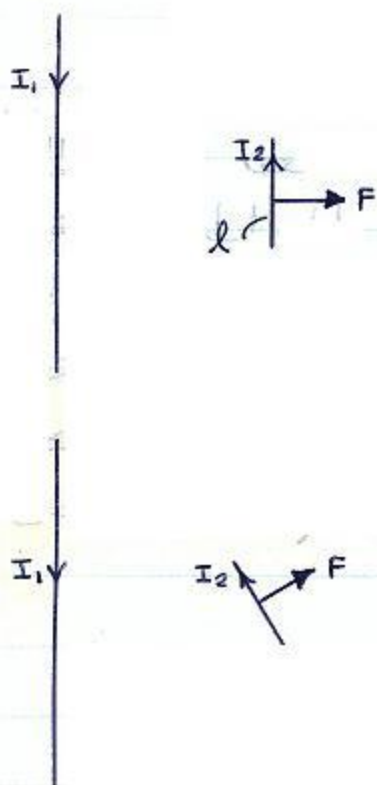


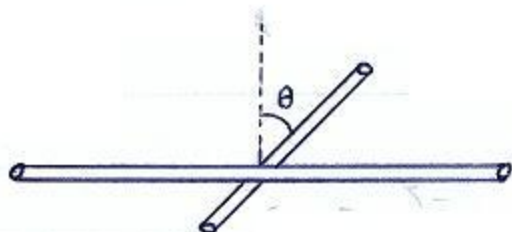
درس: مبانی مهندسی برق (۲)

استاد: آقای مهندس حیرانپوری



$$F = 2 \times 10^{-7} I_2 l \frac{I_1}{r}$$

* برقرار F نیرو همواره بر I_2 عمود است و اندازه آن ثابت است و این در صورتی است که دو سیم در یک صفحه باشند.



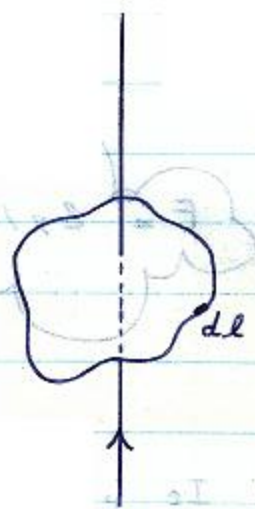
* اگر دو سیم متناظر باشند نیرو همواره به دو چیز عمود است - یکی به I_2 و یکی به صفحه -
نرمال و اندازه آن :

$$F = 2 \times 10^{-7} I_2 l \frac{I_1}{r} \sin \theta$$



POWEREN.IR

$$\begin{cases} \vec{F} = 2 \times 10^{-7} I_2 \vec{l} \times \vec{B} \\ \vec{F} = I_2 \vec{l} \times \vec{B} \\ |\vec{B}| = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1}{r} \end{cases}$$



* اگر ما انتگرال بسته روی هر
منحنی که نقطه ای را احاطه
نموده است بگیریم اندازه این
انتگرال خطی بسته به نوع منحنی
بستگی ندارد لذا معمولاً منحنی را
دایره در نظر می گیریم :

$$** \oint_{C(r)} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_{C(r)} \frac{I_1}{r} \times 2 \times 10^{-7} \times dl =$$

$$\oint_{C(r)} dl \times \frac{I_1}{r} \times 2 \times 10^{-7} = \frac{I_1}{r} \times 2\pi r \times 2 \times 10^{-7}$$

$$\oint_{C(r)} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \underbrace{4\pi \times 10^{-7}}_{\mu_0} I_1$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0}$$

→

3

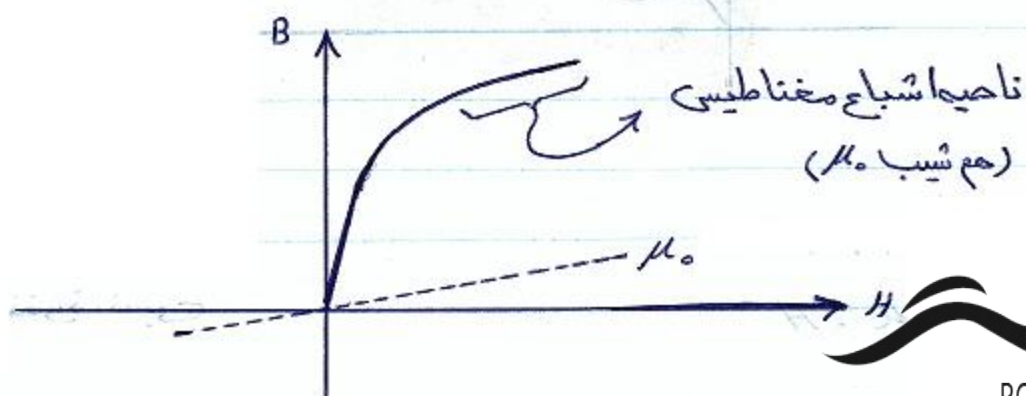
$$\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} = I \quad \text{که عبوری از منحنی (C)}$$

* در صورتی $\vec{H}$ دقیقاً $\frac{\vec{B}}{\mu_0}$ است که هیچ نوع ماده مغناطیسی نداشته باشیم تا جریانهایی مقید ایجاد کنند. لذا $\vec{H}$ حاصل از آن $\vec{B}$ است که مربوط به جریان آزاد می باشد.

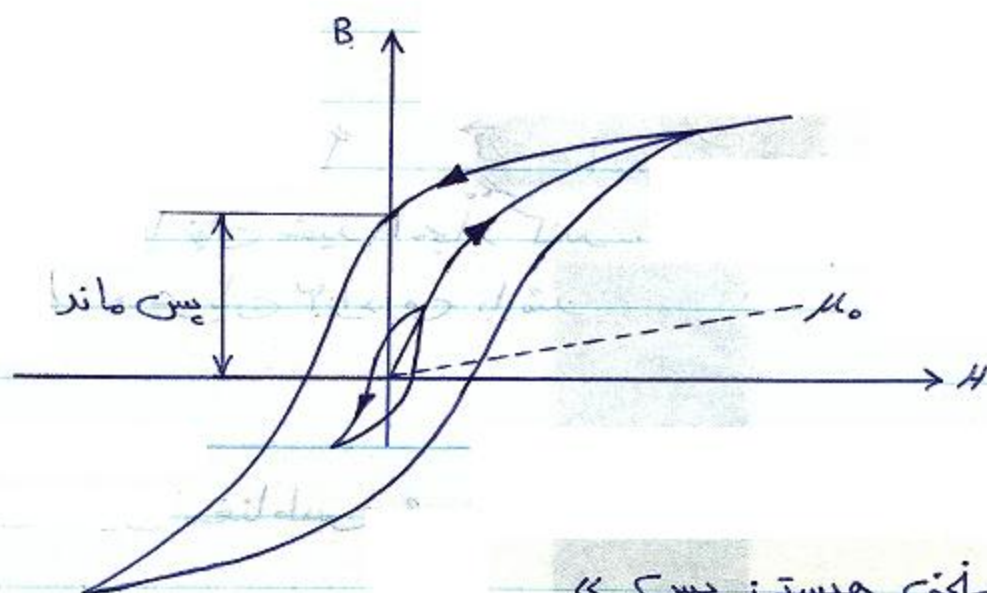
* در مواد غیر مغناطیس شونده همواره : $\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$



* در مواد مغناطیسی اگر اسپینها هم جهت نباشند؛ $\vec{B}$ صفر است و اگر توسط جریانی $\vec{H}$ را پیرامون آنها تولید کنیم $\vec{B}$ ناشی از آن هم $\mu_0 \vec{H}$ است و هم ناشی از خاصیت مغناطیسی آن ماده :

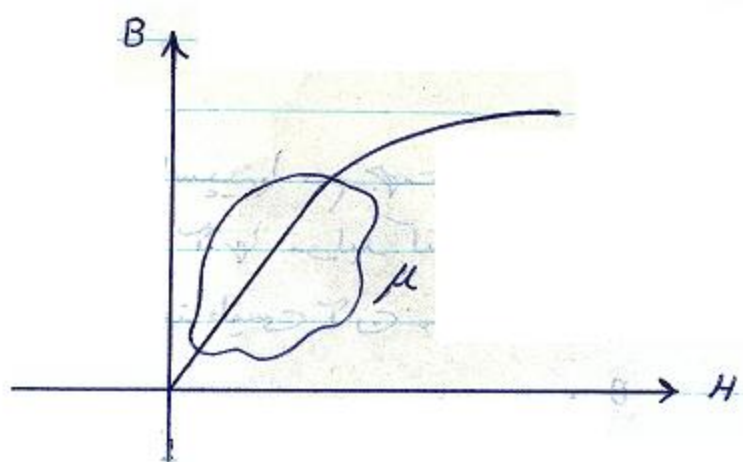


* اگر جریان را کاهش دهیم روی منحنی قبلی باز نمی گردیم:



« منحنی هیستریزیس »

* آهنرباهای دائمی را از موادی می سازند که پس ماند آنها زیاد باشد.

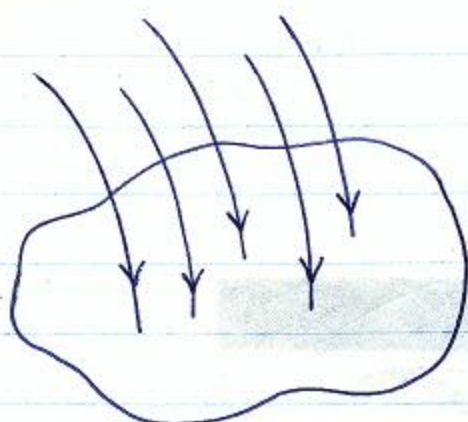


$$\mu = \mu_r \mu_0$$

$$B = \mu \cdot H$$

μ - ضریب نفوذ مطلق

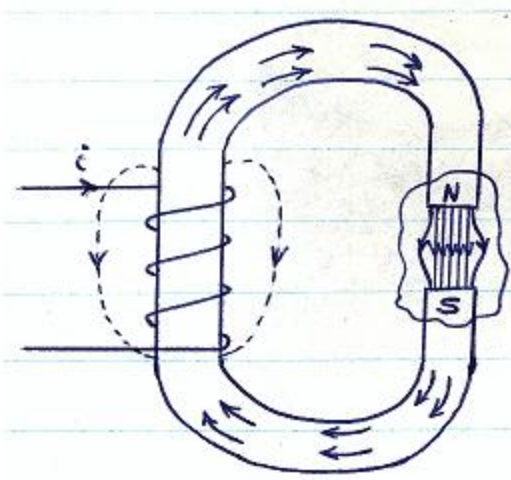
μ_r - ضریب نفوذ نسبی



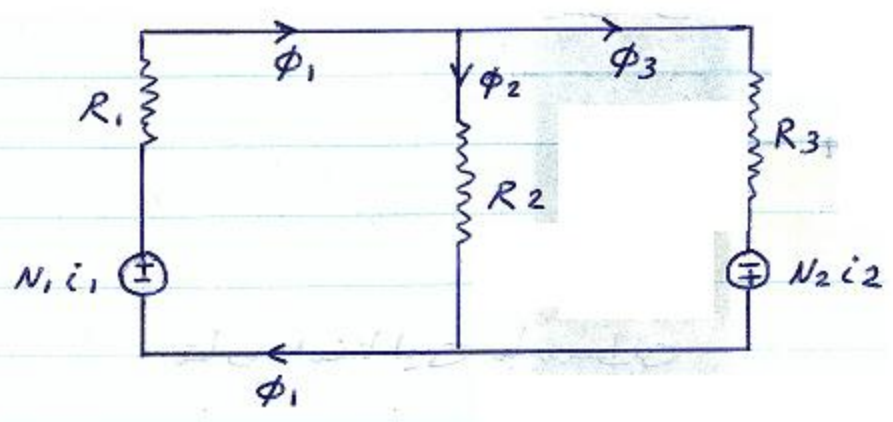
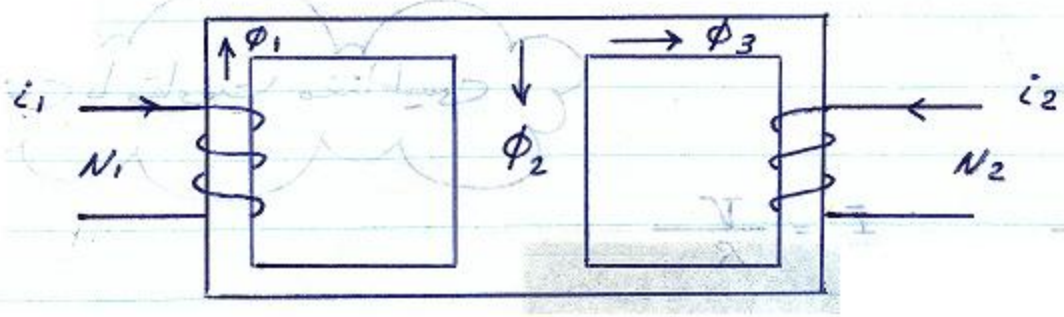
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

* شار گذرنده از هر سطح بسته ای صفر است ، چون به همان میزانی که به محیط سرایت می کند از آنجا خارج می شود .

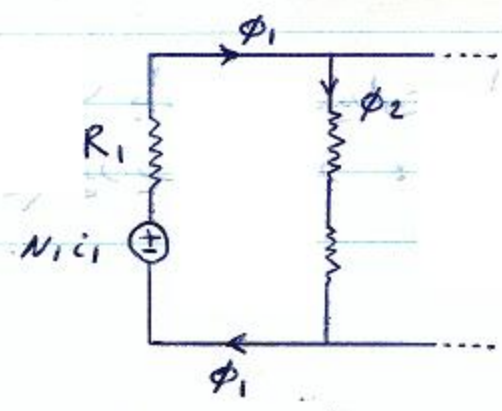
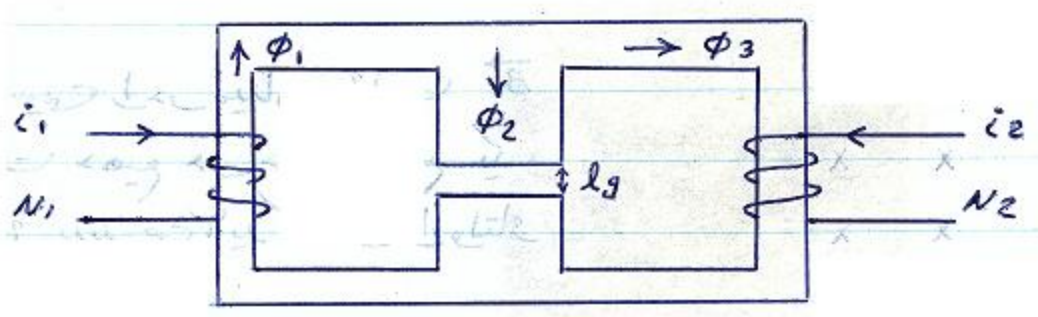
* مواد آهنی سرایت دهنده های خوبی برای خاصیت مغناطیسی هستند و خطوط میدان را بطور عمده از خود عبور می دهند :



* خطوط گذرنده از هوا بسیار اندک است .



$$f \phi = R \phi^2 = \frac{f^2}{R}$$



$$\begin{cases} R = \frac{l}{\mu A} \\ \phi = \frac{F}{R} \end{cases}$$

$$I = \frac{V}{R}$$

رولتانس یا مقاومت مغناطیسی :

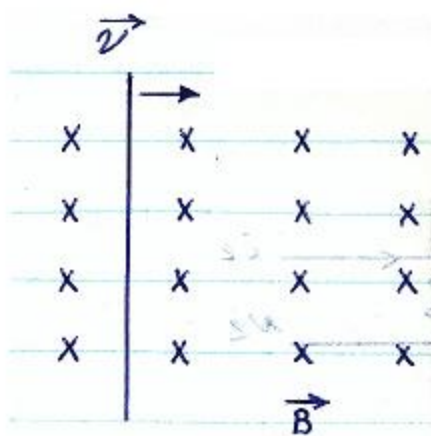
$$\phi = \frac{N i \mu_0 \mu_r \frac{l_c}{A_c} + \mu_0 \mu_r \frac{l_g}{A_g}}{R}$$



مقاومت مغناطیسی هسته

مقاومت مغناطیسی ماده هوا

قانون فارادی :



* اگر سیم را در میدان ثابت B حرکت دهیم در دو سر سیم یک ولتاژ پدید می آید که آن را ولتاژ القایی گویند.

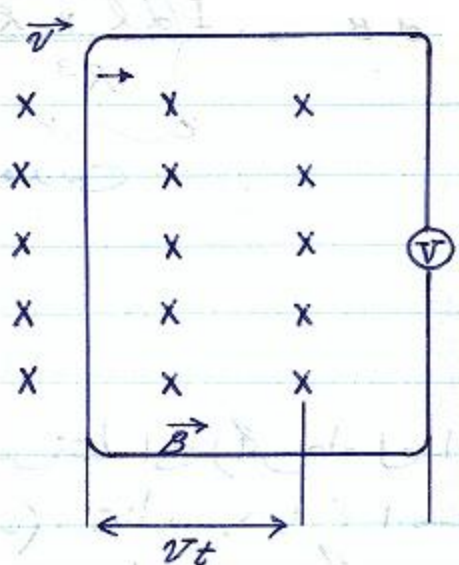
* حال اگر سیم ثابت باشد و میدان با زمان تغییر کند باز هم ولتاژ القایی در سیم پدید می آید :



$$(\vec{B} = \text{متغیر با زمان} = B_m \sin 100\pi t)$$

* فارادی هر دو این پدیده ها را در قالب یک قانون مطرح نمود :

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



* فارادی گفت ولتاژ القایی برابر است با سرعت تغییر شار گذرنده از یک سطح بسته فرضی.

$$A(t) = l \times vt \rightarrow$$

$$\phi(t) = B l v t \rightarrow$$

$$e = \frac{d\phi}{dt} = B l v$$

$$AB = \phi$$

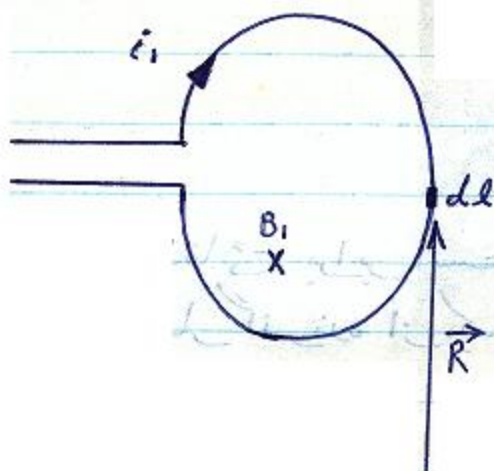
$$\frac{d\phi}{dt} = A \frac{dB}{dt} = ABm 100 R \cos 100 R t$$

« در حالت میدان متغیر »

P 12 - 1, 5, 6, 9, 15

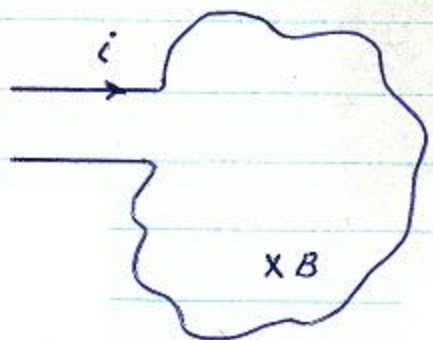
P 13 - 2, 5

مسائل :



$$d\vec{B} = \frac{I d\vec{l} \times \vec{R}}{R^3}$$

عوامل هندسی



* B در هر نقطه ای (اگر حاصل از i باشد) متناسب با i است و ضریب تناسب بستگی به شکل هندسی دارد :

$$B \propto i$$

$$\left. \begin{array}{l} B \propto i \\ \phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{s} \end{array} \right\} \rightarrow$$

$$\phi \propto i$$

$$\rightarrow \phi = L \cdot i$$

* ضریب تناسب (L) را ضریب خود القایی آن سیم پیچ گویند. حال اگر سیم پیچ N دور داشته باشد:

$$\phi_1 = L_1 i +$$

$$\phi_2 = L_2 i$$

$$\phi_{کل} = \lambda = \underbrace{(L_1 + L_2 + \dots + L_n)}_{L_{کل}} i \rightarrow$$

$$\lambda = L i$$

$$\lambda = N \cdot \phi$$

* اگر سیم پیچها مشابه باشند:

ولتاژ القائی کل

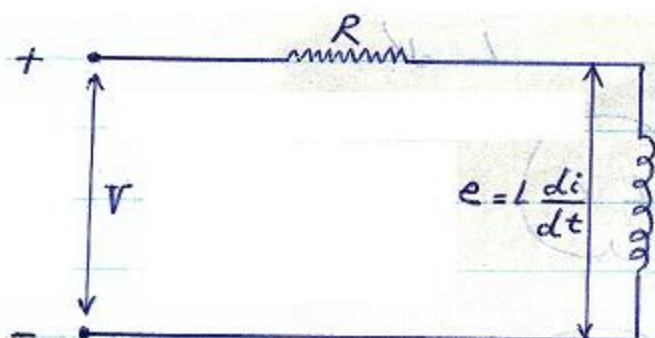
$$\rightarrow e = \frac{d\lambda}{dt}$$

* اگر شار عبوری تنها ناشی از جریان عبوری خودش باشد و شار حاصل از جریانهای اطراف روی آن تأثیر نگذارد ولتاژ القائی را (ولتاژ خود القائی) و (L) را (ضریب خود القائی) سیم پیچ گویند:

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

* یعنی برای تغییر جریان در سیم پیچ چون ولتاژ خود القاء پدید می آید لذا برای غلبه بر آن باید ولتاژ خرج کنیم. (قانون لنز)

* از نظر الکتریکی هر المانی که رابطه V و I آن بصورت $V = L \frac{di}{dt}$ باشد یک (سلف) است اما مدار واقعی بصورت زیر است؛ یعنی یک سیم پیچ در واقع یک سلف و یک مقاومت (ناشی از سیم) است؛



$$V = Ri + L \frac{di}{dt}$$

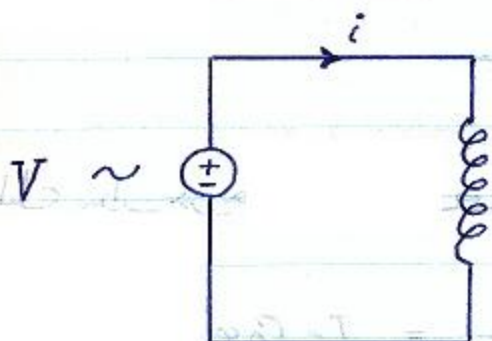
$$L = \frac{N^2}{R}$$

لوکٹانس

مثال - نشان دہید :

لہذا : $(\phi = \frac{Ni}{R})$

$$L = \frac{\lambda}{i}$$



مثال -

$$V_L = V \sqrt{2} \sin \omega t$$

$$e_L = V \sqrt{2} \sin \omega t = \frac{d\lambda}{dt} \rightarrow$$

$$\lambda = \int e_L \cdot dt = \frac{\sqrt{2} V}{\omega} \cos \omega t$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sqrt{2} V}{\omega}$$

(اگر سیم بیچ N دوری باشد) : $\phi_{max} = \frac{\sqrt{2} V}{N \omega}$

$$i = \frac{\lambda}{L} = \frac{-\sqrt{2} V}{L \omega} \cos \omega t \rightarrow$$

$$I = \frac{V}{L \omega}$$

« جریان مؤثر »

$$L\omega = X_L$$

* یعنی جریان ناشی از یک ولتاژ سینوسی
 حتماً سینوسی است و نسبت ولتاژ موثر
 به جریان موثر (X_L) است. X_L را
 مقاومت ظاهری سلف گویند. اما سلف

تنها در مدت کوتاه تغییر جریان از صفر تا یک مقداری مقاومت می‌کند
 و پس از تثبیت جریان نقش سیم را ایفا می‌کند. (مطابق قانون لنز)

تحلیل مدار در حالت سینوسی :

$$i_1 = I_e \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi) = I_e \underbrace{L\varphi}_{\text{قطبی}} = I_e \underbrace{C\varphi + j I_e \sin\varphi}_{\text{دکارتی}}$$

توان : $P_t = v \cdot i$

$$P_t = V_e \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_v) I_e \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_i)$$

توان کل تحویل شده : $P = W = \int_0^T P_t dt$

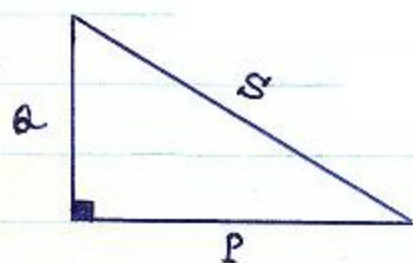
(توان تحویل شده در یک پریود) $\frac{W}{T} = \frac{1}{T} \int_0^T P_t dt$

$\frac{W}{T} = V_e I_e \underbrace{\cos\varphi}_{\text{ضریب توان (P.F.)}} \quad (W)$ $\varphi = |\varphi_i - \varphi_v|$ اختلاف فاز جریان هر شاخه
 توان حقیقی با ولتاژش.

$P = \frac{W}{T}$ را توان حقیقی (Active) گویند.

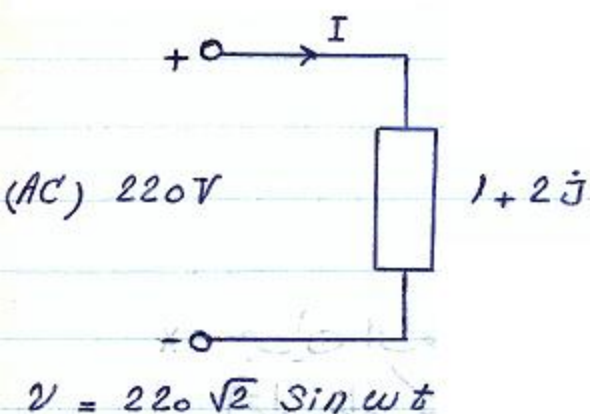
(ولت آمپر VA) $S = V_e \cdot I_e$ (توان ظاهری)

(VAR) $Q = V_e I_e \sin \phi$ (توان Reactive) یا (توان غیر حقیقی)



مثلث توان :

* هر چه با (ولت آمپر) بیان شد توان ظاهری است.

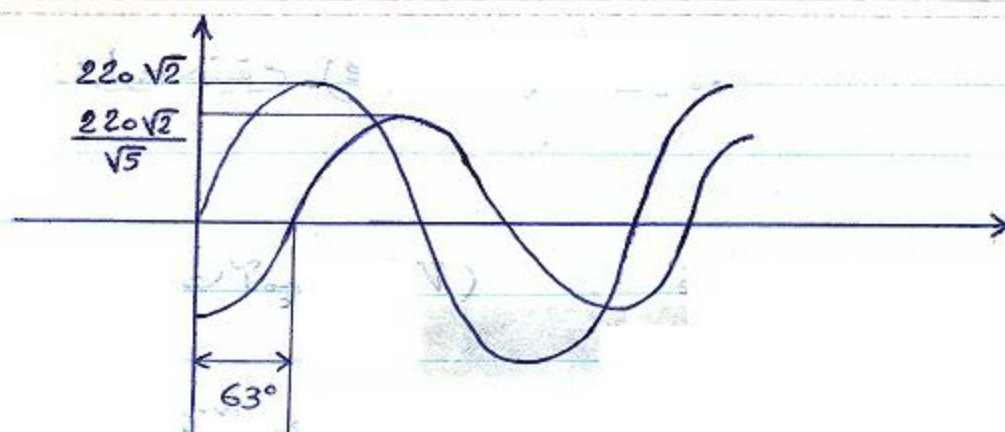


مثال -
$$\underline{I} = \frac{220 \angle 0}{1 + 2j}$$

$$\underline{I} = \frac{220}{\sqrt{5}} \angle -63^\circ$$

$$i = \frac{220}{\sqrt{5}} \sqrt{2} \sin(\omega t - 63^\circ)$$

چون جریان نسبت به ولتاژ تأخر دارد بار
سلفی است.



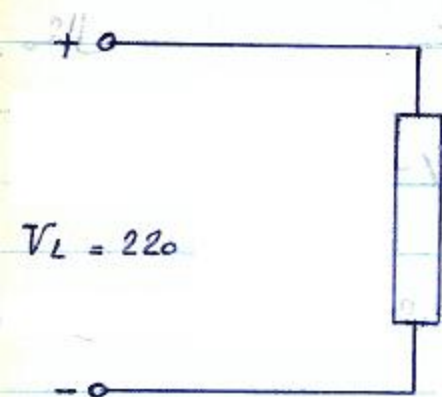
تأخر فاز جریان نسبت به ولتاژ

$$Z = R + Xj = Z \angle \varphi$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad \text{امپدانس بار}$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{X}{R}$$

مثال - بار 15 kV.A را در 220 V با ضریب توان پس فاز 0.85 تحویل می گیرند.



$$S = 15 \text{ kV.A}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

* جریان از ولتاژ عقب است (پس فاز) $\varphi < 0$
(قرار داد کتاب سلومون)

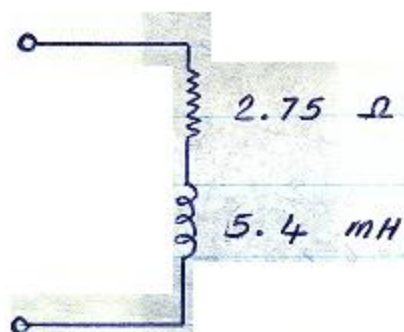
$$* I_L = \frac{S}{V_L} = \frac{15 \times 10^3}{220} = 68.2 \text{ A}$$

$$* P = V_L I_L \cos \phi = S \cos \phi = 15 \times 10^3 \times 0.85 = 12.75 \text{ K.W}$$

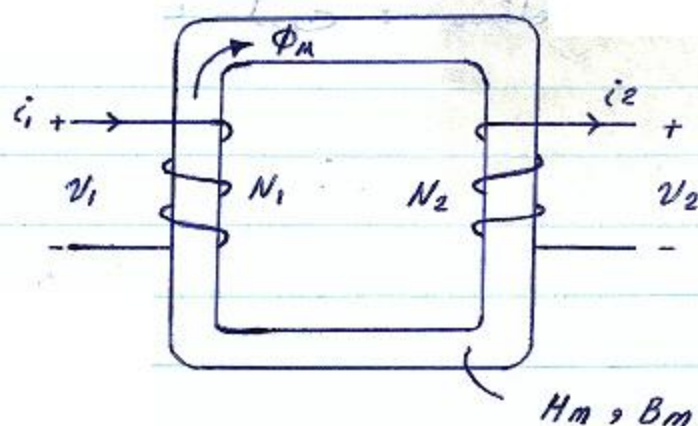
$$* Z = \frac{V_L}{I_L} = \frac{220 \angle 0^\circ}{68.2 \angle -31.8^\circ} = 3.23 \angle 31.8^\circ = 2.75 + j 1.7$$

$$* \phi = -\cos^{-1} 0.85 = -31.8^\circ$$

$$* X_L = 1.7 \Omega = L\omega \rightarrow L = \frac{1.7}{50 \times 2\pi} = 5.4 \text{ (mH)}$$



تراانسفورماتورها



۱- تراانس ایدر آل :

- الف - هسته دارای مقاومت مغناطیسی صفر است ($\mu = \infty$)
 ب - شار پراکندگی در هوا قابل صرف نظر کردن است.
 ج - مقاومت الکتریکی سیم صفر است.

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_1 = \lambda_2 \\ v_1 = \frac{d\lambda_1}{dt} = N_1 \frac{d\phi_M}{dt} \\ v_2 = \frac{d\lambda_2}{dt} = N_2 \frac{d\phi_M}{dt} \end{array} \right. \rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$H_m l_m = N_1 i_1 - N_2 i_2$$

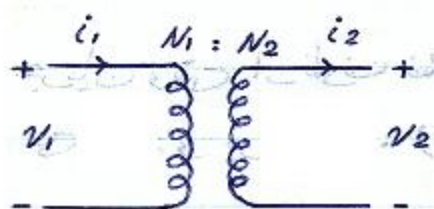
(که $\oint \vec{H} d\vec{l} = I$)
 قانون مدار آمپر

$$0 = N_1 i_1 - N_2 i_2 \rightarrow$$

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

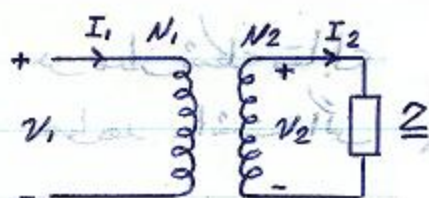
$$\phi_{M(max)} = \frac{V_1 \sqrt{2}}{N_1 \omega}$$

تقریب - کتاب سلون : مسئله 2.3 - 2.2 - 2.4



« فید ترانس ایدر آل »

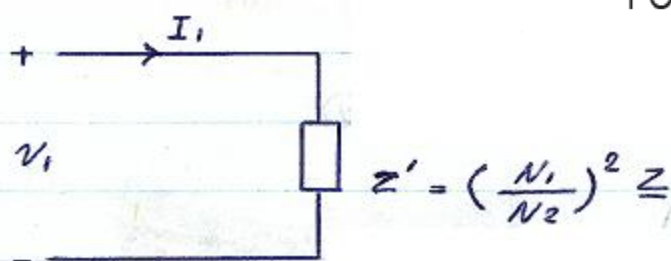
$(I_1 = 0) \rightarrow$ مدار باز $(I_2 = 0)$: (در ترانس ایدر آل)



امپدانس از دید اولیه :

$$Z'_1 = \frac{V_1}{I_1} \quad \text{امپدانس که اولیه می بیند}$$

$$Z'_1 = \frac{N_1/N_2}{N_2/N_1} \frac{V_2}{I_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z$$



* یعنی اگر ترانس ایدر آل باشد می توان مدار معادل دو می را در نظر گرفت و بطور اتوماتیک ترانس را حذف نمود. توان های مربوط به بار (حقیقی و مجازی) و -
 هر بار با انتقال بار از ثانویه به اولیه تغییر نمی کند اما جریان و ولتاژ تغییر می کند.

- قرار داد :
- ۱- جریان وقتی از طرف فشار قوی بطرف فشار ضعیف می آید زیاد می شود و برعکس. (به نسبت ضریب تبدیل تراش)
 - ۲- ولتاژ وقتی از طرف فشار قوی بطرف فشار ضعیف می آید کم می شود و برعکس.

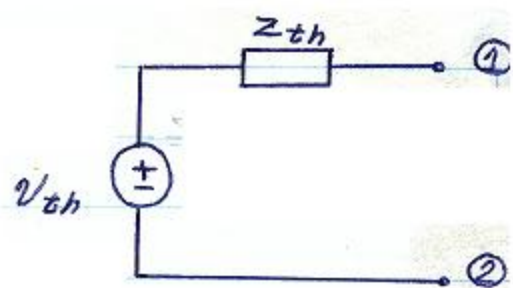
قضیه - در مدار شکل مقابل توان حقیقی تحویلی به بار ماکزیم مقدار خود را خواهد داشت اگر



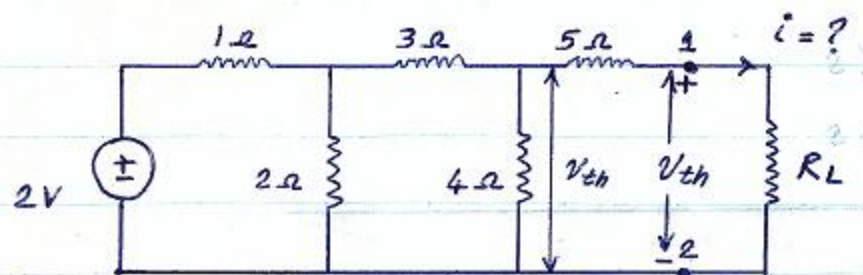
$$Z_s = Z_L^*$$

یا: $(R_s = R_L)$

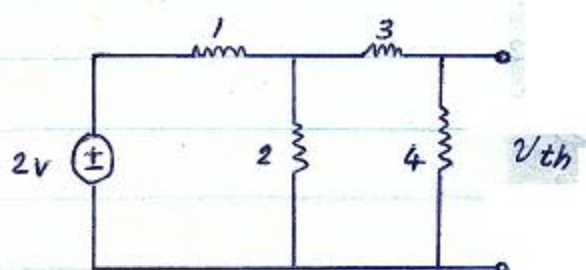
یادآوری : قضیه توان در حالت دائمی سینوسی - هر دوی سری از یک شبکه را که در آن فقط از المانهای خطی تغییر ناپذیر با زمان استفاده شده است می توان بصورت زیر مدل نمود.



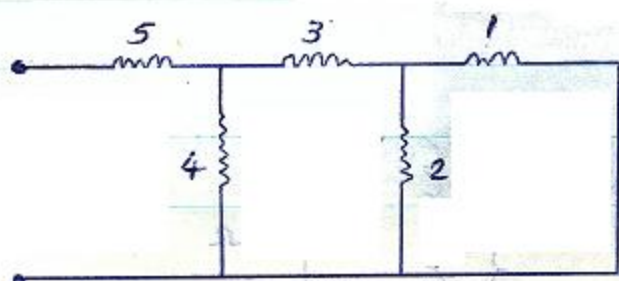
که در آن V_{th} همان ولتاژ دیده شده از دوسر ① و ② است و Z_{th} برابر است با امپدانس معادل دیده شده از آن دوسر به شرط آن که تمامی منابع داخل شبکه را صفر کنیم.



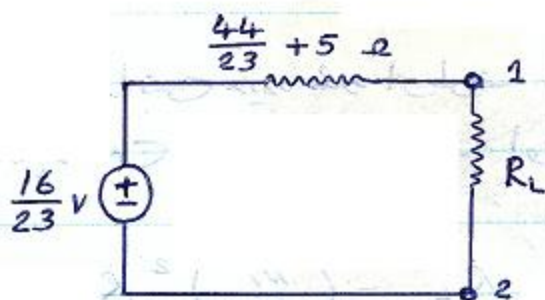
مثال -



$$V_{th} = \frac{16}{23} \text{ V}$$



$$R_{th} = \frac{44}{23} + 5$$



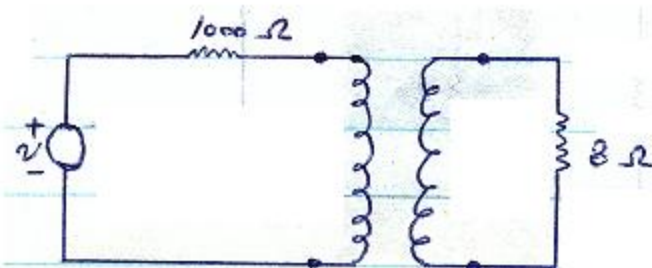
مدار معادل تونین

$$Z_S = R_S + j X_S$$

$$Z_S^* = R_S - j X_S$$

مسئله ۵ - ۳ - سلیمون -

یک تقویت کننده باید توسط یک ترانس به بلندگو وصل شود. بلندگو بار مقاومتی 8Ω است و تقویت کننده را می توان بصورت یک منبع ولتاژ سری با یک مقاومت 1000Ω در نظر گرفت. به فرض ایده آل بودن ترانس ضریب تبدیل را طوری بیا بید که قدرت حداکثر را به بلندگو تحویل دهد.



* با توجه به قضیه فوق امپدانس دیده شده از طرف اولیه مساوی 1000Ω باید باشد. با توجه به ضریب امپدانس دیده شده از طرف اولیه :

$$* R_L = 8 \Omega \rightarrow R'_L = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 R_L = R_S = 1000 \Omega$$

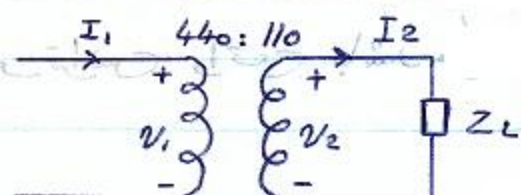
$$\rightarrow \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 = \frac{1000}{8} \rightarrow \frac{N_1}{N_2} = 11.2$$



مسئله ۳ - $\left. \begin{array}{l} 440V:110V, 60Hz, 5KVA : \text{ترانس} \\ \text{ترانس به بار وصل شده بطوری که جریان اولیه} \\ I_1 = 10A \text{ با } \cos\phi = 0.9 \text{ پیش فاز. مقاومت} \\ \text{ظاهری بار وصل شده به طرف فشار ضعیف را بیا بید} \\ \text{و آن را بصورت فازوری نشان دهید.} \end{array} \right\}$

* با در نظر گرفتن مطالب مربوط به انتقال امپدانس داریم :

$$(I_2 = 4 \times 10^1 = 40A)$$



* فرض می‌کنیم که بار در ولتاژ
نامی کار می‌کند:

$$(V_2 = 110V)$$

$$* \underline{Z}_L = \frac{110 \angle 0^\circ}{40 \angle -25.8^\circ} = \frac{110}{40} \angle 25.8^\circ$$

$$* \underline{Z}_L = 2.475 - j1.2$$

نکته - بار در ولتاژ نامی کار می‌کند یعنی همان ولتاژی که داده شده مثلاً 110 و 440. اما وقتی می‌گوییم بار نامی است یعنی بار توان نامی را تحویل می‌گیرد، مثلاً در مسئله فوق (5 KVA) را می‌کشد.

نکته - از روی توان نامی با داشتن آمپر یا ولتاژ می‌توان دیگری را -
محاسبه نمود :

$$(S = V \cdot I)$$

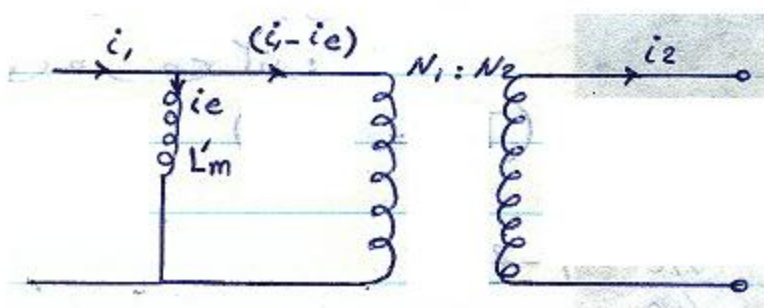
(I و V بدست آمده لزوماً نامی نیستند)

توان واقعی

* توجه کنید در تحلیل توان ایده آل فرض کردیم هسته ایده آل است و مقاومت مغناطیسی آن را صفر فرض کردیم و نوشتیم:

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = N_1 i_1 - N_2 i_2 = R_m \phi_m$$

* حال اگر توان واقعی باشد دیگر این مقدار صفر نخواهد بود:



مثال:

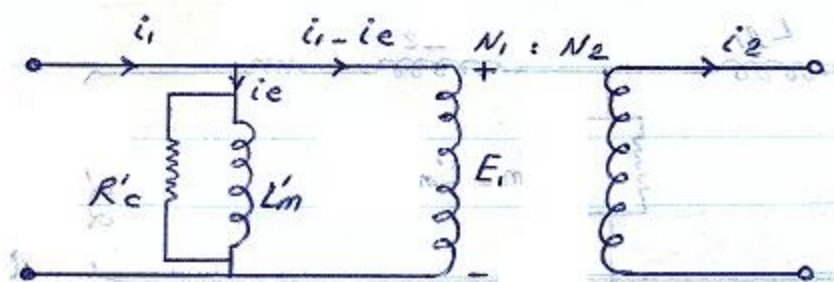
$$L'_m = \frac{N_1^2}{R_m}$$

$$\frac{i_1 - i_e}{i_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$R_m \phi_m = N_1 i_e$$

مثال یک سلف

* حال اگر به ماکنی هیستریزیس و جریانهای فوکو توجه کنیم؛ تلفات مربوط به این دو پدیده را مجموعاً تلفات هسته گویند. پس R'_e را قرار می دهیم؛ (یعنی تلفات هسته را با مقاومت R'_e مدل می کنیم البته در یک فرکانس معین):

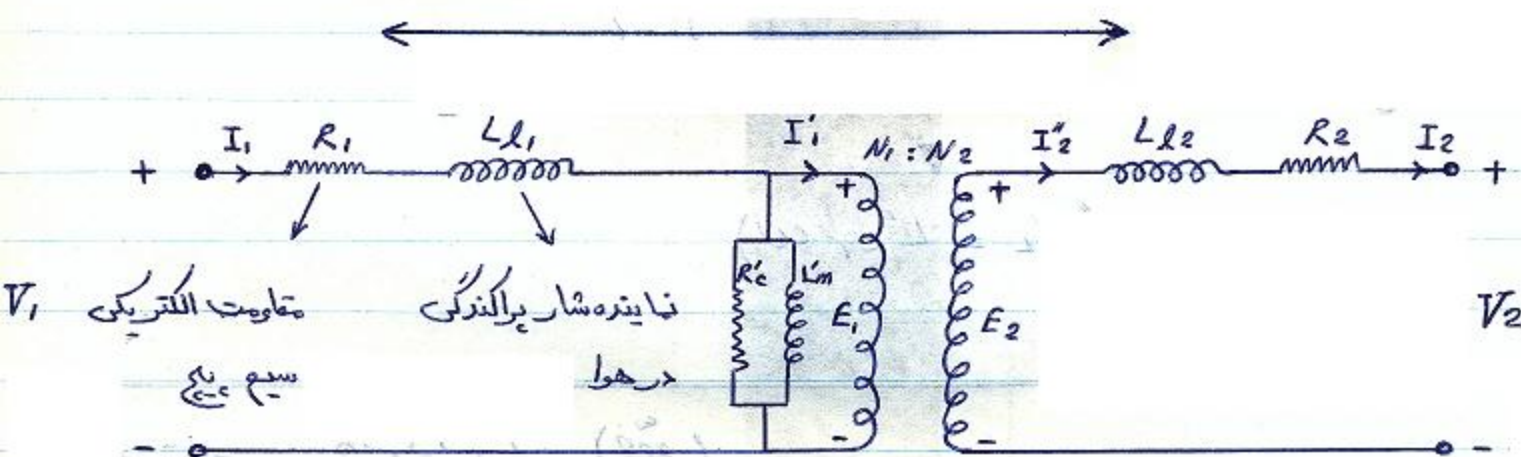


$$U = \frac{1}{2} L_m I_e^2$$

* انرژی ذخیره شده در هسته :

$$U' = \frac{E_1^2}{R_c'} = P_c$$

* انرژی تلف شده در هسته :

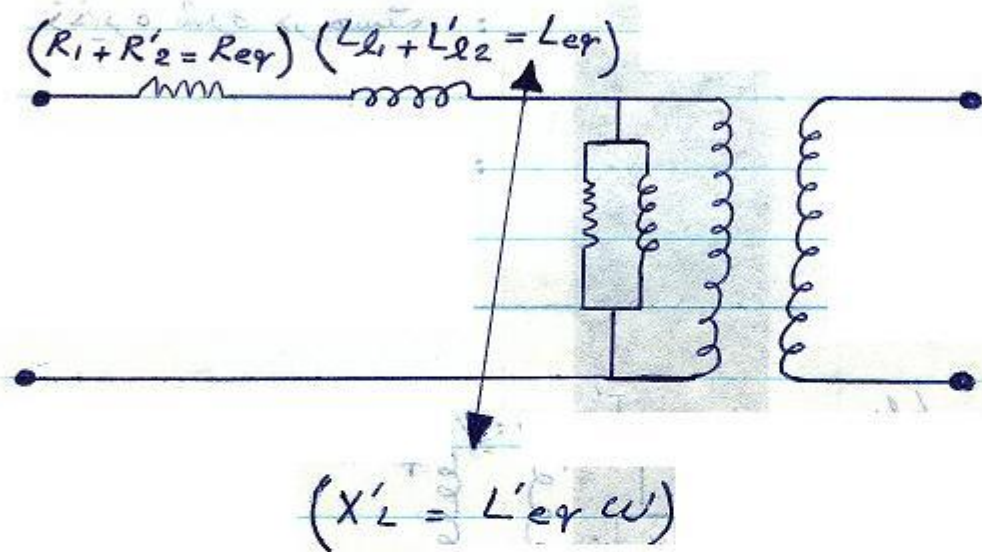
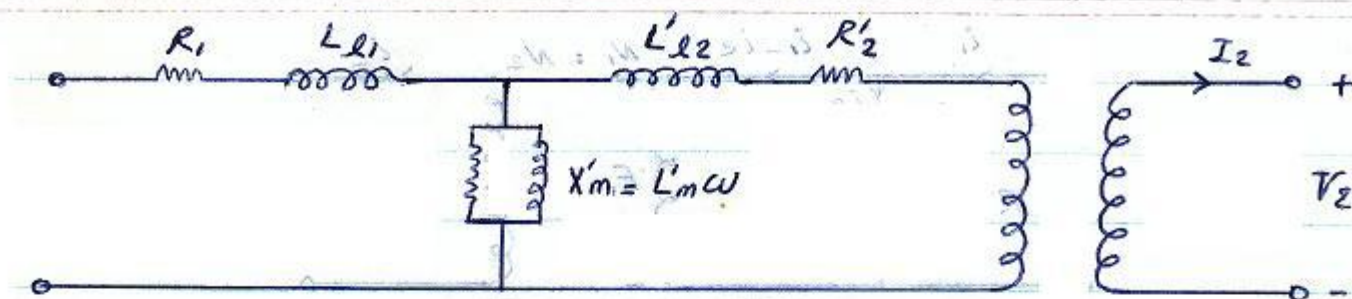


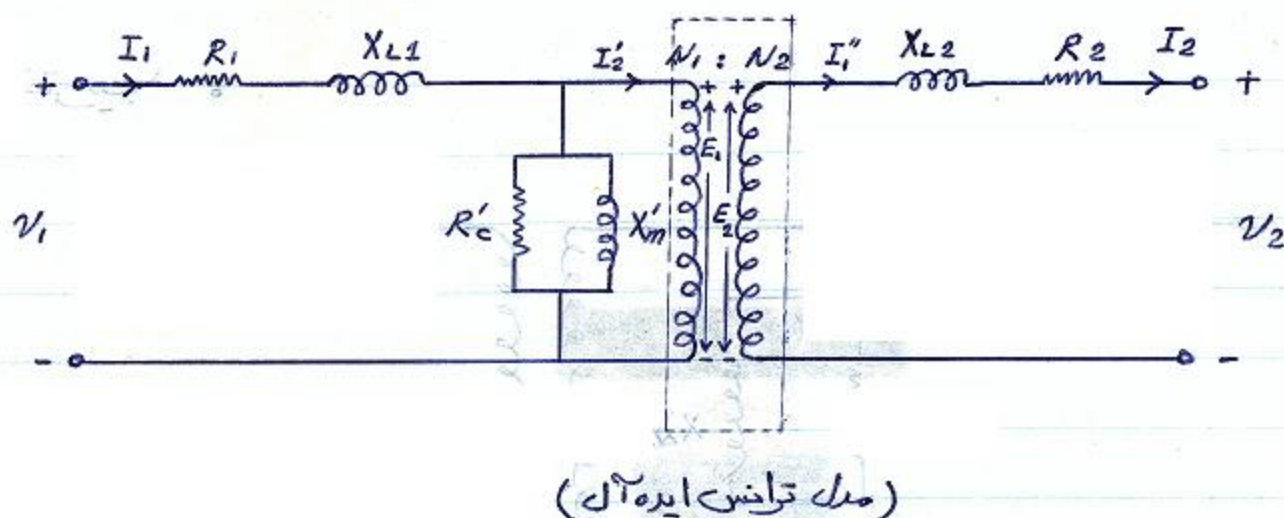
مدل واقعی ترانس

$$P_c = \frac{E_1^2}{R_c'} \approx \frac{V_1^2}{R_c'}$$

* اگر ترانس خوب ساخته شود :

* با کمی افتاض داریم :

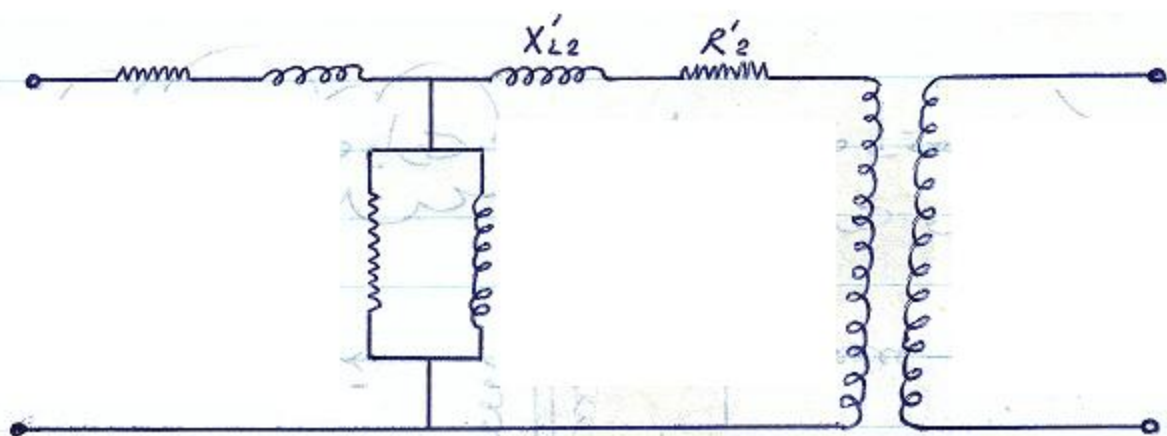




* در مورد ترازش ایده آل تمام قوانین ذکر شده برقرار می باشد.

توان تلف شده هسته : $P_c = \frac{E_1^2}{R'_c}$

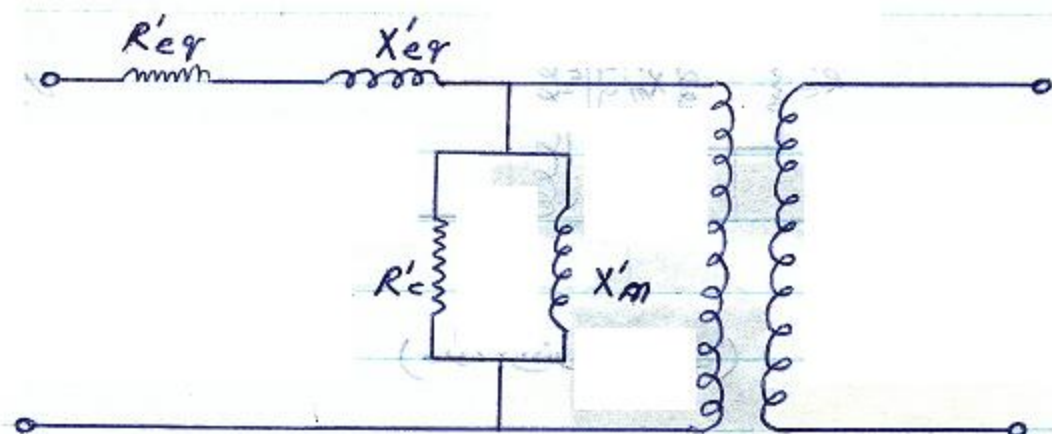
* حال هم بارها را به اولیه ارجاع می دهیم :



$$\begin{cases} X'_{L2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 X_{L2} \\ R'_2 = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_2 \end{cases}$$

مدل ارجاع شده به اولیه

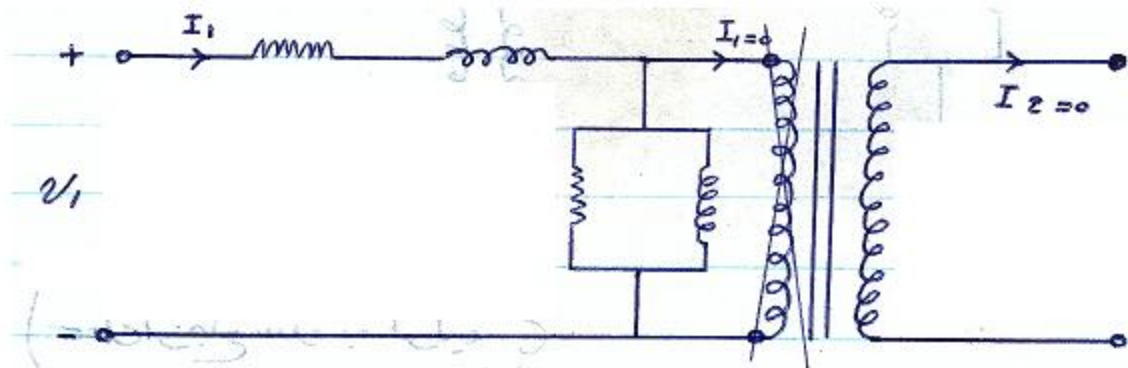
بالکے تقریب :



$$\begin{cases} R'_{eq} = R_1 + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_2 \\ X'_{eq} = X_{L1} + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 X_{L2} \end{cases}$$

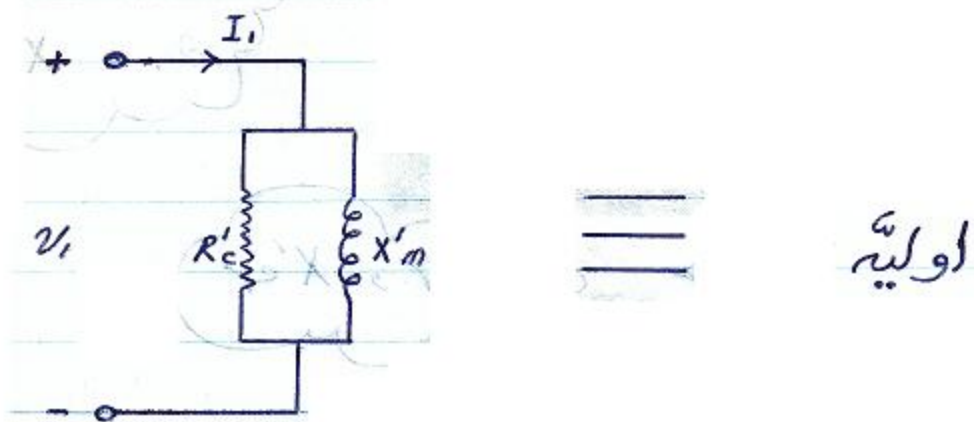
* حال بادو آزمائشیں مل کر ترائس را می یابیم :

1. آزمائش بی باری : طرف اولیہ را تغذیہ می کنیم و بہ طرف ثانویہ باری وصل نمی کنیم :



* یعنی $I_1 = 0$ و مدار باز می شود.

* چون R'_c و X'_m نسبت به X'_{eq} و R'_{eq} خیلی بزرگتر هستند:



$$P_1 = \frac{V_1^2}{R'_c}$$

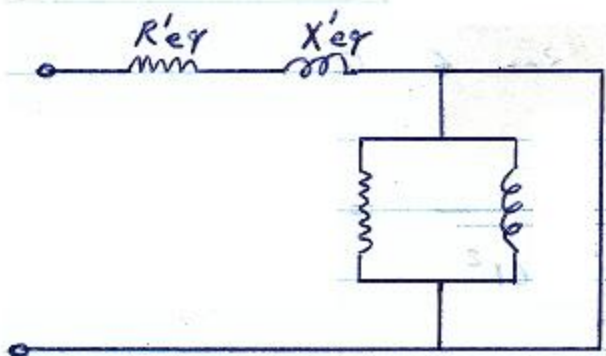
$$Q_1 = \frac{V_1^2}{X'_m}$$

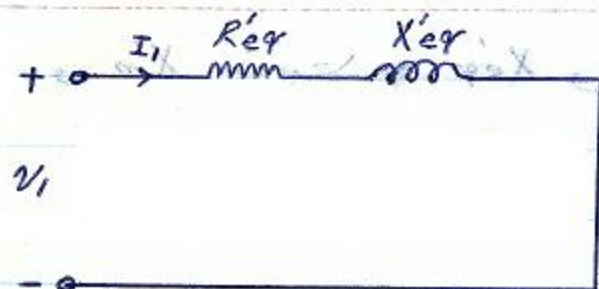
$$= \sqrt{(V_1 I_1)^2 - P_1^2}$$

R'_c, X'_m

$$\begin{cases} S_1^2 = P_1^2 + Q_1^2 \\ (V_1 I_1)^2 = P_1^2 + Q_1^2 \end{cases}$$

2. آزمایش اتصال کوتاه :





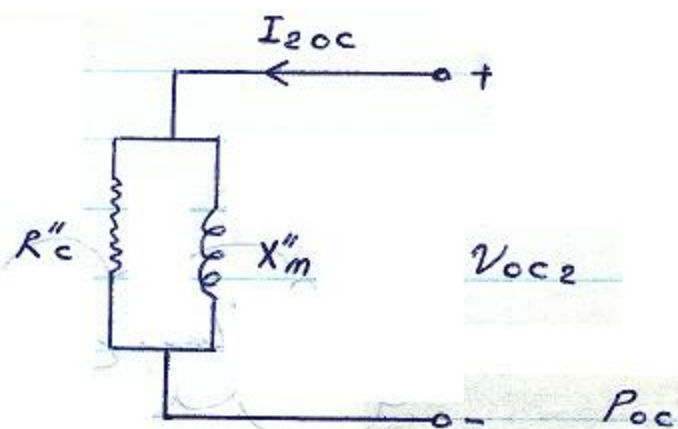
$$P_1 = R'_{eq} I_1^2$$

$$Q_1 = X'_{eq} I_1^2$$



اگر از طرف ثانویه این آزمایشها انجام شود بجای R'_c و X'_m و R'_{eq} و X'_{eq} مقادیر R''_c و X''_m و R''_{eq} و X''_{eq} بدست می آید.

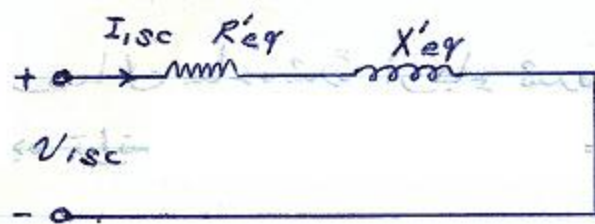
مسئله 2.15 سلون -



$$R''_c = \frac{V_{oc}^2}{P_{oc}} = \frac{(220)^2}{161} = 300.6 \, \Omega$$

(الف)

$$X''_m = \frac{V_{oc}^2}{Q_{oc}} = \frac{(220)^2}{\sqrt{(220 \times 1.52)^2 - 161^2}} = 165.1 \, \Omega$$



(ب)

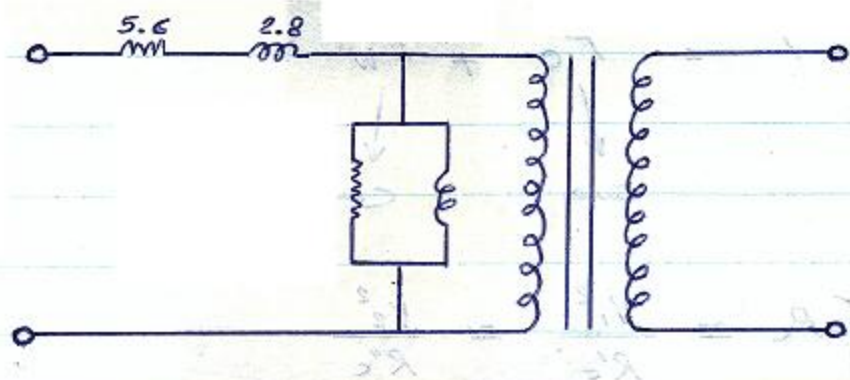
$$R'_{eq} = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2} = \frac{465}{9.1^2} = 5.6 \, \Omega$$

$$X'_{eq} = \frac{Q_{sc}}{I_{sc}^2} = \frac{\sqrt{(205 \times 9.1)^2 - (465)^2}}{(9.1)^2} = 21.8 \, \Omega$$

(ج) بار جاع بطرف اول :

$$R'_c = (10)^2 \times R''_c = 30060 \, \Omega$$

$$X'_m = (10)^2 \times X''_m = 16510 \, \Omega$$



مسئله - آزمایشهای ۵۵ و ۵۴ ترانسفورماتوری بشرح زیر است و اطلاعات نامی آن ۶۰ Hz و ۵۰ KVA و ۲۴۰۰ / ۲۴۰ است :

$$V_{1sc} = 48V$$

$$I_{1sc} = 20.8 A$$

$$P_{1sc} = 617W$$

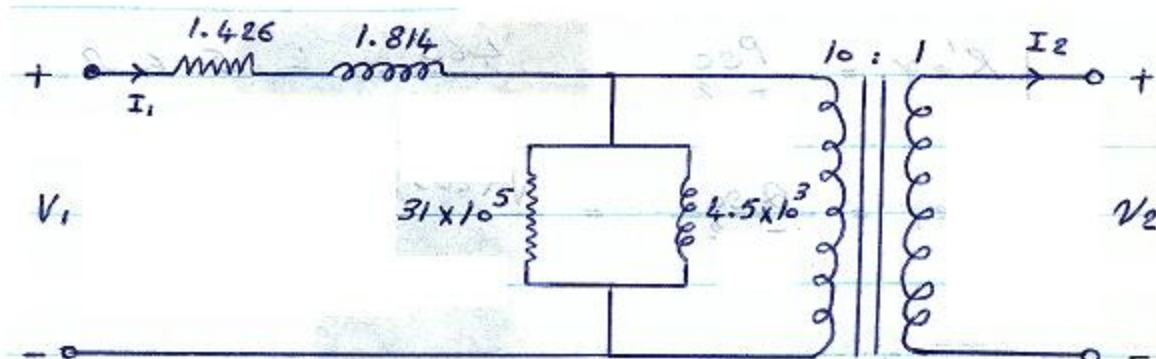
$$V_{2oc} = V_{2n} \leftarrow \text{نامی}$$

$$I_{2oc} = 5.41 A$$

$$P_{2oc} = 186W$$

الف) مدار معادل ساده شده ارجاع شده به طرف اولیه را محاسبه و رسم کنید.
 ب) بازده ترانس را در بار نامی با $\cos \phi = 0.8$ بدست آورید. (0.8 پس فاز)

الف :



* تلفات شامل : تلفات Copper و تلفات هسته و بخشی
 هم بصورت صدا است که صدا هم ناشی
 از همان جریانهای فوکو و هیستریزیس است.

$$* P = P_c + P_w$$

$\downarrow$ هسته $\downarrow$ مسی

$$\begin{cases} P_c \approx \frac{V_1^2}{R'_c} \approx \frac{V_2^2}{R''_c} \\ P_w \approx R'_{eq} I_1^2 \approx R''_{eq} I_2^2 \end{cases}$$

$$\eta = \frac{\text{توان خروجی}}{\text{توان ورودی}} = \frac{V_2 I_2 \cos \phi}{(P_w) + (P_c) + (V_2 I_2 \cos \phi)}$$

* در بار نامی :

$$\begin{aligned} V_2 &= V_{2n} = 240 \text{ V} \\ S_{2n} &= 50 \text{ KVA} \end{aligned}$$

$$* \begin{cases} V_2 = 240 \\ S_2 = 50 \end{cases} \rightarrow I_{2n} = \frac{50 \times 10^3}{240} = 208.3 \text{ A}$$

$$* P_{\text{بار}} = 50 \times 10^3 \times 240 \times \frac{\cos \phi}{0.8} = 40 \text{ KW}$$

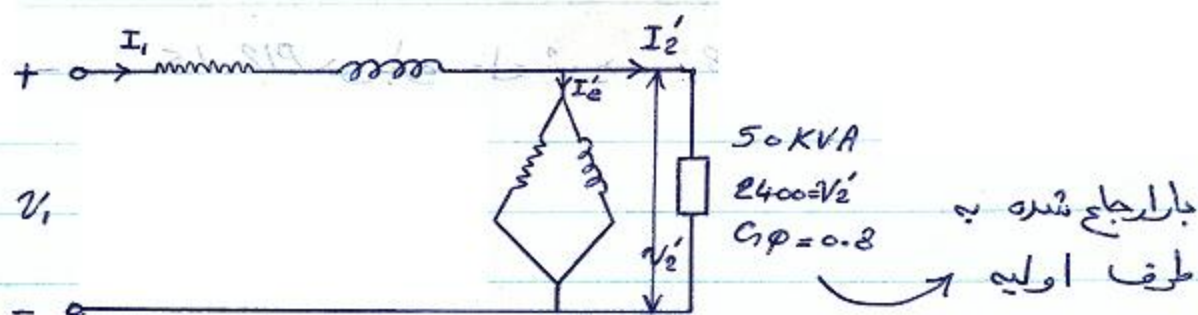
$$* P_c = \frac{V_2^2}{R_c''} = \frac{(240)^2}{31 \times 10^3 \left(\frac{1}{10}\right)^2} = 185.8 \text{ W}$$

$$* P_w = R_{eq}'' I_2^2 = 0.01426 \times (208.3)^2 = 618.7 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{40 \times 10^3}{40 \times 10^3 + 185.8 + 618.7} \times \% 100 \rightarrow$$

$$\eta = 98.03 \%$$

* در مسئله قبل: ولتاژ اولیه چقدر باشد تا بار نامی در ثانویه تغذیه شود؟



* $\underline{V}_2' = 2400 \angle 0^\circ$: $\underline{V}_2'$ را مبدا فاز قرار می دهیم :

$$\underline{I}_2' = 20.8 \angle -60.8^\circ = 20.8 \angle -36.8^\circ = 16.7 - j 12.5$$

$$\underline{I}_e' = \frac{\underline{V}_2' = 2400 \angle 0^\circ}{\underbrace{R_e' + j X_m'}_{10^3 \times 31.3 \angle 8.3^\circ}} = \frac{2400 \angle 0^\circ}{75.47 \times 10^3 \angle 8.3^\circ} = 0.075 \angle -8.3^\circ$$

* $\underline{I}_1 = \underline{I}_e' + \underline{I}_2' = (16.7 + 0.074) - j (12.5 + 0.01)$

$$\underline{V}_1 = \underline{I}_1 (R_{eq} + j X_{eq}) + 2400 \angle 0^\circ$$

* $\eta = \frac{P_{خروج}}{P_c + P_W + P_{خروج}}$

در ترانسفورماتور تک فاز (رو به فاز)

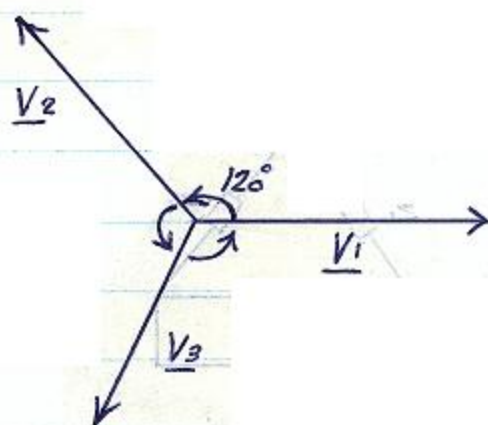
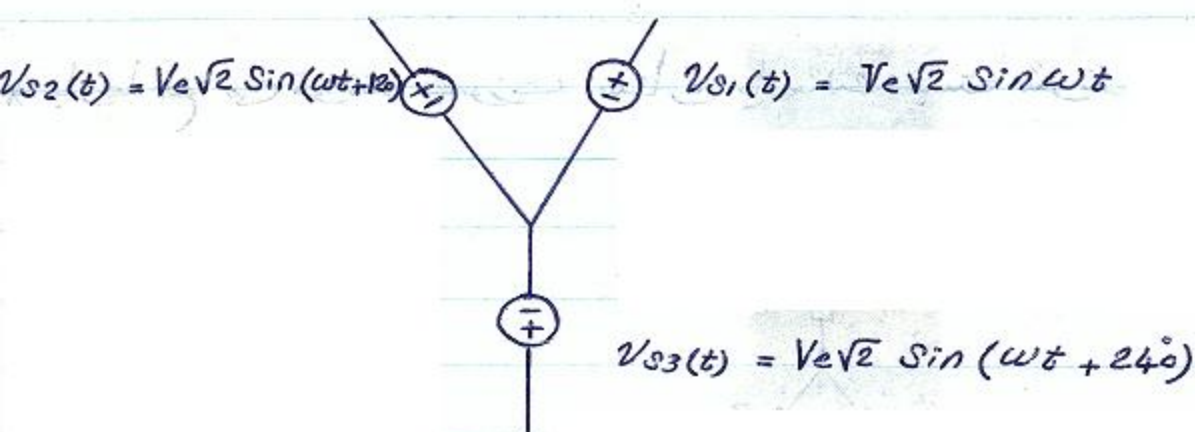
* هرگاه $P_c = P_W$ سود راندمان ترانس Max مقدار خود را خواهد داشت.

* پس باید سعی شود در طراحی تحت شرایطی که داریم (از نظر بار) طوری عمل کنیم که حتی المقدور $P_c = P_W$ شود.

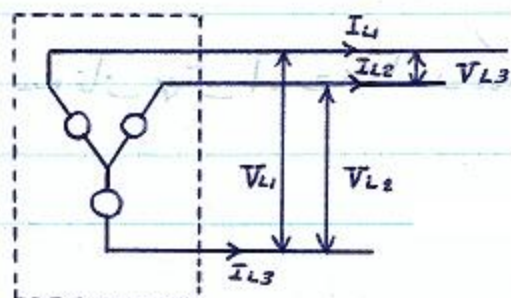
مسائل - P12.15 دوباره حل شود. P.13.18 - P.13.21 - P.13.16

مدارات سه فاز و ترانسفورماتورهای سه فاز

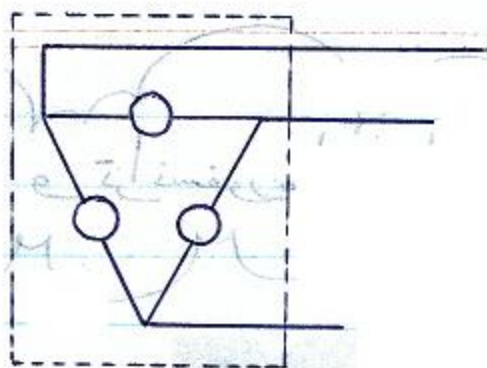
* یادآوری :



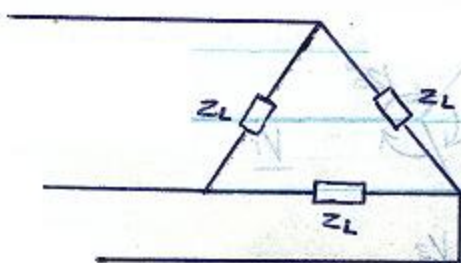
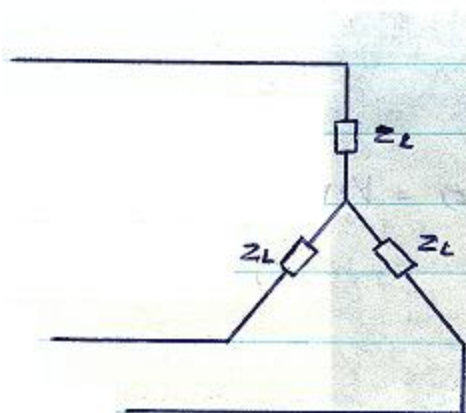
* حالت فوق را اتصال ستاره گویند که مدل یک منبع سه فاز است.



* هر منبع سه فاز با سه سر و سه ولتاژ خط مشخص می شود.

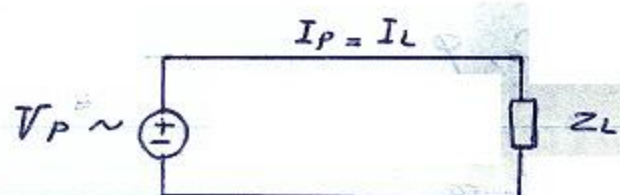
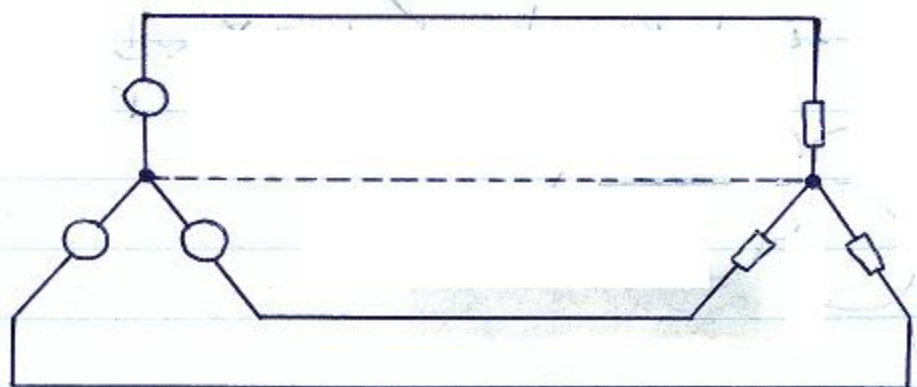


* بارها هم می توانند بصورت ستاره یا مثلث بسته شوند.

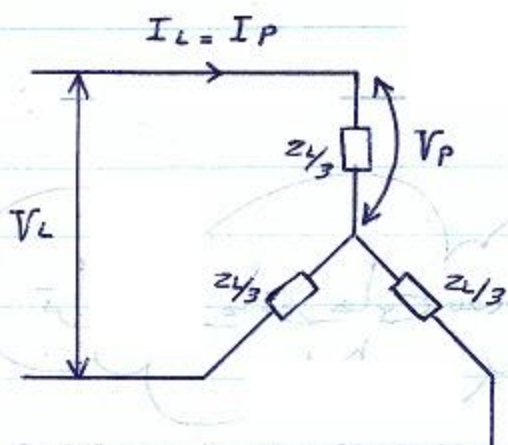


* اگر بارهای (Z_L) یکی باشند شبکه ما متعادل است (بار ما متعادل است).
فرض متعادل بودن بار محاسبات را بسیار ساده می کند.

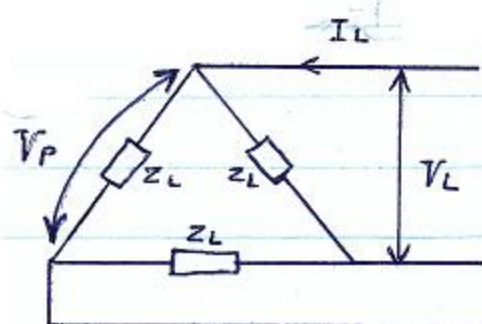
* در محاسبات سه فاز بهتر است تا حد ممکن منبع و بار را بصورت ستاره مدل کنیم.



* حسن ستاره این است که می توان نقاط خنثی بار و منبع را هم ولتاژ دانست (بنابر تقارن) و لذا ۲ تار را با سیم به هم وصل کرد و مدار را در حالت تک فاز حل کرد و سپس تعمیم داد.



$$\begin{aligned} V_{LY} &= \sqrt{3} V_{PY} \\ I_{LY} &= I_{PY} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} V_{L\Delta} &= V_{P\Delta} \\ I_{L\Delta} &= \sqrt{3} I_{P\Delta} \end{aligned}$$

* اگر بخواهیم Δ را به Y تبدیل کنیم باید V_L ها و I_L ها ثابت بماند و این به شرطی است که :

$$\frac{V_{pY}}{I_{pY}} = \frac{Z_L}{3}$$

* توان حقیقی : $P_{\text{سه فاز}} = 3 V_p I_p \cos \varphi$

* $P_{\text{سه فاز}} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \varphi$

* توان مجازی :

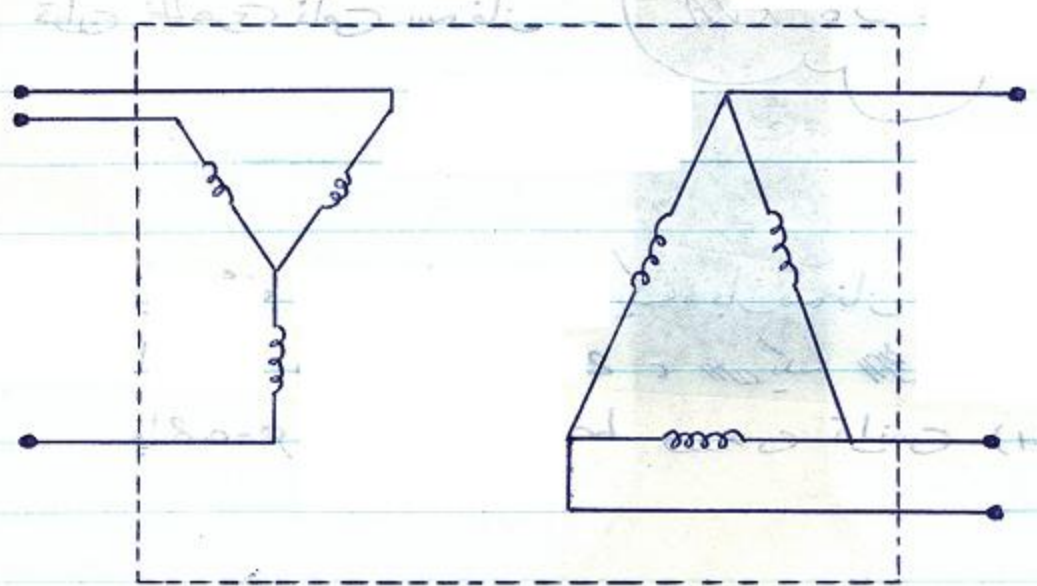
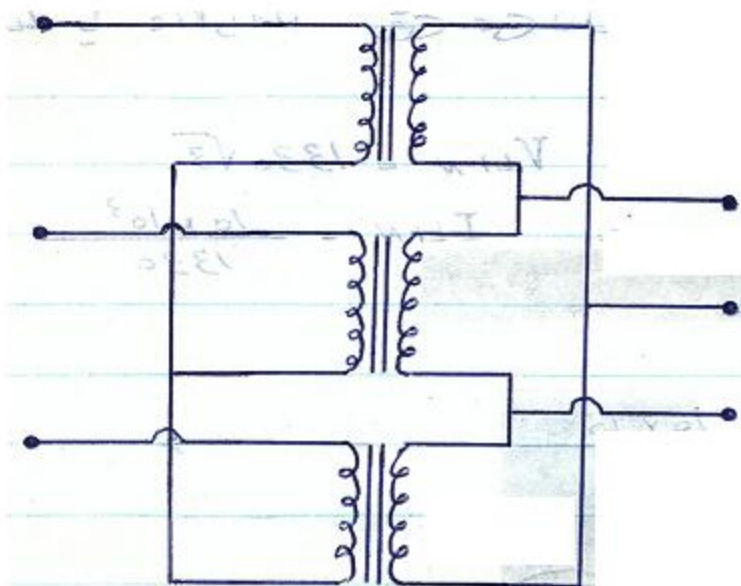
* $Q = \sqrt{3} V_L I_L \sin \varphi$

* توان ظاهری :

* $S = \sqrt{3} V_L I_L$

ترانسفورماتورهای سه فاز :

* می توان با اتصال سه ترانسفورماتور تک فاز یک ترانسفورماتور سه فاز تهیه کرد .



مثال - سه ترانس یک فاز (10 KVA، 230V، 1330، 60Hz) را بصورت $\Delta : Y$ بسته ایع و ترانس سه فاز ساخته ایع. فرض می شود که ترانس ها ایده آل است.

$$* S = \sqrt{3} V_L I_L \quad (I_{L1}, V_{L1} \text{ یا } I_{L2}, V_{L2} \text{ فرقی نمی کند})$$

$$\begin{cases} V_{P1N} = 1330 & \longrightarrow & V_{L1N} = 1330\sqrt{3} \\ I_{P1N} = \frac{10 \times 10^3}{1330} & \longrightarrow & I_{L1N} = \frac{10 \times 10^3}{1330} \end{cases}$$

$$* S = \sqrt{3} \times 1330\sqrt{3} \times \frac{10 \times 10^3}{1330} \longrightarrow$$

$$S = 30 \text{ KVA}$$

توان ظاهری نامی سه فاز

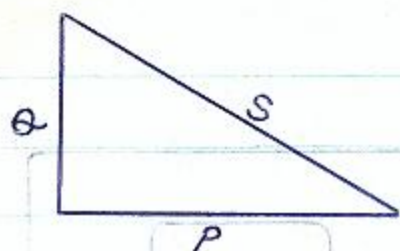
ب - در مسئله قبل ثانویه را به یک بار سه فاز ($V_L = 230$) در هر فاز یک بار هارتی 2 kW ، یک موتور سه فاز 21 KVA با $\cos \phi = 0.8$. جریان خط ورودی ترانس (I_{L1}) را بیابید .

$$\begin{cases} V_L = V_{2n} = 230 \text{ V} \\ V_{L1} = V_{un} = 2300 \text{ V} \end{cases}$$

$$P_{\text{کل}} = (3 \times 2 \text{ kW}) + (21 \text{ KVA} \times 0.8) = 22.8 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{کل}} = (21 \text{ KVA} \times \frac{\sin \phi}{0.6}) = 12.6 \text{ KVAR}$$

* بار هارتی Q ندارد .



$$* S_{کل} = \sqrt{22.8^2 + 12.6^2} = 26 \text{ KVA}$$

* کل S کشیده شده توسط بار همان S_2 است و چون ترانس ایده آل است ($S_1 = S_2$) است :

$$I_{L1} = \frac{S_1}{\sqrt{3} V_{L1}} = \frac{26 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 2300} = 6.52 \text{ A}$$

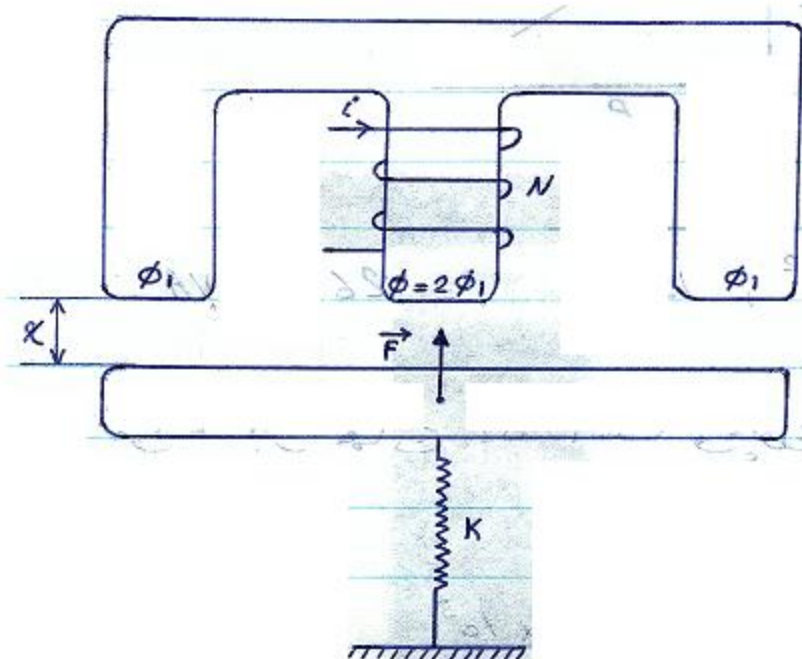


* سیمون - ۳۵ و ۳۶ و ۳۷ الف

* یکی از مزایای Δ این است که اگر یکی از ترانس ها خراب شود توان را بطور ضعیف تر انتقال می دهد اما قطع نمی کند. اما برای بخش سه فاز بین خانه ها از Y استفاده می شود که یک سر خنثی (No/e) دارد که آن را به هر سه خانه می دهیم و سپس به هر کدام یک فاز می دهیم.

محاسبه نیروی حاصل از تبدیل انرژی الکترومغناطیسی به مکانیکی :

: ۲

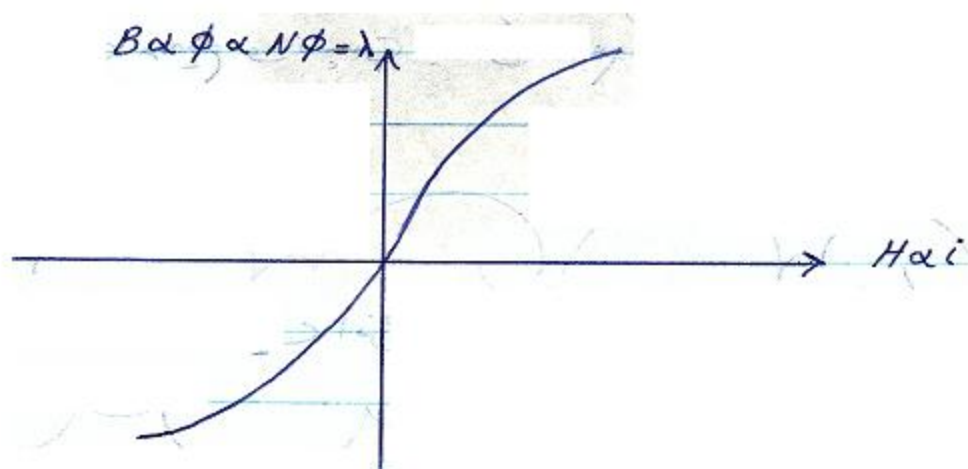


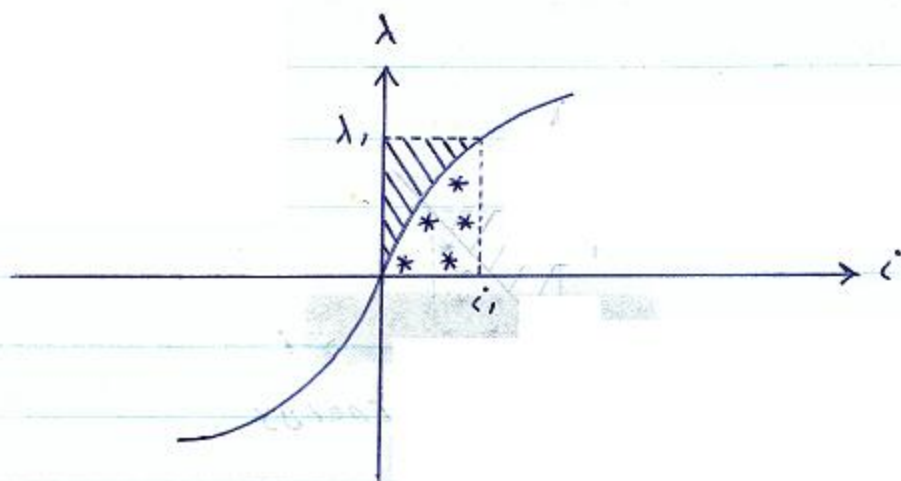
به این ترتیب است که مدار را قطع یا وصل می‌کند و یا دستگیره‌های مثل درب بازکن الکتریکی هم جزء آنها محسوب می‌شوند.

$$L(x) = \frac{N^2}{R_{\text{کل}}}$$

$$W_f = \frac{1}{2} L i^2$$

* انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی





$$* W(t) = \int_{t_0}^{t_1} p(t) dt = \int_{t_0}^{t_1} v \times i dt$$

$$\begin{cases} t_0 \longrightarrow i(t_0) = 0 \\ t_1 \longrightarrow i(t_1) = i_1 \end{cases}$$

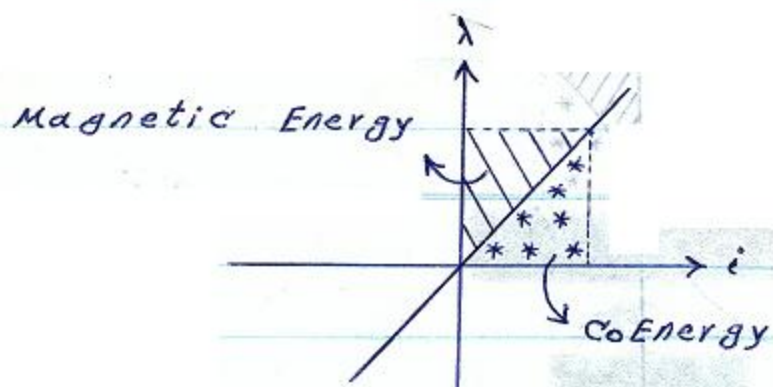
$$W(t) = \int_{t_0}^{t_1} \frac{d\lambda}{dt} i dt = \int_{\lambda(t=t_0)}^{\lambda(t=t_1)} i d\lambda$$

$$\begin{cases} \lambda(t_0) = 0 \\ \lambda(t_1) = \lambda_1 \end{cases} \quad * \text{ یعنی انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی در هر لحظه سطح هاشور خورده است.}$$

* رابطه $W_f = \frac{1}{2} L i^2$ وقتی صحیح است که رابطه λ و i خطی باشد و بصورت $(\lambda = L i)$ یا به عبارتی در محدوده‌ای از زمانی بتوان خط منحنی را با خط راست تقریب زد.

$$W = \int_{t_0}^{t_1} i L di = \frac{1}{2} L i^2 \Big|_{t_0}^{t_1} = \frac{1}{2} L i^2$$

* پس با فرض $(\lambda = 1)$:



* حال به محاسبه نیروی $\vec{F}$ می پردازیم :

* اگر در راه فوق قطعه آهن پایین را محکم نگه داریم تا حرکت نکند کل انرژی الکتریکی ما (W_e) در صورت نبودن اتلاف در میدان مغناطیسی ذخیره شده :

$$(W_e = W_f)$$

* اگر قطعه را رها کنیم کار مکانیکی انجام می شود :

$$(\Delta W_e = \Delta W_f + \Delta W_m)$$

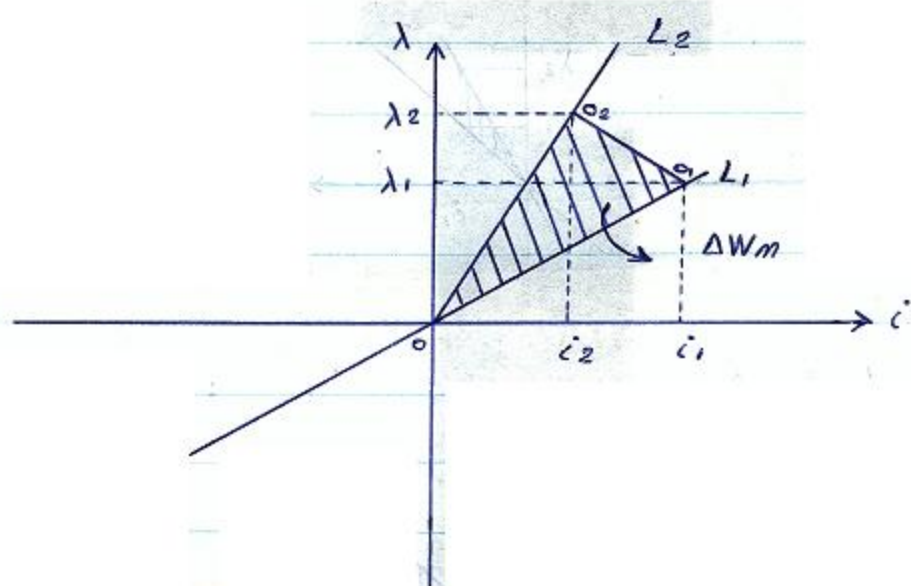
ΔW_e : تغییرات انرژی الکتریکی که از طرف منبع الکتریکی داده می شود منهای تلفات اهمی .

ΔW_f : تغییرات انرژی مغناطیسی بجای تلفات هسته

ΔW_m : تغییرات انرژی مکانیکی تحویلی به بار مکانیکی بجای تلفات مکانیکی

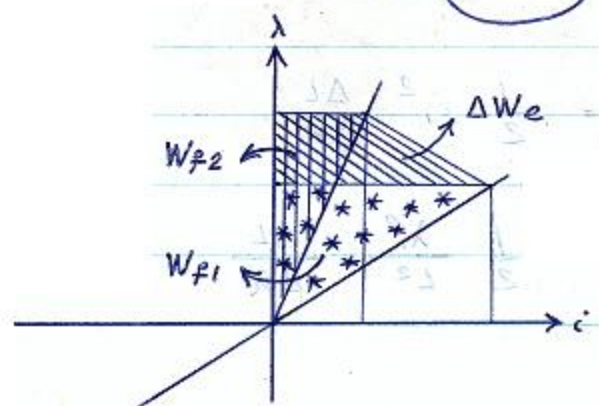
$$* F = \frac{\Delta W_m}{\Delta \lambda}$$

$$\Delta W_m = \Delta W_e - \Delta W_f$$



* چون L تابع λ است پس در حالت اول L_1 داریم و با یک تکان کوچک $\Delta \lambda$ و L_2 خواهیم داشت. طول c_2 مسیر طی شده است که آن را با خط - راست تقریب زده ایم.

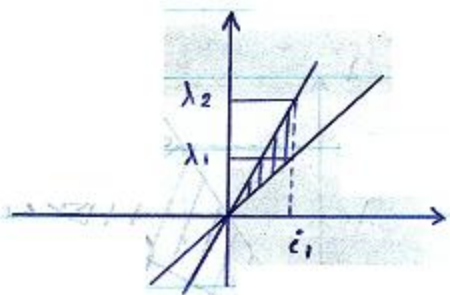
سطح هاشور خورده (ΔW_m) است



$$* W_f = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} \frac{\lambda^2}{L}$$

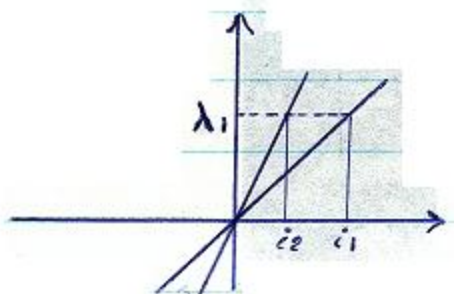
$$S_{00,02}^{\Delta} = \frac{1}{2} i_1 (\Delta \lambda)$$

1. به فرض ثابت بودن i :



$$S_{00,02}^{\Delta} = \frac{1}{2} \lambda_1 \Delta i$$

2. به فرض ثابت بودن λ :



$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad \Delta W_m &= \frac{1}{2} i_1 \Delta \lambda & (\lambda = Li \rightarrow \Delta \lambda = i_1 \Delta L) \\ \textcircled{2} \quad \Delta W_m &= \frac{1}{2} \lambda_1 \Delta i & (i = \frac{\lambda}{L} \rightarrow \Delta i = -\frac{\lambda_1}{L^2} \Delta L) \end{aligned}$$



$$F = \frac{\Delta W_m}{\Delta x} = \frac{1}{2} i_1^2 \frac{\Delta L}{\Delta x} \quad \leftarrow 1$$

$$F = \frac{\Delta W_m}{\Delta x} = -\frac{1}{2} \frac{\lambda_1^2}{L^2} \frac{\Delta L}{\Delta x} \quad \leftarrow 2$$

$$\left(L = \frac{N^2}{R} , \begin{cases} \lambda = N\phi \\ \lambda = Li \end{cases} \right) \rightarrow$$

$$F = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{dx}$$

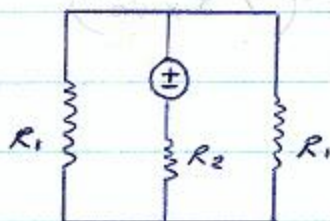
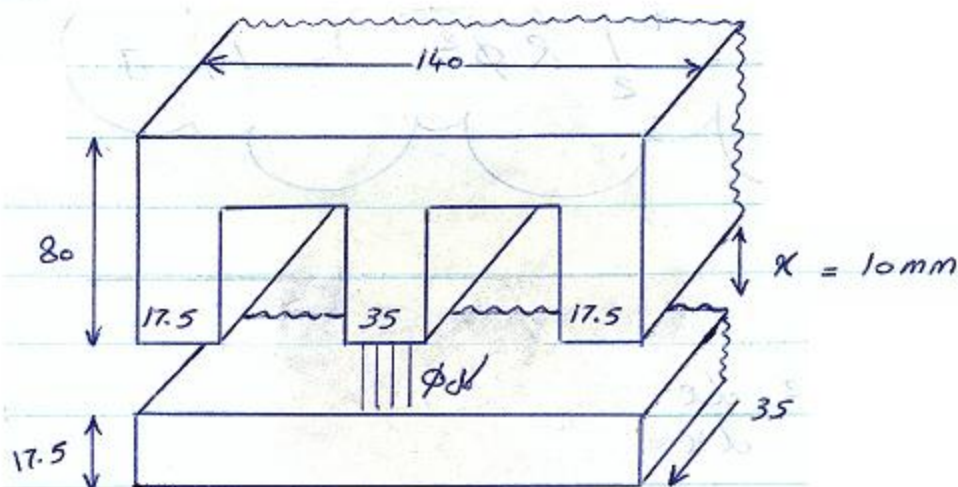
$$F = -\frac{1}{2} \phi^2 \frac{dR}{dx}$$

R - ولتانس مغناطیسی

* مثال کتاب سلون - (بافضی ایره آل بودن هسته ، یعنی ولتانس هسته صفر است و تنها مقاومت هواشی داریم).

$$B_a = 1.2 \text{ T}$$

$$N = 2000$$



$$* R = (R_1 \parallel R_2) + R_3 = \frac{1}{2} (R_1 + R_2)$$

$$R = \frac{1}{2} \times \frac{\mu_0 (17.5 \times 10^{-3} \times 35 \times 10^{-3})}{\mu_0 (35 \times 10^{-3} \times 35 \times 10^{-3})} + \frac{\mu_0 (35 \times 10^{-3} \times 35 \times 10^{-3})}{\mu_0 (35 \times 10^{-3} \times 35 \times 10^{-3})}$$

$$R = 1.3 \times 10^9 \times \mu_0$$

$$\mu_0 = 10 \text{ mm}$$

$$R = 13 \times 10^6 \text{ A/Wb}$$

$$(B \rightarrow \phi) : \phi \mu_0 = B (35 \times 10^{-3} \times 35 \times 10^{-3})$$

$$\phi \mu_0 = 1.47 \times 10^{-3} \text{ (Wb)}$$

$$W_f = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} R \phi^2 = 14 \text{ J}$$

انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی

$$|F| = \frac{1}{2} \phi^2 \frac{dR}{dx}$$

* محاسبه نیرو :

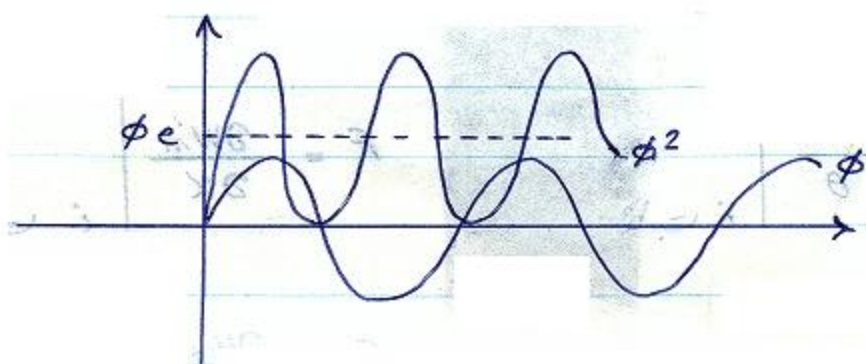
$$|F| = \frac{1}{2} (1.47 \times 10^{-3})^2 (1.3 \times 10^9)$$

$$|F| = 1400 \text{ N}$$

* اگر جریان سینوسی داشتیم یک ϕ سینوسی پدید می‌آید که از روی m می‌توان ϕ_m و یا از روی i می‌توان ϕ_e را یافت. با وجود این که ϕ سینوسی است و گاهی + و گاهی - است اما ϕ^2 همواره (+) است و چون $F = -\frac{1}{2} \phi^2 \frac{dR}{dx}$ است داریم :

$$F_{av} = \phi_e^2 \left(\frac{dR}{dx} \right)$$

$$\phi = \sqrt{2} \phi_e \sin(\omega t + \alpha)$$



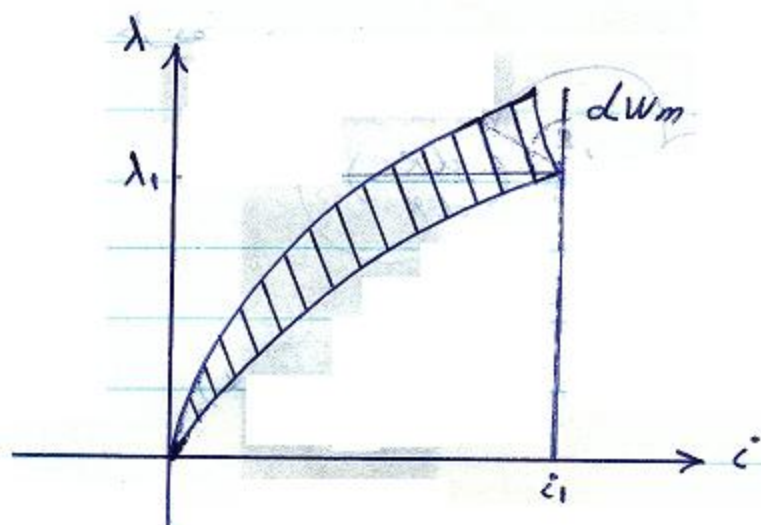
$$T = -\frac{1}{2} \phi^2 \frac{dR}{d\theta}$$

* برای محاسبه کوپل :

* مسئله P13.33 - P13.31 - P13.32

* جمعه ۱۳۷۱/۸/۷ ساعت ۹ صبح امتحان میان ترم.

مبحث مربوط به امتحان پایان ترم



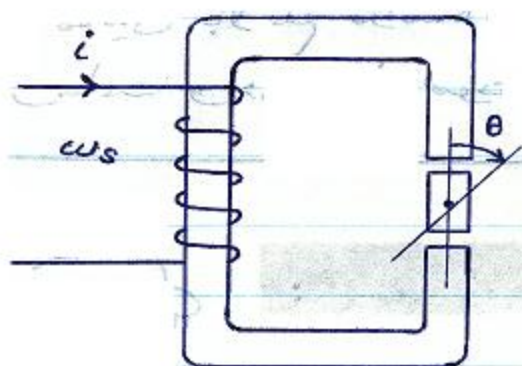
$$T = \left. \frac{\partial W'_m}{\partial \theta} \right|_{\text{ثابت } i}$$

$$F = \left. \frac{\partial W'_m}{\partial x} \right|_{\text{ثابت } i}$$

$$F = \left. \frac{\partial W_m}{\partial x} \right|_{\text{ثابت } \lambda}$$

موتور لوکتنس (موتور مقاومت مغناطیسی)

* تنها موتوری است که فقط یک سیم پیچ دارد.

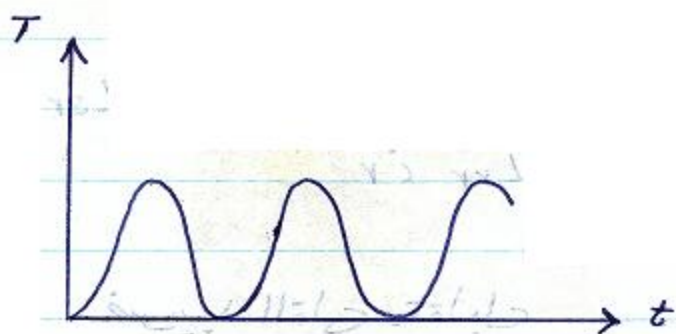


$$T = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{d\theta}$$

* اگر قطعه گردش کننده را استارت بزنیم و با سرعت ω_m بگردانیم تا وقتی که $\omega_m = \omega_s$ شود، در این هنگام کوئل متوسط دیگر صفر نیست و موتور می تواند بگردد، لذا سرعت این موتور همواره ثابت است. این سیستم خطی نیست چون L به θ بسته است و همچنین وابسته به زمان نیز هست.

* موتورهای که تنها با یک سرعت کار می کنند سنکرون (همزمان) نامیده می شوند و آن سرعت را (سرعت سنکرون) گویند.

* چون این موتورها کوپلهای نوسانی تولید می کنند لذا دائماً می لرزند و این امر تلفات مکانیکی پدید می آورد.

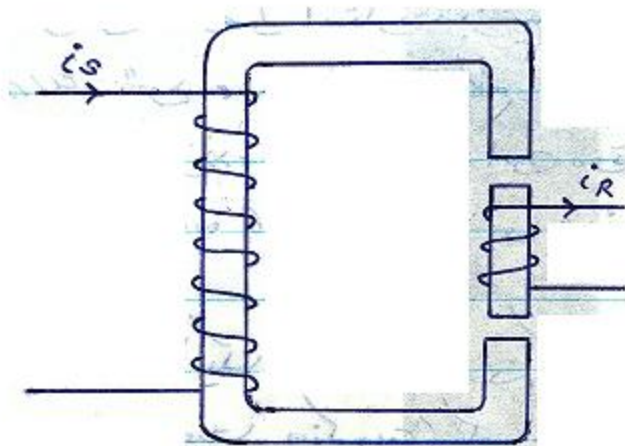


* کوپلهایی که بصورت $T = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{d\theta}$ تولید شوند (یعنی ناشی از تغییرات راکتانس خودی باشند) همواره نوسانی هستند. در جاهایی که به سرعت ثابت

نیاز داریم و load مکانیکی بالا هم نداشته باشیم به صرفه است که از این موتورها استفاده کنیم. مثلاً در ساعت و در ضبط صوت.

:

موتورهای دو سیم یکه



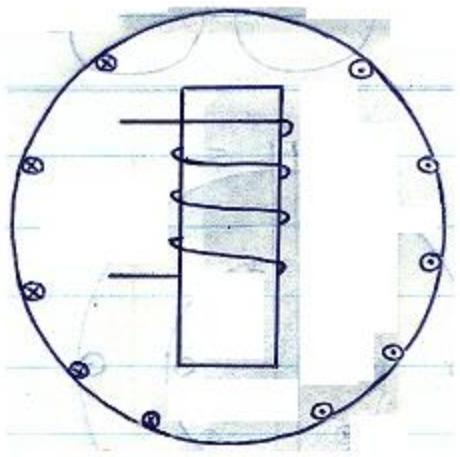
S - استاتور

R - روتور

$$\left\{ \begin{aligned} T &= \frac{1}{2} i_s^2 \frac{dL_{ss}}{d\theta} + \frac{1}{2} i_r^2 \frac{dL_{rr}}{d\theta} + i_s i_r \frac{dL_{sr}}{d\theta} \\ \lambda_s &= L_{ss} i_s + L_{sr} i_r \\ \lambda_r &= L_{rs} i_s + L_{rr} i_r \\ L_{sr} &: \text{ضریب القای متقابل} \end{aligned} \right. \quad (L_{sr} = L_{rs})$$

* چون شار هر کدام مقداری هم از سیم به سیم دیگر عبور می کند پس ضریب القای متقابل پدید می آید.

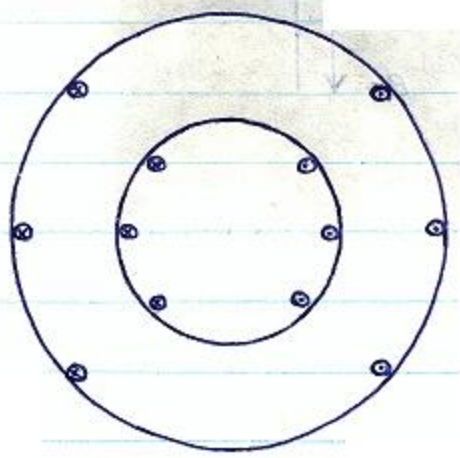
* دو ترم اول $\mathcal{L}$ خوسانی است اما می توان کاری کرد که ترم $i_s i_r \frac{d\mathcal{L}_{sr}}{d\theta}$ متغیر بازمان نباشد. لذا باید سعی کنیم دو ترم اول را حذف کنیم. بدین منظور شکل روتور و استاتور را استوانه ای می کنند.



* در شکل فوق استاتور استوانه ای شده اما روتور استوانه ای نیست.

* $\frac{1}{2} i_r^2 \frac{d\mathcal{L}_{rr}}{d\theta} = 0$

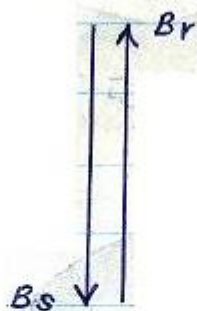
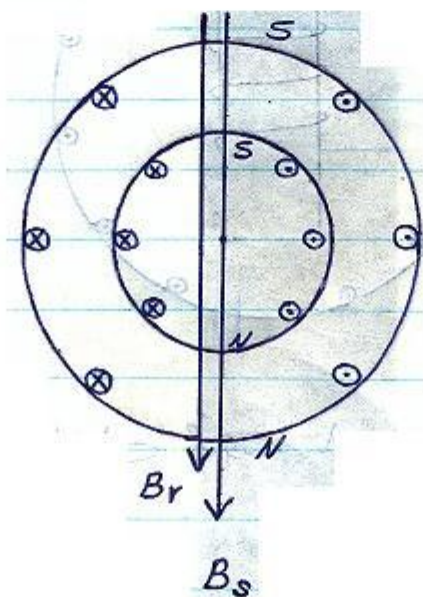
* پس اگر روتور را هم استوانه ای کنیم ترم اول هم حذف می شود.



* $\frac{1}{2} i_s^2 \frac{d\mathcal{L}_{ss}}{d\theta} = 0$

* پس کوپل نهائی در ماشینهای استوانه‌ای بصورت زیر است :

$$T = i_s i_r \frac{dL_{sr}}{d\theta}$$



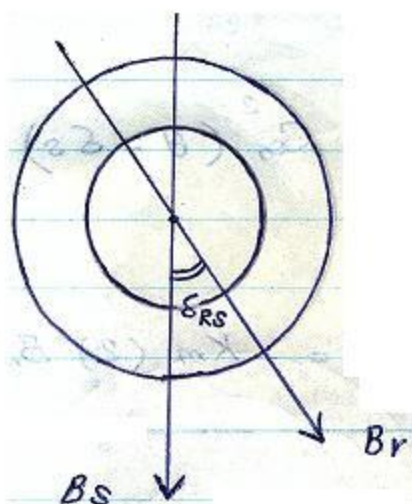
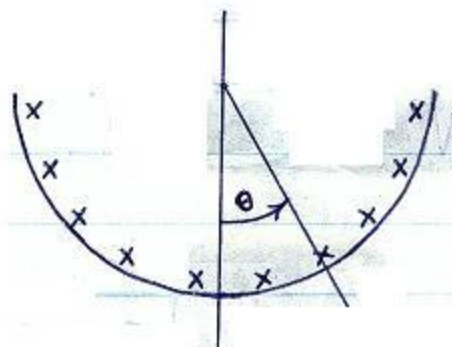
* اگر Rotor بگرده :

فرضیات :

$$B_s = B_{ms} \cos \theta$$

$$B_r = B_{mr} \cos \theta$$

۱ - سیم پیک سیفوسی است و لذا :



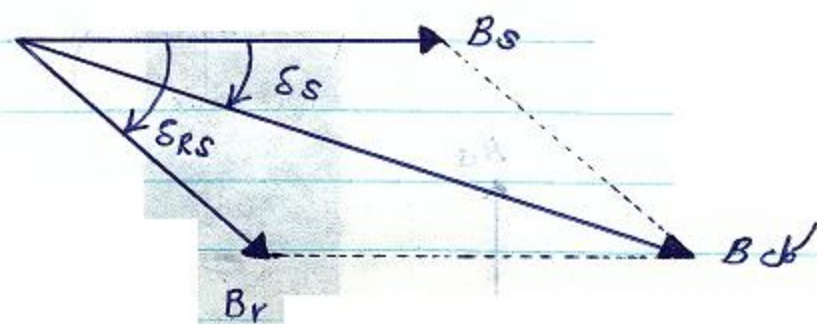
حاسبه کوپل :

$$* B_s = B_{ms} \cos \theta$$

$$* B_r = B_{mr} \cos (\theta - \delta_{RS})$$

$$* B_{\text{کل}} = B_{\text{MRS}} \cos(\theta - \delta_s)$$

$$B_{\text{MRS}} = \sqrt{B_{\text{mr}}^2 + B_{\text{ms}}^2 + 2 B_{\text{mr}} B_{\text{ms}} \cos \theta_{\text{RS}}}$$



$$W = \frac{1}{2} R_m \phi^2 = K_m B_{\text{کل}}^2$$

انرژی کل ذخیره شده در فاصله
هوایی بین Stator و Rotor

$$W = K_m B_{\text{MRS}}^2 \cos^2(\theta - \delta_s)$$

$$T = \frac{\partial W}{\partial \delta_{\text{RS}}} = -K_m (2) B_{\text{mr}} B_{\text{ms}} \sin \delta_{\text{RS}}$$

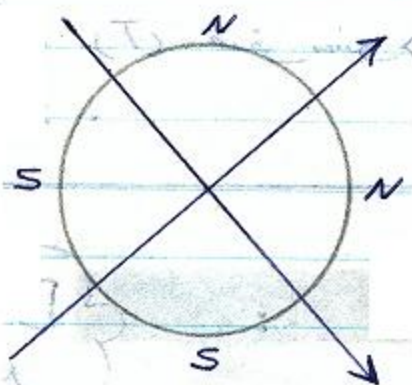
* حال چه کار کنیم تا موتور ما بگردش درآید ؟

جواب - باید کاری کنیم که (T) صفر نشود. پس باید کاری کنیم که (δR) صفر نشود.

ماشینهای D.C :

* ماشینهای هستند که با جریان D.C کاری کنند مثل استارت ماشین. وقتی Rotor حرکت می کند و به زاویه 180° برسد وسیله ای بنام (کوتاتور) قطبهای منبع را عوض می کند و این عمل باعث گردش مداوم Rotor می شود. ماشینهای D.C باید کوتاتور داشته باشند. کوتاتور کوئل را یکطرفه می کند اما مقدار کوئل با (δR) تغییر می کند. δR بین 0 و 180° تغییر می کند پس ما باید تا حد امکان این محدوده را کم کنیم تا T تقریباً ثابت شود. برای این کار بجای یک سیم پیچ چند سیم پیچ در جاهای مختلف Rotor می پیچیم و از چند جفت کوتاتور استفاده می کنیم.

* زاویه بین میدان روتور و استاتور بین 0 و 180° تغییر می کند ($\sin$ بین 0 و 1 تغییر می کند). ما باید حتی المقدور کاری کنیم که این زاویه تغییر نکند. برای این کار قطبهای مختلف درست می کنیم. این کار با چند سیم پیچ امکان پذیر است، که در فواصل معین سوئیچ می شوند و میدان روتور در یک ماشین مثلاً ۴ قطب بین 45° و 135° تغییر می کند (یعنی پنج تغییرات بجای 180° می شود 90°) و لذا دامنه $\sin$ کاهش می یابد و گشتاور تقریباً ثابت می شود. معمولاً باید Rotor و Stator تعداد قطبهای یکسان داشته باشند.



(Rotor و قطب)

* در ماشینهای D.C کوچک مثل آرمیچر اسباب بازیها برای استاتور دیگر -
سیم پیچی نمی کنند بلکه از آهن ربای دائمی بهره می گیرند. اگر استاتور سیم پیچی
باشد ما دو سر سیم برای استاتور داریم و دو سر سیم برای Rotor.

ماشینهای A.C :

$$\begin{cases} B_s(\theta) = B_s \cos \theta \\ B_s = K i_s(t) \end{cases} \longrightarrow$$

ی - استاتور

$$B_s(\theta, t) = K i_s(t) \cos \theta$$

$$\rightarrow B_s(\theta, t) = K I_m \cos \omega_s t \cos \theta$$

* یعنی میدان حاصل در هر نقطه‌ای (هر θ) با زمان تغییر می‌کند.

* تمام فرمولهای فوق در مورد (Rotor) هم صدق می‌کند.

میدان دوار

: یعنی میدان مغناطیسی که جای $\cos \theta$ آن -
در حال چرخش است اما مقدار $\cos \theta$ آن با
زمان ثابت است.

* ما با بستن دو سیم بزرگ بر روی Stator که با هم زاویه 90° می‌سازند و
جریانهای گذرنده از آنها هم با هم اختلاف فاز $\frac{\pi}{2}$ دارند می‌توانیم میدان
دوار بسازیم:

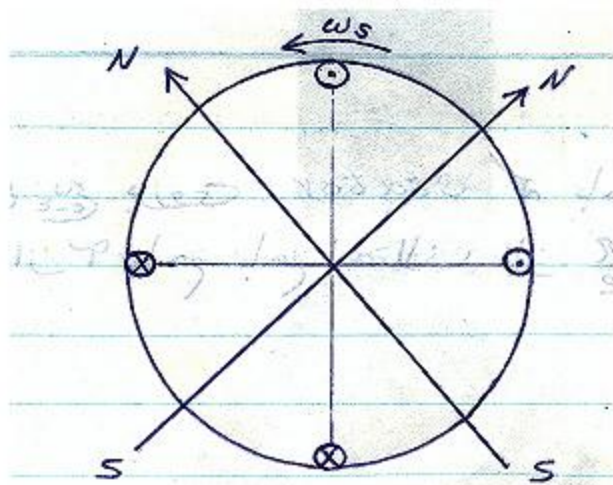
$$\begin{cases} B_{sy}(\theta, t) = K I_m \cos \omega_s t \cos \theta \\ B_{sx}(\theta, t) = K I_m \cos(\omega_s t - \frac{\pi}{2}) \cos(\theta - \frac{\pi}{2}) \end{cases} \rightarrow$$

میدان دوار

$$B_{xy} = K I_m \cos(\omega_s t - \theta)$$

* پس برای ساختن میدان دوار کافیهست جای سیم یکپارچه را طوری بپیچیم که با هم $\frac{1}{2}$ زاویه بسازند و از یک منبع دو فاز استفاده کنیم که جریانهایی آن $\frac{1}{2}$ اختلاف فاز دارند. و یا می توان از جریان حاصل از منبع سه فاز - استفاده کنیم و سیم یکپارچه را با اختلاف 60° (قطب به قطب) بپیچیم. میدان دوار با سرعت ω می چرخد و ناظر فرضی سوار بر آن هواره مقدار $\max$ را اندازه می گیرد.

* توجیه : در فرمول $B_{xy} = K I_m \cos(\omega_s t - \theta)$ اگر ناظری فرضی سوار بر میدان با سرعت ω می چرخد θ آن در هر لحظه برابر است با $\omega_s t$ پس : $\cos(\omega_s t - \omega_s t) = 1$ یعنی این ناظر هواره (B) ماکزیمم را می بیند.



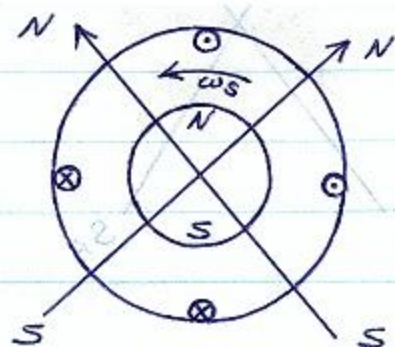
* یعنی با این ابتکار بدون چرخیدن خود سیم یکپارچه میدان برآیند حاصل از آن‌ها می چرخد و میدان‌های دوار اساس کار ماشینهای A.C است.

ماشین سنکرون :

* برای گردش ثابت موتور یعنی گردش آن بطوری که کوپل هم ثابت بماند باید میدان دوار در $Stator$ و $Rotor$ بگونه‌ای تولید شود که سرعت دوران هر دو میدان (ω_s) باشد.

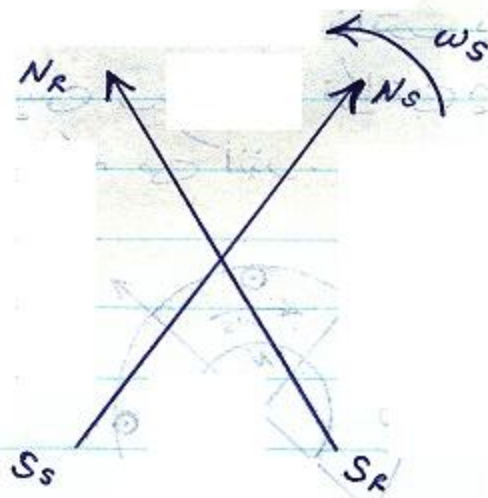
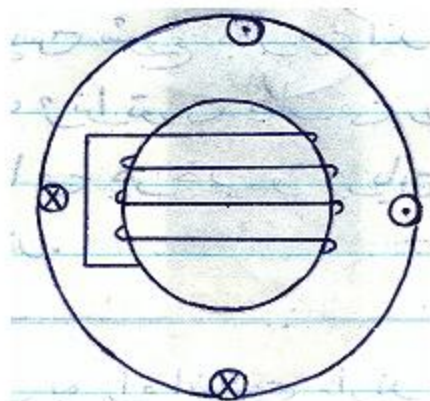
* در ماشینهای سنکرون بجای $Rotor$ آهن ربای دائمی قرار می دهند (یا سیم پیچی که از آن جریان DC می گذرد برای ماشینهای بزرگ سنکرون) و موتور را تا جایی می چرخانند که سرعت دوران آن به (ω_s) برسد. ماشین سنکرون از این پس شروع بکار می کند. ماشینهای سنکرون بیشتر در نیروگاهها و بصورت ژنراتوری بکار می روند و توسط نیروی بخار و یا آب و ($Rotor$) آنها می چرخد و جریان سه فاز با همان فرکانس : $f = \frac{\omega_s}{2\pi}$ تولید می کند.

* ماشینهای سنکرون نیاز به راه اندازی دارند. در حالت ژنراتوری راه اندازی بدین معنا است که ($Rotor$) را تا جایی بچرخانند که فرکانس آن به فرکانس شبکه برسد (چون تا قبل از آن ژنراتور بار از شبکه خواهد کشید و حکم موتور را دارد). پس از رسیدن فرکانس چرخش ژنراتور به فرکانس شبکه آن را وارد مدار شبکه می کنند.



ماشین آسنکرون (القائی) :

- * استاتور آن درست مانند ماشین سنکرون است و یک میدان دوار دارد .
 امّا (Rotor) آن متفاوت است . در (Rotor) سیم پیچی سه فاز -
 می بندیم و آن را اتصال کوتاه می کنیم . بر اثر چرخیدن میدان استاتور
 می Rotor ولتاژ سه فاز القاء می شود که اگر اتصال کوتاه باشد
 یک جریان سه فاز القائی در Rotor پدید می آید و این جریان یک
 میدان دوار در Rotor پدید می آورد .



* فرض کنید جریان القایی در Rotor دارای فرکانس ω_r باشد و سرعت چرخش محور Rotor (سرعت مکانیکی) ω_m باشد. باید توجه کرد - که سرعت میدان دوار Rotor $(\omega_r + \omega_m)$ است. دقت شود که میدان Rotor نسبت به خود Rotor با سرعت ω_r می چرخد و چون خود Rotor هم با سرعت ω_m در حال چرخش است لذا میدان دوار Rotor با سرعت $\omega_r + \omega_m$ خواهد چرخید. میتوان نشان داد که تحت - هم شرایط :

$$\omega_r = \omega_s - \omega_m$$

* یعنی مشابه ترانسفورماتوری است که Stator حکم اولیه و Rotor حکم ثانویه را دارد. اما مانند ترانسفورماتور فرکانس القایی همان ω_s نیست مگر این که نیرویی محور شفت را نگه دارد تا $\omega_m = 0$ شود و آنوقت مثل ترانسفورماتور سه فاز $(\omega_s = \omega_r)$ می شود.

* ω_s را سرعت سنکرون گویند. وقتی ω_r به ω_s برسد ولتاژ القایی به Rotor (D.C) می شود. لذا کوپل ثابت یکطرفه در ماشین آسنکرون تولید می شود. ماشین سه فاز القایی نیازی به راه اندازی ندارد.

ماشینهای D.C (برشی کپی) :

$\left. \begin{aligned} \text{سیم پیچی Stator} &= \text{سیم پیچی (تحریک)} \\ \text{سیم پیچی Rotor} &= \text{آرمیچر} \end{aligned} \right\}$

۱- یافتن ولتاژ القاء شده به سیم پیچ آرمیچر (e_a) ناشی از میدان سیم پیچی تحرک که خود ناشی از ω_m (جریان سیم پیچی تحرک است) می باشد برای ما مهم است :

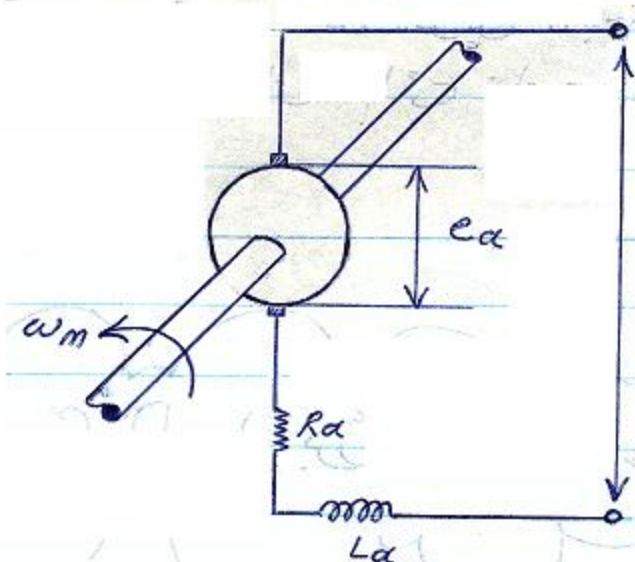
$$* \quad i_f \longrightarrow \phi$$

$$e_a = \frac{d\phi}{dt} = K \phi \frac{d\theta_m}{dt} \longrightarrow$$

$$e_a = K \phi \omega_m$$

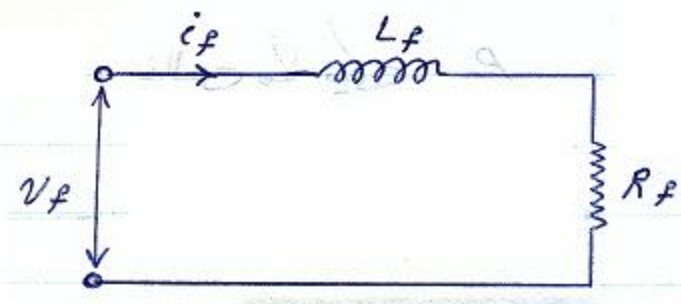
* یعنی (e_a) متناسب با شار القاء شده و سرعت دوران مکانیکی می باشد.

(مدل آرمیچر)



V_t (ولتاژ ترمینال)

(مدل Stator)



* در حالت رُزاتوری (ω_m) فرج می‌کنیم و (V_f) می‌گیریم. در حالت موتوری مدل استارت ماشین ولتاژ (V_f) را به دوسر وصل کرده و (ω_m) می‌گیریم.

مثال - ساختمان دورسنب (تاکومتر) درواقع یک رُزاتور کوچک D.C است که بدلیل کمی بار کشیده شده $e_a \approx V_f$ است و ($e_a \propto \omega_m$) است لذا به کمک آن می‌توان دور موتورهای D.C را کنترل کرد.

۴ - محاسبه (کوپل) :

الف - حالت موتوری - کوپل ناشی از توان الکتریکی است که ما به ماشین D.C داده ایم (در حالت موتوری).
($P = V_f \cdot i_a$) توان ورودی است که بخشی در مقاومت سیم پیچ آرمیچر (R_a) هدر می‌رود و اثر (L_a) در لحظات اولیه است و در حالت ماندگار که مورد بحث ما است معمولاً از (L_a) صرف نظر می‌کنیم.

$$\rho_{\text{خالصی مگنیتی}} = \rho_{\text{خالصی الکتریکی}} \longrightarrow$$

$$(e_a \cdot i_a = T \omega_m) \longrightarrow$$

$$K \phi \omega_m i_a = T \omega_m \longrightarrow$$

$$T = K \phi i_a$$

کویل داخلی

* در لحظه اول اتصال باطری چون $(\omega_m = 0)$ است لذا $(e_a = 0)$ است و مثل حالت اتصال کوتاه است لذا (i_a) ماکزیمم مقدار خود را دارد. این (i_a) مقدار ماکزیمم (T) را ایجاد می کند و T هم (ω_m) می سازد و ω_m هم (e_a) ایجاد می کند لذا i_a و T کاهش می یابد. اگر شفت موتور به دلایلی گیر کند $(\omega_m = 0)$ شده و $(e_a = 0)$ می شود و (i_a) مقدار Max خود را می یابد و در سیستم هم می ماند و باعث سوختن سیم پیچی می شود.

* در حالت موتوری (T) و (ω_m) همبست هستند.

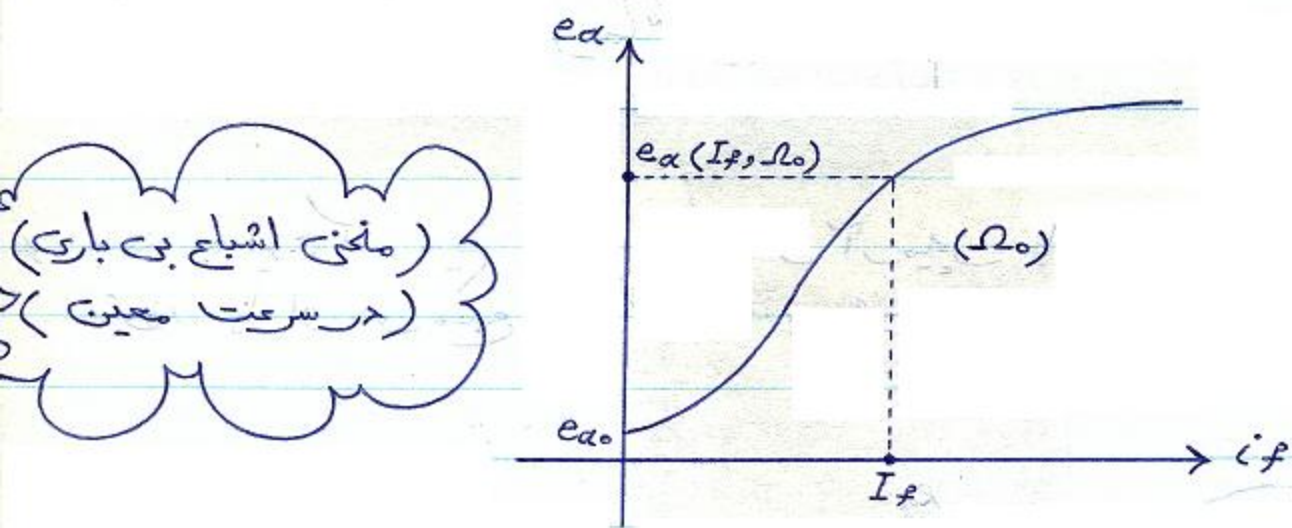
۲- حالت ژنراتوری - ما (T) خارجی صرف می کنیم که حتماً باید از (T) داخلی قویتر باشد تا شفت را بگرداند. در این حالت T داخلی و ω_m همبست نیستند بلکه T داخلی مزاحم است. در این حالت -

e_a بزرگتر از v است. توان خروجی نهائی ($i_a \cdot v$) خواهد بود (مقداری از توان تلف می شود).

آزمایش - اگر ω زیاد شود ϕ هم زیاد می شود اما چون میدان مغناطیسی اشباع می شود اگر ω از حدی بالاتر رود ϕ چندان زیاد نمی شود.

$$\begin{cases} \omega_m = \Omega_0 = \text{Const.} \\ e_a = K \phi \Omega_0 \end{cases} \rightarrow$$

* در دو سر هیچ بار الکتریکی قرار نمی دهیم (بی باری) و فقط اندازه گیری می کنیم.



(پس ماند $e_{a0} \propto$)

$$e_a = e_a(i_f, \omega_m) = K\phi(i_f)\omega_m \xrightarrow{i_f = I_f \text{ مخصوص}} \rightarrow$$

$$\left. \begin{aligned} e_a(I_f, \omega_m) &= K\phi(I_f)\omega_m \\ e_a(I_f, \Omega_0) &= K\phi(I_f)\Omega_0 \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\div} \rightarrow$$

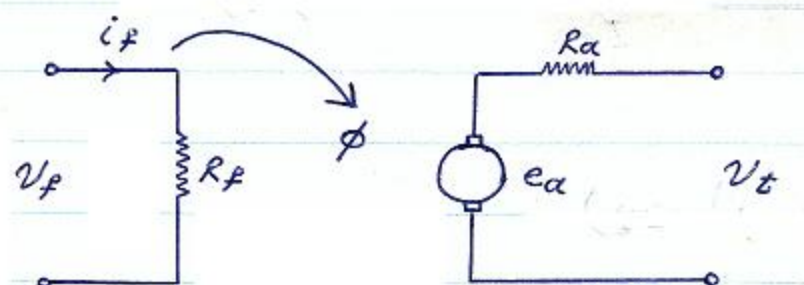
$$e_a(I_f, \omega_m) = \frac{\omega_m}{\Omega_0} e_a(I_f, \Omega_0)$$

* یعنی با فرمول فوق و نمودار داده شده می توان در هر جریان (I_f) (e_a) را برای هر (ω_m) بدست آوریم.

انواع تحریک در ماشین D.C

* بسته به این که سیم پیچ تحریک و آرمیچر با هم سری شوند، موازی شوند یا از دو منبع جداگانه تغذیه شوند سه نوع تحریک خواهیم داشت:

۱- تحریک جداگانه -



مثال - مولد جریان مستقیم . کار میسر N : ($125 V$ و $4.5 kW$)
 است . $R_a = 0.37 \Omega$ است . $\omega_{MN} = 1150 \text{ rpm}$ است . مفتاح -
 اشباع بی بار در سلیمون داده شده . رگوستای جریان تحریک -
 تنظیم شده که $(I_f = 2A)$ است . در $\omega_m = 1000 \text{ rpm}$ ، $(V_t = ?)$
 و $(I_{LN} = ?)$ است . تحریک جدا گانه است .

$$* I_L = I_a = I_{LN}$$

$$I_{LN} = \frac{4.5 \times 10^3}{125} = 36 A = I_a$$

$$* V_t = E_a - R_a I_a$$

$$E_a(2, 1000) = \frac{1000}{1150} \times E_a(2, 1150)$$

از منحنی : $126 V$

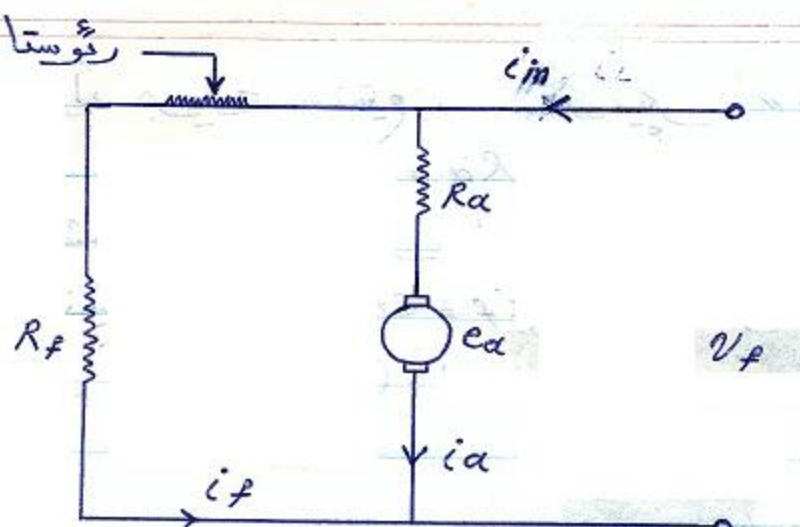
$$E(2, 1000) = \frac{1000}{1150} \times 126 = 109 V$$

$$* V(t) = 109 - (36 \times 0.37) = 96 V$$

$$P_{خوبی} = 36 \times 96 W$$

* تلفات هواره جزء توان ورودی محسوب می شود .

۲- تحریک شنت (موازی) :



$$i_{in} = i_a + i_f$$

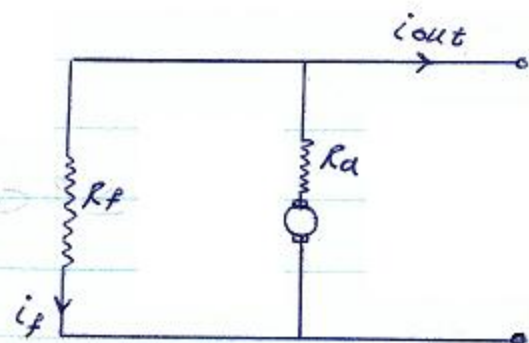
مثال - موتور شنت : $P_N = 15 \text{ kW}$ و $V_N = 230 \text{ V}$
 $N = 115 \Omega$ مقاومت کل تحریک شنت
 $N = 1 \Omega$ مقاومت آرمیچر
 $N = 1300 \text{ W}$ تلفات مکانیکی و رخنه

* مقادیر زیر را در بار نامی بیابید :
 $i_f = ?$ و $i_L = ?$
 $i_a = ?$ و تلفات $P = ?$
 $\eta = ?$

$$* i_f = \frac{230}{115} = 2 \text{ A}$$

$$* i_L = i_{in} = \frac{15 \times 10^3}{230} = 65.2 \text{ A}$$

$$* i_a = 2 + 65.2 = 67.2 \text{ A}$$



P_N : توان نامی (خروجی)

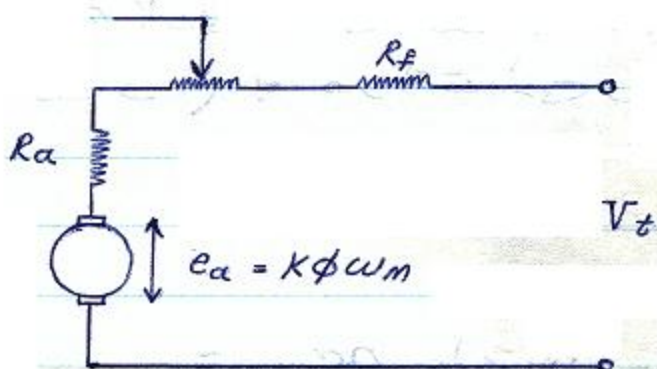
* تلفات مدار تحریک و آرمیچر $= R_f i_f^2 + R_a i_a^2 = 4976 \text{ W}$

* $\eta = \frac{15000}{15000 + 1300 + 4976} \times 100\% = 70.5\%$

جمع ۱-۱۰ (کلاس جبرانی)

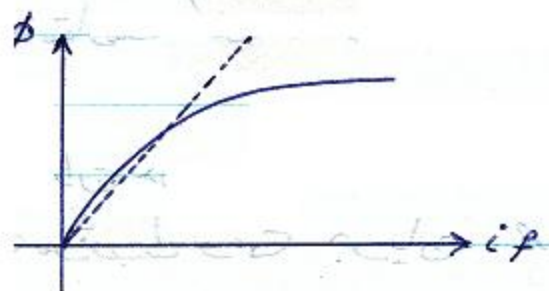
مسائل : 22, 14, 11, 5, 16.2 P

ادامه بحث موتورهای D.C



* تحریک سری :

(حالت موتوری)



$$\phi(i_f) = K_1 i_f \quad (I)$$

$$i_a = i_f = i_i$$

$$T = K \phi i_a \xrightarrow{I} T = K K_1 i_f i_a$$

در حالت سری

$$T = K_2 i^2$$

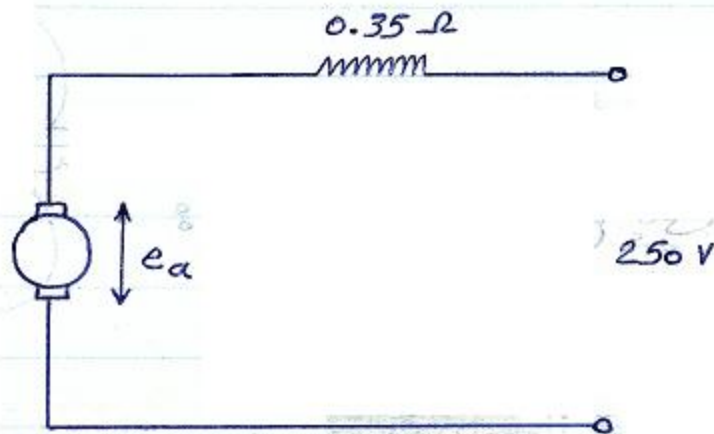
نتیجه فوق با فرض تقریب خطی بودن نمودار اشباع در حالت سری درست آمد. فرمول بالا با توجه به توان دفع جریان نشان می دهد که T همواره (+) است و این بدین معناست که موتورهای DC که بصورت سری بسته شوند می توانند با جریان AC هم کار کنند و دو منظره شوند. این نوع موتورها را (موتور اونیورسال) گویند. راندهای آن را در حالتی - که با AC کار می کند می توان با تداپیری (موتور کردن هسته روتور و استاتور و...) به حد اقتصادی رسانند.

مثال - موتور DC با تحریک سری مشخصات ذیل را دارد :

$$(0.35 \Omega = \text{مقاومت کل} \quad \text{و} \quad 600 \text{ rpm} \quad \text{و} \quad 50 \text{ A} \quad \text{و} \quad 250 \text{ V})$$

اگر شار میدان در 15 A نصف شار آن در 50 A باشد ،
سرعت این موتور را وقتی جریان 15 A از منبع 250 V -

کشیده شود و بدست آورید.



$$* \quad e_{a1} = V_t - Ri = 250 - (0.35 \times 50) \rightarrow$$

$$e_{a1} = 232.5 \text{ V}$$

در حالت اول

$$e_{a1} = K\phi_1 \omega_{m1} = K\phi_1 \times 600 \times \frac{2\pi}{60} \quad (1)$$

$$e_{a2} = 250 - (0.35)(15) = 244.75 \text{ V}$$

$$e_{a2} = K\phi_2 \omega_{m2} \quad (2)$$

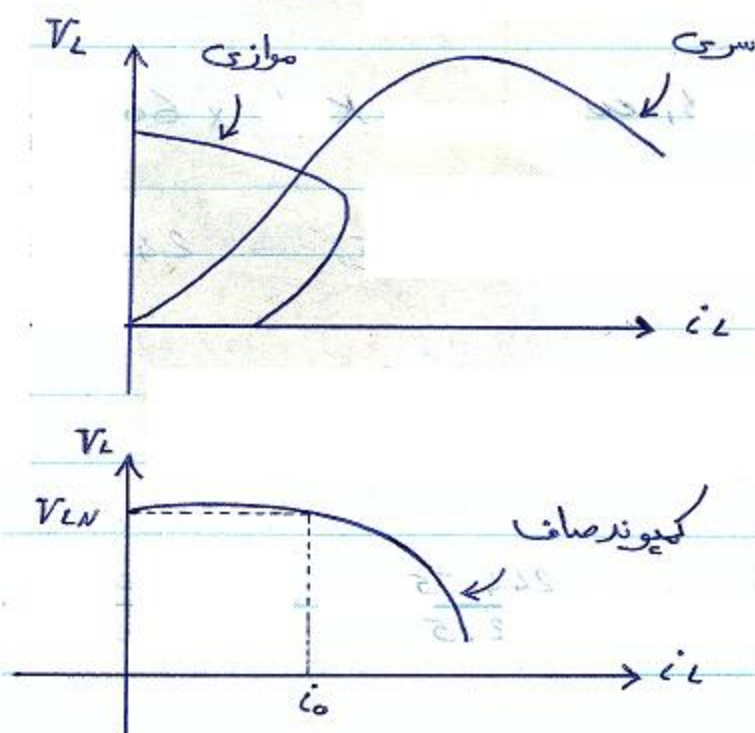
$$(2) \div (1) \rightarrow \frac{244.75}{232.5} = \frac{K\phi_2 \omega_{m2}}{K\phi_1 \omega_{m1}} = \frac{1/2 K\phi_1 \omega_{m2}}{K\phi_1 \omega_{m1}}$$

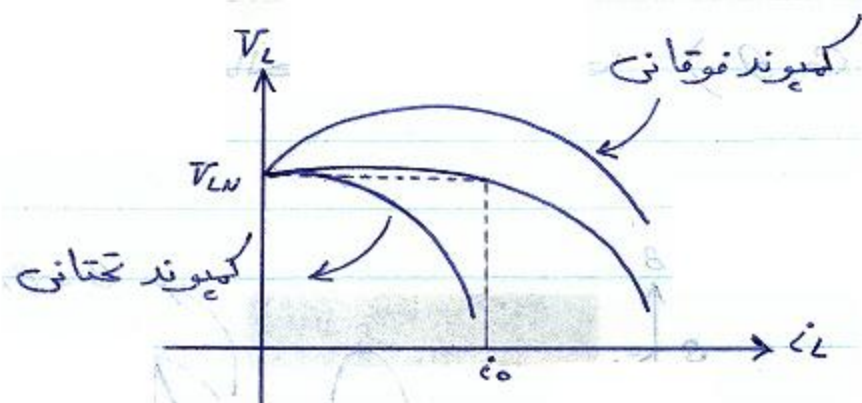
$$\omega_{m2} = \frac{244.75}{232.5} \times 2\omega_{m1} = 1263 \text{ rpm}$$

تحرک مختلط
Compound

قسمتی از سیع پیچی تحرک را با قسمتی از سیع پیچی ۲ آر میجر سری می کنند و قسمتی را موازی می کنند. چون حالت - سری و موازی هر کدام مزایایی دارد و با ترکیب متناسب ۲ آنها می توان از مزایای هر دو بهره برد. این عمل اغلب در حالت - ژنراتوری استفاده می شود.

در حالت ژنراتوری :





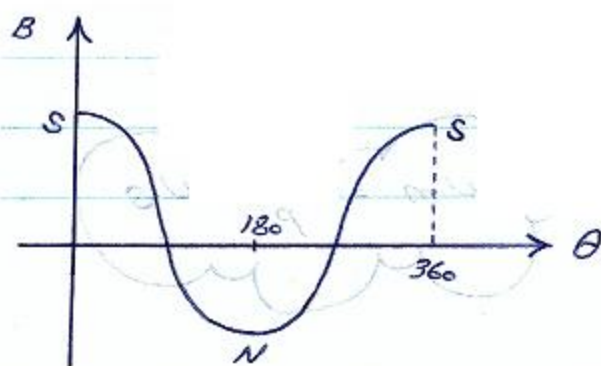
* کمپوند صاف بهترین حالت است (تا حدود جریان s_0 ولتاژ منبع ما تقریباً ثابت می ماند). اگر بیشتر سری کنیم کمپوند فوقانی و اگر بیشتر موازی کنیم کمپوند تحتانی می شود.

* در تحریک جداگانه اگر دو سرآرمیگر را برعکس کنیم جهت پرخش عکس خواهد شد (چون جهت جریان ۲ میگر و استاتور عکس می شود). در حالت سری و پشت چون تغییر جهت جریان Rotor و Stator باهم انجام می شود این عمل اتفاق نخواهد افتاد.

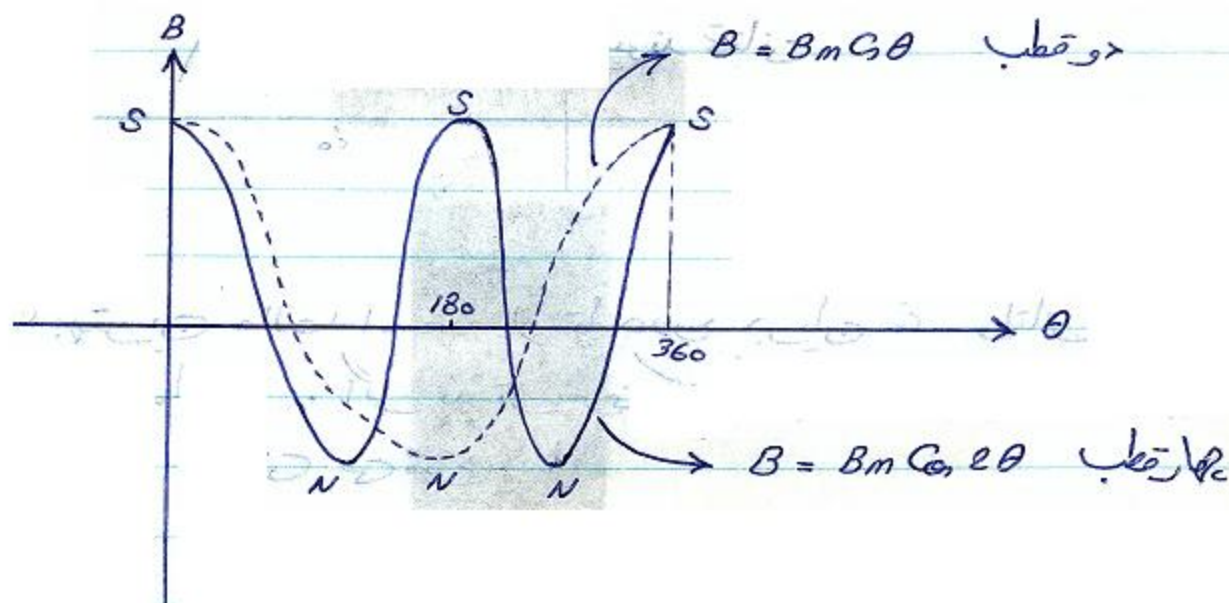
موتورهای القائی سه فاز

$$\omega_s = \omega_r + \omega_m$$

* در حالت دو قطب :



نمودار فوق توزیع شار در حالت دو قطب است ($B = B_m \cos \theta$)



پس در حالت P قطب
(P جواره + است)

$$B = B_m \cos \left(\frac{P}{2} \theta \right)$$

$$B \text{ (کل دوار)} = B_m \cos \left(\omega_s t - \frac{P}{2} \theta \right)$$

$$\omega_s t - \frac{P}{2} \theta = 0$$

→

$$\theta = \frac{2}{P} \omega_s t$$

سرعت سنکرون و سرعت میدان
دوار استاتور

→

$$\omega_m = \frac{2}{P} \omega_s$$

در ماشین القائی :

$$\omega_m = \frac{2}{p} (\omega_s - \omega_r)$$

سرعت میدان دوار روتور نسبت به استاتور ω_s ، سرعت میدان دوار استاتور نسبت به خود روتور ω_r

مثال - ماشین القائی سه فاز با مشخصات زیر داریم :

60 Hz ، سرعت در بار نامی 840 rpm ، سرعت در بی باری 900 rpm

- | | |
|---|---|
| الف - تعداد قطبها
ب - فرکانس جریان القائی به Rotor در بار کامل
ج - سرعت گردش میدان Rotor در بار کامل (۱- نسبت به خود Rotor ، ۲- نسبت به Stator) | } |
|---|---|

(الف)

$$900 \text{ rpm} = \text{سرعت سنکرون} = \frac{2}{p} \omega_s$$

$$\omega_s = 60 \times 2\pi = 120\pi \text{ rad/s} = 3600 \text{ rpm}$$

$$900 = \frac{2}{p} \times 3600 \rightarrow \boxed{p = 8}$$

* در ماشین القایی Max سرعت و سرعت سنکرون است.

(ب) $840 \text{ rpm} = \frac{2}{8} (3600 - n_r) \rightarrow$

$$n_r = 240 \text{ rpm}$$

$$f_r = \frac{240}{60} = 40 \text{ Hz}$$

(ج - ۱) $n_r = 240 \times \frac{2}{8} \text{ rpm} = 60$ (نسبت به خود Rotor)

(ج - ۲) نکته: $(840 + 60 = 900)$ 900 rpm

* چون هم استاتور و هم روتور باید نسبت به ناظر خارجی با سرعت سنکرون بچرخند پس سرعت میدان دوار - Rotor نسبت به Stator (ناظر خارجی) همان سرعت سنکرون 900 rpm است.

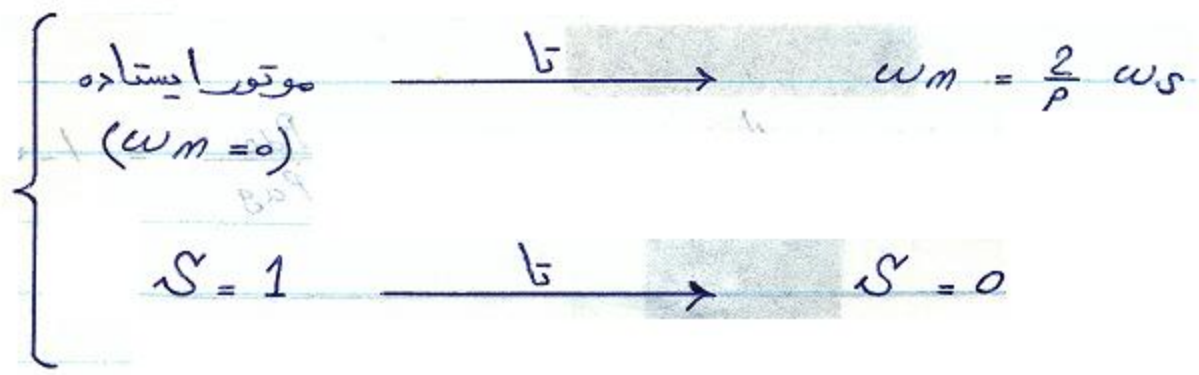
لغزش در موتورهای القایی (س)

$$s = \frac{\omega_r}{\omega_s}$$

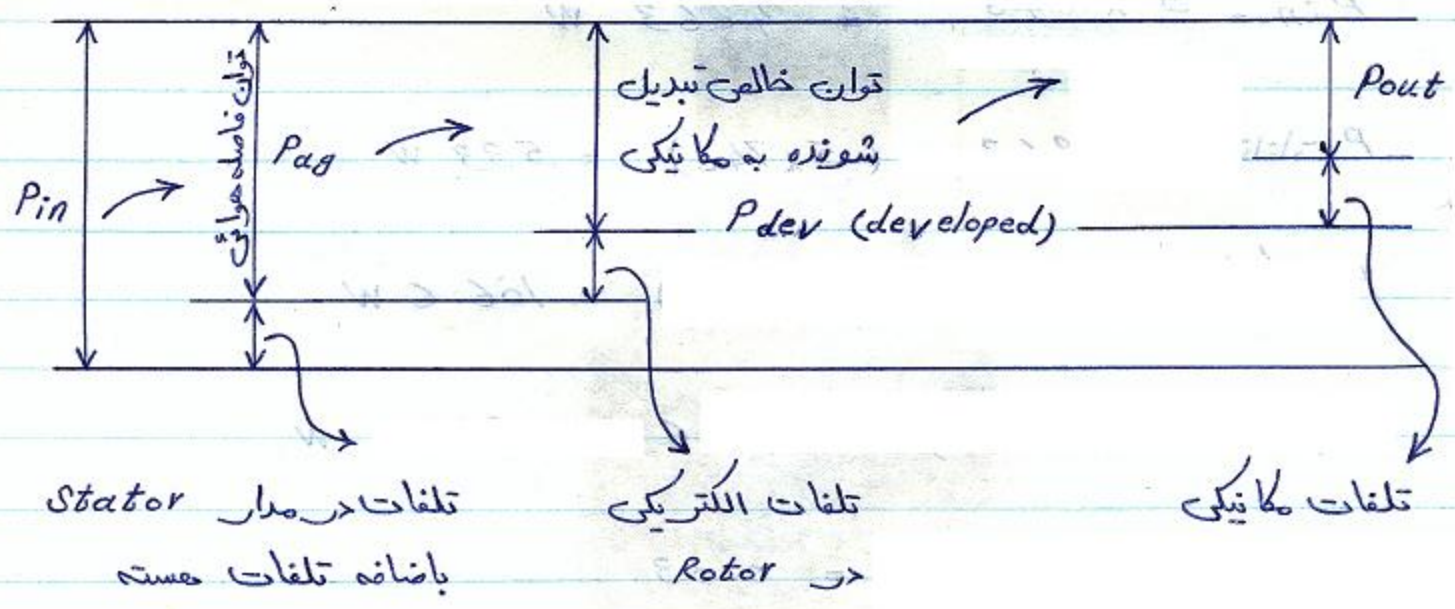
در حالت موتوری هواره $(1 \leq s)$ است.

$$* \quad S = \frac{\frac{2}{p} \omega_s - \omega_m}{\frac{2}{p} \omega_s}$$

سرعت سنکرون



بحث توان :



$$P_{dev} = T_{dev} \omega_m$$

$$P_{ag} = \underbrace{(1-s) P_{ag}}_{P_{dev}} + \underbrace{s P_{ag}}_{\text{تلفات در مدار Rotor}}$$

اگر اول تلفات استاتور و تلفات مکانیکی
صرف نظر شویم. $\eta_{max} = \frac{P_{dev}}{P_{ag}} = 1-s$

مثال - موتور با مشخصات بار نامی (60Hz, 5hp, 1740 rpm) و $\eta = 87.5\%$ و تلفات مکانیکی = 20% کل تلفات و $P=4$ توان ورودی چقدر است؟ (در بار کامل) و لغزش در بار کامل؟ P_{ag} در بار کامل؟

$$* P_{in} = \frac{5 \times 746}{0.875} = 4263 \text{ W}$$

$$P_{\text{تلفات}} = 4263 - (5 \times 746) = 533 \text{ W}$$

$$P_{\text{تلفات مکانیکی}} = 20\% (533) = 106.6 \text{ W}$$

$$P_{dev} = (5 \times 746) + 106.6 = 3837 \text{ W}$$

$$* s = \frac{1800 - 1740}{1800} = 0.03$$

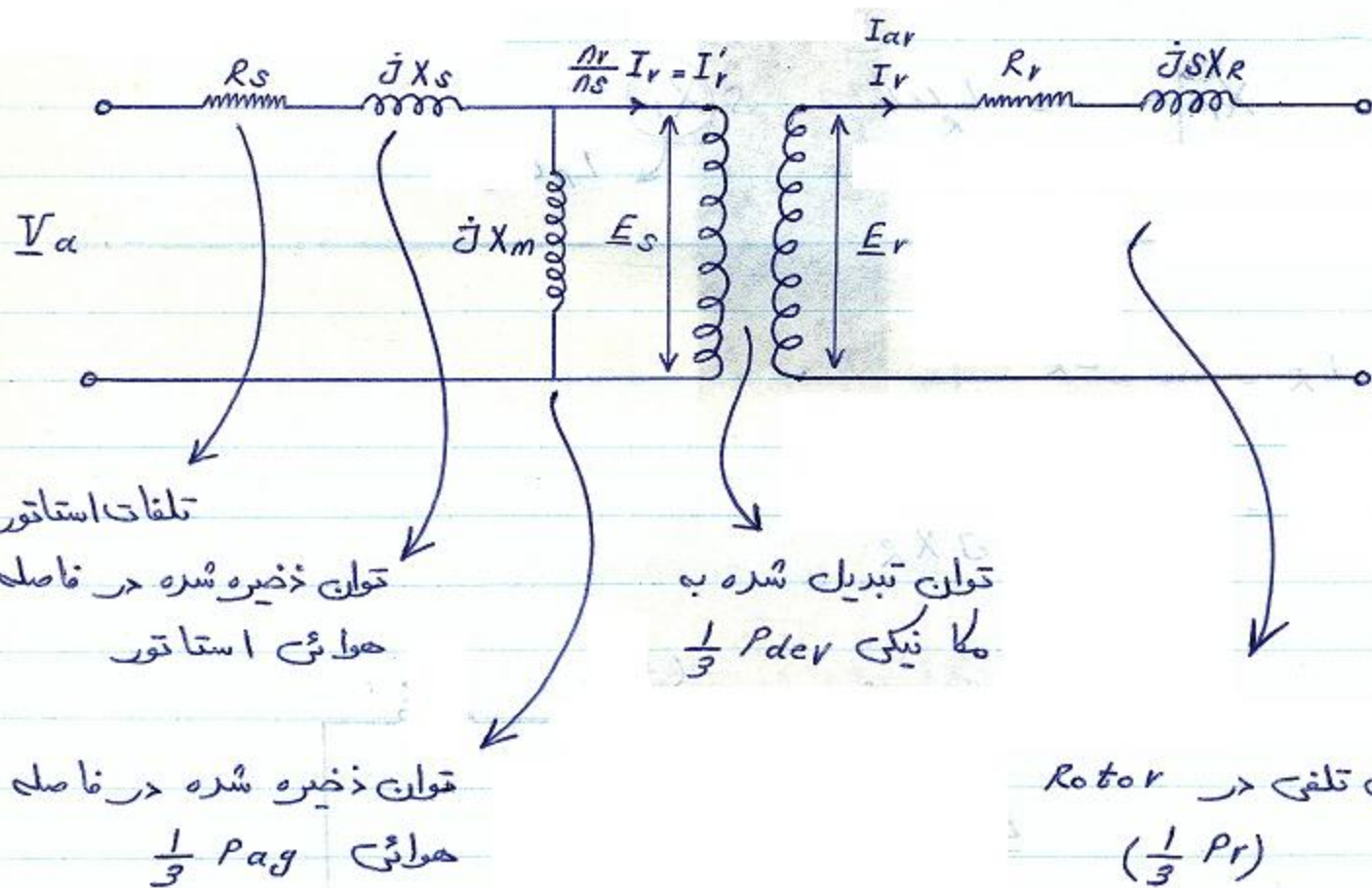
$$P_{dev} = (1-s) P_{ag} \longrightarrow P_{ag} = \frac{1}{1-s} P_{dev}$$

$$* P_{ag} = \frac{1}{1-0.03} \times 3837 = 3969 \text{ W}$$

$$P_R \text{ تلفات } \rightarrow \text{ روتور} = 5 \times 3969 = 132 \text{ W}$$

$$\eta_{\max} = 96\%$$

مدار معادل موتور القای سه فاز :



$$P_{ag} = P_{dv} + P_R$$

* مدار فوق برای یک فاز ربع شده و لذا $(\frac{1}{3})$ ظاهر شده است.

$$\frac{E_s}{E_r} = \frac{n_s}{n_r} \rightarrow$$

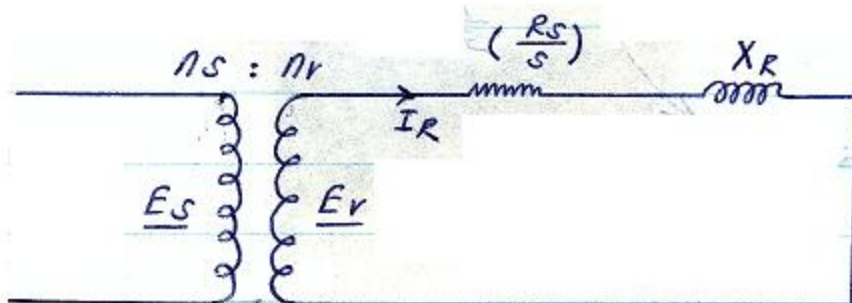
$$E_r = S \frac{n_r}{n_s} E_s$$

* درست است (X) بر حسب ω_r حساب شده و درست چپ
بر حسب ω_s و چون $\omega_r = S \omega_s$ پس

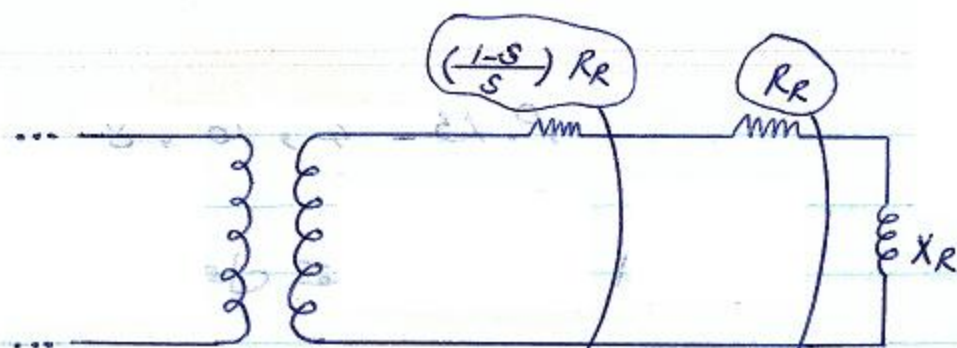
$$X_r \Big|_{\omega_r} = L_r \omega_r = S \underbrace{(X_r)}_{L_r \omega_s}$$

$$I_R = \frac{E_R}{R_R + j S X_R}$$

$$I_R = \frac{E_R / S}{R_R / S + j X_R}$$



$$\frac{E_s}{E_r/s} = \frac{n_s}{n_r}$$

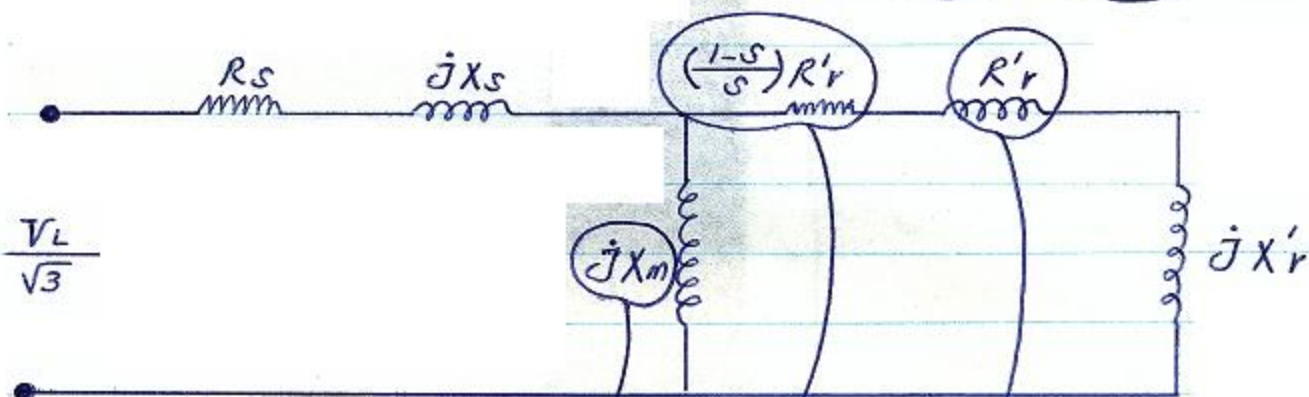


نمایند توان خالص تبدیل شده به مکانیکی P_{dev}

«توان تلفی در Rotor»

حالت نهائی ساده شده :

$$V_a = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$$



(نمایند P_{ag})

(نمایند P_{dev})

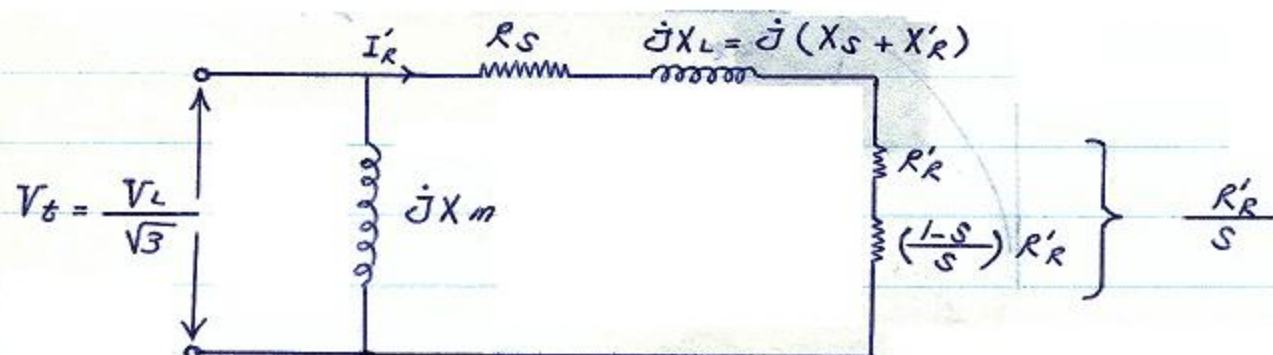
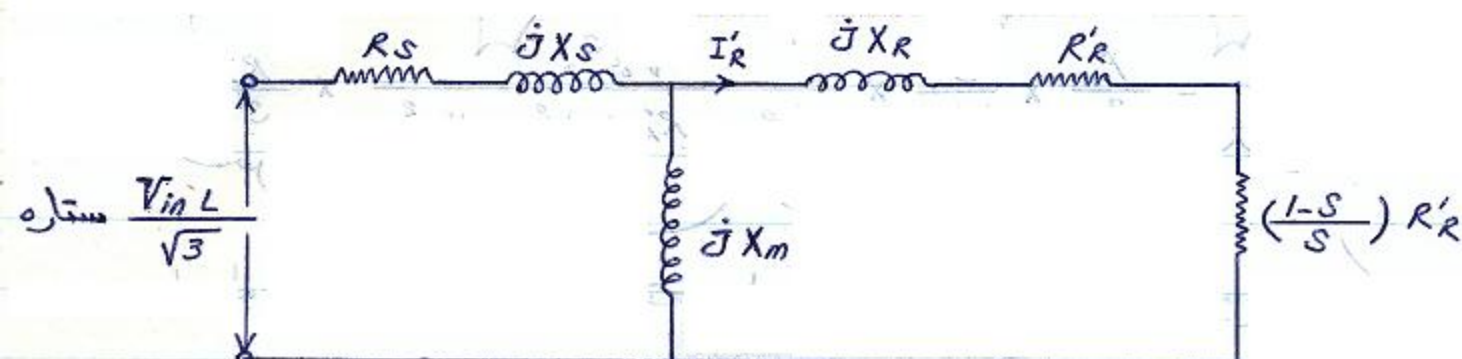
(نمایند P_R تلفی)

$$\begin{cases} X'_r = \left(\frac{n_s}{n_r}\right)^2 X_r \\ R'_r = \left(\frac{n_s}{n_r}\right)^2 R_r \end{cases}$$

$V_a = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$ با فرضی ستاره بدست آمده اما با فرضی مثلث هم فرق نخواهد کرد.

مسائل - 8 و 10 و 4 - P. 15

(در مسئله 4 نقطه کار علی تقاطع دو منحنی است.)



توان تلفات مسی Rotor : $P = R'_r I'^2_r$

توان تبدیل شده به مکانیکی : $P_{dev} = \left(\frac{1-s}{s}\right) R'_r I'^2_r$

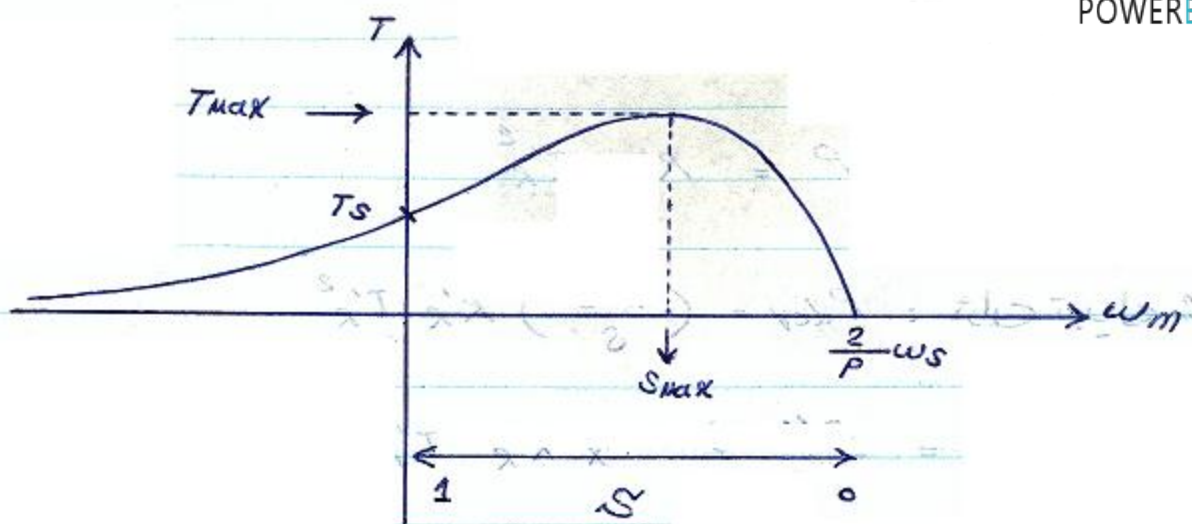
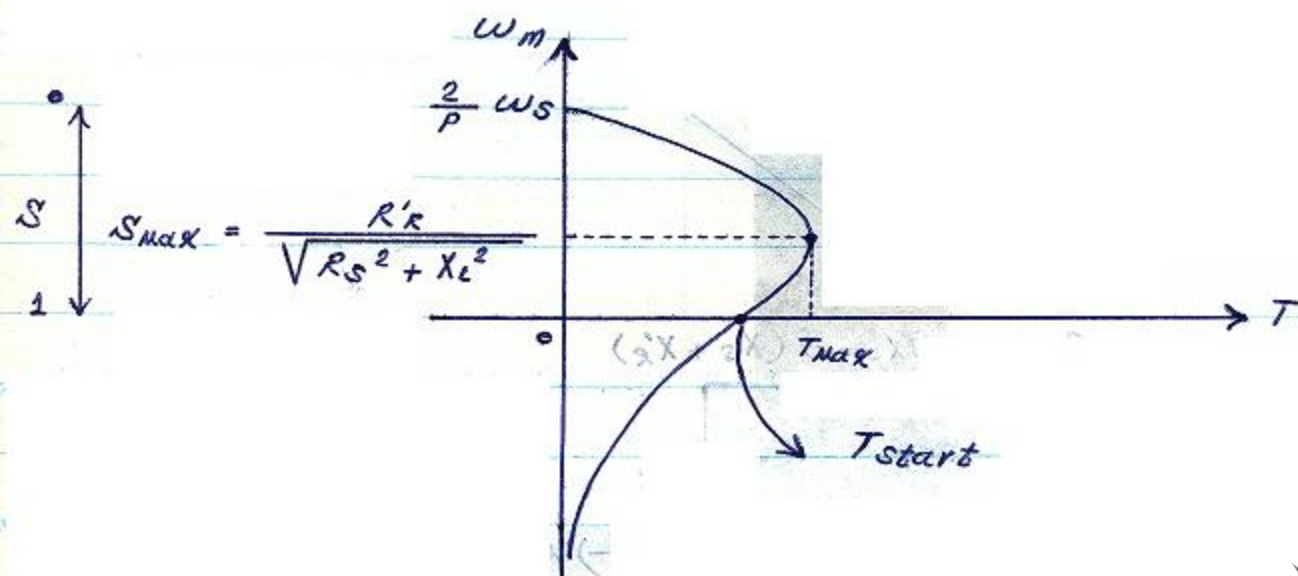
$T_{dev} = \frac{3P_{dev}}{\omega_m} = \frac{3(1-s)}{s\omega_m} \times R'_r I'^2_r$

$I'_r = \frac{V_t}{\sqrt{(R_s + R'_r/s)^2 + X_L^2}}$

$$T_{dev} = \frac{P}{2} \times \frac{3}{\omega_s} \times \frac{V_t^2}{(R_s + R'_r/s)^2 + X_L^2} \times \frac{R'_r}{s}$$

* در رابطه فوق تنها (s) متغیر است و با (ω_s) تغییری کند.

$$\left(s = \frac{\frac{2}{P} \omega_s - \omega_m}{\frac{2}{P} \omega_s} \right)$$



$$* T_s = \frac{2}{p} \times \frac{3}{\omega_s} \times \frac{R'_R V_t^2}{(R_s + R'_R)^2 + X_L^2} = K_1 V_t^2$$

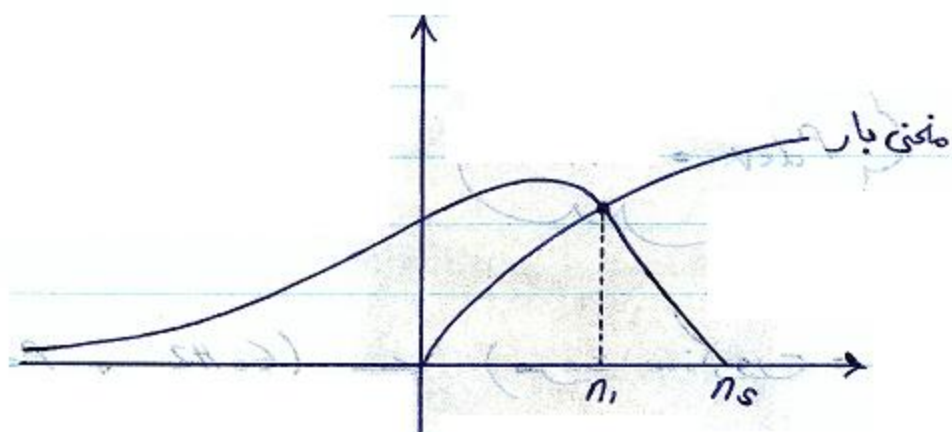
$$\omega_s = \text{cte}$$

$$R'_R = \text{cte}$$

$$* S_{\max} = \frac{R'_R}{\sqrt{R_s^2 + X_L^2}} \rightarrow$$

$$* T_{\max} = \frac{p}{4} \times \frac{3}{\omega_s} \times \frac{V_t^2}{\sqrt{R_s^2 + X_L^2 + R_s}} = K_2 V_t^2$$

$$\omega_s = \text{cte}$$



$$S = \frac{n_s - n_1}{n_s}$$

مثال 2- موتور القابض سه فاز دو قطب (60Hz ، 110V ، P=2)

$$\begin{cases} R_s = 0.22 \Omega \\ R'_R = 0.42 \Omega \\ X_L = 1.6 \Omega \\ X_m = 34 \Omega \end{cases}$$

الف - قدرت مکانیکی تولیدی در سرعت 3500 RPM :

$$s = \frac{3600 - 3500}{3600} = \frac{1}{36}$$

$$I'_R = \frac{110/\sqrt{3}}{(0.22 + \frac{0.42}{1/36} + j 1.6)} = 4.1 \angle -6^\circ$$

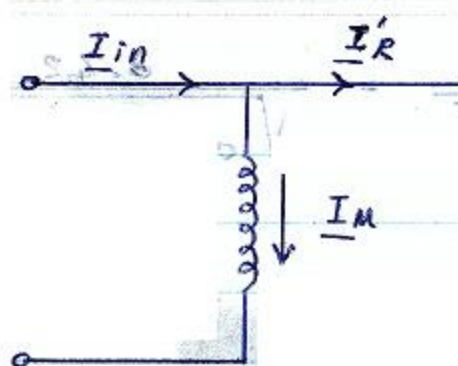
$$P_{dev} = 3 \times R'_R \left(\frac{1-s}{s} \right) I_R'^2 = 3 \times 0.42 \times \left(\frac{1-1/36}{1/36} \right) \times 4.1^2$$

$$P_{dev} = 741 \text{ W}$$

* چون (P=2 و 60Hz) ← (سرعت سنکرون = 3600)
* 110V ولتاژ خط است.

ب - توان ورودی و ضریب توان ورودی :

$$\underline{I}_{in} = \underline{I}_m + \underline{I}'_R$$



$$* \quad \underline{I}_{in} = \frac{110/\sqrt{3}}{jX_m} + 4.1 \angle -6^\circ$$

$$* \quad \underline{I}_{in} = 1.87 \angle -90^\circ + 4.1 \angle -6^\circ = 4.68 \angle -30^\circ$$

$$\text{ضریب توان} = \cos(-30^\circ) = 0.87$$

$$\text{توان ورودی} = 3 \times \frac{V_L}{\sqrt{3}} \times \underline{I}_{in} \times \cos \phi$$

$\uparrow$
 V_P

$\uparrow$
 I_P

$$= 3 \times \frac{110}{\sqrt{3}} \times 4.68 \times 0.87 = 777 \text{ W}$$

ج - گشتاور Max (شکست) را بیابید و بگویید در چه سرعتی رخ می دهد ؟

$$S_{\max} = \frac{R'_R}{\sqrt{R_S^2 + X_L^2}} = \frac{0.42}{\sqrt{0.22^2 + 1.6^2}} = 0.26$$

$$S_{\max} = \frac{3600 - n_{T\max}}{3600} = 0.26 \rightarrow$$

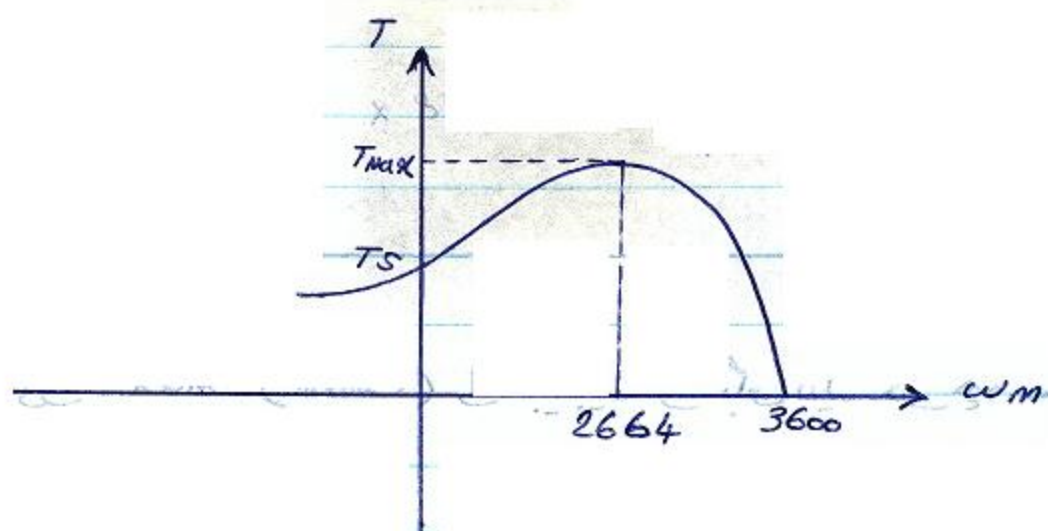
$$n_{T\max} = 2664 \text{ rpm}$$

$$T_{\max} = \frac{3}{120R} \times \frac{2}{4} \times \frac{(110/\sqrt{3})^2}{\sqrt{(0.22)^2 + (1.6)^2 + 0.22}} = 8.75 \text{ N.m}$$

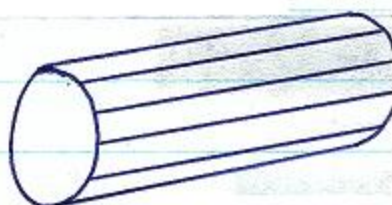
→ گشتاور راه انداز را بیابید.

$$T_S = \frac{3}{120R} \times \frac{2}{2} \times \frac{0.42 (110/\sqrt{3})^2}{(0.22 + 0.42)^2 + 1.6^2} = 4.54 \text{ N.m}$$

$$S = 1 \rightarrow n_{T_S} = 3600$$

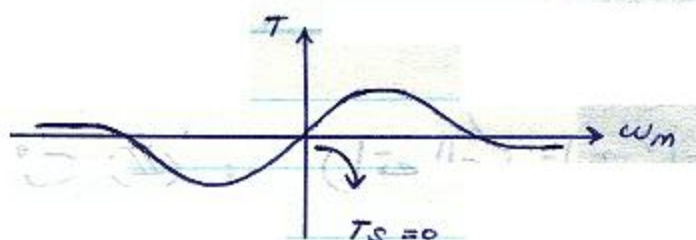


ماشین القاعی قفس سنجابی



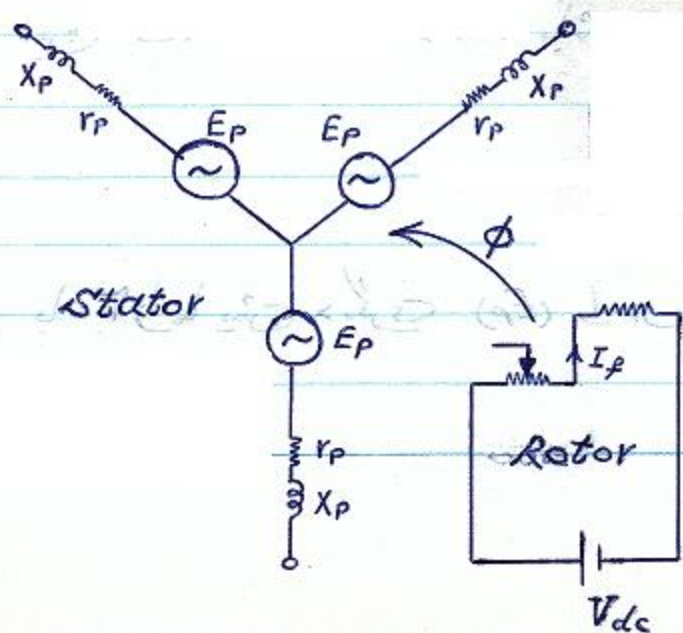
* این گونه روتورها
سیم پایی ندارند
و دارای یکسری
شیارهای هادی هستند.

* اکثر لوازم خانگی موتورهای تک فاز القاعی دارند که نیاز به راه اندازی دارند و روشهای راه اندازی بصورت زیر است :



- ۱ - خازنی
- ۲ - سیم پیچ کلکی
- ۳ - قطب شکافدار

رؤنراتور سنکرون :

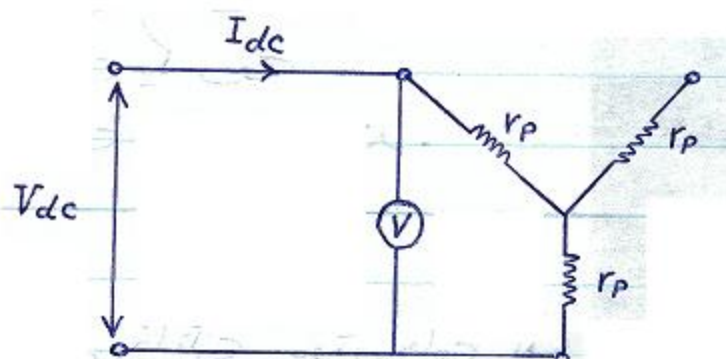


$$\omega_m = \frac{2}{p} \omega_s$$

$$Z_p = \sqrt{r_p^2 + X_p^2}$$

امپدانس سنکرون

* آزمایش (I) :

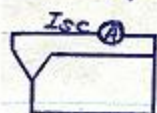


$$\frac{V_{dc}}{I_{dc}} = 2r_p \rightarrow r_p$$

* آزمایش (II) : (اتصال کوتاه ژنراتور سنکرون)

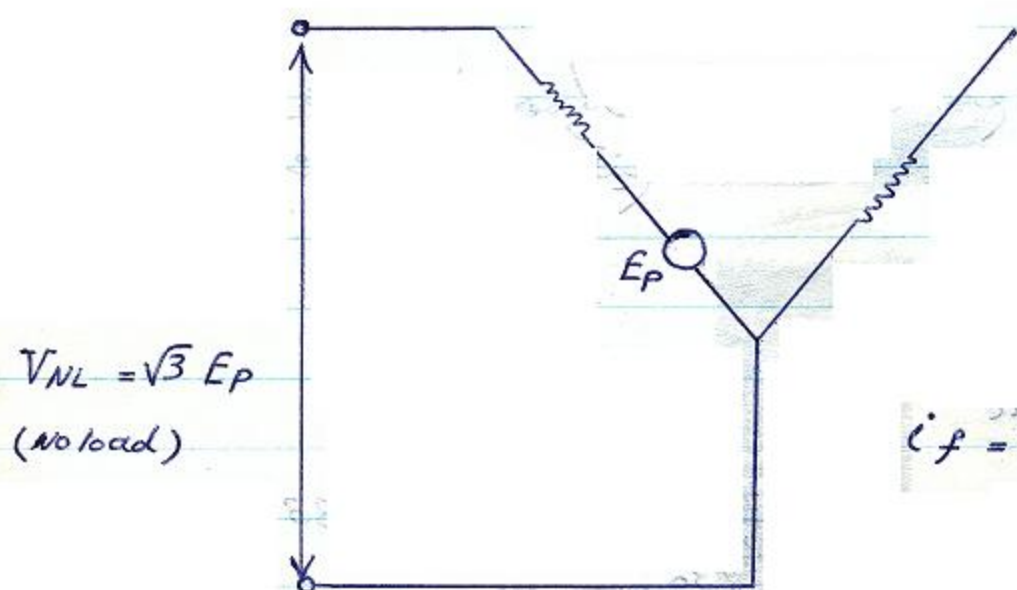
* برای نسوختن سیم پیچها ابتدا به کمک رُئوسا (I_p) را از ۵ شروع می کنند و کم کم I_p را زیاد می کنند تا (I_{sc}) مقدار قابل توجهی مثلاً جریان نامی شود. ۲ نگاه I_p و I_{sc} را یادداشت می کنیم. اگر در این لحظه (E_p) را داشته باشیم :

$$(Z_p = \frac{E_p}{I_{sc}})$$



* با آزمایش دیگری (E_p) را در حالت فوق اندازه می گیریم.

* آزمایش (III) : (آزمایش بی بار)



آزمایش قبل $I_f = I_f$

$$Z_p = \frac{\frac{V_{NL}}{\sqrt{3}}}{I_{sc}}$$

مثال - رزاقور سنگرون :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ولتاژ نامی ترمینال (ولتاژ خط)} = 230 \text{ V} \\ \text{توان نامی} = 30 \text{ KVA} \\ \text{نوع اتصال} : \Delta \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{آزمایش اتصال کوتاه} - I_f = 23 \text{ A} \text{ و } I_L = \text{جریان نامی} \\ \text{آزمایش بی بار} - V = 63 \text{ V} \text{ و } I_f = 23 \text{ A} \\ \text{آزمایش مقاومت} - V_{dc} = 3.6 \text{ V} \rightarrow I_{dc} = 28 \text{ A} \end{array} \right.$$

* مقاومت، راکتانس و امپدانس هر فاز را بیابید.



توجه - با فرضی ستاره هم کارها را انجام می دهیم و بعد جوابها را برای مثلث تبدیل می کنیم :

$$\begin{cases} r_p = \frac{1}{2} \frac{V_{dc}}{I_{dc}} = 0.0643 \, \Omega \\ z_p = \frac{63/\sqrt{3}}{I_{Ln}} = \frac{63/\sqrt{3}}{\frac{30 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 230}} = 0.483 \, \Omega \\ x_p = \sqrt{z_p^2 - r_p^2} = 0.479 \, \Omega \end{cases}$$



* پس اعداد بدست آمده را ضرب ببر (3) می کنیم تا جوابهای مسئله حاصل شود.