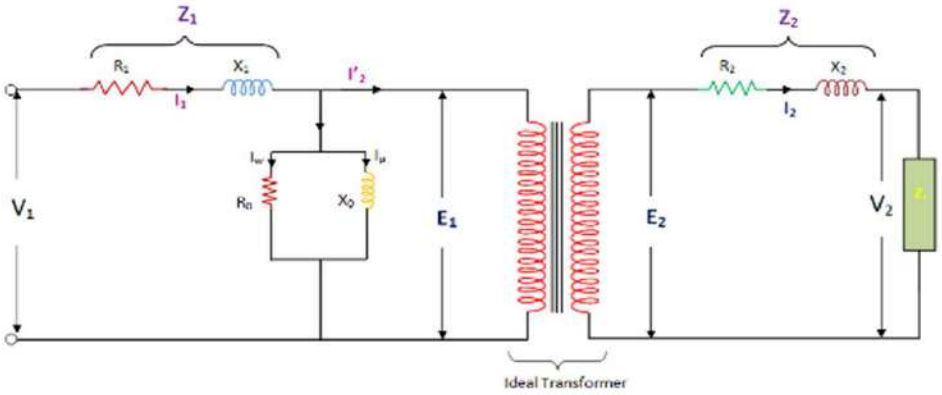
৩.৬ ল্যাগিং,লিডিং ও ইউনিটি লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম (Vector diagram of transformer on lagging,leading and unity load condition):

নিম্নে ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স এবং লিকেজ ফ্লাক্সসহ ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হলোঃ

(গ) লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট লোডের ক্ষেত্রেঃ

$V_1 = E_1 + I_1(R_1+jX_1)$
$V_1 = E_1 + I_1Z_1$

$E_2=V_2 + I_2(R_2+jX_2)$
$E_2 =V_2 +I_2Z_2$



Equivalent Circuit diagram of Transformer

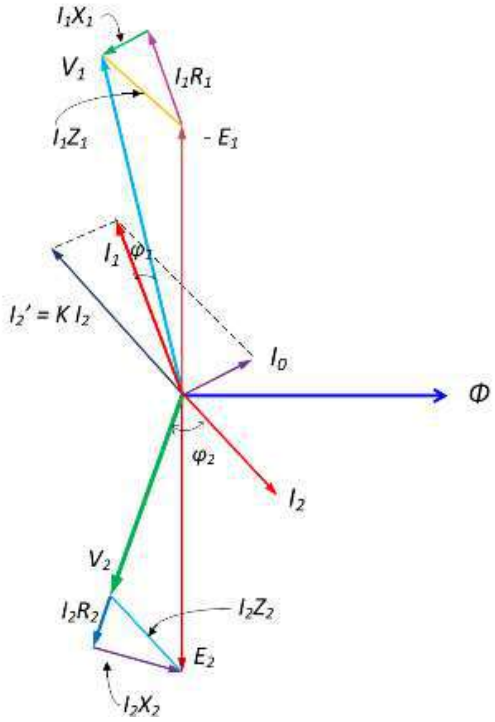


Fig-4 (When Load is Capacitive)

৩.৭ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformeron load condition):

প্রয়োজনীয় সুত্রাবলিঃ

$$1.\ I_p{}^2 = I_0{}^2 + (I_s{}')^2$$

$$2.\ \mathrm{I_s}' = \frac{I_s}{a}$$

$$3.\ \mathrm{I_s} = aI_p$$

$$4.\ \mathrm{I_p} = \sqrt{(I_0)^2 + (I_s{}')^2 + 2I_0 I_s{}' \cos\theta}$$

$$5.\ \mathrm{I_p}\angle -\theta_p = I_0\angle -\theta_0 + I_s{}'\angle -\theta_s$$

৩.৭ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformeron load condition):

প্রশ্ন-৩: একটি ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং এর প্যাচ সংখ্যা যথাক্রমে 800 ও 200। যখন 0.8 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে সেকেন্ডারি লোড কারেন্ট 80 A হয়, তখন 0.707 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে প্রাইমারি কারেন্ট 25 A দেখয়। বের কর- (ক) নো-লোড কারেন্ট (খ)নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর

Here given data,

$N_p = 800$

$N_S = 200$

$\therefore a = \frac{N_p}{N_s} = \frac{800}{200} = 4$

Secondary load current $I_s = 80\ A$

Pr *imary* load Component Current $I_s' = \frac{I_s}{a} = \frac{80}{4} = 20$

Secondary Power factor, $\text{Cos}\ \theta_s = 0.8$ lagging

$\Rightarrow \quad \theta_s = Cos^{-1}(0.8) = 36.87°$

$\Rightarrow \quad \text{Sin}\ \theta_s = Sin(36.87°) = 0.6$

Primary Current $I_p = 25\ A$

Pr *imary* Power factor $\text{Cos}\ \theta_p = 0.707$ lagging

$\Rightarrow \quad \theta_p = \text{Cos}^{-1}(0.707) = 45°$

$\text{Sin}\ \theta_p = \text{Sin}(45°) = 0.707$

No load Current $I_0 = ?$

No Load Power Factor $\text{Cos}\ \theta_0 = ?$

We Know That

$$I_p \angle -\theta_p = I_0 \angle -\theta_0 + I_s' \angle -\theta_s$$

$$I_0 \angle -\theta_0 = I_p \angle -\theta_p - I_s' \angle -\theta_s$$

$$= I_p(\cos\theta_p - j\sin\theta_p) - I_s'(\cos\theta_s - j\sin\theta_s)$$

$$= 25(0.8 - j0.6) - 20(0.707 - j0.707)$$

$$= 20 - j15 - 14.14 + j14.14$$

$$= 5.86 - j0.86$$

$$= 5.92 \angle -8.35°$$

No load current $I_0 = 5.92$ A

No load power factor $\cos\theta_0 = \cos(-8.35°) = 0.99$ lagging

৩.৭ লোডযুক্ত অবস্থায় ট্রান্সফরমারের সমস্যার সমাধান (Solve problems related to transformeron load condition):

প্রশ্ন-৪: একটি 400/200 V সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার 0.8 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে সেকেন্ডারি লোড কারেন্ট 50 A সরবরাহ করে। নো-লোড কারেন্ট ও নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর যথাক্রমে 2 A ও 0.2 ল্যাগিং হলে প্রাইমারি কারেন্ট ও প্রাইমারি পাওয়ার ফ্যাক্টর নির্ণয় কর।

Here given data,

$V_p = 400$

$V_S = 200$

$\therefore a = \frac{V_p}{V_s} = \frac{400}{200} = 2$

Secondary load current $I_s = 50\ A$

Pr *imary* load Component Current $I_s' = \frac{I_s}{a} = \frac{50}{2} = 25\ A$

Secondary Power factor, Cos $\theta_s = 0.8$ lagging

$\Rightarrow \quad \theta_s = Cos^{-1}(0.8) = 36.87°$

$\Rightarrow \quad \text{Sin}\ \theta_s = Sin(36.87°) = 0.6$

No load Current $I_0 = 2\ A$

*N*o load Power factor Cos $\theta_0 = 0.2$ lagging

$\Rightarrow \quad \theta_0 = \text{Cos}^{-1}(0.2) = 78.46°$

$\text{Sin}\ \theta_0 = \text{Sin}(78.46°) = 0.98$

Primary Current $I_p = ?$

Primary Power Factor Cos $\theta_p = ?$

We Know That

$$I_p \angle -\theta_p = I_0 \angle -\theta_0 + I_s' \angle -\theta_s$$

$$= I_0(\cos\theta_0 - j\sin\theta_0) + I_s'(\cos\theta_s - j\sin\theta_s)$$

$$= 2(0.2 - j0.98) + 25(0.8 - j0.6)$$

$$= 0.4 - j1.96 + 20 - j15$$

$$= 20.4 - j16.96$$

$$= 26.53 \angle -39.74°$$

$\therefore$ Primary current $I_p = 26.53$ A

$\therefore$ Primary power factor $\cos\theta_p = \cos(-39.74°)$

$= 0.768$ lagging

পাঠ মূল্যায়ন

প্রশ্নঃ-১ ট্রান্সফরমারের নো-লোড অপারেশন কী?

উত্তরঃ ট্রান্সফরমারের একদিকে এর রেটেড পূর্ণ ভোল্টেজ প্রয়োগ করে অন্য সাইড খোলা রেখে দিলে ট্রান্সফরমারের যে অবস্থার সৃষ্টি হয়,তাকে নো-লোড কন্ডিশন (condition) বলে। এ অবস্থায় অর্থাৎ লোডবিহীন অবস্থায় কার্যক্রমই হলো নো-লোড অপারেশন।

প্রশ্নঃ-২ ট্রান্সফরমারের মিউচুয়াল ফ্লাক্স কী?

উত্তরঃ

একটি চুম্বকের বা উদ্যমশীল তারের চতুর্দিকের চুম্বকীয় বলরেখার মোট পরিমাণকে ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স বলে। ট্রান্সফরমারের প্রথমায় এসি প্রবাহের ফলে প্রথমায় যে চৌম্বক বলরেখা উৎপন্ন হয় তা কোরের মাধ্যমে
দ্বিতীয়ায় যায়। এজন্য এ প্রক্রিয়ায় ওয়াইন্ডিং-এ সংশ্লিষ্ট ফ্লাক্সকেই মিউচুয়াল ফ্লাক্স বলা হয়।
ট্রান্সফরমারের নো-লোড কারেন্টের ম্যাগনেটাইজিং কম্পোনেন্ট-এ মিউচুয়াল ফ্লাক্স ϕ_m সৃষ্টি করে। এ মিউচুয়াল ফ্লাক্স উভয় ওয়াইন্ডিং-এ ইনিডিউস্ড ই,এম,এফ সৃষ্টি করে থাকে।

বাড়ির কাজ

১। একটি ট্রান্সফরমারের লোডযুক্ত অবস্থা চিত্রসহ বর্ণনা কর।

২। ট্রান্সফরমারের ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর লোডের ভেক্টর চিত্র অঙ্কন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

৩। ট্রান্সফরমারের ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টর লোডের ভেক্টর চিত্র অঙ্কন করে ব্যবহৃত বিভিন্ন চিহ্নের পূর্ণনাম লেখ।

৪। ট্রান্সফরমারের লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টর লোডের ভেক্টর চিত্র অঙ্কন করে এতে ব্যবহৃত বিভিন্ন সাংকেতিক চিহ্নের পূর্ণনাম লেখ।

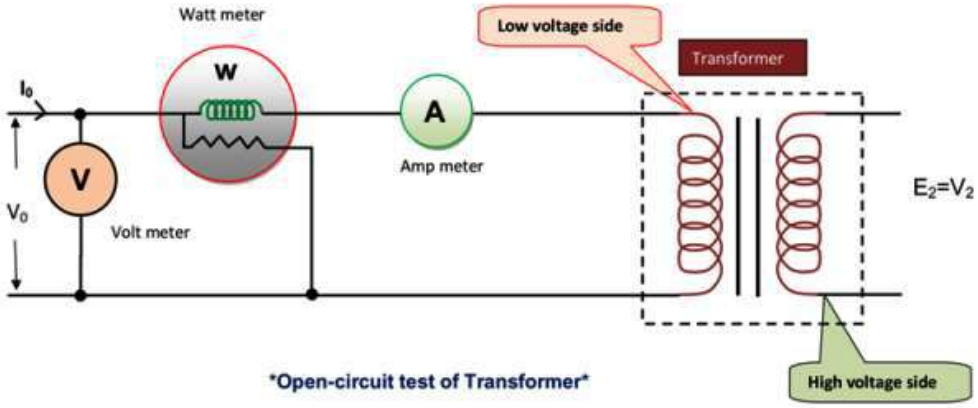
৫। একটি 400/200 v, সিঙ্গেল-ফেজ ট্রান্সফরমার o.866 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর লোডে 50 অ্যাম্পিয়ার সরবরাহ করে। নো-লোড কারেন্ট ও পাওয়ার ফ্যাক্টর যথাক্রমে 2 অ্যাম্পিয়ার ও 0.208 ল্যাগিং হলে প্রাইমারি কারেন্ট ও পাওয়ার ফ্যাক্টর নির্নয় কর।

এই ভিডিওটি পুণরায় দেখতে জাতীয় দক্ষতা বাতায়নে কারিগরি শিক্ষা অধিদপ্তরের পেইজ www.skills.gov.bd/dte ভিজিট করুন।

সরাসরি ক্লাস দেখার লিঙ্কঃ www.facebook.com/skills.gov.bd

আগামি মঙ্গল বার অধ্যায়-৪ পড়ানো হবে।

সবাইকে ধন্যবাদ


Watt meter
W
Low voltage side
Transformer
I_0
A
Amp meter
V
V_0
Volt meter
$E_2=V_2$
Open-circuit test of Transformer
High voltage side

শিক্ষক পরিচিতিঃ

এস, এম, জয়নাল আবেদীন
চীফ ইন্সট্রাক্টর (ইলেকট্রিক্যাল)
ফেনী পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট

পাঠ পরিচিতিঃ

বিষয়ঃ এসি মেশিনস-১ (৬৬৭৬১)

৬ষ্ঠ পর্ব (ইলেকট্রিক্যাল

৪র্থ অধ্যায়

ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিট,ম্যাগনেটিক লিকেজ এবংলিকেজ রিয়্যাক্ট্যান্স

(Equivalent Circuit of Transformer, Magnetic Leakage and Leakage Reactance of Transformer)।

এ অধ্যায়ের পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা জানতে পারবেঃ

৪.১। ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিট এবং ভেক্টর ডায়াগ্রাম সম্পর্কে ধারনা।

৪.২। ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিট এর ব্যাখ্যা করন।

৪.৩। প্রাইমারির দিকে স্থানান্তরিত ট্রান্সফরমারের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্নয় করণ।

৪.৪ ।সেকেন্ডারির দিকে স্থানান্তরিত ট্রান্সফরমারের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্নয় করণ।

৪.৫। ট্রান্সফরমারের ম্যাগনেটিক লিকেজ সম্পর্কে ধারনা।

৪.৬। ট্রান্সফরমারের ম্যাগনেটিক লিকেজের অসুবিধা সম্পর্কে ধারনা।

৪.৭। ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি সাইডে সমতুল্য লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স নির্নয় করন।

৪.৮। ট্রান্সফরমারের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স এবং ইম্পিড্যান্স-এর সমস্যার সমাধান নির্নয় করণ।

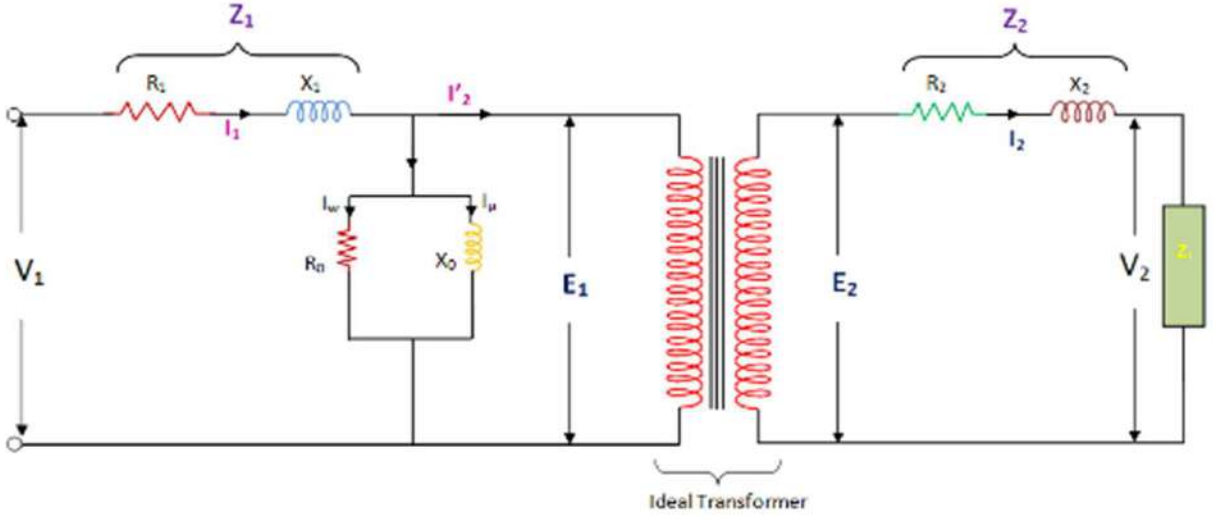
৪.৯। শতকরা রেজিস্ট্যান্স, রিয়াকট্যান্স এবং ইম্পিড্যান্সের সংজ্ঞা ।

৪.১০। শতকরা রেজিস্ট্যান্স, রিয়াকট্যান্স এবং ইম্পিড্যান্সের সমীকরন নির্ণয় করন।

৪.১ ।ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিট এবং ভেক্টর ডায়াগ্রাম (The Equivalent Circuit and Vector Diagram Of Transformer):

ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিট (Equivalent Circuit of transformer):

ট্রান্সফরমারের উপর যাবতীয় পরীক্ষা-নিরীক্ষার ফলাফল ও বিভিন্ন প্রকার ক্যালকুলেশন (Calculation) সহজভাবে এবং তাড়াতাড়ি করার জন্য ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিট দরকার। সমতুল্য সার্কিট প্রাইমারি অথবা সেকন্ডারি উভয় টার্মে হতে পারে।এই সার্কিটের বিকাশ (Development)পর্যাক্রমে নিচে দেখানো হয়েছে।

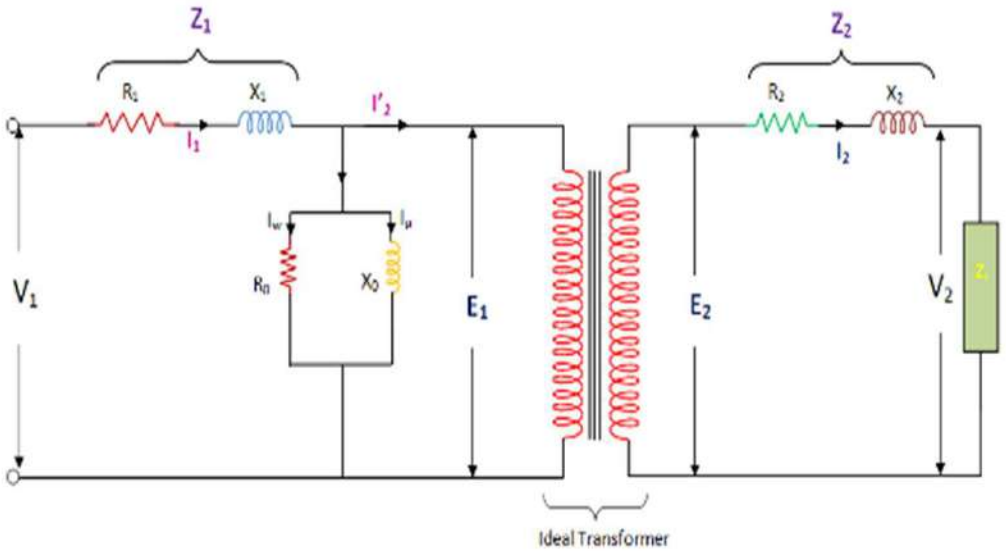


Equivalent Circuit diagram of Transformer

(ক)

৪.১ ।ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিট এবং ভেক্টর ডায়াগ্রাম (The Equivalent Circuit and Vector Diagram Of Transformer):

উপরের (ক) নং চিত্রে ট্রান্সফরমারের উভয় কয়েলের রেজিস্ট্যান্স ও ইন্ডাকট্যান্স বুঝার সুবিধার্থে কোরের বাইরে দেখানো হয়েছে। উপরের (খ) নং চিত্রে প্রাইমারি সাইডে সেকেন্ডারির সমতুল্য কম্পোনেন্টসমূহ দেখানো হয়েছে। নো-লোড কারেন্টের পরিমাণ রেটেড কারেন্টের তুলনায় খুবই কম বিধায় নো-লোড কম্পোনেন্টসকে বাদ দিয়ে (গ) নং চিত্রে প্রাইমারি টার্মে সমতুল্য সার্কিট দেখানো হয়েছে। অনুরুপভাবে, এই সার্কিট সেকেন্ডারি টার্মেও দেখানো যায়।



Equivalent Circuit diagram of Transformer

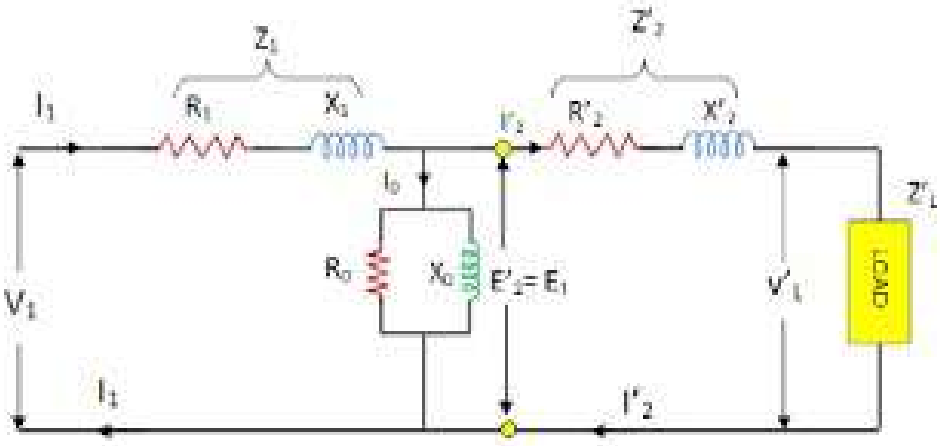
(খ)

Where,
R_1 = Primary Winding Resistance.
R_2= Secondary winding Resistance.
I_0= No-load current.
I_μ = Magnetizing Component,
I_w = Working Component,
This I_μ & I_w are connected in parallel across the primary circuit. The value of E_1 (Primary e.m.f) is obtained by subtracting vectorially $I_1 Z_1$ from V_1 . The value of $X_0 = E_1 / I_0$ and $R_0 = E_1 / I_w$. We know that the relation of E_1 and E_2 is $E_1 / E_2 = N_1 / N_2 = a$ (transformation Ratio)

$$V_1 - (I_1 R_1 + j I_1 X_1) = E_1$$

$E_2 = V_2 + I_2 (R_2 + jX_2)$
$E_2 = V_2 + I_2 Z_2$

৪.১ ।ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিট এবং ভেক্টর ডায়াগ্রাম (The Equivalent Circuit and Vector Diagram Of Transformer):



চিত্র-(খ) Equivalent circuit of transformer referred to Primary

যেখানে, $E_1 / E_2 = N_1 / N_2 = a$ (transformation Ratio)

$$V_2' = aV_2$$

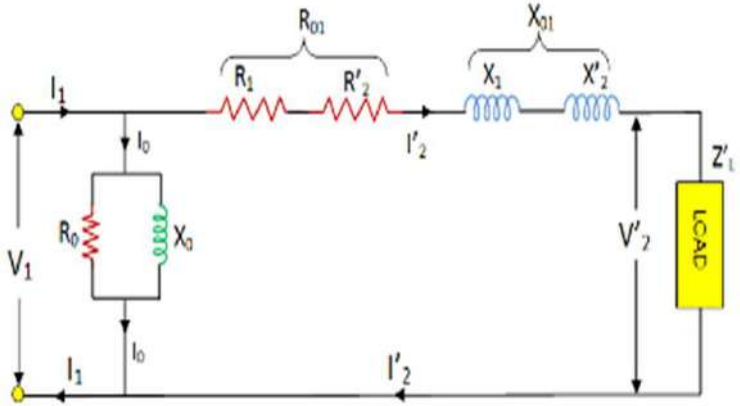
$$R_2' = a^2 R_2$$

$$X_2' = a^2 X_2$$

$$I_2' = \frac{I_2}{a}$$

$$Z_L' = a^2 Z_L$$

৪.১ ।ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিট এবং ভেক্টর ডায়াগ্রাম (The Equivalent Circuit and Vector Diagram Of Transformer):

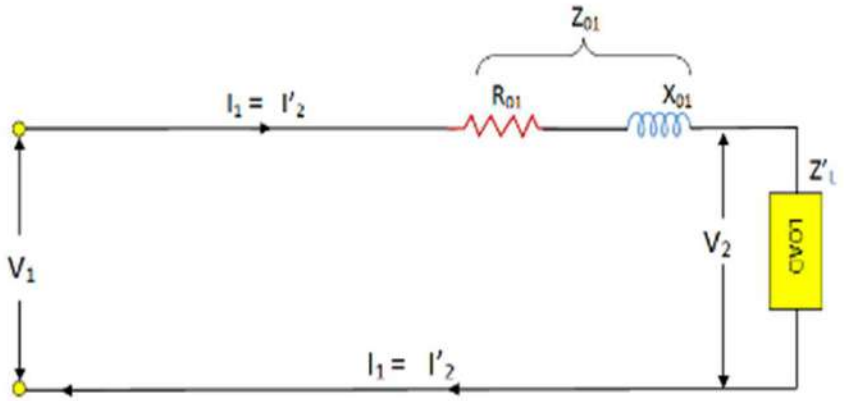


$$X_{01} = X_{eq} = X_e^{'} = X_1 + X_2^{'} = X_1 + a^2 X_2 = X_p + a^2 X_s$$

$$R_{01} = R_{eq} = R_e^{'} = R_1 + R_2^{'} = R_1 + a^2 R_2 = R_p + a^2 R_s$$

চিত্র নং-(গ): Equivalent Circuit of Transformer in terms of Primary Side.

৪.১ ।ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিট এবং ভেক্টর ডায়াগ্রাম (The Equivalent Circuit and Vector Diagram Of Transformer):



$$X_{01} = X_{eq} = X_e' = X_1 + X_2' = X_1 + a^2 X_2 = X_p + a^2 X_s$$

$$R_{01} = R_{eq} = R_e' = R_1 + R_2' = R_1 + a^2 R_2 = R_p + a^2 R_s$$

$$Z_{01} = \sqrt{(R_{01})^2 + (X_{01})^2} = Z_e' = Z_{eq}$$

চিত্র নং-(ঘ): Equivalent Circuit of Transformer in terms of Primary Side.

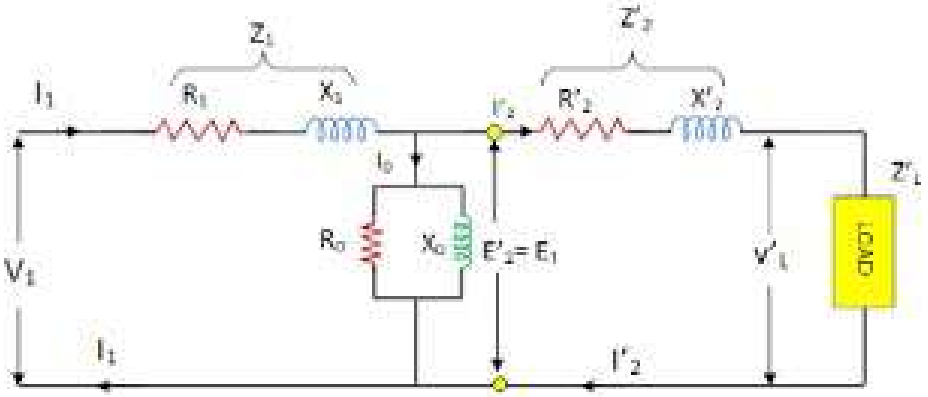
Equivalent resistance in terms of primary, $= R_e'$

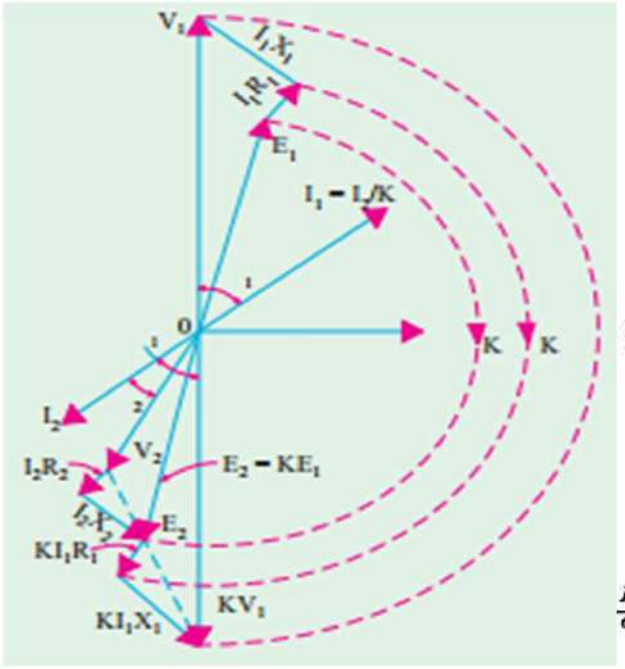
Equivalent Reactance in terms of primary, $= X_e'$

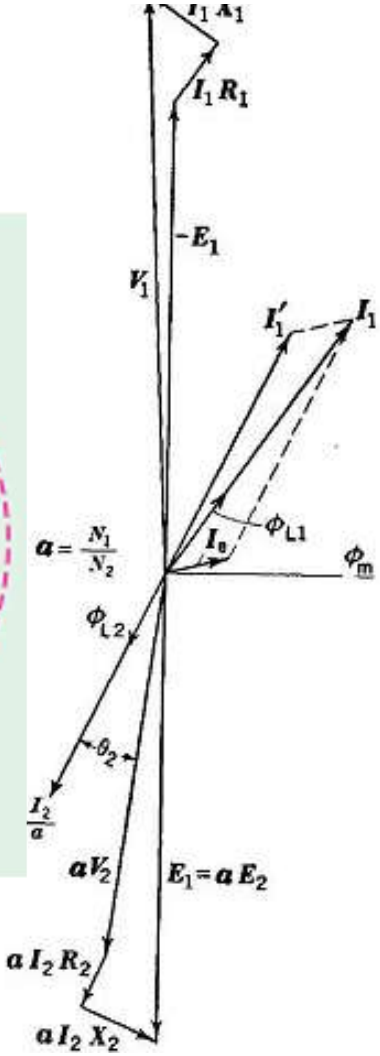
Equivalent impedance in terms of primary, $= Z_e'$

ট্রান্সফরমারের ভেক্টর ডায়াগ্রামঃ

নিম্নে সমতুল্য সার্কিটের ভেক্টর ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে ভেক্টর ডায়াগ্রাম বর্ণনা করা হলোঃ







চিত্র নং-(ঘ)

পাশের চিত্র থেকে দেখা যায় $I_2 R_2$, $I_2 X_2$ ভেক্টরদ্বয়ের সাথে V_2 কে যোগ করলে E_2 পাওয়া যায় এবং অনুরুপভাবে $I_1 R_1$, $I_1 X_1$ ভেক্টরদ্বয়ের সাথে E_1 কে যোগ করলে V_1 পাওয়া যায়। সমতুল্য সার্কিট ভোল্টেজ, রেজিস্ট্যান্স, রিয়্যাকট্যান্সকে প্রাইমারি হতে সেকেন্ডারিতে এবং সেকেন্ডারি হতে প্রাইমারিতে ট্রান্সফরমেশন রেশিও 'a' ব্যবহার করে স্থানান্তরিত করা হয়।

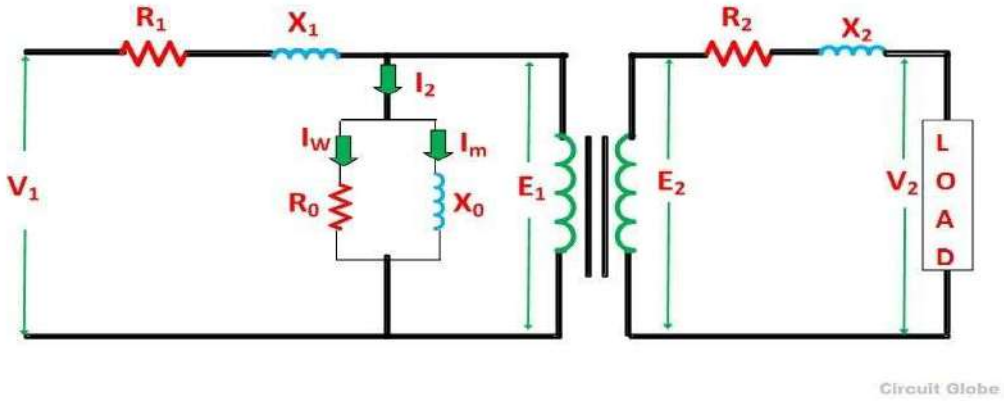
৪.২। ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিট-এর ব্যাখ্যা (Explain the equivalent circuit of a transformer):

ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিট দুই ধরণের, যেমনঃ

১। সঠিক সমতুল্য সার্কিট (Exact equivalent circuit)

২। কাছাকছি সমতুল্য সার্কিট (Approximate equivalent circuit)

(১) সঠিক সমতুল্য সার্কিট (Exact equivalent circuit):

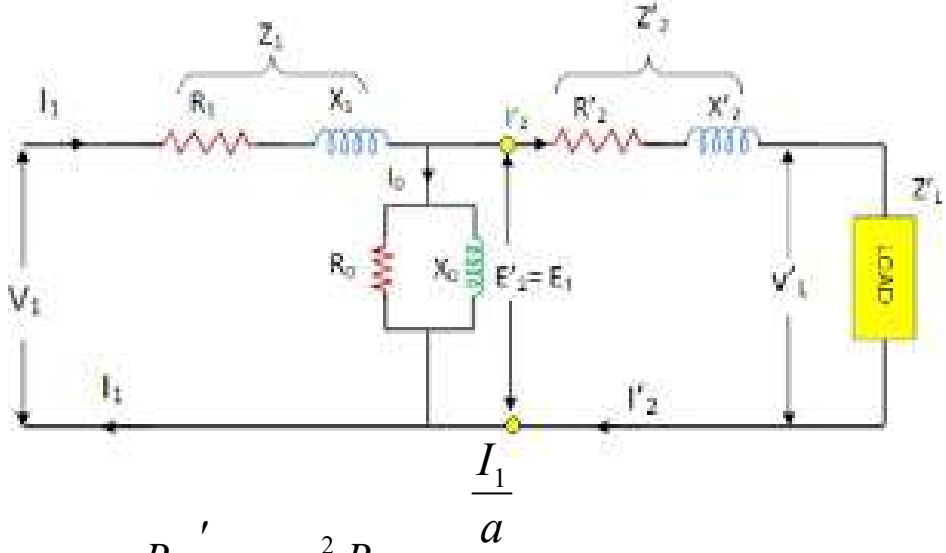


চিত্র নং-৫: দুই ওয়াইন্ডিং বিশিষ্ট ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি সার্কিট

চিত্রে নো-লোড কারেন্টের দুটি উপাংশ এর একটি I_μ বিশুদ্ধ ইন্ডাক্ট্যান্স X_o ও আর উপাংশ I_w নন-ইন্ডাকটিভ রেজিস্ট্যান্স R_o কে অনুসরণ করে,ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি সার্কিটে এই উপাংশদ্বয় প্যারালাল অবস্থায় থাকে। আরোপিত ভোল্টেজ V_1 থেকে I_1Z_1 বিয়োগ করলে E_1 এর মান পাওয়া যায়। এখানে-

$$X_0 = \frac{E_1}{I_\mu} \quad \text{এবং} \quad X_0 = \frac{V_1}{I_\mu}$$

যেখানে, $E_1 / E_2 = N_1 / N_2 = a$ (transformation Ratio)



চিত্রে দেখা যায়

প্রাইমারিতে সমতুল্য সেকেন্ডারি ইনডিউস্ড ভোল্টেজ = $aE_2 = E_1$

প্রাইমারিতে সমতুল্য সেকেন্ডারি টার্মিনাল ভোল্টেজ = aV_2

প্রাইমারিতে সমতুল্য সেকেন্ডারি কারেন্ট = $\frac{I_2}{a}$

$\frac{I_1}{a}$

প্রাইমারিতে সমতুল্য সেকেন্ডারি রেজিস্ট্যান্স, $Z_2' = a^2 Z_2$ $\quad R_2' = a^2 R_2$

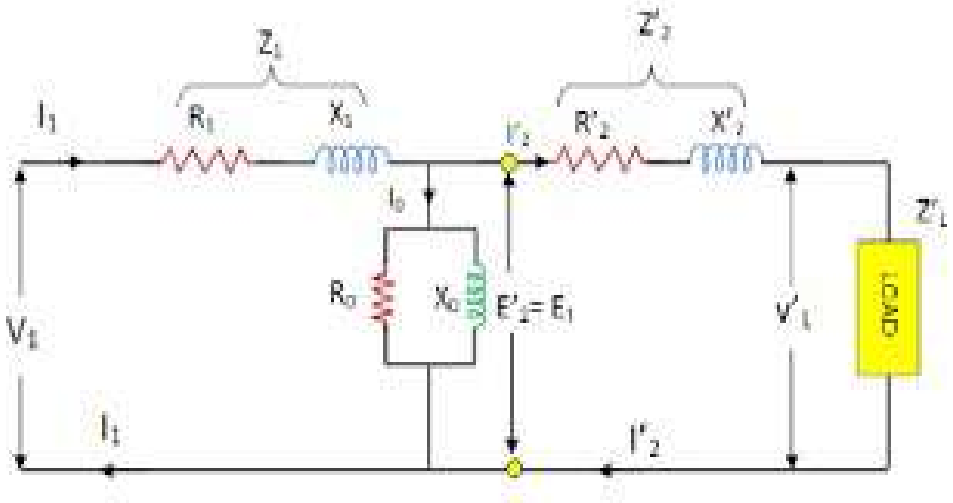
প্রাইমারিতে সমতুল্য সেকেন্ডারি রেজিস্ট্যান্স, $X_2' = a^2 X_2$ $\quad X_2' = a^2 X_2$

প্রাইমারিতে সমতুল্য সেকেন্ডারি ইম্পিড্যান্স, $Z_2' = a^2 Z_2$ $\quad I_2' = \frac{I_2}{a}$

প্রাইমারিতে সমতুল্য লোড ইম্পিড্যান্স, $Z_L' = a^2 Z_L$ $\quad Z_L' = a^2 Z_L$

(খ) কাছাকাছি সমতুল্য সার্কিট (Approximate equivalent circuit):

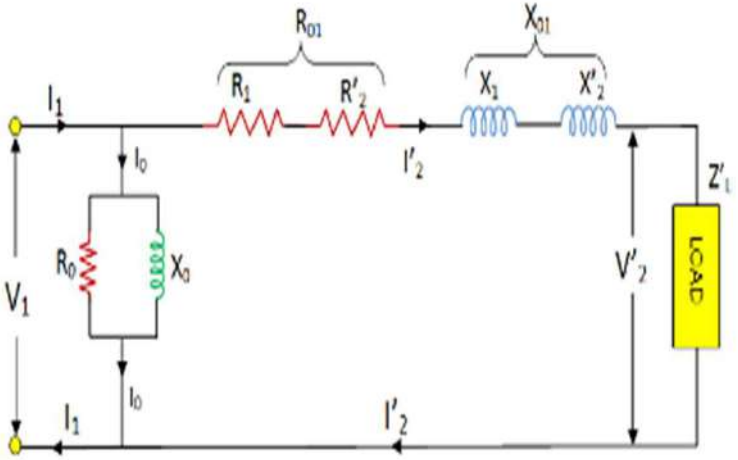
সমতুল্য সার্কিট নিম্নরুপঃ

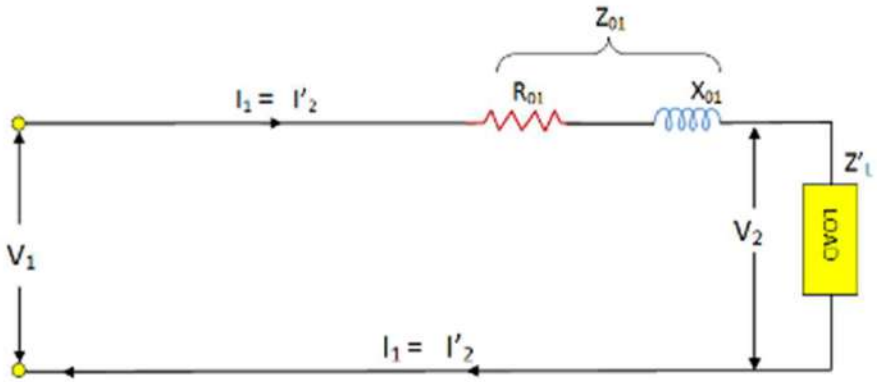


উপরের চিত্রে কাছাকাছি সমতুল্য সার্কিটে নো-লোড কম্পোনেন্ট বাহিরের দিকে দেখিয়ে সেকেন্ডারি রেজিস্ট্যান্স এবং ইনডাকট্যান্সকে প্রাইমারি টার্মে স্থানান্তর করা হয়েছে। সমতুল্য বর্তনীতে ব্যবহার সার্কিট প্যারামিটারেরে নাম আগের সঠিক সমতুল্য সার্কিটের মতোই হবে।

তবে এক্ষেত্রে $R_0 = \frac{V_1}{I_w}$ এবং $X_0 = \frac{V_1}{I_\mu}$ হবে।

যেহেতু লোড কারেন্ট অপেক্ষা নো-লোড কারেন্টের মান অনেক ক্ষুদ্র হয় সেহেতু নো-লোড কম্পোনেন্ট উপেক্ষা করে নিম্নোক্তভাবে সার্কিটকে সরলীকরণ করে অঙ্কন করা



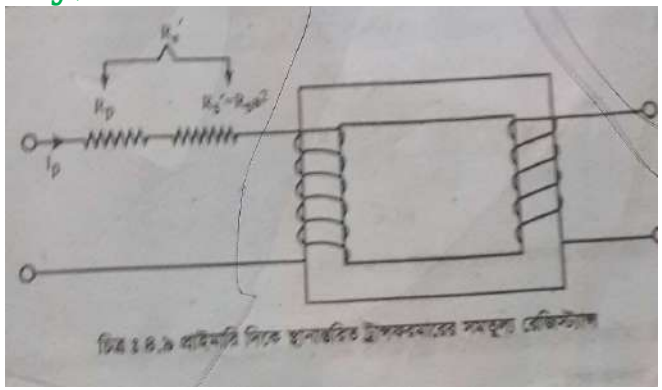


$$X_{eq} = X_e^{'} = X_{01} = X_1 + X_2^{'} = X_1 + a^2 X_2 = X_p + a^2 X_s$$

$$R_{eq} = R_e^{'} = R_{01} = R_1 + R_2^{'} = R_1 + a^2 R_2 = R_p + a^2 R_s$$

$$Z_{eq} = Z_e^{'} = Z_{01} = R_e^{'} + jX_e^{'} = R_{01} + jX_{01}$$

৪.৩। প্রাইমারির দিকে স্থানান্তরিত ট্রান্সফরমারের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স (The equivalent resistance of transformer as referred to primary):



আমরা জানি,

প্রাইমারি কয়েলের রেজিস্টিভ ড্রপ (Primary resistive drop)= $I_p R_p$

সেকেন্ডারি কয়েলের রেজিস্টিভ ড্রপ (Secondary resistive drop)= $I_s R_s$

Secondary resistive drop in terms of primary= $aI_s R_s$ যেখানে, a=Transformation Ratio

Total resistive drop in terms of primary = $I_p R_p + aI_s R_s$ যেখানে, $\frac{I_s}{I_p} = a$

$$= I_p R_p + a.aI_p R_s$$

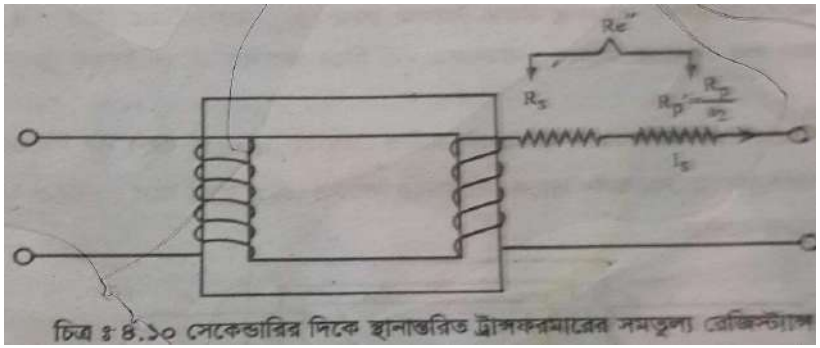
$$= I_p R_p + a^2 I_p R_s$$

$$= I_p (R_p + a^2 R_s)$$

$$= I_p R_e' \qquad [R_e' = R_p + R_s a^2]$$

R_e' = Equivalent resistance in terms of primary

৪.৪। সেকেন্ডারির দিকে স্থানান্তরিত ট্রান্সফরমারের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স (The equivalent resistance of transformer as referred to secondary):



চিত্র ঃ ৪.১০ সেকেন্ডারির দিকে স্থানান্তরিত ট্রান্সফরমারের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স

আমরা জানি,

সেকেন্ডারি কয়েলের রেজিস্টিভ ড্রপ (Secondary resistive drop)= $I_s R_s$

প্রাইমারি কয়েলের রেজিস্টিভ ড্রপ (Primary resistive drop)= $I_p R_p$

Primary resistive drop in terms of secondary = $\frac{I_p R_p}{a}$ যেখানে, a=Transformation Ratio

Total resistive drop in terms of secondary =

$$I_s R_s + \frac{I_p R_p}{a}$$

$$= I_s R_s + \frac{I_s R_p}{a \cdot a}$$

$$= I_s R_s + \frac{I_s R_p}{a^2}$$

$$= I_s \left(R_s + \frac{R_p}{a^2} \right)$$

$$= I_s R_e''$$

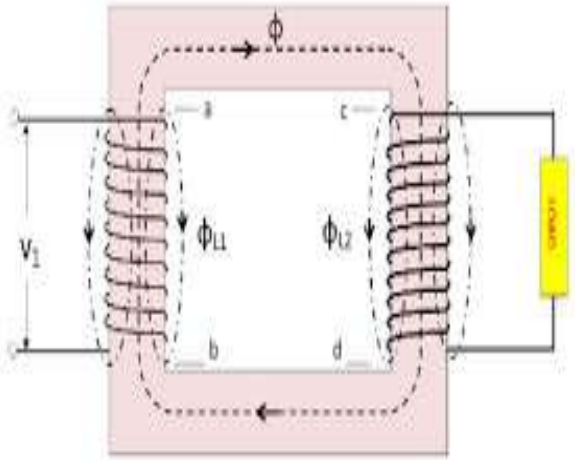
যেখানে, $\frac{I_s}{I_p} = a$

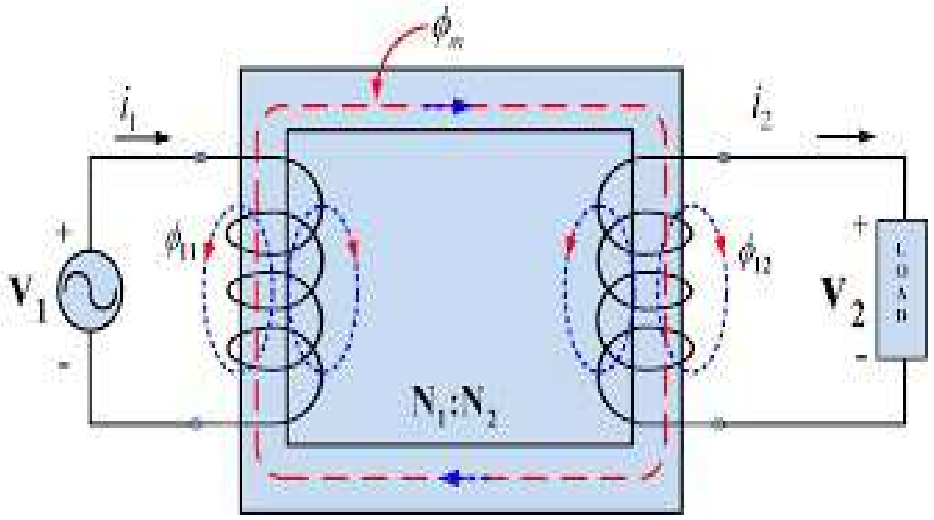
R_e'' = Equivalent resistance in terms of secondary

$$[R_e'' = R_s + \frac{R_p}{a^2}]$$

৪.৫। ট্রান্সফরমারের ম্যাগনেটিক লিকেজ (Magnetic leakage of transformer):

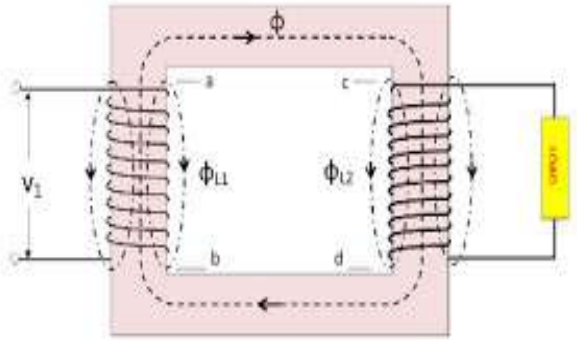
ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ওয়াইন্ডিংকে এসি সরবরাহের সাথে যুক্ত করলে যে ফ্লাক্স এর সৃষ্টি হয় তার সম্পূর্ণটি কোরের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হয়ে সেকেন্ডারির সাথে সংশ্লিষ্ট হয়না। বরং কিছু ফ্লাক্স বাতাসের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয় এবং ম্যাগনেটিক সার্কিট সম্পূর্ণ করে। এ ধরনের ফ্লাক্সকেই লিকেজ ফ্লাক্স বলে।প্রাইমারি অ্যাম্পিয়ার টার্ন এর কারণে ম্যাগনেটোমোটিভ ফোর্সের (m.m.f) ফলে সৃষ্ট লিকেজ ফ্লাক্স যখন প্রাইমারি ওয়াইন্ডিং থেকে লিকেজ পথ উৎপন্ন করে নেয় তখন তাকে প্রাইমারি লিকেজ ফ্লাক্স(ϕ_{Lp})বলে।

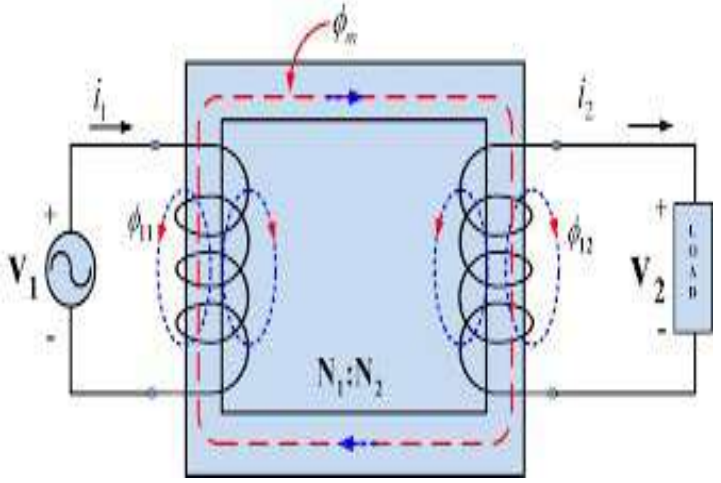




৪.৫। ট্রান্সফরমারের ম্যাগনেটিক লিকেজ (Magnetic leakage of transformer):

আবার, সেকেন্ডারি অ্যাম্পিয়ার টার্নের কারণে ম্যগনেটোমোটিভ ফোর্সের ফলে সৃষ্ট লিকেজ ফ্লাক্স যখন সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং থেকে লিকেজ পথ উৎপন্ন করে নেয় তখন তাকে সেকেন্ডারি লিকেজ ফ্লাক্স (ϕ_{Ls}) বলে। এই লিকেজ ফ্লাক্স সমূহ স্ব স্ব ওয়াইন্ডিং-এ স্বয়ং আবেশিত ই.এম.এফ সৃষ্টি করে যার মান যথাক্রমে (e_{Lp}) ও (e_{Ls}) । ট্রান্সফরমারের এই বৈশিষ্ট বা ঘটনাকে ম্যাগনেটিক লিকেজ বলা হয়। প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স যথাক্রমেঃ $X_p = \frac{e_{Lp}}{I_p}$ এবং $X_s = \frac{e_{Ls}}{I}$





৪.৬। ম্যাগনেটিক লিকেজের অসুবিধা (The disadvantages of magnetic leakage):

লিকেজ ফ্লাক্সের অসুবিধা (Disadvantages of leakage flux):

১। যত বেশি লিকেজ ফ্লাক্স হবে তত রিসিভারে পাওয়ার গ্রহন কমে যাবে।

২। লিকেজ ফ্লাক্সের কারণে এডি কারেন্ট এবং হিসটেরেসিস লসের পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে।

৩। লিকেজ ফ্লাক্সের ফলে মোট লসের পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে ও সঙ্গে সঙ্গে ট্রান্সফরমারে দক্ষতা ও কার্যকারিতা কমে যাবে।

লিকেজ ফ্লাক্সের সুবিধা (The advantage of leakage flux):

ট্রান্সফরমারের লীকেজ ফ্লাক্স শর্ট-সার্কিট কারেন্টকে সীমিত রাখতে সাহায্য করে থাকে।

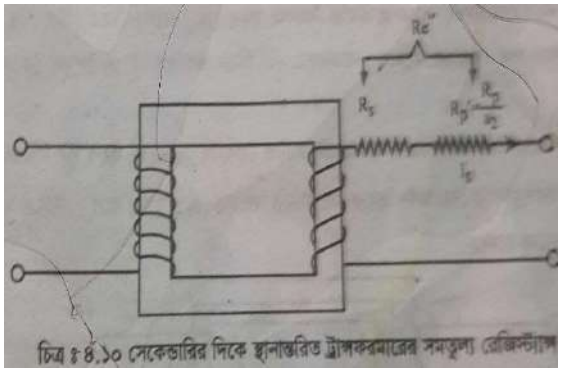
লিকেজ ফ্লাক্স কমানোর উপায়ঃ

১। উন্নতমানের গুণাগুনবিশিষ্ট সিলিকন স্টিলের কোর ব্যবহার করা হয়।

২। প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিংকে নিয়ম অনুযায়ী সেকশনালাইজিং ও ইন্টারলিভিং (Sectionalizing and interleaving)

৪.৭। ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি সাইডের সমতুল্য লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স (Equivalent leakage reactance of transformer in terms of primary and in terms of secondary):

(ক) প্রাইমারি দিকে স্থানান্তরিত ট্রান্সফরমারের সমতুল্য লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স (The equivalent leakage reactance of transformer as refered to primary):


চিত্র ঃ ৪.১০ সেকেন্ডারির দিকে স্থানান্তরিত ট্রান্সফরমারের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স

আমরা জানি,

প্রাইমারি রিয়্যাকটিভ ড্রপ (Primary reactive drop) $= I_p X_p$

সেকেন্ডারি রিয়্যাকটিভ ড্রপ (Secondary reactive drop) $= I_s X_s$

প্রাইমারির প্রেক্ষিতে সেকেন্ডারি রিয়্যাকটিভ ড্রপ (Secondary reactive drop) $= a.I_s X_s$

অতএব, প্রাইমারির দিকে কয়েলের মোট রিয়্যাকটিভ ড্রপ

$$= I_p X_p + a.I_s X_s$$

$$= I_p X_p + a.a.I_p.X_s \qquad [\frac{I_s}{I_p} = a]$$

$$= I_p (X_p + a^2.X_s)$$

$$= I_p X_e' \qquad [X_e' = X_p + a^2 X_s]$$

X_e' = Equivalent leakage reactance in terms of primary

৪.৭। ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি সাইডের সমতুল্য লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স (Equivalent leakage reactance of transformer in terms of primary and in terms of secondary):

(খ) ট্রান্সফরমারের প্রাইমারির দিকে সমতুল্য ইম্পিড্যান্স (The equivalent impedance in terms of primary):

আমরা জানি,

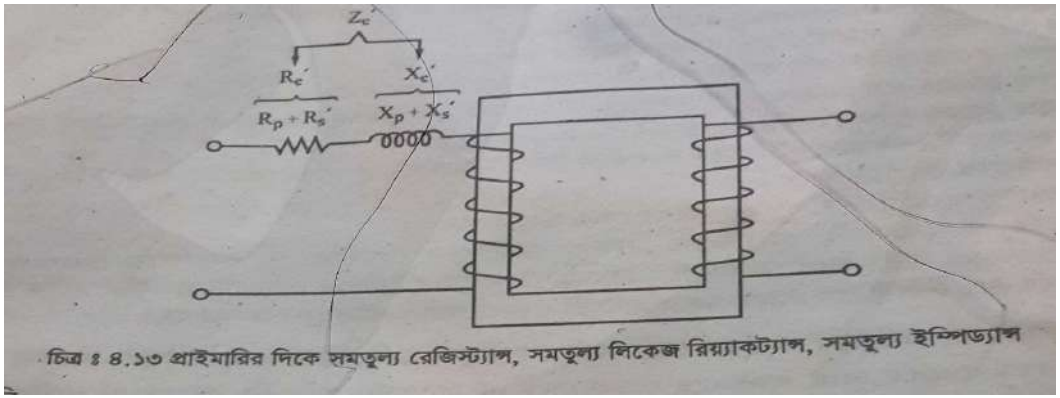
Total equivalent resistance of transformer in terms of primary, $R_e' = R_p + R_s' = R_p + a^2 R_s$

Total equivalent reactance of transformer in terms of primary, $X_e' = X_p + X_s' = X_p + a^2 X_s$

So, Total equivalent impedance drop in terms of primary, $I_p Z_e' = \sqrt{(I_p R_e')^2 + (I_p X_e')^2} = I_p \sqrt{(R_e')^2 + (X_e')^2}$

$$\therefore Z_e' = \sqrt{(R_e')^2 + (X_e')^2}$$

Z_e' = Equivalent impedance of transformer in terms of primary



চিত্র ঃ ৪.১৩ প্রাইমারির দিকে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, সমতুল্য লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স, সমতুল্য ইম্পিড্যান্স

৪.৭। ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি সাইডের সমতুল্য লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স (Equivalent leakage reactance of transformer in terms of primary and in terms of secondary):

(গ) ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারির দিকে স্থানান্তরিত সমতুল্য লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স (The equivalent leakage reactance of transformer as referred to secondary):

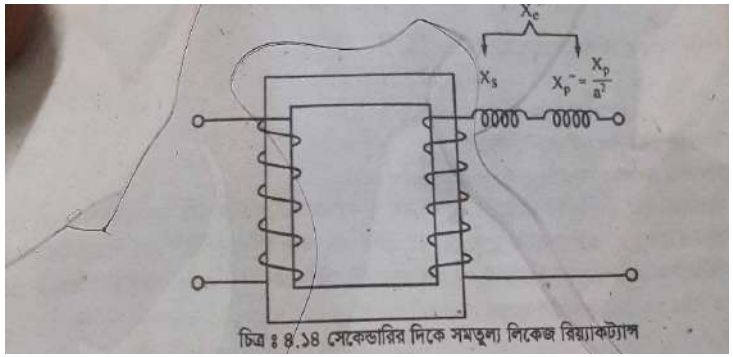
আমরা জানি,

সেকেন্ডারি রিয়্যাকটিভ ড্রপ (Secondary reactive drop) $= I_s X_s$

প্রাইমারি রিয়্যাকটিভ ড্রপ (Primary reactive drop) $= I_p X_p$

সেকেন্ডারির প্রেক্ষিতে প্রাইমারির রিয়্যাকটিভ ড্রপ (Primary reactive drop in terms of secondary) $= \frac{I_p X_p}{a}$

অতএব, সেকেন্ডারির দিকে উভয় কয়েলের মোট রিয়্যাকটিভ ড্রপ $= I_s X_s + \frac{I_p X_p}{a}$



চিত্র ঃ ৪.১৪ সেকেন্ডারির দিকে সমতুল্য লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স

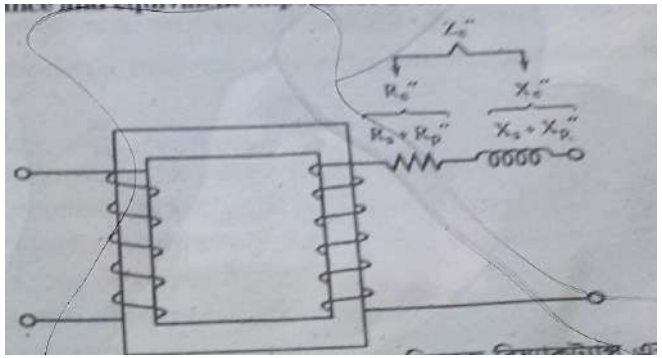
$= I_s X_s + (\frac{I_s X_p}{a.a}) \quad [\frac{I_s}{I_p} = a]$

$= I_s (X_s + \frac{X_p}{a^2})$

$= I_s X_e''$ $\quad [X_e'' = X_s + \frac{X_p}{a^2}]$ =Total equivalent reactance in terms of secondary

৪.৭। ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি সাইডের সমতুল্য লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স (Equivalent leakage reactance of transformer in terms of primary and in terms of secondary):

(ঘ) ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারির দিকে সমতুল্য ইম্পিড্যান্স (The equivalent impedance of transformer in terms of secondary):



আমরা জানি,

সেকেন্ডারির দিকে মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স , $R_e'' = R_s + R_p'' = R_s + \frac{R_p}{a^2}$

সেকেন্ডারির দিকে মোট সমতুল্য লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স, $X_e'' = X_s + X_p'' = X_s + \frac{X_p}{a^2}$

সেকেন্ডারির দিকে সমতুল্য ইম্পিড্যান্স ড্রপ , $I_s Z_e'' = \sqrt{(I_s R_e'')^2 + (I_s X_e'')^2} = I_s \sqrt{(R_e'')^2 + (X_e'')^2}$

$$\therefore Z_e'' = \sqrt{(R_e'')^2 + (X_e'')^2}$$

$Z_e'' = \sqrt{(R_e'')^2 + (X_e'')^2}$ = Equivalent impedance of transformer in terms of secondary

৪.৮। ট্রান্সফরমারের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স এবং ইম্পিড্যান্স-এর সমস্যার সমাধান (Solve problems on equivalent resistance, leakage reactance and Empedance):

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলীঃ

Total equivalent resistance of transformer in terms of primary

$$R_e' = R_p + R_s' = R_p + a^2 R_s = a^2 R_e''$$

Total equivalent reactance of transformer in terms of primary,

$$X_e' = X_p + X_s' = X_p + a^2 X_s = a^2 X_e''$$

Total equivalent impedance drop in terms of primary,

$$Z_e' = \sqrt{(R_e')^2 + (X_e')^2} = a^2 Z_e''$$

৪.৮। ট্রান্সফরমারের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স এবং ইম্পিড্যান্স-এর সমস্যার সমাধান (Solve problems on equivalent resistance, leakage reactance and Empedance):

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলীঃ

Total equivalent resistance of transformer in terms of secondary

,
$$R_e'' = R_s + R_p' = R_s + \frac{R_p}{a^2} = \frac{R_e'}{a^2}$$

Total equivalent reactance of transformer in terms of secondary

,
$$X_e'' = X_s + X_p' = X_s + \frac{X_p}{a^2} = \frac{X_e'}{a^2}$$

Total equivalent impedance drop in terms of secondary,

$$Z_e'' = \sqrt{(R_e'')^2 + (X_e'')^2} = \frac{Z_e'}{a^2}$$

$$\text{Copper loss, } P_{cu} = I_p^2 R_e' = I_s^2 R_e'' = I_p^2 R_p + I_s^2 R_s$$

৪.৮। ট্রান্সফরমারের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স এবং ইম্পিড্যান্স-এর সমস্যার সমাধান (Solve problems on equivalent resistance, leakage reactance and Empedance):

প্রশ্ন-১: একটি 100KVA, 2400/240 volts, 60Hz (1-ϕ) ফেজ ট্রান্সফরমারের

$R_p = 0.42\Omega,\ X_p = 0.72\Omega\ R_s = 0.0038\Omega\ X_s = 0.0068\Omega$ । প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি টার্মে নির্ণয় কর।

(ক) R_e (খ) X_e (গ) Z_e

সমাধানঃ

HeregivenData

kvarating = 100kva

$V_p = 2400\ V$

$V_s = 240V$

$\therefore a = \frac{V_p}{V_s} = \frac{2400}{240} = 10$

$R_p = 0.42\Omega,\ X_p = 0.72\Omega, R_s = 0.0038\Omega\ X_s = 0.0068\Omega$

Equivalentresistane,ReactanceandImpedanceinterms of primary $R_e'\ X_e'\ Z_e' = ?$

Equivalentresistance,ReactanceandImpedanceinterms of secondary $R_e'',\ X_e'',\ Z_e'' = ?$

Equivalent resistance, reactance and impedance in terms of primary

$R_e' = R_P + a^2 R_s = 0.42 + (10)^2 \times 0.0038 = 0.42 + 0.38 = 0.80\,\Omega$

$X_e' = X_p + a^2 X_s = 0.72 + (10)^2 \times 0.0068 = 0.72 + 0.68 = 1.40\,\Omega$

$Z_e' = \sqrt{(R_e')^2 + (X_e')^2} = \sqrt{(0.80)^2 + (1.40)^2} = 1.61\,\Omega$

৪.৮। ট্রান্সফরমারের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স এবং ইম্পিড্যান্স-এর সমস্যার সমাধান (Solve problems on equivalent resistance, leakage reactance and Empedance):

প্রশ্ন-১: একটি 100KVA, 2400/240 volts, 60Hz (1-ϕ) ফেজ ট্রান্সফরমারের $R_p = 0.42\Omega,\ X_p = 0.72\Omega\ R_s = 0.0038\Omega\ X_s = 0.0068\Omega$ । প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি টার্মে নির্ণয় কর।

(ক) R_e (খ) X_e (গ) Z_e

সমাধানঃ

HeregivenData

kvarating = 100kva

$V_p = 2400\ V$

$V_s = 240V$

$\therefore a = \frac{V_p}{V_s} = \frac{2400}{240} = 10$

$R_p = 0.42\Omega,\ X_p = 0.72\Omega, R_s = 0.0038\Omega\ X_s = 0.0068\Omega$

Equivalentresistane,ReactanceandImpedanceinterms of primary $R_e'\ X_e'\ Z_e' = ?$

Equivalentresistance,ReactanceandImpedanceinterms of secondary $R_e'',\ X_e'',\ Z_e'' = ?$

Equivalent resistance, reactance and impedance in terms of Secondary

$$R_e'' = R_s + \frac{R_p}{a^2} = 0.0038 + \frac{0.42}{(10)^2} = 0.0038 + 0.0042 = 0.0080\ \Omega$$

$$X_e'' = X_s + \frac{X_p}{a^2} = 0.0068 + \frac{0.72}{(10)^2} = 0.0068 + 0.0072 = 0.0140\ \Omega$$

$$Z_e'' = \sqrt{(R_e'')^2 + (X_e'')^2} = \sqrt{(0.0080)^2 + (0.0140)^2} = 0.0161\ \Omega$$

৪.৯। শতকরা রেজিস্ট্যান্স, রিয়্যাকট্যান্স ও ইম্পিড্যান্স এর সংজ্ঞা (Define percentage resistance, reactance and impedance):

(ক) শতকরা রেজিস্ট্যান্স (Percentage resistance): শতকরা রেজিস্ট্যান্স বলতে স্বাভাবিক কারেন্ট ও ফ্রিকুয়েন্সিতে রেজিস্টিভ ড্রপকে শতকরা হিসাবে রেটেড ভোল্টেজের সাপেক্ষে প্রকাশ করাকে বুঝায়। অর্থাৎ, শতকরা রেজিস্ট্যান্স, $\%R = \frac{IR}{V} \times 100$

(খ) শতকরা রিয়্যাকট্যান্স (Percantage reactance): শতকরা রিয়্যাকট্যান্স বলতে স্বাভাবিক কারেন্ট এবং ফ্রিকুয়েন্সিতে রিয়্যাকট্যান্স ড্রপকে শতকরা হিসাবে রেটেড ভোল্টেজের সাপেক্ষে প্রকাশ করাকে বুঝায়। অর্থাৎ, শতকরা রিয়্যাকট্যান্স $\%X = \frac{IX}{V} \times 100$

(গ) শতকরা ইম্পিড্যান্স (Percentage impedance): শতকরা ইম্পিড্যান্স বলতে স্বাভাবিক কারেন্ট এবং ফ্রিকুয়েন্সিতে ইম্পিড্যান্স ড্রপকে শতকরা হিসাবে রেটেড ভোল্টেজের সাপেক্ষে প্রকাশ করাকে বুঝায়। অর্থাৎ শতকরা ইম্পিড্যান্স, $\%Z = \frac{IZ}{V} \times 100$

৪.১০। শতকরা রেজিস্ট্যান্স, রিয়্যাকট্যান্স ও ইম্পিড্যান্স এর সমীকরন(The Equation for percentage resistance, reactance and impedance):

1. Percentage resistance in primary side $\%R = \frac{I_p R_e'}{V_p} \times 100 = \frac{I_p^2 R_e'}{V_p I_p} \times 100$

or Percentage resistance in secondary side $\%R = \frac{I_s R_e''}{V_s} \times 100 = \frac{I_s^2 R_e''}{V_s I_s} \times 100$

where I_p = Primary full load current

R_e' = Equivalent resistance in terms of primary

V_p = Primary Voltage

I_s = Full load secondary current

R_e'' = Equivalent resistance in terms of Secondary

V_s = *Secondary* voltage

৪.১০। শতকরা রেজিস্ট্যান্স, রিয়্যাকট্যান্স ও ইম্পিড্যান্স এর সমীকরন(The Equation for percentage resistance, reactance and impedance):

2. Percentage reactance in primary side $\%X = \frac{I_p X_e'}{V_p} \times 100$

or Percentage reactance in secondary side $\%X = \frac{I_s X_e''}{V_s} \times 100$

where I_p = Primary full load current

X_e' = Equivalent reactance in terms of primary

V_p = Primary Voltage

I_s = Full load secondary current

X_e'' = Equivalent reactance in terms of Secondary

V_s = *Secondary* voltage

৪.১০। শতকরা রেজিস্ট্যান্স, রিয়্যাকট্যান্স ও ইম্পিড্যান্স এর সমীকরন(The Equation for percentage resistance, reactance and impedance):

3. Percentage impedance in primary side $\%Z = \frac{I_p Z_e'}{V_p} \times 100$

or Percentage impedance in secondary side $\%Z = \frac{I_s Z_e''}{V_s} \times 100$

Again $\%Z = \sqrt{(\%R)^2 + (\%X)^2}$

where I_p = Primary full load current

Z_e' = Equivalent impedance in terms of primary

V_p = Primary Voltage

I_s = Full load secondary current

Z_e'' = Equivalent impedance in terms of Secondary

V_s = *Secondary* voltage

মূল্যায়ন

প্রশ্ন-১: ট্রান্সফরমারের লিকেজ ফ্লাক্সের মান কী উপায়ে কমানো যায়?

উত্তরঃ

১। উন্নতমানের সিলিকন স্টিলের কোর ব্যবহার করে।

২। প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিংকে নিয়ম অনুযায়ী সেকশনালাইজিং ও ইন্টারলিভিং করে।

প্রশ্ন-২: শতকরা রিয়্যাকট্যান্স বলতে কী বুঝায়?

উত্তরঃ স্বাভাবিক কারেন্ট এবং ফ্রিকুয়েন্সিতে রেজিস্টিভ ড্রপকে শতকরা হিসাবে রেটেড ভোল্টেজের সাপেক্ষে প্রকাশ করাকে বুঝায়। অর্থাৎ, , $\%R = \frac{IR}{V} \times 100$

প্রশ্ন-৩: ট্রান্সফরমারের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের হিসাব করা হয় কেন?

উত্তরঃ ট্রান্সফরমারের উভয় কয়েলেই রেজিস্ট্যান্স থাকে। এ কয়েলদ্বয়ের মধ্যে কোনো বৈদ্যুতিক সংযোগ নেই। তাত্ত্বিকভাবে এক বর্তনীর রেজিস্ট্যান্স আরেক বর্তনীতে সমতুল্যভেবে স্থানান্তর করা হয়। এর ফলে খুব সহজে ও সাধারণ উপায়ে যাবতীয় হিসাবনিকাশ করা যায়। কারণ এক্ষেত্রে শুধু এক বর্তনীতে হিসাব করতে হয়। উভয় বর্তনীতে বেশি সময় ধরে ও জটিল প্রক্রিয়ায় হিসাবনিকাশ করতে হয় না। এ কারণেই যে-কোনো এক বর্তনীর রেজিস্ট্যান্স আরেক বর্তনীত্র সমতুল্যভাবে স্থানান্তর করা হয়।

বাড়ির কাজ

১। দুই ওয়াইন্ডিং বিশিষ্ট ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিটের ভেক্টর ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে বর্ননা কর।

২। ট্রান্সফরমারের সমতুল্য সার্কিট অঙ্কন করে বর্ননা কর।

৩। একটি ট্রান্সফরমারে প্রাইমারি ও সেকেন্ডারির দিকে সমতুল্যভাবে রেজিস্ট্যান্সের মান স্থানান্তর প্রক্রিয়া চিত্রসহ সূত্রাকারে দেখাও।

৪। ট্রান্সফরমারে প্রাইমারির দিকে স্থানান্তরিত সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, লিকেজ রিয়্যাকট্যান্স এবং ইম্পিড্যান্সের মান সূত্রাকারে বর্ণনা কর।

৫। শতকরা রেজিস্ট্যান্স, রিয়্যাকট্যান্স এবং ইম্পিড্যান্স কী? এদের সমীকরণ নির্ণয় কর।

৬। একটি 25KVA, 2300/230 volts, 60Hz (1-ϕ) ফেজ ট্রান্সফরমারের নিম্নলিখিত তথ্যগুলো আছে যেমন- $R_p = 0.8\,\Omega,\ X_p = 3.2\,\Omega\ \ R_s = 0.009\,\Omega\ \ X_s = 0.03\,\Omega$

তা হলে বের করঃ

(ক) প্রাইমারি টার্মে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, সমতুল্য রিয়াকট্যান্স, সমতুল্য ইম্পিড্যান্স।

(খ) সেকেন্ডারি টার্মে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, সমতুল্য রিয়াকট্যান্স, সমতুল্য ইম্পিড্যান্স।

(গ) প্রাইমারি ও সেকেন্ডারির দিকে ভোল্টেজ ড্রপ সমূহ।

(ঘ) কপার লস।

এই ভিডিওটি পুণরায় দেখতে জাতীয় দক্ষতা বাতায়নে কারিগরি শিক্ষা অধিদপ্তরের পেইজ www.skills.gov.bd/dte ভিজিট করুন।

সরাসরি ক্লাস দেখার লিঙ্কঃ www.facebook.com/skills.gov.bd

আগামি মঙ্গল বার অধ্যায়-৫ পড়ানো হবে।

সবাইকে ধন্যবাদ

শিক্ষক পরিচিতিঃ

এস, এম, জয়নাল আবেদীন

চীফ ইন্সট্রাক্টর (ইলেকট্রিক্যাল)

ফেনী পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট

পাঠ পরিচিতিঃ

বিষয়ঃ এসি মেসিনস-১ (৬৬৭৬১)

৬ষ্ঠ পর্ব (ইলেকট্রিক্যাল)

৫ম অধ্যায়

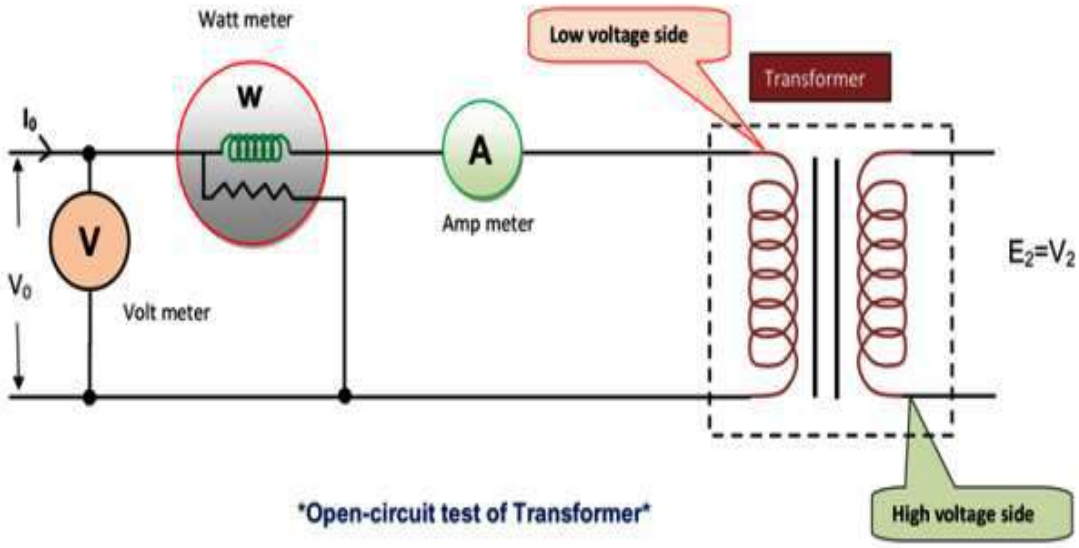
ট্রান্সফরমারের ওপেন সার্কিট টেস্ট, শর্ট সার্কিট টেস্ট এবং ভোল্টেজ রেগুলেশন (Open Circuit Test, Short Circuit Test and voltage Regulation of Transformer)

এ অধ্যায়ের পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা জানতে পারবেঃ

৫.১। ট্রান্সফরমারের ওপেন সার্কিট টেস্ট বা নো-লোড টেস্টের ধারনা
৫.২। ট্রান্সফরমারের শর্ট সার্কিট টেস্ট বা ইম্পিড্যান্স টেস্টের ধারনা
৫.৩। ভেক্টর ডায়াগ্রাম অংকন করন।
৫.৪। ওপেন সার্কিট টেস্ট ও শর্ট সার্কিট টেস্ট সম্পর্কিত সমস্যার সমাধানের ধারনা
৫.৫।ভোল্টেজ রেগুলেশনের সংজ্ঞা
৫.৬। ভোল্টেজ রেগুলেশনের ইউনিটি, ল্যাগিং এবং লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টরের সমীকরনের বর্ননা
৫.৭। ভোল্টেজ রেগুলেশনের সাথে সম্পর্কযুক্ত সমস্যার সমাধানের ধারনা

৫.১ ট্রান্সফরমারের ওপেন সার্কিট টেস্ট বা নো-লোড টেস্ট (Open Circuit Test or No load Test of tranasformer):

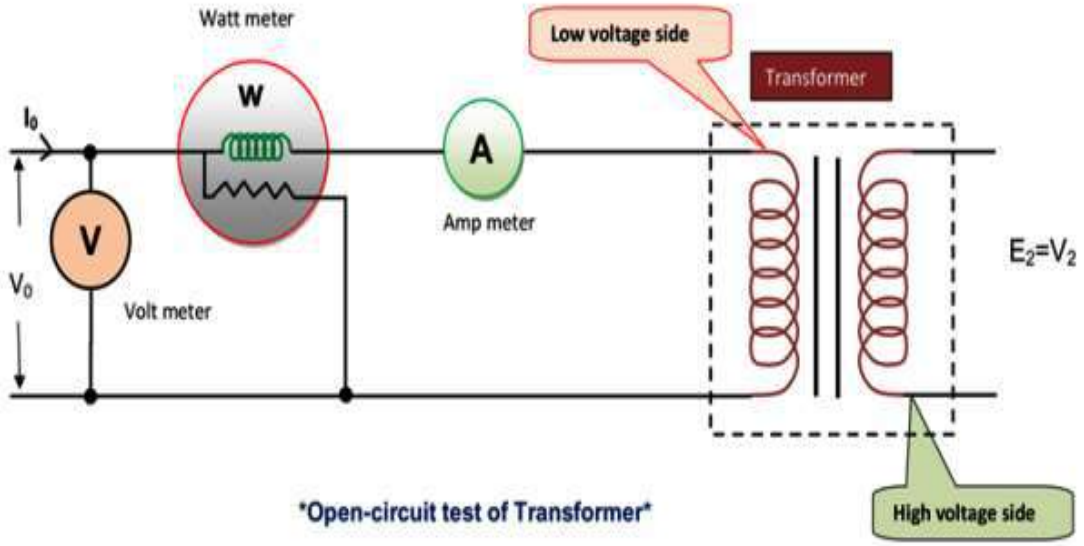
ট্রান্সফরমারের হাই- ভোল্টেজ সাইট খোলা রেখে এবং লো-ভোল্টেজ সাইডে প্রয়োজনীয় সংখ্যক পরিমাপক যন্ত্রপাতি সংযোগ করে ট্রান্সফরমারের রেটেড ভোল্টেজ সাপ্লাই দিয়ে যে টেস্ট করা হয় তাকে ট্রান্সফরমারের ওপেন সার্কিট টেস্ট বা নো-লোড টেস্ট বলে।



৫.১ ট্রান্সফরমারের ওপেন সার্কিট টেস্ট বা নো-লোড টেস্ট (Open Circuit Test or No load Test of tranasformer):

1. The Wattmeter measures the iron loss (consisting of the hysteresis loss and the eddy current loss) of the transformer because the cu- loss is negligibly small in low voltage winding and nil in the high voltage winding under no load condition.

2. The Ammeter measures the no load current I_0 which is very small (2 to 10 % of rated load current).



৫.১ ট্রান্সফরমারের ওপেন সার্কিট টেস্ট বা নো-লোড টেস্ট (Open Circuit Test or No load Test of tranasformer):

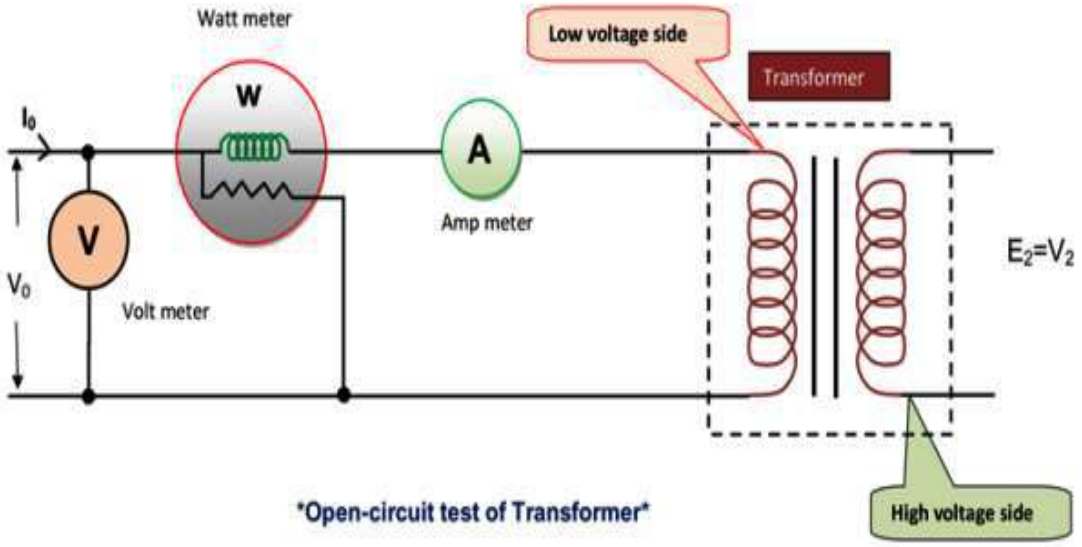
3. The voltmeter measures the normal voltage which is applied in the low voltage winding.

4. Let W is the wattmeter reading and V_1 is the applied voltage and I_0 is the ammeter reading ,Then

$\mathbf{W = V_1 I_0 Cos\ \Phi_0}$

$\therefore \cos\Phi_0 = W/V_1 I_0$

And $I\mu$ = is the magnetizing component of no load current, Iw is the core loss component of no load current, from the vector diagram of no-load transformer.



$I\mu = I_0 \sin \Phi_0$ $I_w = I_0 \cos\Phi_0$,

$\therefore X_0 = V_1/I\mu$ and $R_0 = V_1 / I_w$

Thus,

$Z_0 = (R_0 + j\, X_0)$

৫.১ ট্রান্সফরমারের ওপেন সার্কিট টেস্ট বা নো-লোড টেস্ট (Open Circuit Test or No load Test of tranasformer):

*ওপেন সার্কিট টেস্ট থেকে প্রাপ্ত তথ্যসমুহঃ

এই টেস্ট থেকে নিম্নলিখিত তথ্য পাওয়া যায়ঃ

- কোর লোস $W_c = W_i = V_1 I_o \cos\theta_0$
- নো-লোড কারেন্ট (I_0)
- ম্যাগনেটাইজিং কারেন্ট $(I_\mu) = I_0 \sin\theta_0$
- ওয়ার্কিং কারেন্ট $(I_W) = I_0 \cos\theta_0$
- কোর লস রেজিস্ট্যান্স $(R_0) = \frac{V_1}{I_W}$
- কোর লস রিয়্যাকট্যান্স $(X_0) = \frac{V_1}{I_\mu}$
- নো-লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর $\cos\theta_0 = \frac{W_c}{V_1 I_0}$

৫.১ ট্রান্সফরমারের ওপেন সার্কিট টেস্ট বা নো-লোড টেস্ট (Open Circuit Test or No load Test of tranasformer):

ওপেন সার্কিট টেস্ট থেকে ওয়াটমিটার শুধু কোর লস নির্দেশ করেঃ

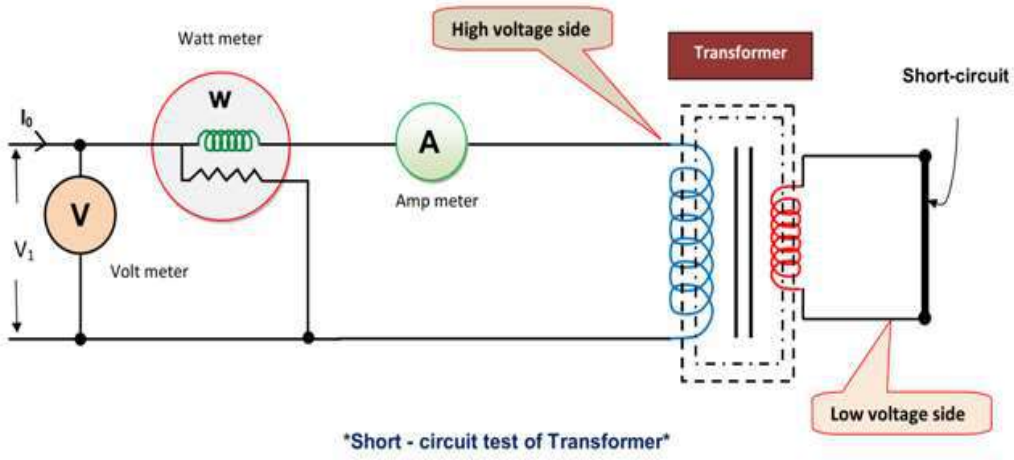
ওপেন সার্কিট টেস্টের সময় হাই-ভোল্টেজ সাইড অপেন থাকে। তা ছাড়া ট্রান্সফরমার কয়েলগুলো ইন্ডাকটিভ এবং প্রাইমারি উচ্চমানের ইম্পিড্যান্সের কারণে নো-লোড কারেন্টের পরিমাণ খুবই কম হয়, রেটেড কারেন্টের 3% থেকে 5%। এর ফলে

$I_0^2 R_p$ লসের পরিমাণ কোর লসের পরিমাণ কোড় লসের তুলনায় খুবই কম এবং উপেক্ষা করা চলে। কোরে রেটেড সাপ্লাই ভোল্টেজের জন্য স্বাভাবিক মিউচুয়াল ফ্লাক্স (ϕm) প্রতিষ্ঠা হয়। কোর লসের আবার মোটামুটিভাবে মিউচুয়াল ফ্লাক্সের বর্গের সমানুপাতিক। সুতরাং ওয়াটমিটার শুধু কোর লস নির্দেশ করে।

৫.২ ট্রান্সফরমারের সুর্ট সার্কিট টেস্ট বা ইম্পিড্যান্স টেস্ট (Short Circuit Test or ImpedanceTest of tranasformer):

ট্রান্সফরমারের একদিকে (সাধারণত লো-সাইড) শর্ট করে অন্য সাইডে ভেরিয়্যাকের সাহায্যে রেটেড ভোল্টেজের খুব কম ভোল্টেজ (রেটেড ভোল্টেজের 5% থেকে 10%) সাপ্লাই দিয়ে যে টেস্ট করা হয়, তাকে শর্ট সার্কিট টেস্ট বলা হয়।

এক্ষেত্রে লো-ভোল্টেজ সাইড মোটা কপার তার বা অ্যামিটার দ্বারা শর্ট করে রেখা হয়। হাই-ভোল্টেজ সাইডে ওয়াটমিটার, অ্যামিটার, ভোল্টমিটার যথারীতি সংযোজন করে একটি ভেরিয়্যাক বা ভোল্টেজ রেগুলেটরের সাহায্যে খুব ধীরে ধীরে শূন্যমান হতে ভোল্টেজ বৃদ্ধি করা হয়। ট্রান্সফরমারের জানা রেটেড কারেন্ট অ্যামিটারে প্রবাহিত হলে আর ভোল্টেজ বৃদ্ধি করা হয়না। ঐ অবস্থায় ওয়াটমিটার রিডিং সম্পূর্ণটাই কপার লস হিসাবে ধরা হয়। যদিও এর মধ্যে সামান্য কিছু পরিমাণ কোর লস, স্ট্রে লস থাকে, তবুও তা উপেক্ষা করা হয়।



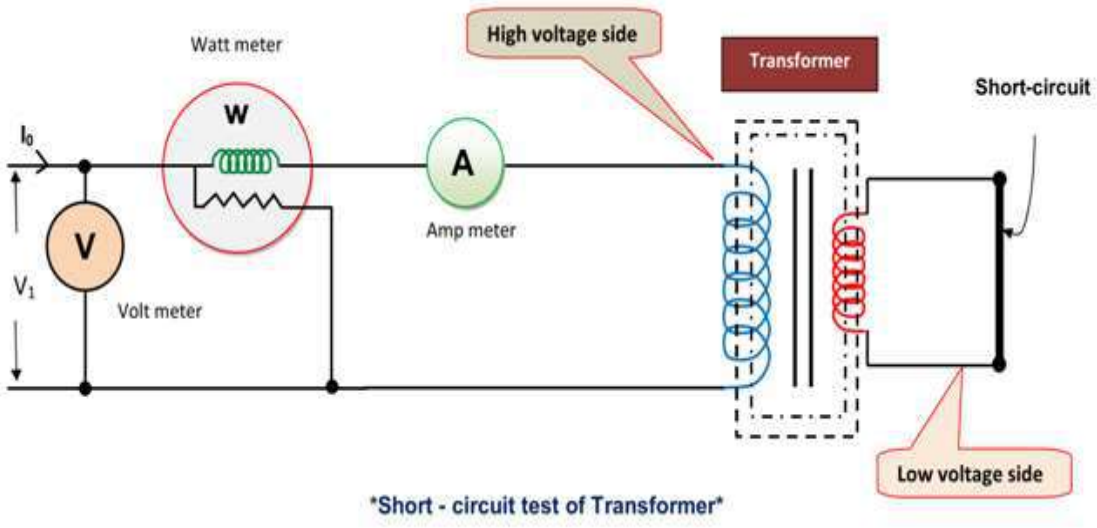
৫.২ ট্রান্সফরমারের সুর্ট সার্কিট টেস্ট বা ইম্পিড্যান্স টেস্ট (Short Circuit Test or ImpedanceTest of tranasformer):

ওয়াটমিটার রিডিং থেকে কপার লস W_{sc} বা $P_{sc} = I_{sc}^{2} R_e^{'}$ Watt

$$Z_e^{'} = Z_{01} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} = \frac{E_{sc}}{I_{sc}}$$

$$R_e^{'} = R_{01} = \frac{W_{sc}}{(I_{sc})^2}$$

$$X_e^{'} = X_{01} = \sqrt{(Z_e^{'})^2 - (R_e^{'})^2}$$



Short - circuit test of Transformer

এখানে,

$W_{sc} = P_{sc} =$ শর্টসার্কিট পাওয়ার, কপার লস ওয়াটে

$I_{sc} =$ শর্ট সার্কিট, অ্যাম্পিয়ারে

$R_e^{'} = R_{01} =$ সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, ওহমে

$X_e^{'} = X_{01} =$সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, ওহমে

$Z_e^{'} = Z_{01} =$ সমতুল্য ইম্পিড্যান্স, ওহমে

৫.৩ ভেক্টর ডায়াগ্রাম অঙ্কন(Draw the vector diagram):

(ক) নো-লোড কারেন্টের ভেক্টর ডায়াগ্রামঃ

নিচের ভেক্টর চিত্রে নো-লোড কারেন্ট I_0 দ্বরা সূচিত করা হয়েছে। এর দু'টি কম্পনেন্ট বা বিশিষ্টাংশ থাকে। প্রথম অংশ ম্যগানেটাইজিং কম্পোনেন্ট(I_m) যা সাপ্লাই ভোল্টেজের 90° পিছনে থেকে কোরে মিউচুয়াল ফ্লাক্স (ϕ_m) তৈরি করে।ϕ_m এবং I_m একই ফেজে অবস্থান করে। কিন্তু সরবরাহ হতে কোনো পাওয়ার গ্রহণ করে না বিধায় (I_m) কে ওয়াটলেস (Wattless) বা রিয়্যাকটিভ কম্পোনেন্ট বলে। দ্বিতীয় অংশ ওয়ার্কিং কম্পোনেন্ট I_w সাপ্লাই ভোল্টেজ V_1 এর সাথে একই ফেজে অবস্থান করে কোর লস (হিস্টেরেসিস লস এবং এডি কারেন্ট লস) করে থাকে (I_w) সরবরাহ হতে পাওয়ার গ্রহণ করে বিধায় একে অ্যাকটিভ কম্পনেন্ট বলা হয়।

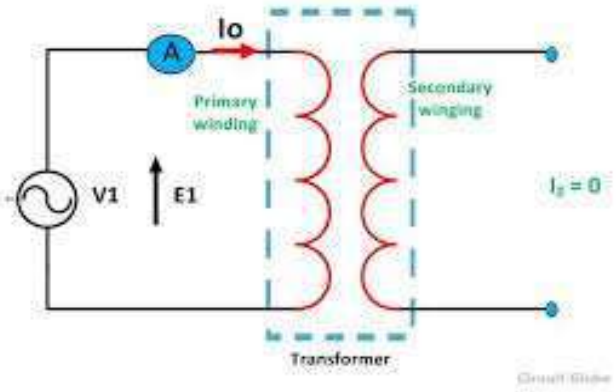
Working component $I_w = I_0 \cos\varphi_0$

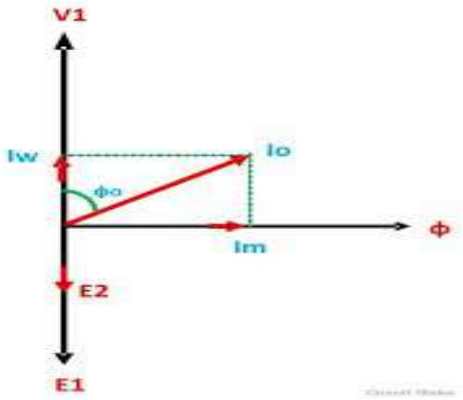
No load current $I_0 = \sqrt{I_w^2 + I_m^2}$

Magnetizing component $I_m = I_0 \sin\varphi_0$

Power factor $\cos\varphi_0 = \frac{I_w}{I_0}$

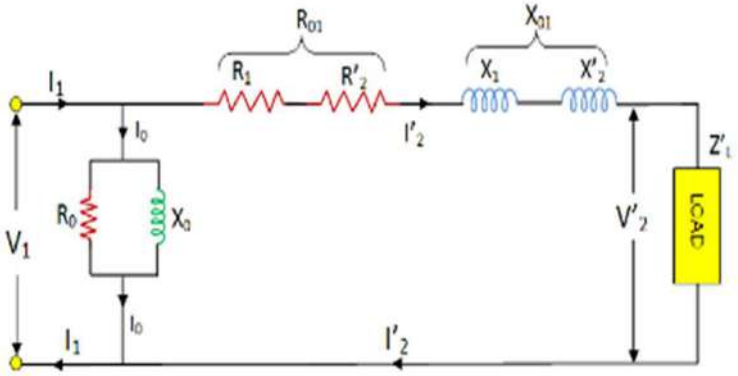
No load power input $P_0 = V_1 I_0 \cos\varphi_0$





৫.৩ ভেক্টর ডায়াগ্রাম অঙ্কন(Draw the vector diagram):

(খ) শর্ট-সার্কিট টেস্টের ভেক্টর ডায়াগ্রামঃ



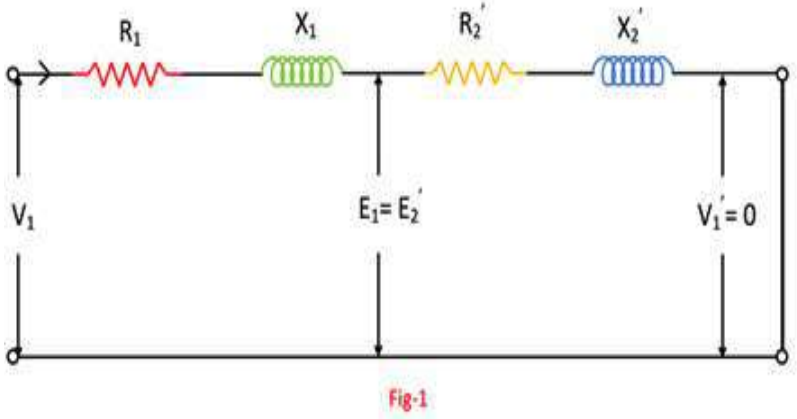


Fig-1

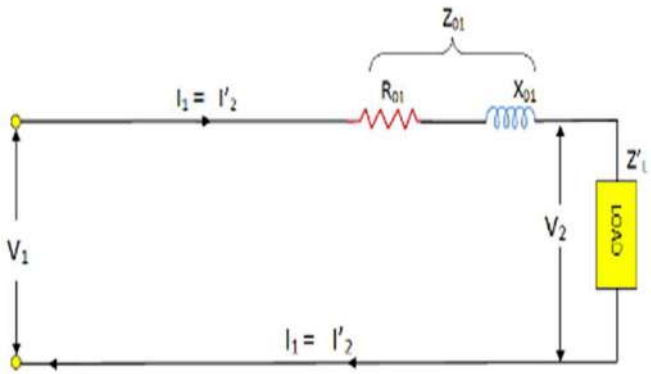
W = Full-load copper loss, V_1 = Applied voltage, I_1 = Rated current, R_{01} = Resistance as viewed from the primary, Z_{01} = Total impedance as viewed from the primary, X_{01} = Reactance as viewed from the primary

$$W = I_1^2 R_{01}$$

$$\therefore R_{01} = W/I_1^2$$

$$Z_{01} = V_1/I_1$$

$$X_{01} = \sqrt{(Z_{01}^2 - R_{01}^2)}$$



৫.৩ ভেক্টর ডায়াগ্রাম অঙ্কন(Draw the vector diagram):

(খ) শর্ট-সার্কিট টেস্টের ভেক্টর ডায়াগ্রামঃ

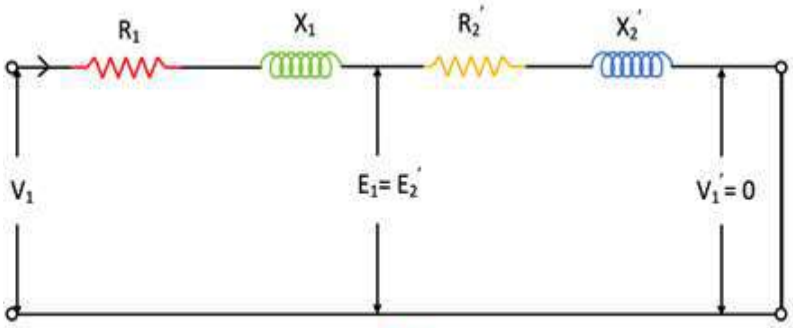


Fig-1

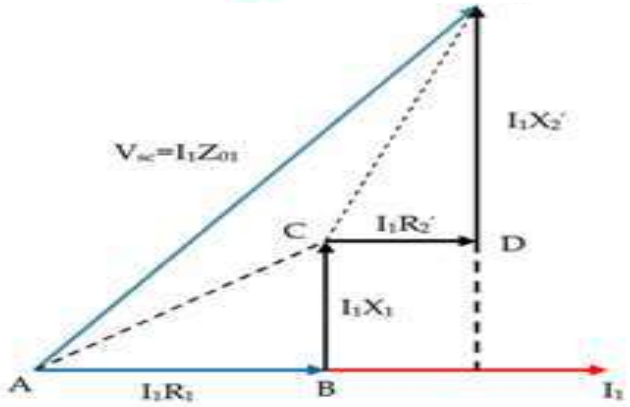


Fig-3

Voltage drop Vector

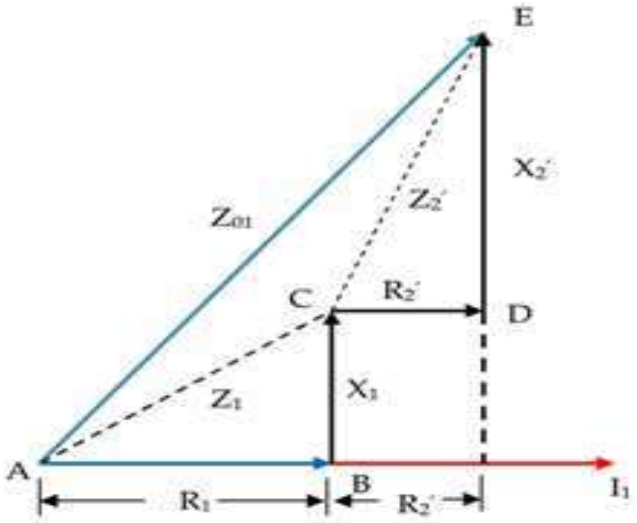


Fig- 4

Impedance Vector

৫.৪ শর্টসার্কিট ও ওপেন সার্কিট টেস্টে সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান (Solve problems related to short circuit and open circuit test):

প্রয়োজনীয় সুত্রবলিঃ

$$I_p = I_{sc} = \frac{V_{sc}}{Z_{sc}}$$

$$R_e' = R_{01} = R_p + R_s a^2$$

$$R_e' = R_{01} = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}$$

$$Z_e' = Z_{01} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}}$$

$$X_e' = \sqrt{(Z_e')^2 - (X_e')^2}$$

$$I_{FL} or I_p = \frac{KVA \times 1000}{V_p}$$

Working component $I_w = I_0 \cos\varphi_0$

No load current $I_0 = \sqrt{I_w^2 + I_m^2}$

Magnetizing component $I_m = I_0 \sin\varphi_0$

Power factor $\cos\varphi_0 = \frac{I_w}{I_0}$

No load power input $P_0 = V_1 I_0 \cos\varphi_0$

৫.৪ শর্টসার্কিট ও ওপেন সার্কিট টেস্টে সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান (Solve problems related to short circuit and open circuit test):

প্রশ্নঃ-১ একটি সিঙ্গেল ফেজ 10KVA, 500/250 V, 50 Hz ট্রান্সফরমারের নিম্নলিখিত ধ্রুবক আছে যথা – প্রাইমারি রেজিস্ট্যান্স 0.2Ω সেকেন্ডারি রেজিস্ট্যান্স 0.5Ω, প্রাইমারি রিয়্যাকট্যান্স 0.4Ω, সেকেন্ডারি রিয়্যাকট্যান্স 0.1Ω, তাহলে শর্ট সার্কিট আবস্থায় পরিমাপক যন্ত্রপাতি কত পাঠ দিবে বের কর।

Here ,

$R_p = 0.2\Omega$

$X_p = 0.4\Omega$

$R_s = 0.5\Omega$

$X_s = 0.1\Omega$

$V_p = 500\ V$

$V_s = 250\ V$

$\therefore a = \frac{500}{250} = 2$

$f = 50\ Hz$

$V_{sc} = ?$

$P_{sc} = ?$

$I_{sc} = ?$

সমাধানঃ এখানে মনে করি, লো-ভোল্টেজ সাইড শর্ট করা হয়েছে। অর্থাৎ সকল যন্ত্রপাতি প্রাইমারি **সাইডে সুংযুক্ত করা** হয়েছে

$$\therefore R_e' = R_p + a^2 R_s = 0.2 + 2^2 \times 0.5 = 2.2\Omega$$

$$X_e' = X_p + a^2 X_s = 0.4 + 2^2 \times 0.1 = 0.8\Omega$$

$$\therefore Z_e' = \sqrt{(R_e')^2 + (X_e')^2} = \sqrt{(2.2)^2 + (0.8)^2} = 2.34\Omega$$

ফুল লোড প্রাইমারি কারেন্ট,

$$I_p = I_{sc} = \frac{10 \times 1000}{500} = 20\,Amp$$

$$\therefore V_{sc} = I_p Z_e' = 20 \times 2.34 = 46.8V$$

পাওয়ার গ্রহন,

$$P_{sc} = I_p{}^2 R_e' = (20)^2 \times 2.22 = 880 watt$$

৫.৪ শর্টসার্কিট ও ওপেন সার্কিট টেস্টে সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান (Solve problems related to short circuit and open circuit test):

প্রশ্নঃ ২। একটি সিঙ্গেল ফেজ 100KVA, 1000/100 V, 50 Hz ট্রান্সফরমারের টেস্টে নিম্নলিখিত তথ্য পাওয়া গেলো।
শর্ট সার্কিট টেস্টঃ $E_{sc}=22V, P_{sc}=1050W$ ফলাফল হাই সাইডে প্রাপ্ত। বের করঃ সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, রিয়্যাক্ট্যান্স এবং ইম্পিড্যান্স।

সমাধানঃ সকল যন্ত্রপাতি প্রাইমারি **সাইডে সুংযুক্ত করা** হয়েছে

প্রাইমারিতে প্রবাহিত কারেন্ট, $I_p = I_{sc} = \frac{100\times1000}{1000} = 100Amp$

$$R_e' = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^{\ 2}} = \frac{1050}{(100)^2} = 0.105\Omega$$

$$Z_e' = \frac{E_{sc}}{I_{sc}} = \frac{22}{100} = 0.22\Omega$$

$$X_e' = \sqrt{(Z_e')^2 - (R_e')^2} = \sqrt{(0.22)^2 - (0.105)^2} = 0.193\Omega$$

Here,

$\text{KVA rating} = 100\,\text{kva}$

$V_p = 1000V$

$V_s = 100V$

$\therefore\ \text{a} = \frac{\text{V}_\text{p}}{V_s} = \frac{1000}{100} = 10$

$f = 50Hz$

$E_{sc} = 22V$

$P_{sc} = 1050W$

$R_e' = ?$

$X_e' = ?$

$Z_e' = ?$

৫.৫ ভোল্টেজ রেগুলেশনের সংজ্ঞা (Define voltage regulation):

যে কোন ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ভোল্টেজ স্থির রেখে , সেকেন্ডারিতে লোড বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কমবেশি সেকেন্ডারি টার্মিনাল ভোল্টেজ কমতে থাকে। ট্রান্সফরমার কয়েলে রেজিস্ট্যান্স এর জন্য এ ভোল্টেজ ড্রপ হয়ে থাকে। নো-লোড হতে ফুল লোড পর্যন্ত মোট ভোল্টেজ ড্রপকে ফুল লোড ভোল্টেজ দ্বারা ভাগ করলে ভোল্টেজ রেগুলেশন পাওয়া যায়। এই রেগুলেশন সাধারণত শতকরা হিসেবে প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore \quad \% \quad VR = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$$

$Here$,

$VR = Voltage \quad regulation$

$V_{NL} = No - load \quad voltage$

$V_{FL} = Full - load \quad voltage$

ভোল্টেজ রেগুলেশন অবশ্য তিন ধরনের লোডের উপর নির্ভর করে।

১। **রেজিস্টিভ লোডঃ** হিটার, ইলেকট্রিক আয়রন, ইনক্যানডিসেন্ট ল্যাম্প ইত্যাদি। এধরনের লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর সর্বদা ইউনিটি হয়।

২। **ইন্ডাকটিভ লোডঃ** চোক কয়েল, ইন্ডাকশন মোটর, ট্রান্সফরমার। এছাড়া বেশির ভাগ লোডই ইন্ডাকটিভ লোডের অন্তর্গত। এ ধরনের লোডে পাওয়ার ফ্যাক্টর ল্যাগিং হয়

৩। **ক্যাপাসিটিভ লোডঃ** ক্যাপাসিটর, সিনক্রোনাস কন্ডেন্সার ইত্যাদি। এতে পাওয়ার ফ্যাক্টর লিডিং হয়।

৫.৬। ভোল্টেজ রেগুলেশনের ইউনিটি, ল্যাগিং এবং লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টরের সমীকরণ (The equation for voltage regulation at unity, lagging and leading power factor):

(ক) ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টর (Unity power factor): রেজিস্টিভ লোডের ক্ষেত্রে এটি হয়ে থাকে। চিত্রে ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টরের চিত্র দেখানো হয়েছে। চিত্র থেকে পাই,

রেজিস্টিভ ড্রপ (Resistive drop)= $I_s R_e''$

রিয়্যাকটিভ ড্রপ (Reactive drop)= $I_s X_e''$

ইম্পিড্যান্স ড্রপ (Impedance drop)=$I_s Z_e''$

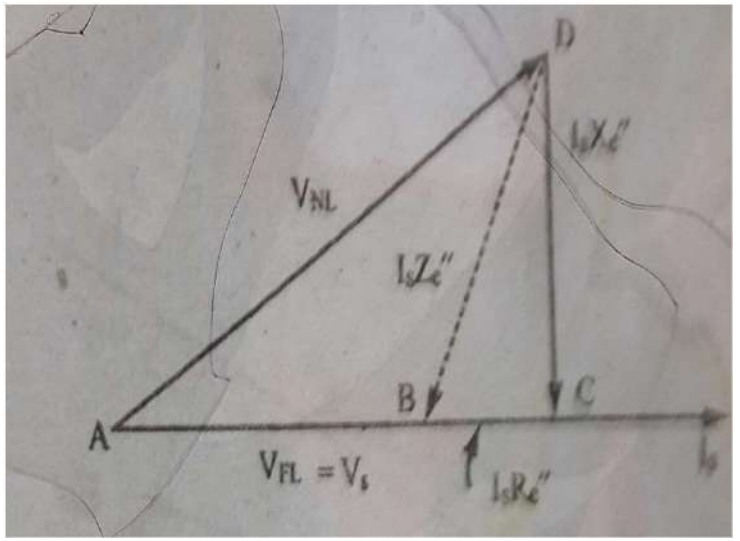
ত্রিভুজ ACD থেকে পাই,

$$\mathrm{AD}^2 = AC^2 + CD^2 = (AB + BC)^2 + CD^2$$

$$\therefore AD = \sqrt{(AB + BC)^2 + CD^2}$$

$$V_{NL} = \sqrt{(V_{FL} + I_s R_e'')^2 + (I_s X_e'')^2}$$

$$\%V.R = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$$



চিত্র নং- ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টর

৫.৬। ভোল্টেজ রেগুলেশনের ইউনিটি, ল্যাগিং এবং লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টরের সমীকরণ (The equation for voltage regulation at unity, lagging and leading power factor):

(খ) ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর (Lagging power factor):): ইন্ডাকটিভ লোডের ক্ষেত্রে এটি হয়ে থাকে। চিত্রে ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরের ভেক্টর চিত্র দেখানো হয়েছে।
চিত্র থেকে পাই,

রেজিস্টিভ ড্রপ (Resistive drop)= $I_s R_e''$

রিয়্যাকটিভ ড্রপ (Reactive drop)= $I_s X_e''$

ত্রিভুজ ACF হতে পাই,

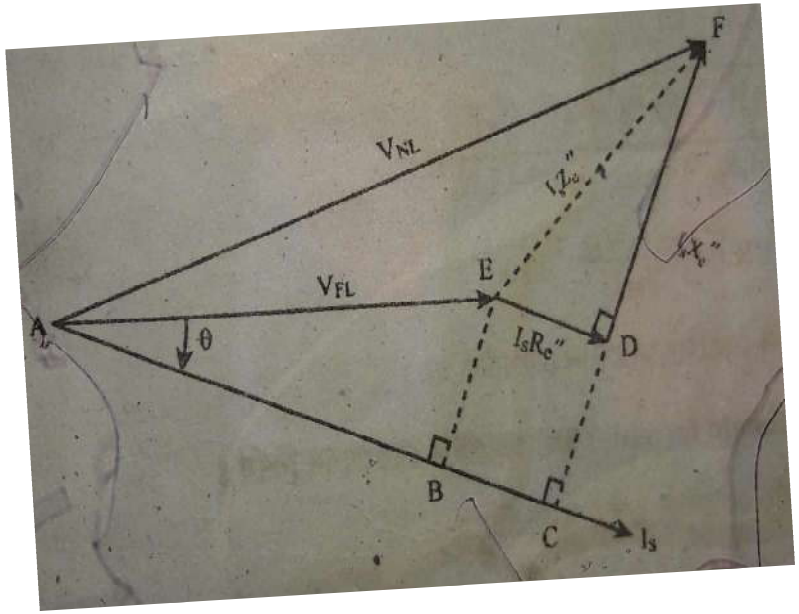
$$AF^2 = AC^2 + CF^2$$

$$AF^2 = (AB + BC)^2 + (CD + DF)^2$$

$$AF = \sqrt{(AB + BC)^2 + (CD + DF)^2}$$

$$V_{NL} = \sqrt{(V_{FL}\cos\theta + I_s R_e'')^2 + (V_{FL}\sin\theta + I_s X_e'')^2}$$

$$Voltage\ \text{regulation}\ \ \%\text{V.R} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$$



চিত্র নং -ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর

৫.৬। ভোল্টেজ রেগুলেশনের ইউনিটি, ল্যাগিং এবং লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টরের সমীকরণ (The equation for voltage regulation at unity, lagging and leading power factor):

(গ) লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টর (Leading power factor): ক্যাপাসিটিভ লোডের ক্ষেত্রে এটি হয়ে থাকে। চিত্রে লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টরের ভেক্টর চিত্র দেখানো হয়েছে। চিত্র থেকে পাই,

রেজিস্টিভ ড্রপ (Resistive drop)= $I_s R_e''$

রিয়্যাকটিভ ড্রপ (Reactive drop)=$I_s X_e''$

সমকোনী ত্রিভুজ ABE হতে পাই, $AB = AE\cos\theta = V_{FL}\cos\theta$

$BE = AE\sin\theta = V_{FL}\sin\theta$

এখন ত্রিভুজ AFD হতে পাই $CD = BE = V_{FL}\sin\theta$

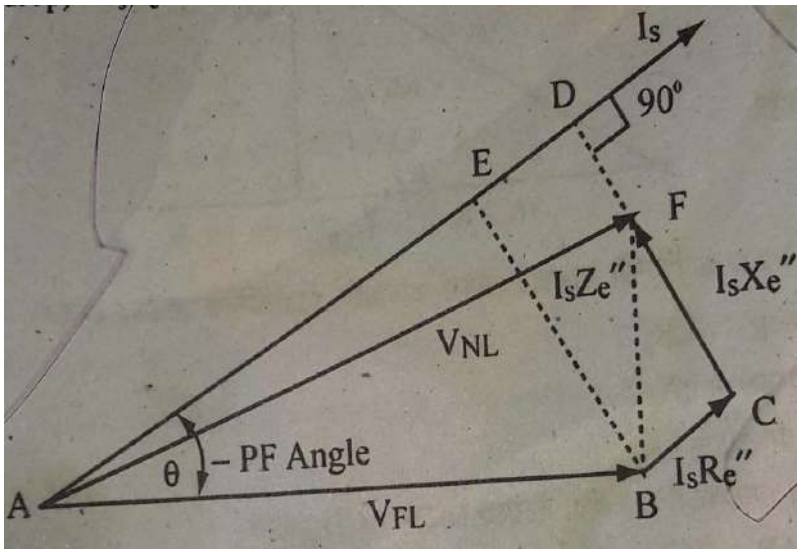
$$AF^2 = AD^2 + DF^2$$

$$AF^2 = (AE + DE)^2 + (CD - CF)^2$$

$$AF = \sqrt{(AE + DE)^2 + (CD - CF)^2}$$

$$V_{NL} = \sqrt{V_{FL}\cos\theta + I_s R_e'')^2 + (V_{FL}\sin\theta - I_s X_e'')^2}$$

$$Voltage\ \text{regulation}\ \%\text{V.R} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$$



চিত্র নং- লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টর

৫.৬। ভোল্টেজ রেগুলেশনের ইউনিটি, ল্যাগিং এবং লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টরের সমীকরণ (The equation for voltage regulation at unity, lagging and leading power factor):

*** কাছাকাছি ফরমুলা (Approximate Formula)দ্বারা ভোল্টেজ রেগুলেশন (V.R) নির্নয়ঃ**

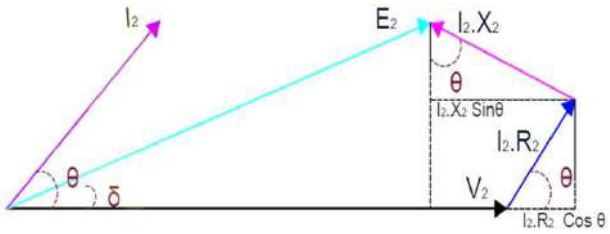
ট্রান্সফরমারের মোট কাছাকাছি ভোল্টেজ ড্রপ সেকেন্ডারি $= I_s(R_e'' \cos\theta \pm X_e'' \sin\theta)$

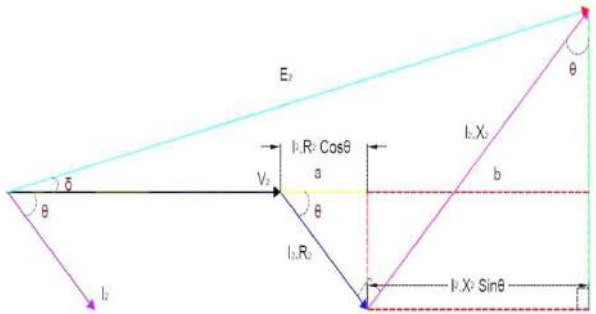
$$V_{NL} - V_{FL} = I_s(R_e'' \cos\theta \pm X_e'' \sin\theta)$$

কাজেই দেখা যায়,

$$\therefore \%\text{V.R} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100 = \frac{I_s(R_e'' \cos\theta \pm X_e'' \sin\theta)}{V_{FL}} \times 100$$

ইন্ডাকটিভ লোডের ক্ষেত্রে (+) চিহ্ন এবং ক্যাপাসিটিভ লোডের ক্ষেত্রে (-) চিহ্ন ব্যবহার করা হয়।
ভোল্টেজ রেগুলেশনের মান যত কম হয় ততই উক্ত ডিভাইসটি উত্তম বলে বিবেচিত হয়।





৫.৭। ভোল্টেজ রেগুলেশনের সাথে সম্পর্কযুক্ত সমস্যার সমাধান (Solve problems related to voltage regulation):

গুরুত্বপূর্ন সূত্রাবলিঃ

$$\text{When power factor is unity, } V_{NL} = \sqrt{(V_{FL} + I_p R_e')^2 + (I_p X_e')^2}$$

$$\text{When power factor is lagging, } V_{NL} = \sqrt{(V_{FL}\cos\theta + I_p R_e')^2 + (V_{FL}\sin\theta + I_p X_e')^2}$$

$$\text{When power factor is leading, } V_{NL} = \sqrt{(V_{FL}\cos\theta + I_p R_e')^2 + (V_{FL}\sin\theta - I_p X_e')^2}$$

$$\text{Again No load voltage } V_{NL} = V_{FL} + I_p(R_e'\cos\theta \pm X_e'\sin\theta)$$

$$\text{Voltage regulation, } \%VR = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$$

৫.৭। ভোল্টেজ রেগুলেশনের সাথে সম্পর্কযুক্ত সমস্যার সমাধান (Solve problems related to voltage regulation):

প্রশ্নঃ-৩: একটি 25kVA, 2400/240V, 50 c/s এক ফেজ ট্রান্সফরমারকে শর্ট সার্কিট টেস্ট করে নিম্নে উল্লিখিত তথ্য পাওয়া গেলোঃ

$$E_{sc} = 72V, P_{sc} = 380W, I_{sc} = 10.4A$$

0.86 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে শতকরা রেগুলেশন নির্ণয় কর।

সমাধানঃ

$Here\ ,$

$V_p = 2400\ V$

$V_s = 240\ V$

$a = \dfrac{V_p}{V_s} = \dfrac{2400}{240} = 10$

$Rating = 25\ kVA$

$E_{sc} = 72\ \text{V}$

$P_{sc} = 380\ \text{W}$

$I_{sc} = 10.40\ \text{A}$

$\%\ VR = ?$

$$\text{R}_e' = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2} = \frac{380}{(10.4)^2} = 3.513\,\Omega$$

$$\text{Z}_e' = \frac{E_{sc}}{I_{sc}} = \frac{72}{10.4} = 6.923\,\Omega$$

$$\text{X}_e' = \sqrt{(Z_e')^2 - (R_e')^2} = \sqrt{(6.923)^2 - (3.513)^2} = 5.965\,\Omega$$

$$\text{Power Factor, } \cos\theta = 0.86 \text{ lagging}$$

$$\Rightarrow \theta = \cos^{-1}(0.86) = 30.68$$

$$\therefore \sin(30.68) = 0.51$$

$$\text{Primary current, } \text{I}_\text{p} = \frac{25 \times 10^3}{2400} = 10.42\,A$$

No - load voltage according to primary,

$$\therefore \text{V}_\text{NL} = V_{FL} + I_P(R_e' \cos\theta + X_e' \sin\theta)$$

$$= 2400 + 10.42(3.51\ 3 \times 0.86 + 5.965 \times 0.51) = 2463.18\text{V}$$

$$\therefore \%\ \text{Reg} = \frac{\text{V}_\text{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100 = \frac{2463.18 - 2400}{2400} \times 100 = \frac{63.18}{2400} \times 100 = 2.63\,\%$$

৫.৭। ভোল্টেজ রেগুলেশনের সাথে সম্পর্কযুক্ত সমস্যার সমাধান (Solve problems related to voltage regulation):

প্রশ্নঃ-৪: একটি 25kVA, 2300/230V, 50 c/s এক ফেজ ট্রান্সফরমারের ডাটাসমূহ নিম্নরুপঃ

$$R_P = 0.8\Omega, X_p = 3.2\Omega, R_s = 0.0090\Omega, X_s = 0.03\Omega$$

ভোল্টেজ রেগুলেশন বের করো,যখন

(ক) পাওয়ার ফ্যাক্টর ইউনিটি হয়।

(খ) পাওয়ার ফ্যাক্টর 0.866 লিডিং হয়।

সমাধানঃ

Equivalent resistance in terms of primary, $R_e' = R_p + a^2 R_s = 0.8 + (10)^2 \times 0.0090 = 1.7\Omega$

Equivalent reactance in terms of primary, $X_e' = X_p + a^2 X_s = 3.2 + (10)^2 \times 0.03 = 6.2\Omega$

Primary current, $I_p = \frac{25 \times 10^3}{2300} = 10.87\,A$

(ক) Power Factor, $\cos\theta = 1$

$$\Rightarrow \theta = \cos^{-1}(1) = 0^\circ$$

$\therefore \sin\theta = \sin(0^\circ) = 0$

No - load voltage in terms of primary,

$$\therefore V_{NL} = \sqrt{(V_{FL}\cos\theta + I_p R_e')^2 + (V_{FL}\sin\theta + I_p X_e')^2}$$

$$= \sqrt{(2300 \times 1 + 10.87 \times 1.7)^2 + (2300 \times 0 + 10.87 \times 6.2)^2} = 2319.45V$$

$$\therefore \%\,VR = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100 = \frac{2319.45 - 2300}{2300} \times 100 = 0.845\%$$

Here,

$V_p = 2300V$

$V_s = 230V$

$a = \frac{V_p}{V_s} = \frac{2300}{230} = 10$

$Rating = 25kVA$

$R_p = 0.8\Omega$

$X_p = 3.2\Omega$

$R_s = 0.0090\Omega$

$X_s = 0.03\Omega$

$\%VR = ?$

৫.৭। ভোল্টেজ রেগুলেশনের সাথে সম্পর্কযুক্ত সমস্যার সমাধান (Solve problems related to voltage regulation):

প্রশ্নঃ-৪: একটি 25kVA, 2300/230V, 50 c/s এক ফেজ ট্রান্সফরমারের ডাটাসমূহ নিম্নরুপঃ

$$R_P = 0.8\Omega, X_p = 3.2\Omega, R_s = 0.0090\Omega, X_s = 0.03\Omega$$

ভোল্টেজ রেগুলেশন বের করো,যখন

(ক) পাওয়ার ফ্যাক্টর ইউনিটি হয়।

(খ) পাওয়ার ফ্যাক্টর 0.866 লিডিং হয়।

সমাধানঃ

Equivalent resistance in terms of primary, $R_e' = R_p + a^2 R_s = 0.8 + (10)^2 \times 0.0090 = 1.7\Omega$

Equivalent reactance in terms of primary, $X_e' = X_p + a^2 X_s = 3.2 + (10)^2 \times 0.03 = 6.2\Omega$

Primary current, $I_p = \dfrac{25 \times 10^3}{2300} = 10.87\,A$

(খ) Power Factor, $\cos\theta = 0.866$ leading

$$\Rightarrow \theta = \cos^{-1}(0.866) = 30^\circ$$

$$\therefore \sin\theta = \sin(30^\circ) = 0.5$$

No - load voltage in terms of primary,

$$\therefore V_{NL} = \sqrt{(V_{FL}\cos\theta + I_p R_e')^2 + (V_{FL}\sin\theta - I_p X_e')^2}$$

$$= \sqrt{(2300 \times 0.866 + 10.87 \times 1.7)^2 + (2300 \times 0.5 - 10.87 \times 6.2)^2} = 2283.25V$$

$$\therefore \%\,VR = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100 = \frac{2283.25 - 2300}{2300} \times 100 = -0.73\%$$

Here,

$V_p = 2300V$

$V_s = 230V$

$a = \dfrac{V_p}{V_s} = \dfrac{2300}{230} = 10$

$Rating = 25kVA$

$R_p = 0.8\Omega$

$X_p = 3.2\Omega$

$R_s = 0.0090\Omega$

$X_s = 0.03\Omega$

$\%VR = ?$

মূল্যায়ন

প্রশ্নঃ-১ ট্রান্সফরমেরের শর্টসার্কিট টেস্ট কেন করা হয়।

উত্তরঃ-এখানে,

সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, ওহমে (R_e)

সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, ওহমে (X_e)

সমতুল্য ইম্পিড্যান্স, ওহমে (Z_e)

$$Copper \text{ loss, } W_{sc} = P_{sc} = I_p{}^2 R_e{}' = I_{sc}{}^2 R_e{}''$$

$$Efficiency \text{ and Regulation}$$

প্রশ্নঃ-২ ট্রান্সফরমারের ওপেন সার্কিট টেস্টের সময় ওয়াটমিটার শুধু কর লস নির্দেশ করে কারন কি?

ওপেন সার্কিট টেস্টের সময় হাই-ভোল্টেজ সাইড ওপেন থাকে। তা ছাড়া ট্রান্সফরমার কয়েলগুলো ইন্ডাকটিভ এবং প্রাইমারি উচ্চমানের ইম্পিড্যান্সের কারনে নো-লোড কারেন্টের পরিমান খুবই কম হয়, রেটেড কারেন্টের 3% থেকে 5%। এর ফলে $I_o{}^2 R_p$ লসের পরিমাণ কোর লসের তুলনায় খুবই কম এবং উপেক্ষা করা চলে। কোরে রেটেড সাপ্লাই ভোল্টেজের জন্য স্বাভাবিক মিউচুয়াল ফ্লাক্স (ϕ_m) প্রতিষ্ঠা হয়। কোর লস আবার মোটামুটিভাবে মিউচুয়াল ফ্লাক্সের বর্গের সমানুপাতিক। সুতরাং ওয়াটমিটার শুধু কোর লস নির্দেশ করে।

বাড়ির কাজ

১। সার্কিট ডায়াগ্রামসহ ট্রান্সফরমারের নো-লোড টেস্টের বর্ণনা করো।

২। ট্রান্সফরমারের শর্ট সার্কিট টেস্ট কিভাবে করা হয় চিত্রসহ বর্ণনা কর।

৩। ভেক্টর চিত্রের মাধ্যমে ট্রান্সফরমারের রেজিস্টিভ লোডের ভোল্টেজ রেগুলেশন নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা করো।

৪। ভেক্টর চিত্রের মাধ্যমে ট্রান্সফরমারের ইন্ডাকটিভ লোডের ভোল্টেজ রেগুলেশন নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা করো।

৫। । ভেক্টর চিত্রের মাধ্যমে ট্রান্সফরমারের ক্যাপাসিটিভ লোডের ভোল্টেজ রেগুলেশন নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা করো।

৬। একটি $10\ \text{kVA}, 2300/230\ \text{V}$ ট্রান্সফরমারের শর্ট সার্কিট টেস্টের ডাটা নিচে দেওয়া হলোঃ $E_{sc} = 137\text{V}, P_{sc} = 192W, I_{sc} = 4.34A$। নির্ণয় করোঃ

(ক) 0.8 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে ভোল্টেজ রেগুলেশন

(খ) 90% লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে ভোল্টেজ রেগুলেশন।

(গ) ইউনিটি পাওয়ার ফ্যাক্টরে ভোল্টেজ রেগুলেশন।

এই ভিডিওটি পুণরায় দেখতে জাতীয় দক্ষতা বাতায়নে কারিগরি শিক্ষা অধিদপ্তরের পেইজ www.skills.gov.bd/dte ভিজিট করুন।

সরাসরি ক্লাস দেখার লিঙ্কঃ www.facebook.com/skills.gov.bd

আগামি মঙ্গল বার অধ্যায়-৬ পড়ানো হবে।

সবাইকে ধন্যবাদ

শিক্ষক পরিচিতিঃ

এস, এম, জয়নাল আবেদীন
চীফ ইন্সট্রাক্টর (ইলেকট্রিক্যাল)
ফেনী পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট

পাঠ পরিচিতিঃ

বিষয়ঃ এসি মেসিনস-১ (৬৬৭৬১)

৬ষ্ঠ পর্ব (ইলেকট্রিক্যাল)

৬ষ্ঠ অধ্যায়

ট্রান্সফরমারের দক্ষতা ও শীতলীকরন পদ্ধতি

(Efficiency and cooling system of Transformer)

এ অধ্যায়ের পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা জানতে পারবেঃ

৬.১। ট্রান্সফরমারের দক্ষতা নির্ণয়ের গানিতিক সুত্রের ধারনা।
৬.২। ট্রান্সফরমারের কোর লস এবং কপার লসকে প্রভাবিত করে এমন বিবেচ্য বিষয়সমুহ ধারনা
৬.৩। সর্বোচ্চ দক্ষতার সমীকরন নির্ণয় করন।
৬.৪। পাওয়ার ফ্যাক্টরের সাথে দক্ষতার পরিবর্তন সম্পর্কিত ধারনা।
৬.৫।সারা দিনের দক্ষতা ও সারা দিনের দক্ষতার ফর্মুলা উল্লেখকরন।
৬.৬। দক্ষতা, সর্বোচ্চ দক্ষতা ও সারা দিনের দক্ষতার সমস্যার সমাধানের ধারনা।
৬.৭। ট্রান্সফরমারের শীতলীকরন বা কুলিং-এর প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা করন।
৬.৮। ট্রান্সফরমারের শীতলীকরন পদ্ধতির বর্ননা করন।
৬.৯। ট্রান্সফরমারের তৈল এবং এর গুনাবলি বর্ণনা করন।

৬.১। ট্রান্সফরমারের দক্ষতা নির্ণয়ের গানিতিক সুত্র (The formula for calculation of efficiency of Transformer):

প্রতিক্ষেত্রে মেশিনে ইনপুট হিসাবে যে শক্তি দেওয়া হয় আউটপুট হিসাবে সে শক্তি পাওয়া যায় না। ইনপুটের তুলনায় আউটপুটে যতটুকু শক্তি কম পাওয়া যায়, তা-ই পাওয়ার লস। এ আউটপুট এবং ইনপুট পাওয়ারের অনুপাতকেই দক্ষতা (Efficiency) বলে। অন্যান্য মেশিনের চেয়ে ট্রান্সফরমারের দক্ষতা অনেকটা বেশি; এর পরিমাণ ৯৫% হতে ৯৯% পর্যন্ত হতে পারে। কারন এতে কেবল মাত্র কোর লস এবং কপার লস হয়। দক্ষতাকে গ্রিক অক্ষর 'ইটা' (η) স্বারা চিহ্নিত করা হয় এবং এটি শতকরা হারে প্রকাশ করা হয়ে থাকে।

$$\text{Efficiency }, \eta\% = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100$$

$$= \frac{\text{Output}}{\text{Output } + \text{Losses}} \times 100$$

$$= \frac{\text{VIcos } \theta \times 100}{\text{VIcos } \theta + \text{Copper loss} + \text{Core loss}}$$

$$\text{Again, } \eta\% = \frac{\text{Input - Losses}}{\text{Input}} \times 100 = (1 - \frac{Losses}{Input}) \times 100$$

৬.২। ট্রান্সফরমারে কোর লস এবং কপার লসকে প্রভাবিত করে এমন বিবেচ্য বিষয়সমুহ (The factors affecting core loss and copper loss of the Transformer):

১। কোর লস (core loss): এটি হিসটেরেসিস ও এডি কারেন্ট লসের সমন্বয়ে গঠিত। এ লস নো-লোড অবস্থায় 1%-3% পরিবর্তন হয়। এটি বিভিন্ন বিষয় দ্বারা প্রভাবিত হয়। যেমন-

(ক) পাওয়ার ফ্যাক্টর (power factor): কোর লস পাওয়ার ফ্যাবক্টরের সাথে সমানুপাতিক অর্থাৎ কোর লস বাড়লে পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান বেড়ে যায়।

কোর লস= $W_0 = V_0 I_0 \cos\theta_0$

$\therefore W_0 \propto \cos\theta_0$

(খ) ভোল্টজ (Voltage): ভোল্টেজ পরিবর্তন করলে কোর লস পরিবর্তিত হয়। যেমন - $\text{Core loss} \propto V^2$ অর্থাৎ কোর লস ভোল্টেজের বর্গানুপাতিক পরিবর্তিত হয়।

(গ) ফ্রিকুয়েন্সি (Frequency): এর মান ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভর করে।ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধি পেলে লসও বৃদ্ধি পায়। এ ছাড়াও কোর লস কোরের আয়তনের ধরন ও পরিমানের উপর নির্ভর করে।

৬.২। ট্রান্সফরমারে কোর লস এবং কপার লসকে প্রভাবিত করে এমন বিবেচ্য বিষয়সমুহ (The factors affecting core loss and copper loss of the Transformer):

২। কপার লস (copper loss): এটি বিভিন্ন বিষয় দ্বারা প্রভাবিত হয়। যেমন-

(ক) পাওয়ার ফ্যাক্টর (power factor): কপার লস পাওয়ার ফ্যাবক্টরের সাথে উল্টানুপাতিক অর্থাৎ কপার লস বাড়লে পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান কমে যায়।

কপার লস= $\text{Copper loss} \propto \frac{1}{\cos\theta}$

(খ) ভোল্টজ (Voltage): ভোল্টেজ পরিবর্তন করলে কপার লস পরিবর্তিত হয়। যেমন - $\text{Copper loss} \propto V^2$ অর্থাৎconstant KVAপাওয়ার জন্য ভোল্টেজ বৃদ্ধি করলে কপার লস কমবে।

(গ) ফ্রিকুয়েন্সি (Frequency): ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফরমারের ফ্রিকুয়েন্সির উপর কপার লস নির্ভর করে না।

(ঘ) লোড (Load): লোডের উপর কপার লস নির্ভরশীল। লোড বাড়লে কপার লস বাড়ে আবার লোড কমলে কপার লস কমে।

৬.৩। ট্রান্সফরমারের সর্বোচ্চ দক্ষতা নির্ণয়ের সমীকরন The Equation for maximum efficiency of the Transformer):

সর্বোচ্চ কর্মদক্ষতার শর্ত(Condition for Maximum efficiency):

$$\text{Copper loss, } \mathrm{W_{cu}} = I_p^{\,2} R_e^{'} \text{ or } \mathrm{I_s}^2 R_e^{''} \, watt$$

$$\text{Core loss, } \mathrm{W_{core}} = \text{Hysterisis} + \text{Eddy current loss} = \mathrm{W_h} + \mathrm{W_e}$$

$$\text{Primary Input} = \mathrm{V_p} I_p \cos\theta_p$$

$$\text{Efficiency}, \eta = \frac{Input - Losses}{Input} = \frac{\mathrm{V_p} I_p \cos\theta_p - losses}{\mathrm{V_p} I_p \cos\theta_p}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{\mathrm{V_p} I_p \cos\theta_p - I_p^{\,2} R_e^{'} - W_{core}}{\mathrm{V_p} I_p \cos\theta_p}$$

$$= 1 - \frac{I_p^{\,2} R_e^{'}}{\mathrm{V_p} I_p \cos\theta_p} - \frac{W_{core}}{\mathrm{V_p} I_p \cos\theta_p} = 1 - \frac{I_p R_e^{'}}{\mathrm{V_p} \cos\theta_p} - \frac{W_{core}}{\mathrm{V_p} I_p \cos\theta_p}$$

৬.৩। ট্রান্সফরমারের সর্বোচ্চ দক্ষতা নির্ণয়ের সমীকরন The Equation for maximum efficiency of the Transformer):

সর্বোচ্চ কর্মদক্ষতার শর্ত(Condition for Maximum efficiency):

Differentiating both sides with reference to $I_{p,}$

$$\frac{d\eta}{dI_p} = 0 - \frac{R_e'}{V_p \cos\theta_p} + \frac{W_{core}}{V_p I_p^{\,2} \cos\theta_p}$$

$$\eta = 1 - \frac{I_p R_e'}{V_p \cos\theta_p} - \frac{W_{core}}{V_p I_p \cos\theta_p}$$

For maximum efficiency $\frac{d\eta}{dI_p} = 0$

$$\therefore \frac{-R_e'}{V_p \cos\theta_p} + \frac{W_{core}}{V_p I_p^{\,2} \cos\theta_p} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{R_e'}{V_p \cos\theta_p} = \frac{W_{core}}{V_p I_p^{\,2} \cos\theta_p}$$

$$\Rightarrow R_e' = \frac{W_{core}}{I_p^{\,2}}$$

$$\Rightarrow I_p^{\,2} R_e' = W_{core}$$

$\therefore$ For maximum efficiency, Copper loss = Core loss

৬.৩। ট্রান্সফরমারের সর্বোচ্চ দক্ষতা নির্ণয়ের সমীকরন The Equation for maximum efficiency of the Transformer):

$$I_s^2 R_e'' = W_{core}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{W_{core}}{R_e''}}$$

Now both sides multiply by $\frac{V_s}{1000}$

$$\frac{I_s \times V_s}{1000} = \frac{V_s}{1000} \times \sqrt{\frac{W_{core}}{R_e''}}$$

$$\frac{I_s \times V_s}{1000} = \frac{V_s \times I_{FL}}{1000 \times I_{FL}} \times \sqrt{\frac{W_{core}}{R_e''}}$$

$$= \frac{V_s \times I_{FL}}{1000} \times \sqrt{\frac{W_{core}}{I_{FL}^2 R_e''}}$$

সর্বোচ্চ কর্মদক্ষতার KVA Load(KVA load at maximum efficiency):

We know that for maximum efficiency of transformer , copper loss is equal to core loss

$$I_p^2 R_e' = W_{core}$$

$$I_p = \sqrt{\frac{W_{core}}{R_e'}}$$

I_p i s current in maximum efficiency

৬.৩। ট্রান্সফরমারের সর্বোচ্চ দক্ষতা নির্ণয়ের সমীকরন The Equation for maximum efficiency of the Transformer):

$$\frac{I_s \times V_s}{1000} = \frac{V_s \times I_{FL}}{1000 \times I_{FL}} \times \sqrt{\frac{W_{core}}{R_e''}} = \frac{V_s \times I_{FL}}{1000} \times \sqrt{\frac{W_{core}}{I_{FL}^2 R_e''}}$$

$$KVA_{Max} = KVA_{rated} \times \sqrt{\frac{W_{core}}{I_{FL}^2 R_e''}}$$

$$KVA_{Max} = KVA_{rated} \times \sqrt{\frac{W_{core}}{Full\ load\ cu\ loss}} \quad -----(2)$$

Wher e

$$KVA_{Max} = \frac{I_s \times V_s}{1000}$$

$$KVA_{rated} = \frac{V_s \times I_{FL}}{1000}$$

৬.৪।পাওয়ার ফ্যাক্টরের সাথে দক্ষতার পরিবর্তন (The variation of efficiency with power factor):

একটি ট্রান্সফরমারের শতকরা দক্ষতা η

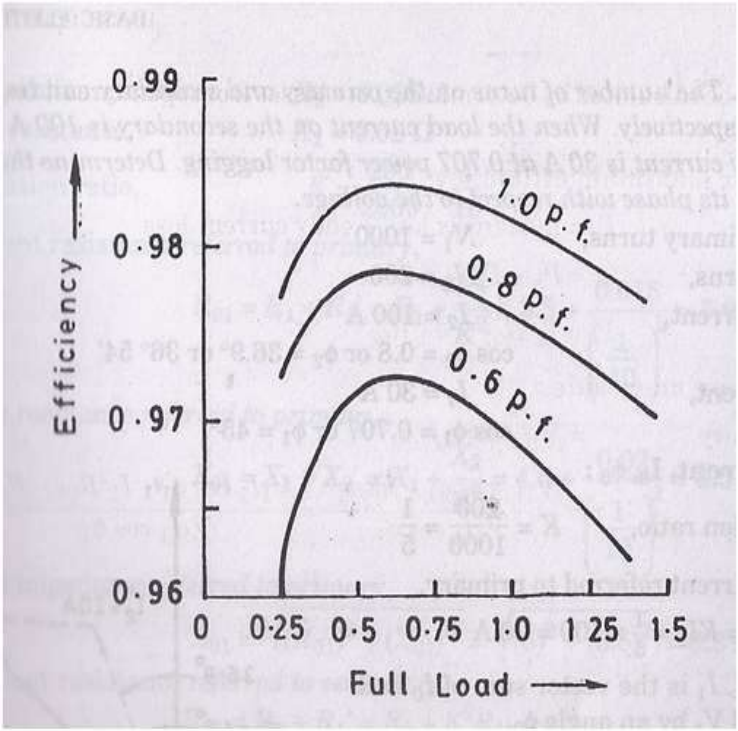
$$\eta = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{Input \ - losses}{Input} = (1 - \frac{Losses}{Input})$$

$$\Rightarrow \eta = (1 - \frac{Losses}{V_s I_s \cos\theta + Losses})$$

$$\Rightarrow \eta = (1 - \frac{Losses \ / V_s I_s}{\cos\theta + Losses \ / V_s I_s})$$

$$\text{Let} \quad X = \frac{\text{Losses}}{V_s I_s}$$

$$\eta = (1 - \frac{X}{\cos\theta + X})$$



পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিবর্তনের সাথে সাথে দক্ষতার যে পরিবর্তন হয় তার একটি চিত্র উপরে দেওয়া হয়েছে।এতে দেখা যায় যে, বিভিন্ন লোডে বিভিন্ন পাওয়ার ফ্যাক্টরে দক্ষতাও ভিন্ন হয়।

৬.৫। সারা দিনের দক্ষতা ও সারা দিনের দক্ষতার ফর্মুলা উল্লেখকরন (All day efficiency and mention the formula of all day efficiency):

কোন ট্রান্সফরমার হতে সারা দিন (24 ঘন্টার) গ্রাহকদের গৃহিত এনার্জির সাথে সারা দিনের ট্রান্সফরমারের ইনপুট এনার্জির অনুপাতকে সারা দিনের দক্ষতা বলে।

ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি সাইড সরবরাহ লাইনের সাথে সর্বদা সংযুক্ত থাকে। এ সাইডে ২৪ ঘন্টা পুর্ণ ভোল্টেযে ট্রান্সফরমারটি এনারজাইজড থাকে। ফলে এর কোর লস সর্বদাই সমান থাকে। শুধুমাত্র কোনো কোনো সময় এই লাইনের ভোল্টেজ হ্রাস-বৃদ্ধি হলে তখনই কোর লস কম-বেশি হতে পারে। তবে, এই ধরনের হ্রা-বৃদ্ধি খুব কমই ঘটে। এজন্য কোর লস সর্বদাই সমান ধরা হয়। কিন্তু সেকেন্ডারি সরাসরি গ্রাহকের লোডের সাথে সংযুক্ত থাকায় এর কপার লস (I^2R) গ্রাহকের লোডের পরিমানের সাথে কম-বেশি হয়। যেহেতু লোড ২৪ ঘন্টায় সমান থাকেনা, সেহেতু এর কপার লসও সমান থাকেনা। কাজেই এরুপ ট্রান্সফরমারের ফুল লোড কপার লস ধরে কর্মদক্ষতা নির্ণয় করা ভুল হয়। এর প্রকৃত দক্ষতা বের করতে হলে সারাদিনে দক্ষতা বের করাই শ্রেয়। এটি সারাদিনে (২৪ ঘন্টায়) গ্রাহকের গৃহীত এনার্জির সাথে সারা দিনের ট্রান্সফরমারের লাইন হতে গহীত এনার্জির অনপাত।

$$\text{All day efficiency, } \eta_{\text{all day}} = \frac{\text{output in kWh}}{\text{input in kWh}} \quad \text{(for 24 hours)}$$

৬.৬। দক্ষতা, সর্বোচ্চ দক্ষতা ও সারা দিনের দক্ষতার সমস্যার সমাধান (Solve problems on efficiency, maximum efficiency and all day efficiency):

সুত্রসমুহঃ

$$\text{Efficiency}, \eta\% = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100$$

$$= \frac{\text{Output}}{\text{Output} + \text{Losses}} \times 100$$

$$= \frac{\text{VIcos}\theta \times 100}{\text{VIcos}\theta + \text{Copper loss} + \text{Core loss}}$$

$$\text{All day efficiency}, \eta_{\text{all day}} = \frac{\text{output in kWh}}{\text{input in kWh}} \quad \text{(for 24 hours)}$$

$$\text{Again}, \eta\% = \frac{\text{Input - Losses}}{\text{Input}} \times 100 = (1 - \frac{Losses}{Input}) \times 100$$

$$KVA_{Max} = KVA_{rated} \times \sqrt{\frac{W_{\text{core}}}{\text{Full load cu loss}}}$$

$$I_p^{\,2} R_e^{\,\prime} = W_{core}$$

$\therefore$ For maximum efficiency , Copper loss = Core loss

৬.৬। দক্ষতা, সর্বোচ্চ দক্ষতা ও সারা দিনের দক্ষতার সমস্যার সমাধান (Solve problems on efficiency, maximum efficiency and all day efficiency):

প্রশ্ন-১: একটি 50KVA, 4600/230 V ট্রান্সফরমারের ওপেন এবং শর্টসার্কিট টেস্ট করে নিচে লিখিত পাওয়া গেলঃ

ওপেন সার্কিট টেস্টঃ $E_{oc} = 230\ \text{V}, \text{P}_{\text{oc}} = 285\ \text{W}, \text{I}_{\text{oc}} = 4.2A$

শর্ট সার্কিট টেস্টঃ $E_{sc} = 150\ \text{V}, \text{P}_{\text{sc}} = 615\ \text{W}, \text{I}_{\text{sc}} = 10A$

বের করঃ

(ক) রেটেড KVA, 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টরে কর্মদক্ষতা

(খ) সর্বোচ্চ কর্মদক্ষতার জন্য KVA

(গ) 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টরে সর্বোচ্চ দক্ষতা

সমাধানঃ

(ক) রেটেড KVA, 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টরে ট্রান্সফরমারের আউটপুট, $P_{out} = 50 \times 0.8 = 40kw$

ট্রান্সফরমারের কোর লস, $\text{P}_{\text{oc}} = 285\ \text{W}$

ট্রান্সফরমারের ফুল লোড কপার লস, $\text{P}_{\text{sc}} = 615\ \text{W}$

ফুল লোড কারেন্ট, $I_{sc} = I_{FL} = 10A$

মোট লস=285+615=900w=0.9kw

ট্রান্সফরমারের ইনপুট $P_{in} = (40 + 0.9) = 40.9kw$

কর্মদক্ষতা, $\%\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{40 \times 100}{40.9} = 97.80\%$

৬.৬। দক্ষতা, সর্বোচ্চ দক্ষতা ও সারা দিনের দক্ষতার সমস্যার সমাধান (Solve problems on efficiency, maximum efficiency and all day efficiency):

প্রশ্ন-১: একটি 50KVA, 4600/230 V ট্রান্সফরমারের ওপেন এবং শর্টসার্কিট টেস্ট করে নিচে লিখিত পাওয়া গেলঃ

ওপেন সার্কিট টেস্টঃ $E_{oc} = 230\ \text{V}, \text{P}_{\text{oc}} = 285\ \text{W}, \text{I}_{\text{oc}} = 4.2A$

শর্ট সার্কিট টেস্টঃ $E_{sc} = 150\ \text{V}, \text{P}_{\text{sc}} = 615\ \text{W}, \text{I}_{\text{sc}} = 10A$

বের করঃ

(ক) রেটেড KVA, 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টরে কর্মদক্ষতা

(খ) সর্বোচ্চ কর্মদক্ষতার জন্য KVA

(গ) 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টরে সর্বোচ্চ দক্ষতা

সমাধানঃ

(খ) সর্বোচ্চ দক্ষতায়, $KVA_{Max} = KVA_{rated} \times \sqrt{\frac{W_{\text{core}}}{\text{Full load cu loss}}}$

$$= 50 \times \sqrt{\frac{285}{615}} = 34.04\text{KVA}$$

(গ) সর্বোচ্চ দক্ষতায় 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টরে ট্রান্সফরমারের আউটপুট, $P_{out} = 34.04 \times 0.8 = 27.23kw$

আবার সর্বোচ্চ দক্ষতায় কোর লস =কপার লস

মোট লস=285+285=570W=0.57KW

মোট ইনপুট পাওয়ার $P_{in} = (27.23 + 0.57) = 27.80kw$

দক্ষতা $\%\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{27.23 \times 100}{27.80} = 97.95\%$

৬.৬। দক্ষতা, সর্বোচ্চ দক্ষতা ও সারা দিনের দক্ষতার সমস্যার সমাধান (Solve problems on efficiency, maximum efficiency and all day efficiency):

পশ্ন-২: একটি 5KVA, 2300/230V ট্রান্সফরমারের কোর লস 40W এবং ফুল লোড কপার লস 112W। এটি 24 ঘন্টা নিম্নলিখিত লোড বহন করেঃ

(ক) 1.5 গুন লোডে 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টরে 1 ঘন্টা

(খ) 1.25 গুন লোডে 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টরে 2 ঘন্টা

(গ) রেটেট লোডে 0.90 পাওয়ার ফ্যাক্টরে 3 ঘন্টা

(ঘ) অর্ধ লোডে একক পাওয়ার ফ্যাক্টরে 6 ঘন্টা

(ঙ) $\frac{1}{4}$-লোডে একক পাওয়ার ফ্যাক্টরে 8 ঘন্টা

(চ) নো-লোডে 4 ঘন্টা

ট্রান্সফরমারটির সারা দিনের দক্ষতা নির্ণয় কর।

সমাধানঃ

$$\text{Output energy for } 24 \text{ hrs.} = (1.5\times5\times0.8\times1)+(1.25\times5\times0.8\times2)+(1\times5\times0.9\times3)+(0.5\times5\times1\times6)+(0.25\times5\times1\times8)$$

$$= 6+10+13.5+15+10$$

$$= 54.5 \text{ kwh}$$

$$\text{Core loss for } 24 \text{ hrs.} = 40\times24 = 960 \text{ whr} = 0.96 \text{ kwh}$$

৬.৬। দক্ষতা, সর্বোচ্চ দক্ষতা ও সারা দিনের দক্ষতার সমস্যার সমাধান (Solve problems on efficiency, maximum efficiency and all day efficiency):

পশ্ন-২:প্রশ্ন-৬। একটি 5KVA, 2300/230V ট্রান্সফরমারের কোর লস 40W এবং ফুল লোড কপার লস 112W। এটি 24 ঘন্টা নিম্নলিখিত লোড বহন করেঃ

(ক) 1.5 গুন লোডে 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টরে 1 ঘন্টা

(খ) 1.25 গুন লোডে 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টরে 2 ঘন্টা

(গ) রেটেট লোডে 0.90 পাওয়ার ফ্যাক্টরে 3 ঘন্টা

(ঘ) অর্ধ লোডে একক পাওয়ার ফ্যাক্টরে 6 ঘন্টা

(ঙ) $\frac{1}{4}$-লোডে একক পাওয়ার ফ্যাক্টরে 8 ঘন্টা

(চ) নো-লোডে 4 ঘন্টা

ট্রান্সফরমারটির সারা দিনের দক্ষতা নির্ণয় কর।

সমাধানঃ

$$\text{Copper loss for 24 hrs.} = \left((1.5)^2 \times 0.112 \times 1\right) + \left((1.25)^2 \times 0.112 \times 2\right) + \left((1)^2 \times 0.112 \times 3\right) + \left((0.5)^2 \times 0.112 \times 6\right) + \left((0.25)^2 \times 0.112 \times 8\right)$$

$$= 0.252 + 0.350 + 0.336 + 0.168 + 0.056$$

$$= 1.162 \text{ kwh}$$

Input energy for 24 hrs.=Output energy for 24 hrs.+losses for 24 hrs=54.5+0,96+1.162=56.622 kwh

All day Efficiency

$$\eta_{All\ \text{Day}} = \frac{\text{Output energy for 24 hrs.}}{Input\ \text{energy for 24 hrs.}} \times 100 = \frac{54.5}{56.622} \times 100 = 96.25\%$$

৬.৭। ট্রান্সফরমারের শীতলীকরণ বা কুলিং-এর প্রয়োজনীয়তা (Explain the necessity of cooling system of transformer):

যেকোনো বৈদ্যুতিক মেশিন চলার সময় এর বিভিন্ন প্রকার লস উত্তাপ আকারে প্রকাশ পেতে থাকে। এ লসগুলো হচ্ছে ওয়াইন্ডিং-এ কপার লস, ফ্রিকশন লস ও বিভিন্ন ধরনের যান্ত্রিক অংশে ঘর্ষনজনিত লস ইত্যাদি। এ লসজনিত উত্তাপ স্বাভাবিক তাপমাত্রায় না থাকলে উল্লেখিত মেশিনের কর্মদক্ষতা কমে যায় এবং কালক্রমে প্রভূত ক্ষতি হতে পারে। ট্রান্সফরমারের ক্ষেত্রেও এ উত্তাপকে যথাযথভাবে প্রতিহত করে স্বাভাবিক মাত্রায় সীমাবদ্ধ রাখা আবশ্যক। এজন্য বিভিন্ন পদ্ধতিতে ট্রান্সফরমার শীতলীকরণ করা হয়। এতে ট্রান্সফরমারের কর্মদক্ষতা বৃদ্ধি পায় এবং স্বাভাবিকভাবে কার্যক্রম করতে পারে।

৬.৮। ট্রান্সফরমারের শীতলীকরণ পদ্ধতির বর্ণনা (Describe the methods of cooling system of the transformer):

নিম্নে ট্রান্সফরমারের শীতলীকরণ পদ্ধতিসমূহের বর্ণনা দেয়া হলোঃ

১। স্বাভাবিক বা ন্যাচারাল কুলিং (Natural cooling):

ছোট ছোট ট্রান্সফরমার এবং ইন্ট্রুমেন্ট ট্রান্সফরমারের মধ্যে সৃষ্ট উত্তাপ পরিবহন প্রণালিতে সর্বত্র ছড়িইয়ে পড়ে এবং বিকিরণ পদ্ধতিতে স্বাভাবিকভাবে ঠান্ডা হয়ে যায়। এ পদ্ধতি সাধারণত কম kVA রেটিং-এর ট্রান্সফরমার ঠান্ডা করার জন্য ব্যবহার করা হয়।। যে উত্তাপ ট্রান্সফরমারের বডিতে আসে, তা পরবর্তীতে বাতাসের সংস্পর্শে এসে ঠান্ডা হয়।

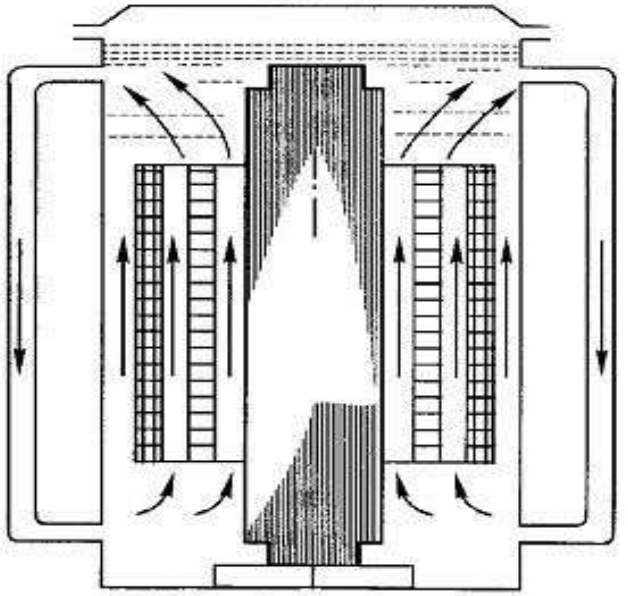


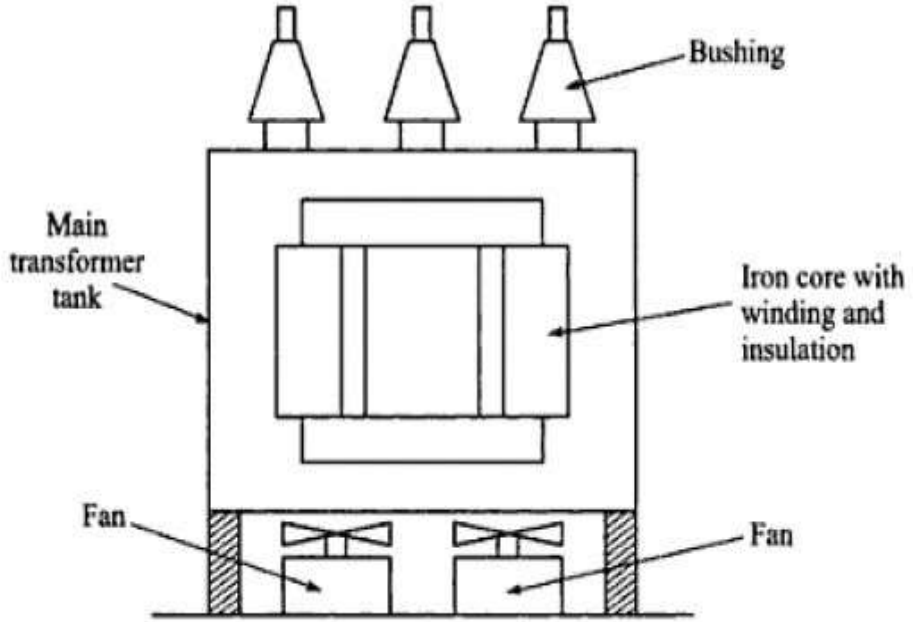
Fig. 3.3 *Natural cooling in transformers*

৬.৮। ট্রান্সফরমারের শীতলীকরণ পদ্ধতির বর্ণনা (Describe the methods of cooling system of the transformer):

নিম্নে ট্রান্সফরমারের শীতলীকরণ পদ্ধতিসমূহের বর্ণনা দেয়া হলোঃ

২। উচ্চ চাপযুক্ত বাতাস দ্বারা কুলিং (Forced air cooling):

এ পদ্ধতিতে ট্রান্সফরমারের নিচের দিক দিয়ে ফিল্টার করা ঠান্ডা বাতাস ব্লোয়ার দ্বারা প্রবেশ করানো হয়। ফলে এ ঠান্ডা বাতাস কোর এবং কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে উপরের দিক দিয়ে বের হয়ে যায় এবং যাওয়ার সময় কোর এবং কয়েলের উত্তাপ বহন করে ট্রান্সফরমারকে ঠান্ডা করে থাকে। ঘনবসতিপূর্ণ এলাকায় যেখানে তৈল ব্যবহারে বিস্ফোরণ ঘটে দূর্ঘটনার সম্ভাবনা থাকে সেখানে এ ব্যবস্থা গ্রহণ করা হয়। এই পদ্ধতি ব্যয়বহুল এবং জটিল বলে সাধারণত ব্যবহৃত হয়না।

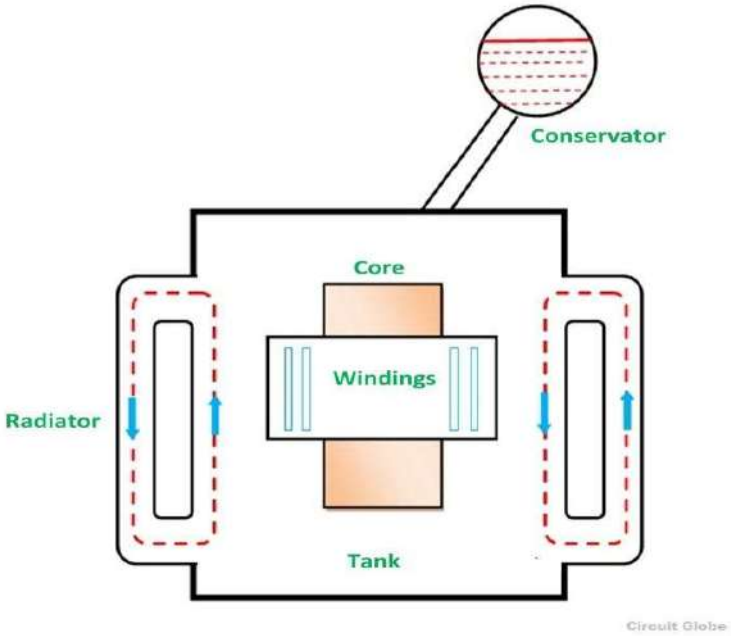


৬.৮। ট্রান্সফরমারের শীতলীকরণ পদ্ধতির বর্ণনা (Describe the methods of cooling system of the transformer):

নিম্নে ট্রান্সফরমারের শীতলীকরণ পদ্ধতিসমূহের বর্ণনা দেয়া হলোঃ

৩। তৈলে নিমজ্জিত সেলফ কুলিং (Oil immersed self cooling):

এ পদ্ধতিতে ট্রান্সফরমারের কোর এবং কয়েল সম্পূর্ণটাই ইনসুলেটিং অয়েল-এ নিমজ্জিত থাকে। এরুপ ট্রান্সফরমারের ট্যাংকের বাইরের দিক দিয়ে কতকগুলো লোহার টিউব বা পাইপ লাগানো থাকে। এ পাইপগুলো সবসময় ট্রান্সফরমার অয়েল দ্বারা পরিপূর্ণ থাকে। পূর্ণ লোডে ট্রান্সফরমার কোর এবং কয়েল যখন গরম হয় তখন তৈল গরম হয়ে হালকা হয় এবং উপরে উঠে। এ গরম হালকা তৈল পাইপের ভিতরে ঢুকে এবং পাইপের ঠান্ডা ভারী তৈল ট্রান্সফরমারের ট্যাংকে প্রবেশ করে। এরপর পাইপের গরম তৈল বাতাসের সংস্পর্শে ঠান্ডা হয়ে নিচের দিকে যায়। যার ফলে ট্রান্সফরমার নিজে নিজেই তৈলের সাহায্যে ঠান্ডা হয়। এই পদ্ধতি থার্মো-সাইফন (Thermo-siphon) বলে।

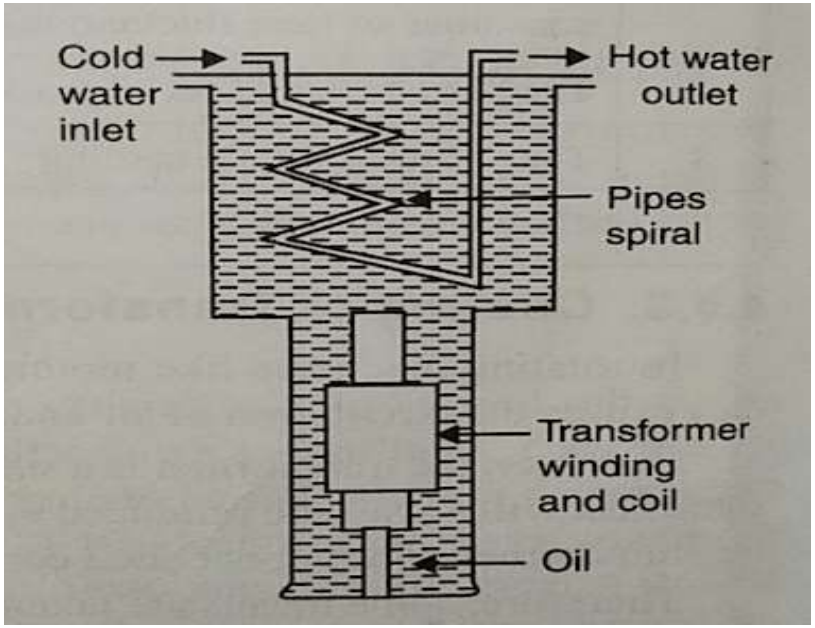


৬.৮। ট্রান্সফরমারের শীতলীকরণ পদ্ধতির বর্ণনা (Describe the methods of cooling system of the transformer):

নিম্নে ট্রান্সফরমারের শীতলীকরণ পদ্ধতিসমূহের বর্ণনা দেয়া হলোঃ

৪। তৈলে নিমজ্জিত চাপযুক্ত ওয়াটার কুলিং (Oil immersed forced water cooling):

এ ব্যবস্থায় কোর এবং কয়েলে তৈলে নিমজ্জিত থাকে এবং ট্রান্সফরমারের উপরে গরম তৈলের মধ্যে একটি তামার নলের (Copper tube) কয়েল বসানো থাকে। বাহির হতে এ নলের মধ্য দিয়ে ঠান্ডা পানি উচ্চচাপে প্রবাহিত করানো হয়। যখন ঠান্ডা পানি নলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয় তখন নল ঠান্ডা হয়। ফলে এ নলের চারদিকের গরম তৈল ঠান্ডা হয়ে নিচে যায় এবং নিচের গরম তৈল উপরে উঠে আসে। ফলে ট্রান্সফরমার ঠান্ডা হয়ে যায়। এর সবচেয়ে বড় অসুবিধা হলো কোনোপ্রকার যদি তামার নল ছিদ্র হয়ে যায় তবে ট্রান্সফরমারের সম্পূর্ণ তৈল দূষিত হয়ে যাওয়ার যথেষ্ট সম্ভাবনা থাকে।

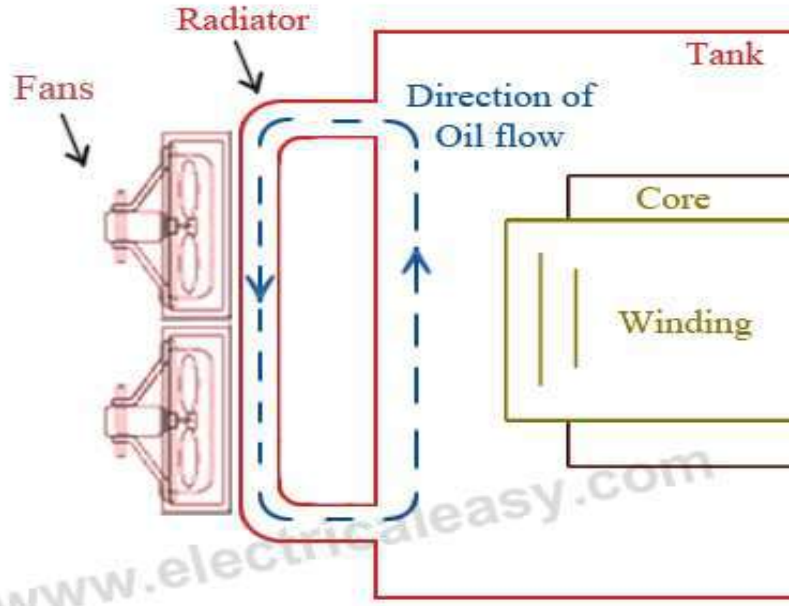


৬.৮। ট্রান্সফরমারের শীতলীকরণ পদ্ধতির বর্ণনা (Describe the methods of cooling system of the transformer):

নিম্নে ট্রান্সফরমারের শীতলীকরণ পদ্ধতিসমূহের বর্ণনা দেয়া হলোঃ

৫। তৈলে নিমজ্জিত চাপযুক্ত বাতাস দ্বারা কুলিং (Oil immersed forced air cooling):

এরুপ ট্রান্সফরমারের বডিতে ফিনস (Fins) ব্যবহার করে সারফেস এরিয়া বর্ধিত করা হয়। এ ফিনসসমূহ গরম তৈলে ভর্তি থাকে এবং বাহির হতে অতি উচ্চচাপে ঠান্ডা বাতাস এই ফিনস টিউব অথবা রেডিয়েটরের (Fins tubes or radiator) উপরে দেওয়া হয়। এ কাজের জন্য সাধারণত বাইরে ট্রান্সফরমারের চারদিকে বহু বৈদ্যুতিক ফ্যান ব্যবহার করা হয়। এ ব্যবস্থা সাধারণত বড় বড় ট্রান্সফরমারের ক্ষেত্রে গ্রহণ করা হয়।



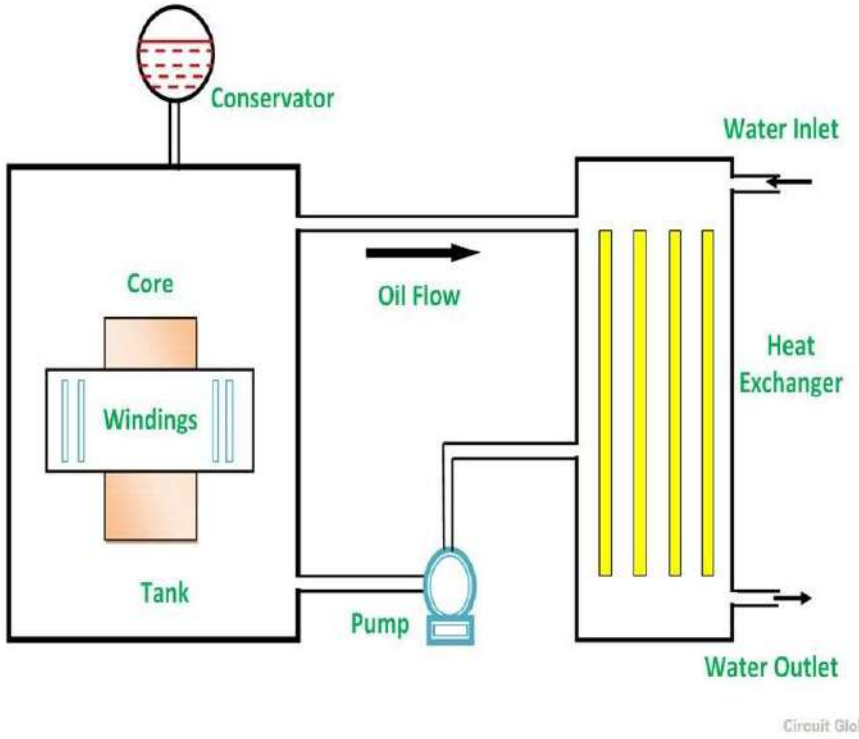
Oil Natural Air Forced (ONAF)
Cooling of Transformer

৬.৮। ট্রান্সফরমারের শীতলীকরণ পদ্ধতির বর্ণনা (Describe the methods of cooling system of the transformer):

নিম্নে ট্রান্সফরমারের শীতলীকরণ পদ্ধতিসমূহের বর্ণনা দেয়া হলোঃ

৬। অয়েল ফোর্সড ওয়াটার ফোর্সড পদ্ধতি (Oil forced water forced or OFWF):

এ পদ্ধতিতে ট্রান্সফরমারে পাম্পের মাধ্যমে তেলকে সার্কুলেশন করা হয় এবং ট্রান্সফরমারের গাত্রে কিছু কুলিং পাইপ থাকে, যেখানে এই তেল প্রবেশ করে এবং বাহির থেকে পানির প্রবাহ করে পাইপের ভিতরে প্রবাহিত গরম তেলকে ঠান্ডা করে পুনরায় ট্রান্সফরমার ট্যাংকে প্রবেশ করানো হয়।



৬.৯। ট্রান্সফরমারের তৈল এবং এর গুনাবলি বর্ণনা (Describe the Transformer oil and its properties):

ট্রান্সফরমার তৈল (Transformer oil): ট্রান্সফরমারকে ঠান্ডা রাখার জন্য এর মধ্যে যে তৈল ব্যবহার করা হয়, তাকেই ট্রান্সফরমার তৈল বা অয়েল বলে।এটি মুলত খনিজ তৈল। খনিজ তৈলকে ট্রিটমেন্ট করে ব্যবহার উপযোগী করা হয়।এই তৈলের বানিজ্যিক নাম পাইরানল। এর প্রধান কাজ হচ্ছে ট্রান্সফরমারের কোর এবং কয়েলকে ঠান্ডা রাখা। এর আর একটি কাজ হোল ট্রান্সফরমারের কয়েল এবং ট্যাংকের মধ্যে ইনসুলেশন বৃদ্ধি করা।

ট্রান্সফরমার তৈলের নিম্নলিখিত ধর্ম বা গুনাগুন থাকা প্রয়োজনঃ

১। অতি উচ্চমানের রোধকসম্পন্ন হতে হবে।
২। উচ্চ ডাই-ইলেকট্রিক শক্তিসম্পন্ন হতে হবে।
৩। এর মধ্যে কোনোপ্রকার খাদ (Sludge) থাকবে না।
৪। কোনো তলানি থাকবে না।
৫। কম আঠালো হতে হবে।
৬। সহজে বাস্প হবে না।
৭।জলীয়বাস্পমুক্ত হতে হবে।
৮। অদাহ্য হতে হবে।
৯। কোনোরকম ভাসমান পদার্থ থাকতে পারবে না।
১০।অম্ল, ক্ষার ও সালফার জাতীয় পদার্থ হতে মুক্ত হতে হবে।
১১।তৈলের আপেক্ষিক গুরুত্ব (0.85) হওয়া উচিত।
১২।তৈলের ভিসকোসিটি ও জমে যাওয়ার প্রবনতা কম থাকবে।

মূল্যায়ন (Evaluation):

প্রশ্ন-১: ট্রান্সফরমার তৈলের কাজ কী?

উত্তরঃ ট্রান্সফরমার তৈলের প্রধান কাজ হচ্ছে ট্রান্সফরমারের কোর এবং কয়েলকে ঠান্ডা রাখা। এর আর একটি কাজ হোল ট্রান্সফরমারের কয়েল এবং ট্যাংকের মধ্যে ইনসুলেশন বৃদ্ধি করা।

প্রশ্ন-২: ট্রান্সফরমারের তেলের স্লাজিং কী?

উত্তরঃ ট্রান্সফরমারের তেল বাতাসের সংস্পর্শে এলে অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে তেলের অনু ভেঙে গাদ বা (Sludge) সৃস্টি হয়, তাকে স্লাজিং বলে।

প্রশ্ন-৩: ট্রান্সফরমারের সারাদিনের দক্ষতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তরঃকোন ট্রান্সফরমার হতে সারা দিন (24 ঘন্টার) গ্রাহকদের গৃহিত এনার্জির সাথে সারা দিনের ট্রান্সফরমারের ইনপুট এনার্জির অনুপাতকে সারা দিনের দক্ষতা বলে।

$$\text{All day efficiency, } \eta_{\text{all day}} = \frac{\text{output in kWh}}{\text{input in kWh}} \quad \text{(for 24 hours)}$$

বাড়ির কাজ (Home Work):

প্রশ্ন-১। দেখাও যে, সর্বোচ্চ দক্ষতায় ট্রান্সফরমারের কোরলস ও কপারলস সমান হবে।
প্রশ্ন-২। ট্রান্সফরমারে, তৈলে নিমজ্জিত সেলফ কুলিং (ONAN) পদ্ধতির বর্ণনা দাও।
প্রশ্ন-৩। ট্রান্সফরমারে, তৈলে নিমজ্জিত চাপযুক্ত ওয়াটার কুলিং (ONFW) পদ্ধতির বর্ণনা দাও।
প্রশ্ন-৪। ট্রান্সফরমার তৈলের কাজ ও গুনাবলিসমুহ লিখ।
প্রশ্ন-৫। একটি 20KVA, 2200/220 V, 50Hz ট্রান্সফরমার টেস্ট করে নিম্নলিখিত তথ্যগুলো পাওয়া গেলঃ

ওপেন সার্কিট টেস্টঃ $E_{oc} = 220\ \text{V}, \text{P}_{\text{oc}} = 148\ \text{W}, \text{I}_{\text{oc}} = 4.2A$

শর্ট সার্কিট টেস্টঃ $E_{sc} = 86\ \text{V}, \text{P}_{\text{sc}} = 360\ \text{W}, \text{I}_{\text{sc}} = 10.87A$

এমতাবস্থায় নির্ণয় কর 0.8 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে (ক) ফুল লোডে এবং (খ) হাফ লোডে ট্রান্সফরমারের দক্ষতা নির্ণয় কর?

প্রশ্ন-৬। একটি 5KVA ট্রান্সফরমারের কোর লস 50W এবং ফুল লোড কপার লস 125W। এটি 24 ঘন্টা নিম্নলিখিত লোড বহন করেঃ
(ক) 7.5 KVA লোডে 0.85 পাওয়ার ফ্যাক্টরে 2 ঘন্টা
(খ) রেটেট লোডে 0.90 পাওয়ার ফ্যাক্টরে 5 ঘন্টা
(গ) 4 KVA লোডে 0.95 পাওয়ার ফ্যাক্টরে 6 ঘন্টা
(ঘ) 2.5 KVA লোডে একক পাওয়ার ফ্যাক্টরে 7 ঘন্টা
(ঙ) নো-লোডে 4 ঘন্টা
ট্রান্সফরমারটির সারা দিনের দক্ষতা নির্ণয় কর।

এই ভিডিওটি পুণরায় দেখতে জাতীয় দক্ষতা বাতায়নে কারিগরি শিক্ষা অধিদপ্তরের পেইজ www.skills.gov.bd/dte ভিজিট করুন।

সরাসরি ক্লাস দেখার লিঙ্কঃ www.facebook.com/skills.gov.bd

আগামি মঙ্গল বার অধ্যায়-৭ পড়ানো হবে।

সবাইকে ধন্যবাদ