بسم الله الرحمن الرحیم

درس: ماشینهای الکتریکی
فصل:ترانسفورماتورها
قسمت اول

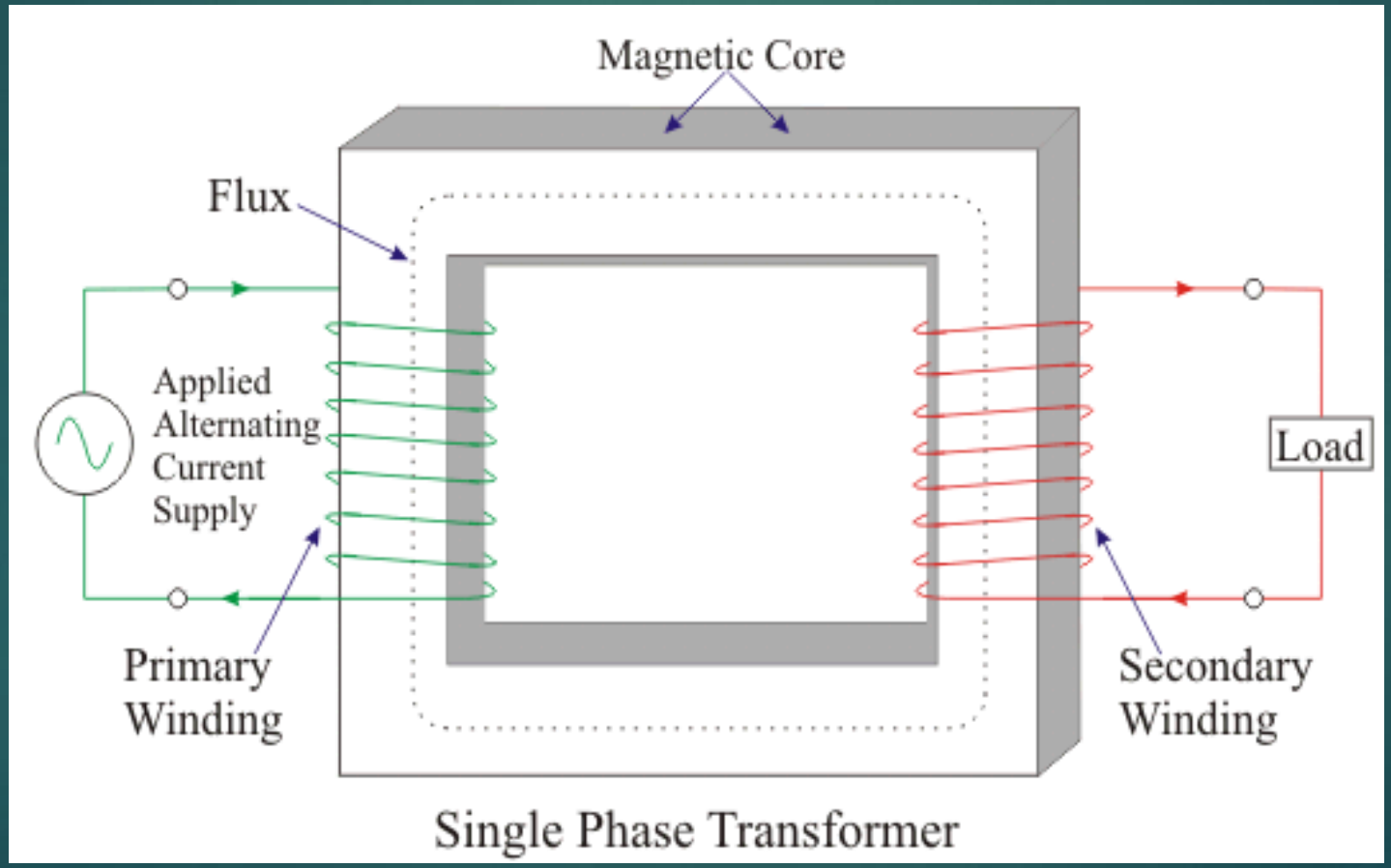
ارائه دهنده: علی بوبه رژ

ALIBOOBEHREJ@GMAIL.COM

Aliboubehrezh.blogfa.com

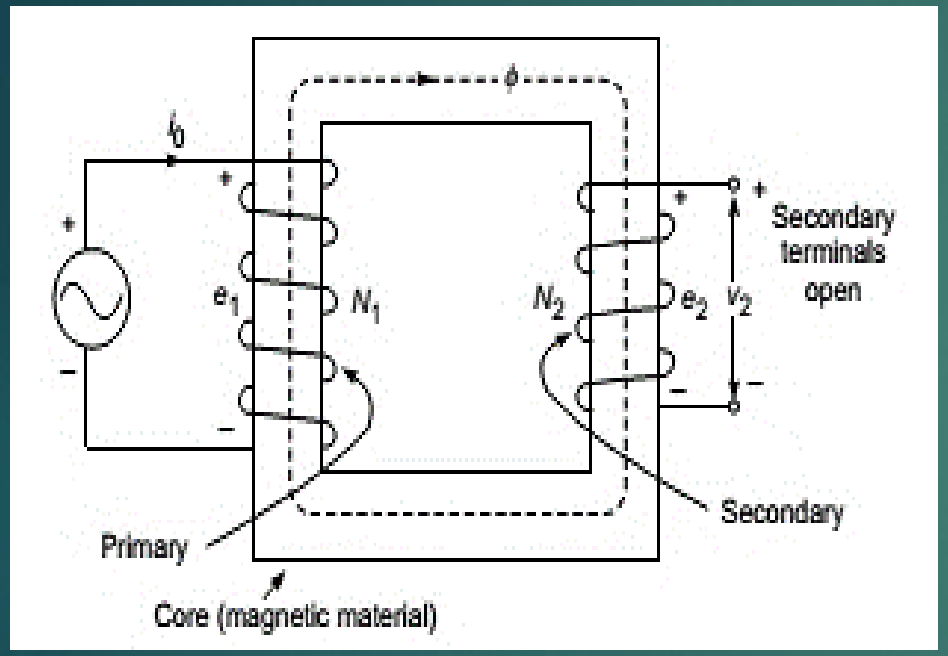
Aliboubehrezh.blogfa.com

ساختار یک ترانسفورماتور ساده



Aliboubehrezh.blogfa.com

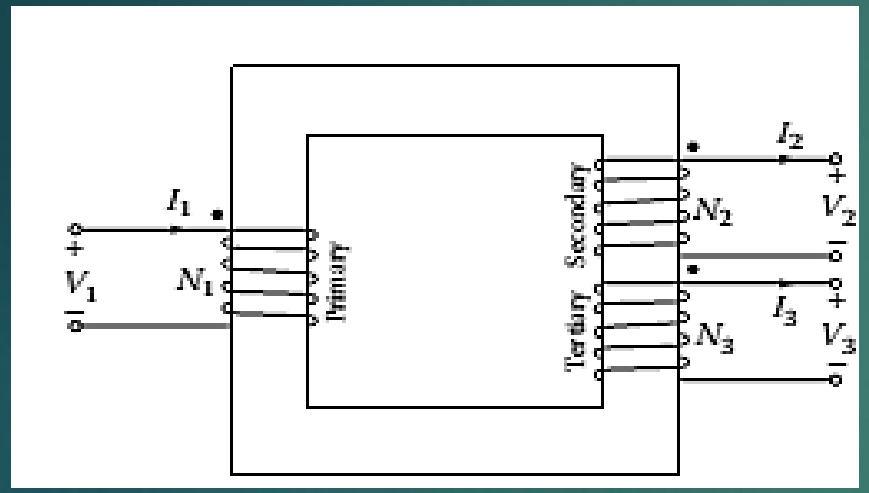
روابط اساسی ترانسفورماتور ایده آل



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

Aliboubehrezh.blogfa.com

ترانسفورماتورهای سه سیم پیچه و کاربرد



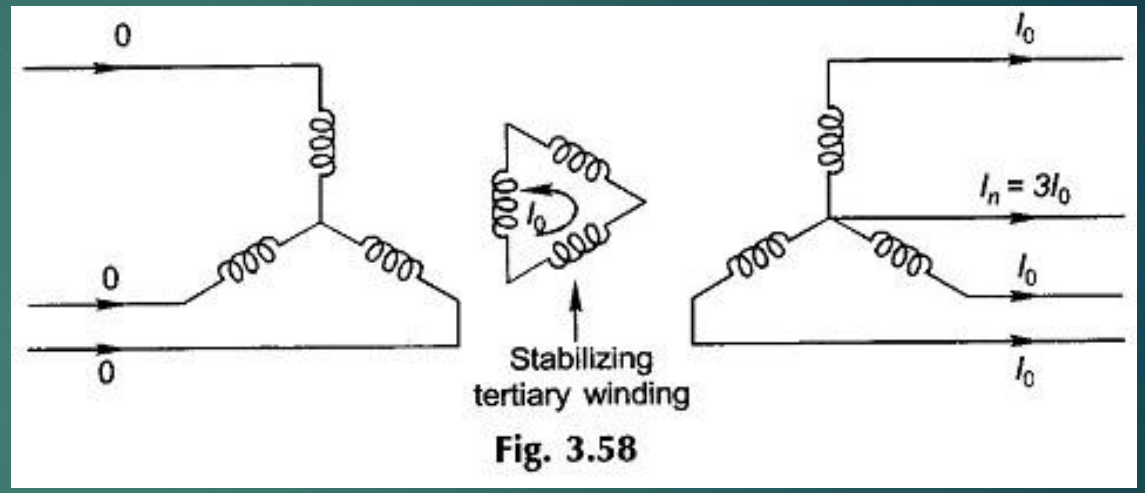


Fig. 3.58

برای حل مسائل ترانسهای سه سیم پیچه سه راه وجود دارد:

۱)در مثالهایی که نسبت تبدیل داده نمی شود، از روش محاسبه توان ظاهری یا مختلط استفاده می گردد.

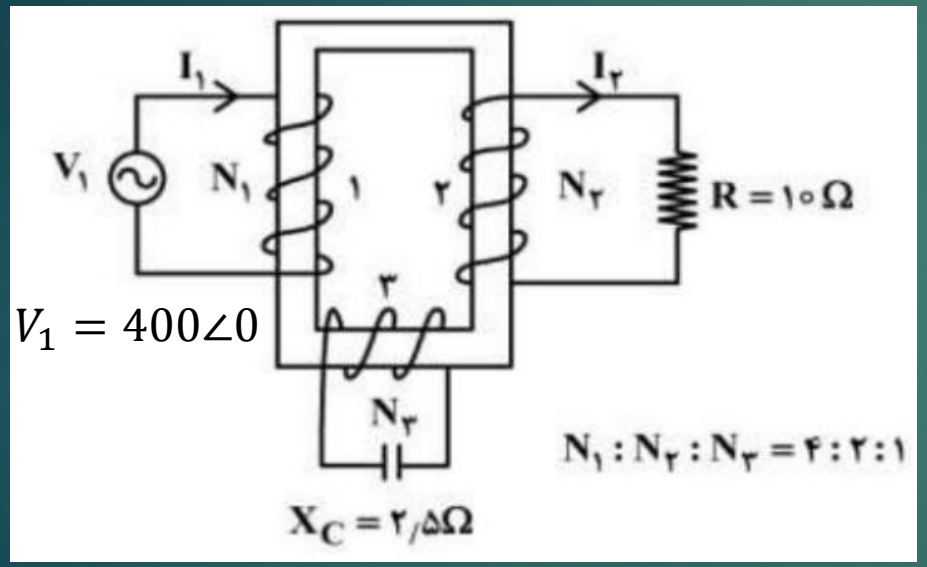
۲)درمثالهایی که نسبت تبدیل داده می شود از روش جمع آثار استفاده می شود.

۳)در مثالهای با چند ساق با توجه به عرض ساق و شار گذرنده از ساق مسئله را حل می نماییم.

Aliboubehrezh.blogfa.com

مثال

جریان ورودی I1 بر حسب آمپر کدام است؟



$V_1 = 400\angle 0$

$$\begin{cases} \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{400}{V_2} = \frac{4}{2} \Rightarrow V_2 = 200v \\ \frac{V_1}{V_3} = \frac{N_1}{N_3} \Rightarrow \frac{400}{V_3} = \frac{4}{1} \Rightarrow V_2 = 100v \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 = \frac{V_2}{R} = \frac{200}{10} = 20(A) \\ I_3 = \frac{V_3}{-jX_c} = \frac{100}{-j2.5} = j40(A) \end{cases}$$

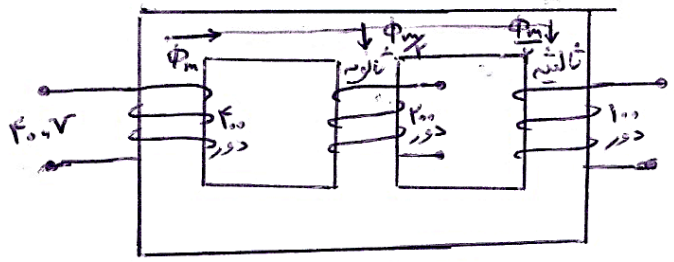
$$\begin{cases} \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{20}{I_1} = \frac{4}{2} \Rightarrow I_1 = 10(A) \\ \frac{I_3}{I_1} = \frac{N_1}{N_3} \Rightarrow \frac{j40}{I_1} = \frac{4}{1} \Rightarrow I_1 = j10(A) \end{cases} \Rightarrow I_{1total} = 10 + j10(A)$$

جمع آثار

Aliboubehrezh.blogfa.com

ترانسفورماتورهای سه سیم پیچه و کاربرد

مثال: در ترانس ایده‌آل زیر ولتاژ خروجی در سیم پیچ‌های ۲ و ۳ چقدر است ؟



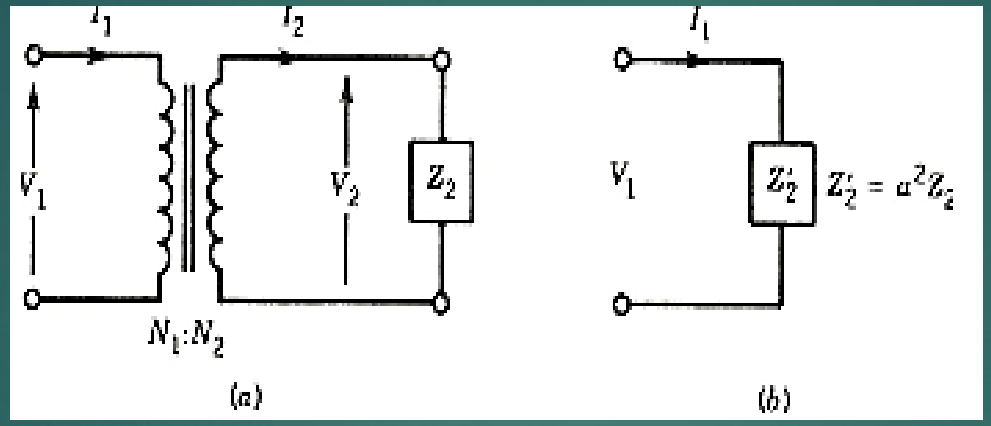
چون دشارعبوری از ساق های ۲ و ۳ نصف شارعبوری از ساق اول است طبق رابطه $E=4.44Nf\Phi_m$ پس :

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{N_1}{\frac{1}{2}N_2} \Rightarrow \frac{۴۰۰}{V_2}=\frac{۴۰۰}{\frac{1}{2}\times ۲۰۰}=\frac{۴۰۰}{۱۰۰} \Rightarrow V_2=\frac{۴۰۰}{۴}=\boxed{۱۰۰V}$$

$$\frac{V_1}{V_3}=\frac{N_1}{\frac{1}{2}N_3} \Rightarrow \frac{۴۰۰}{V_3}=\frac{۴۰۰}{\frac{1}{2}\times ۱۰۰}=\frac{۴۰۰}{۵۰} \Rightarrow V_3=\frac{۴۰۰}{۸}=\boxed{۵۰V}$$

Aliboubehrezh.blogfa.com

انتقال امپدانس



$$Z_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{aV_2}{I_2/a} = a^2 \frac{V_2}{I_2} = a^2 Z_2 \Rightarrow \frac{Z_1}{Z_2} = a^2$$

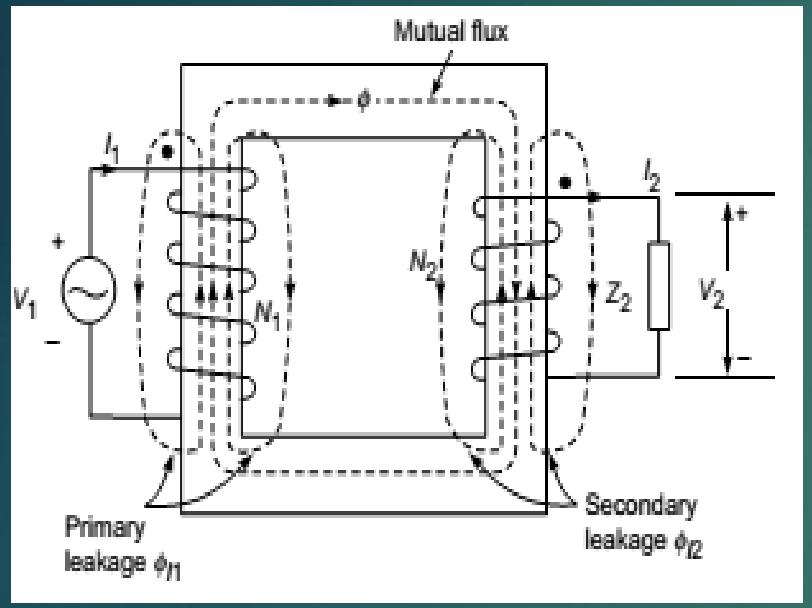
$$\frac{R_1}{R_2} = a^2$$

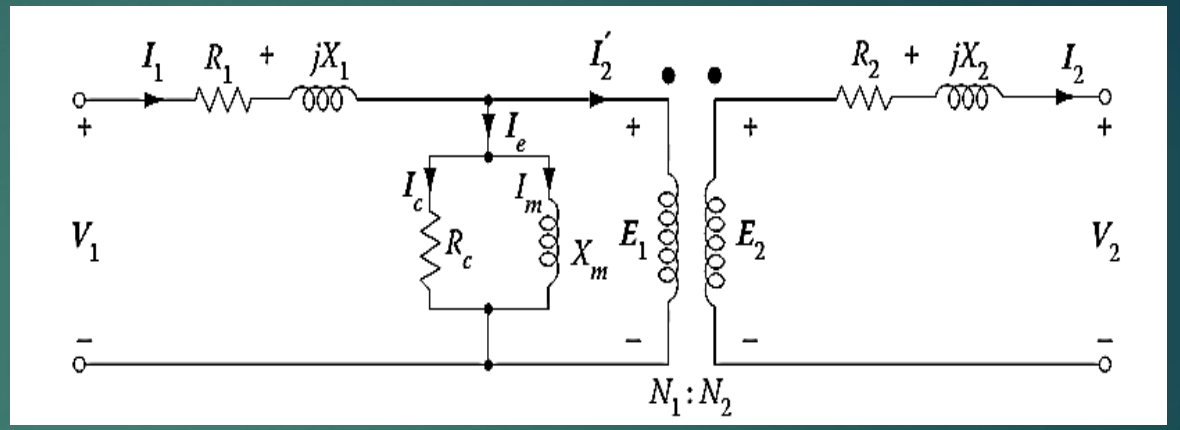
$$\frac{L_1}{L_2} = a^2$$

$$\frac{C_2}{C_1} = a^2$$

Aliboubehrezh.blogfa.com

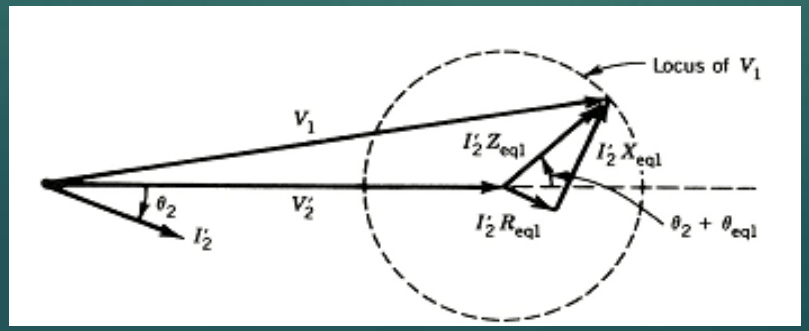
ترانسفورماتور واقعی





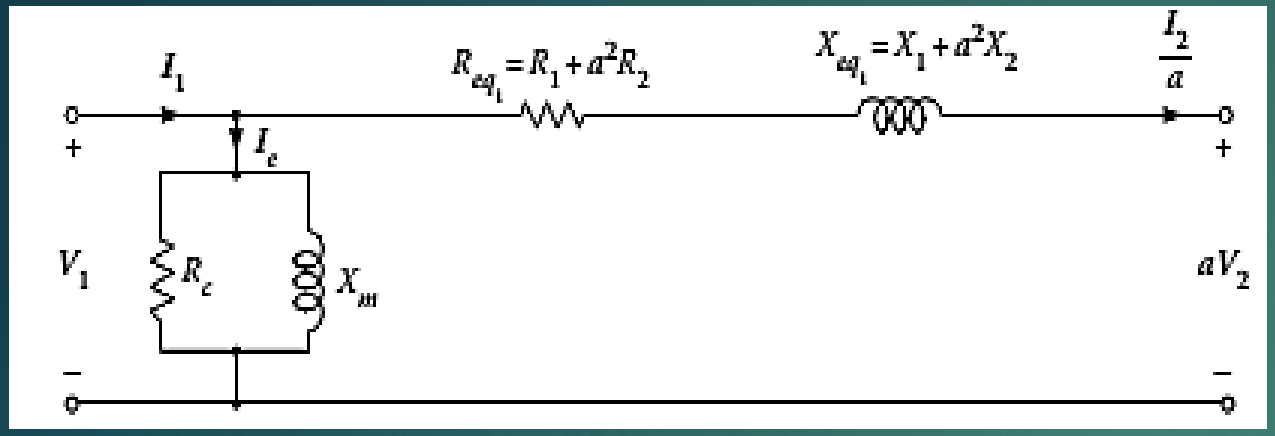
R1مقاومت اهمی سیم پیچ اولیه که تلفات مسی ایجاد می کند،
X1راکتانس پراکندگی سیم پیچ اولیه،
Rc مقاومت اهمی مدل کننده تلفات هسته (هیسترزیس و فوکو) ،
Xm راکتانس مغناطیس کننده هسته،
R2 مقاومت اهمی سیم پیچ ثانویه
و**X2** راکتانس پراکندگی سیم پیچ ثانویه است.

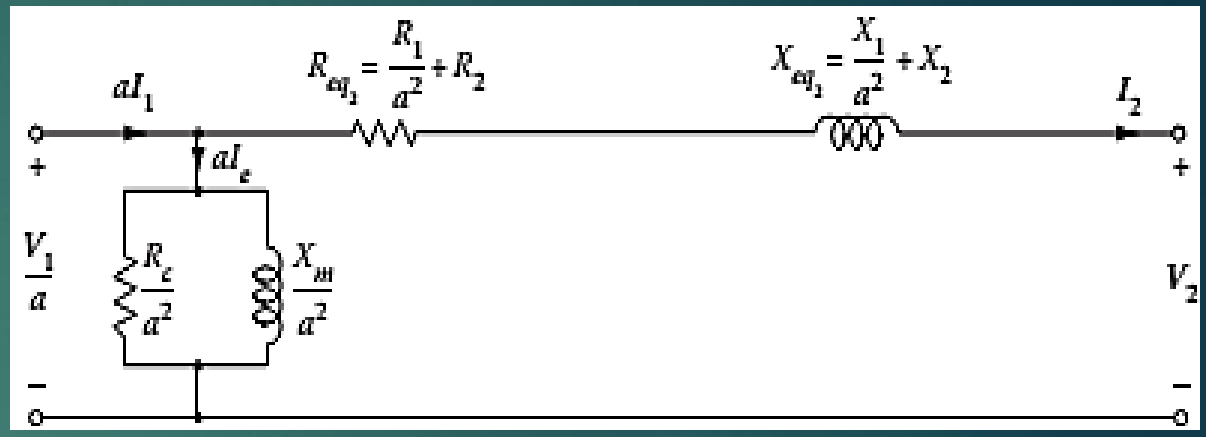
$$\begin{cases} \vec{V}_1 = R_1\vec{I}_1 + jX_1\vec{I}_1 + \vec{E}_1 \\ \vec{E}_2 = \vec{V}_2 + R_2\vec{I}_2 + jX_2\vec{I}_2 \end{cases}$$



Aliboubehrezh.blogfa.com

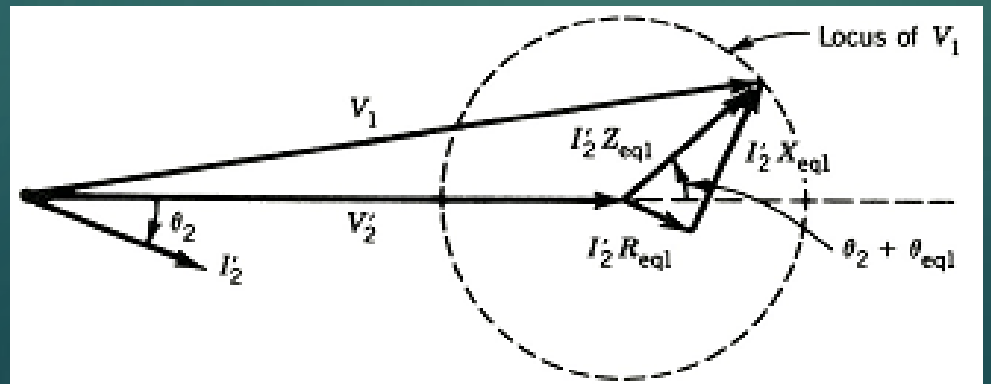
ترانسفورماتور واقعی(مدار معادل ۹۸٪)





$$\begin{cases} \vec{V}_1 = R_{eq1}\vec{I}_1 + jX_{eq1}\vec{I}_1 + \vec{E}_1 \\ \vec{E}_2 = \dfrac{\vec{E}_1}{a} = \vec{V}_2 \end{cases}$$

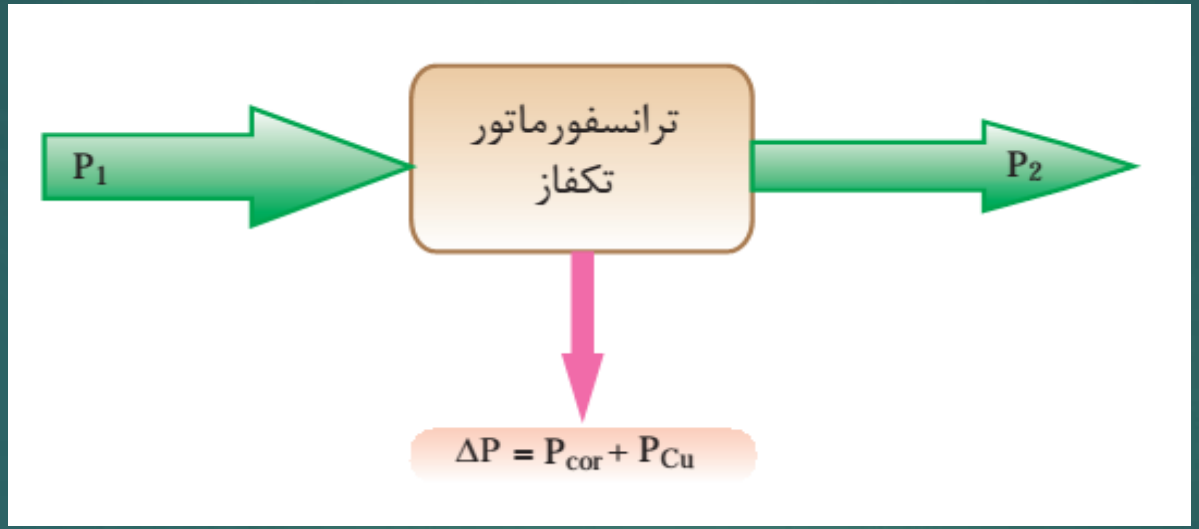
$$\begin{cases} \vec{E}_2 = \vec{V}_2 + R_{eq2}\vec{I}_2 + jX_{eq2}\vec{I}_2 \\ \vec{E}_1 = a\vec{E}_2 = \vec{V}_1 \end{cases}$$



Aliboubehrezh.blogfa.com

محاسبه راندمان

نسبت توان خروجی به توان ورودی را بازده یا راندمان می گویند.



$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} = \frac{P_2}{P_2 + P_{Fe} + P_{cu}}$$

Aliboubehrezh.blogfa.com

ضریب بار

نسبت توان ظاهری مصرف کننده به توان ظاهری نامی در ولتاژ ثابت را ضریب بار(k) می گویند.

$$k = \frac{S}{S_n} = \frac{I}{I_n}$$

$$P_2 = V_2 I_2 \cos\phi = V_2 k I_{2n} \cos\phi = k S_n \cos\phi$$

$$P_{cu} = R_{eq2} I_2^2 = R_{eq2} (k I_{2n})^2 = k^2 R_{eq2} I_2^2 = k^2 P_{cun}$$

در نتیجه می توان فرمول محاسبه راندمان را به صورت زیر باز نویسی نمود:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{k S_n \cos\phi}{k S_n \cos\phi + k^2 P_{cun} + P_{Fe}}$$

Aliboubehrezh.blogfa.com

راندمان ماکزیمم

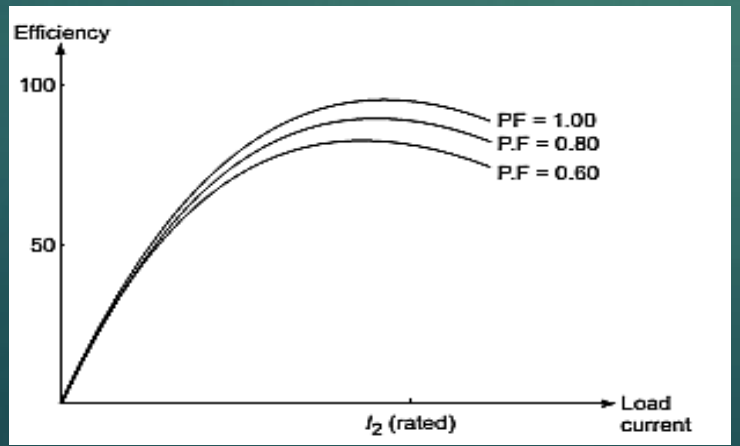
اگر بار متصل به یک ترانس را زیاد کنیم راندمان ابتدا به سرعت زیاد و سپس به آرامی کم می شود.همچنین اگر ضریب توان بار افزایش یابد، راندمان قطعا زیاد می شود چون جریان عبوری کم شده و تلفات کاهش می یابد.

$$\frac{d\eta}{dI_2}=0\Rightarrow P_{cu}=P_{Fe}\Rightarrow k^2P_{cun}=P_{Fe}\Rightarrow k_m=\sqrt{\frac{P_{Fe}}{P_{cun}}}$$

$$\frac{d\eta}{d\phi}=0\Rightarrow \cos\phi=1$$

پس دو شرط راندمان ماکزیمم به صورت زیر می باشد:

$$\begin{cases} k_m=\sqrt{\dfrac{P_{Fe}}{P_{cun}}} \\ \cos\phi=1 \end{cases}$$



$$\eta_{\max}=\frac{k_mS_n}{k_mS_n+k_m^2P_{cun}+P_{Fe}}=\frac{k_mS_n}{k_mS_n+2P_{Fe}}$$

Aliboubehrezh.blogfa.com

پریونیت

با توجه به اینکه در شبکه قدرت، عددها بر حسب kv یا MW می باشد و با جابجایی از طرف اولیه به ثانویه ترانسفورماتورها یا بالعکس مقادیر پارامترهای مدار معادل به دلیل نسبت تبدیل ترانسها و اصل انتقال امپدانس تغییر می نماید، لذا سیستمی به نام پریونیت(در-واحد) پیشنهاد شده است که باعث سادگی محاسبات در سیستمهای قدرت می گردد. در این سیستم مقادیر در حد عددی کوچک(معمولا بین صفر و یک) تغییر می نمایند.

فرمول اساسی در محاسبات پریونیت برای هر پارامتری (توان، ولتاژ، جریان و امپدانس) به صورت زیر است:

$$\alpha_{P.U} = \frac{\alpha_{real}}{\alpha_{BASE}}$$

Aliboubehrezh.blogfa.com

پریونیت

$$V_{P.U} = \frac{V}{V_{BASE}};\ I_{P.U} = \frac{I}{I_{BASE}}$$

$$Z_{P.U} = \frac{Z}{Z_{BASE}} = \frac{V_{P.U}}{I_{P.U}}$$

$$S_{P.U} = \frac{S}{S_{BASE}} = V_{P.U} I_{P.U}^{\ *} = P_{P.U} + jQ_{P.U}$$

برای پریونیت کردن روابط ماشینهای الکتریکی، باید S_n, V_n, I_n (توان ظاهری نامی، ولتاژ نامی و جریان نامی) را به عدد "یک" تبدیل نمود.

و بقیه پارامترهای دارای واحد، نیز پریونیت می شوند. و اندیس های طرف اولیه یا ثانویه از بین می روندچون در هر دو طرف مقادیر پریونیت برابر هستند.

$$P_{cu_n} = R_{eq} I_n^2 \Rightarrow P_{cu_{nP.U}} = R_{eq_{P.U}}$$

$$\eta = \frac{kS_n \cos\phi}{kS_n \cos\phi + P_{Fe} + k^2 P_{cu_n}} \Rightarrow \eta = \frac{k\cos\phi}{k\cos\phi + P_{Fe_{P.U}} + k^2 P_{cu_{nP.U}}} = \frac{k\cos\phi}{k\cos\phi + P_{Fe_{P.U}} + k^2 R_{eq_{P.U}}}$$