

بسمه تعالی

نام جزوه: ماشین های الکتریکی 1

نام استاد: دکتر لسانی

دانشگاه: تهران



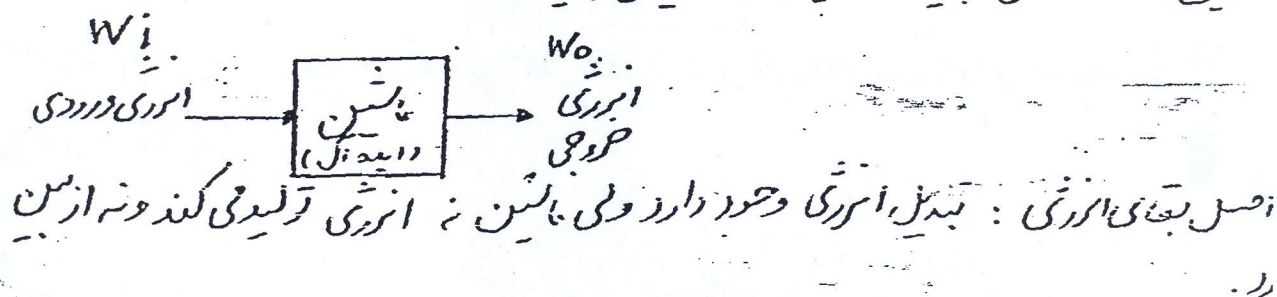


## ماشینهای الکتریکی

Selmon	{	۱- مدارهای مغناطیسی	ماشینهای الکتریکی ۱
Bimbahra → ترجمه جداول		۲- اصول تبدیل انرژی	
		۳- ماشینهای d.c	

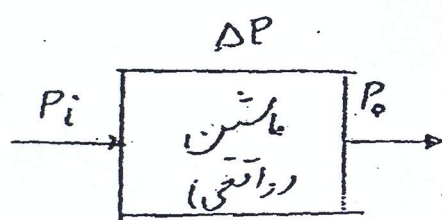
## تعاریف

ماشین: واسطه تبدیل انرژی (درست به تبدیل انرژی)



$$W_i = W_o \quad \text{اصل بقای انرژی}$$

ماشین ایده آل ماشینی است که انرژی ورودی و خروجی آن برابر است.



$$P_o < P_i$$

$$W_o < W_i$$

ماشین واقعی

$\Delta$  تلفات می باشد

$$P_i = P_o + \Delta P$$

تلفات

فقدان: انرژی تلف می شود (خوارگی)  
صاف: باید خنک شود (در بعضی موارد باید انرژی همدگر را خنک شود)

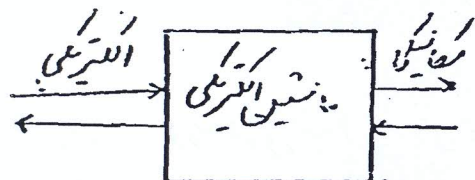
$$\eta = \frac{P_o}{P_i} = 1 - \frac{\Delta P}{P_i} < 1$$

انرژی (رانندگی)  
تأخیر برقی

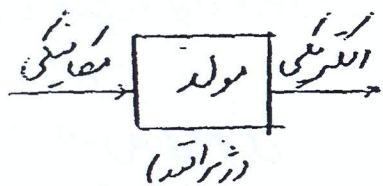
$$\frac{P_o}{P_o + \Delta P}$$

- ماشینهای الکتریکی  
- ماشینهای الکترومکانیکی

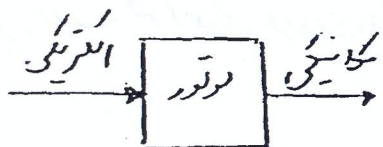
• **الکترونیک:** واسطه‌ای است که یک طرف آن (ورودی یا خروجی) الکتریکی است.  
اصطلاح فیزیکی: هر وسیله‌ای که تبدیل انرژی صورت دهد ماشین است.  
اصطلاح مهندسی: ماشین وسیله‌ای است که در آن حرکت (مکانیکی) وجود داشته باشد.



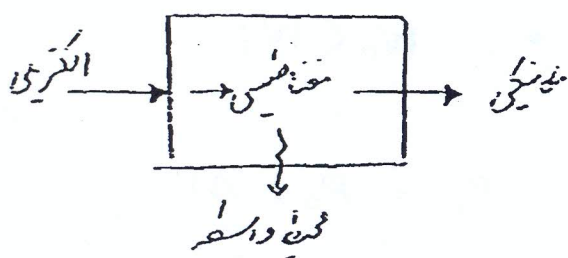
• خاصیت محسوس پذیری: جهت انرژی در ماشین‌های دارای این خاصیت محسوس پذیرند. برای الکتریکی محسوس پذیرند.



• مولد (ژنراتور)

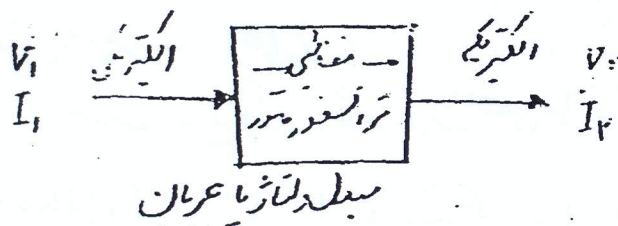


• موتور



• جریان الکتریکی تغنیطیسی

• ترانسفورماتور:



در میان ماشین‌های الکتریکی قرار دادن می‌شود  
گرچه انرژی مکانیکی در آن وجود ندارد.

## در تجهیزات ماشینهای الکتریکی

فلسفه پذیرایی  
مازده با (نسبت به انواع دیگر ماشینها)  
مقایسه با سیرتس ترین اندرغ ماشین های غیر الکتریکی که حداکثر به رانندگان بزرگ می رسند مستند  
به مالرو ضعیف به مازده ۹۹۱ هم می رسد.

قابلیت کنترل و  
در جریان و قدرت آنها و همچنین سرعت و تعدادشان قابلیت کنترل بسیار بالایی دارند.

عدد وسیع قدرت  
بها و اندازه های بسیار زیاد تا اندازه کم و قدرتهای بزرگی دارند.  
تا خیر گذاری کم رنگی هستند.

کاربرد های ماشین های الکتریکی  
دارد ماشین های الکتریکی در سیستم انرژی شخصی می شوند.

سیستم انرژی  
در دسته منبع انرژی کلان وجود دارد که در طبیعت وجود

انرژی های خفای  
۱- برفش هستی  
۲- برفش هسته ای  
۳- منابع آبکی

انرژی های (بسیار کم وجود دارد) که بصورت کلان مورد  
در آراء نمی گیرند و آنها را انرژی های تبدیل پذیر نمی نامند.

۱۴ انرژی باد

۱۵ انرژی امواج

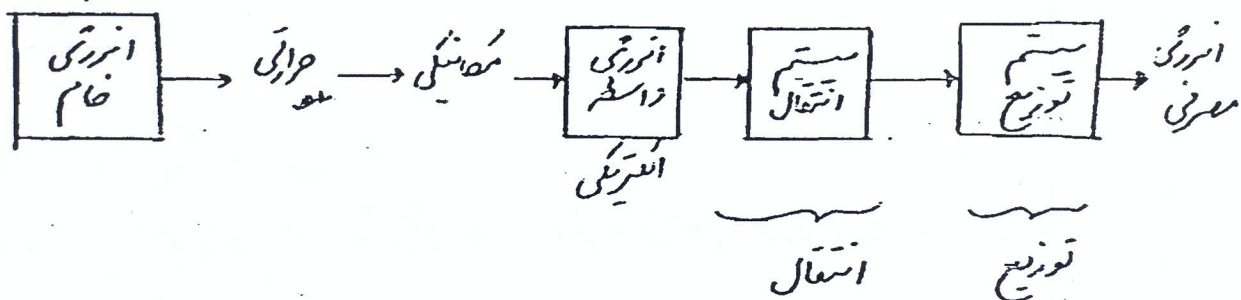
رنگی خورشیدی

رنگی زمین گرمایی

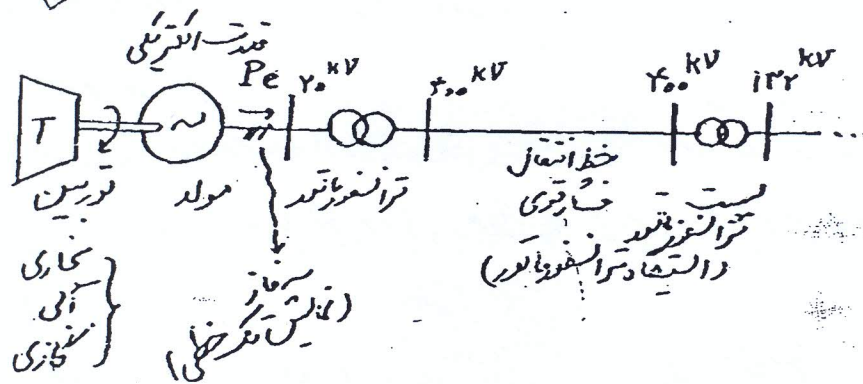
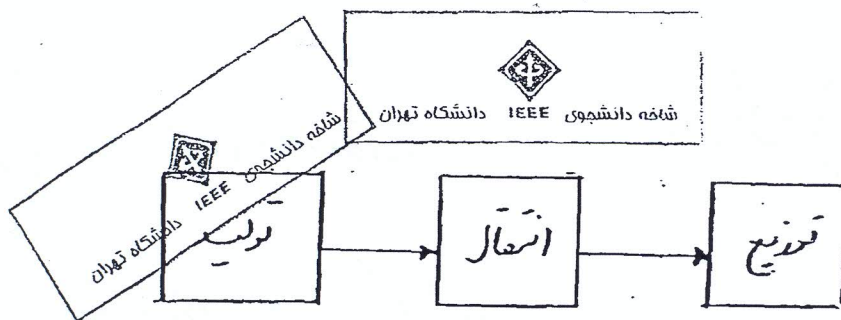
رنگی حثه نوید

انرژی ها تبدیل به نوعی انرژی واسطه تبدیل می شود که آن را انرژی الکتریکی انتخاب  
انرژی های خفای - تسخیر می کنند و حرارتی تبدیل می شود به انرژی واسطه تبدیل می شوند.





4. انرژی الکتریکی به عنوان واسطه انتقال سهولت را دارد. با مقدار کم، به راحتی و به سرعت زیاد می تواند فرستاده شود. (سرعت آن در حد سرعت نور است.)  
 به علاوه با تلفات کم، کنترل خوب، ایست زلزله ای اندک و در برش است.  
 مازده بالا



تم قدرت

رقی (دولت رقی)

د. الکتر علی

کند  $1000^k$  و  $1000^k$

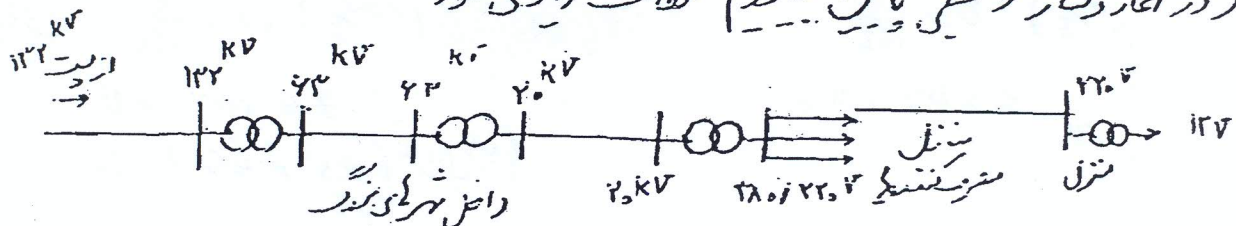
تضعیف

۱۔ اے اللہ! میں نے آمین کہہ کر دیکھ

گفتند که ای اگهی است.

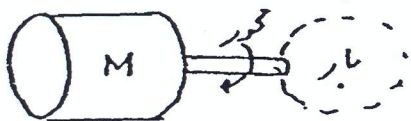
تائید با این فرستادن و لحاظ رحم رستگارها بزرگ می شود.

من اصدق وکنه مرحله به مرحله است چون مظهر کنندگی است و اندر حاصله می زیادهای دارند  
نزد آغاز و در احوال پائین می بینیم تفاوت زیادهای شود



سیستمهای جدید Powerformer ها از ترانسفورهای عظیم که قبلاً فقط در نیروگاهها و مراکز صنعتی بزرگ استفاده میشدند، اکنون در مراکز صنعتی کوچک و متوسط نیز استفاده میشوند. این ترانسفورهای جدید با استفاده از مواد جدید و طراحی بهینه، توانایی انتقال انرژی را با کمترین تلفات و با ابعاد کوچکتر و وزن کمتری فراهم میکنند. این امر باعث میشود که این ترانسفورها در صنایع مختلف، از جمله صنایع غذایی، دارویی، شیمیایی و فلزی، به طور گسترده استفاده شوند.

خداوند ما را در این که در این صفت که می گوید بسیار زیاده است. تنوع بسیار زیادی در این  
وجود دارد و هر یک از انواع کاربرد خاصی دارند.  
چنانچه نمودار فوق حالت برتری و صفت را دارند.



• انتقال قدرت  
• بازخانی آن چیزی است که باید فرض کنید.  
• مثلاً یک موتور یک

موتور الکتریکی به دو حالت کار می‌کند - صنعتی - کش درونی  
(معرف انرژی الکتریکی) ← روشانی

• موتورهای خطی که بسیار ترید شده اند موتورهای خطی هستند حرکت چرخشی ندارند  
(مثلاً یک فنر استنداب و یا چیل و فنل و قطارهای برقی و یا ترن‌های هواپیما روی کرانه  
تأه‌های هواپیما بر)

$$1 \text{ h.p} = 744 \text{ W} \quad \text{اسب‌بخار} \quad \text{واحد توان مکانیکی}$$

تجدید را

حرکت مستقیم الخط

مسافت  $x$  (m)

سرعت  $v = \frac{dx}{dt}$  (m/s)

$$x = vt + x_0$$

حرکت دورانی

مسافت زاویه‌ای  $\theta$  (rad)

سرعت زاویه‌ای  $\omega = \frac{d\theta}{dt}$  (rad/s)

$$\theta = \omega t + \theta_0$$

• (در مهندسی حرکت را با  $N$  دور بر ثانیه (در یک ثانیه) بیان می‌کنند)  
 $r.p.s$   $r/s$

دور بر دقیقه  $r.p.m$   $r/min$

$$r.p.s = \frac{r.p.m}{60}$$

$$\omega = 2\pi N \quad (N = \frac{\omega}{2\pi})$$

• فرکانس  $f$  (Hz)  $\frac{\text{Cycle}}{s}$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} \text{ rad/sec}^2$$

$$\vec{T} = J \vec{\alpha}$$

تورق  $\rightarrow$  چرخشی  $\rightarrow$  تسار

• وقتی که دور موتور یک دور بر ثانیه باشد  
دور در دقیقه وجود می‌آید پس اگر دور در ثانیه  
بخواهیم دور در دقیقه را بدست آوریم  
فرکانس چرخش  $\times 60$  می‌شود.

$$a = \frac{dv}{dt} \text{ m/s}^2$$

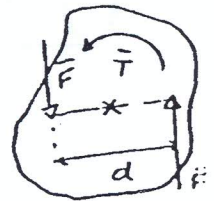
$$\sum \vec{F} = m \vec{a}$$



$$\vec{T} = \vec{F} \times \vec{d} \quad (\text{Nm})$$



در اینجا نیرو (کرپل)



$$T = Fd$$

در اینجا  $W = \int F \cdot dx$  (ج)  $\vec{T}$  مستقیم الخط

$$W = \int \vec{T} \cdot d\theta$$

پس  $P = \frac{dW}{dt} = \left( \frac{d}{dt} W \right) \xrightarrow{\text{KW MW}} F = \text{Const.} \rightarrow P = \frac{d}{dt} (F \cdot x) = F \frac{dx}{dt}$

$T = \text{const} \rightarrow P = \frac{d}{dt} (T \cdot \theta) = T \frac{d\theta}{dt} = T\omega$

$$P = T\omega \quad , \quad T = \frac{P}{\omega}$$

$$T = \frac{dW}{d\theta}$$

$$T d\theta = dW$$

$$\Rightarrow \frac{T d\theta}{dt} = \frac{dW}{dt} = P$$

$$\Rightarrow T\omega = P$$

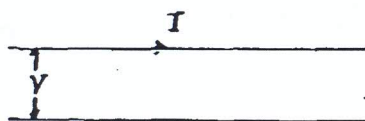
$W = P \cdot t \xrightarrow{\text{KW}} h$   
(kWh) = واحد انرژی الکتریکی



تور (مقاوم)  
تور (مقاوم)  
تور (مقاوم)

$$T - T_L = J \frac{d\omega}{dt}$$

معادله دینامیکی جسم گردان در حرکت دینامیکی  
تور محرک و مقاوم همیشه برصفت هم است.



مقاومت توان متناسب با مربع طول است.

$$\Delta P = I^2 R = R \left( \frac{P}{V} \right)^2$$

$$P = VI$$

$$I^2 = \frac{P^2}{V^2}$$

$$\Delta P \propto \frac{1}{V^2}$$

$$P \text{ (MW)} \rightarrow V \text{ (KV)}$$

$$\Delta V = RI$$

توجه: برای سیستم های قدرت:  $f = 50 - 60 \text{ Hz}$

قوانین الکترودینامیکی ماکسول

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

$$\left( \frac{V}{I} \right)^2 L = \frac{V^2}{I^2}$$

$$P = VI$$

$$\uparrow P = T \frac{d\omega}{dt}$$

$$T = \frac{dW}{dt} = \frac{P}{\omega}$$

(۱) قانون آمپر - قانون بیوسوار

(۲) قانون نیروی لورنتز - لایپلاس

(۳) قانون فارادی - نتر

قانون آمپر - بیوسوار

ایجاد میدان مغناطیسی و الکترودینامیکی بر اثر عبور جریان

$$\vec{E} \rightarrow$$

میدان الکترودینامیکی

$$\vec{F} = \pm k \frac{qq'}{d^2}$$

انرژی دارد.

این انرژی را به وسیله اعمال نیرو و حرکت نشان می دهد.

نیروهای میدانی و غیر میدانی: نیروهایی که توسط میدان ها ایجاد می شوند.

نیروی نهایی: نقطه اثر یک تپلر مستقیم بین دو جسم الکتریکی (اصطفاک)

نیاز به آن انتقال و حرکت ذرات سطحی دو جسم است.

$$F = K_1 \frac{mm'}{d^2}$$

$$F = \pm k_r \frac{qq'}{d^2}$$

$$F = \pm K_3 \frac{MM'}{d^2}$$

نیروی جاذبه

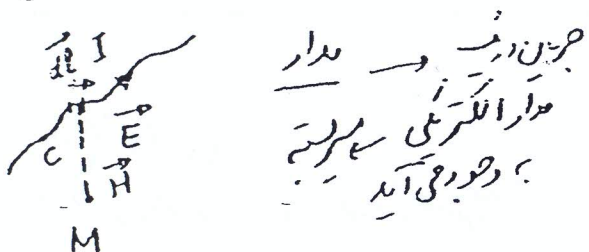
الکتریکی

مغناطیسی

توزان در عمل

نیگند و این فاصله در فضا و نیروی بی نهایت است.





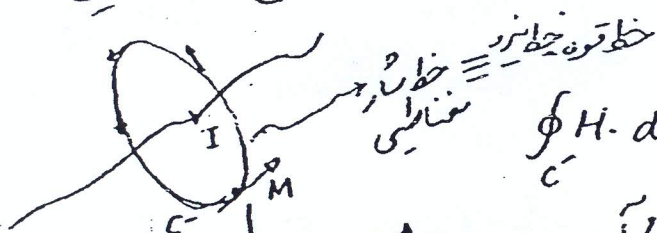
برای جریان در میدان مغناطیسی ایجاد می کنند.

جریان در یک مدار  
دارای الکتریکی به سربسته  
در دور می آید

$$\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \int_C \text{grad} \frac{1}{r} \wedge d\vec{l}$$

$$dH = \frac{I}{4\pi} \frac{dl \sin \alpha}{r^2}$$

التهای این میدان را تهای نیروی است که بر جسم دارای گستر مغناطیسی واقع در M تعیین می شود.



$$\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I$$

تلفظ آمپر

جمع جریان در این سطح کردن می آید

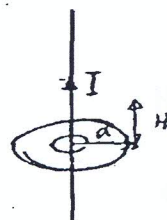
• دانه که بزرگتر از این خط است مغناطیسی

تقریباً حل  $d \gg l$  (تلفظ های استوانه ای با این شرط)

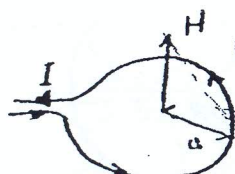
کاربردها:

هم مستقیم بلند

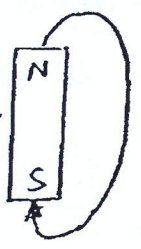
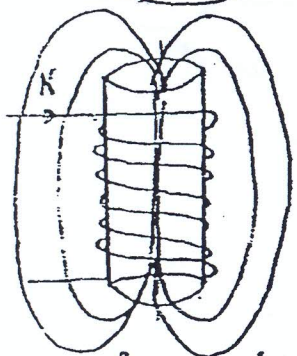
$$|H| = \frac{I}{2\pi a}$$



تلفظ!  $H$  در صد این مقدار دارد!



$$H = \frac{I}{2a}$$



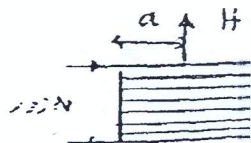
• خط بارمغنی  
بسته ای است که  
از قطب شمال خارج می شود  
و به قطب جنوب داخل  
می شود

اگر طول سولنوئید کم باشد

$$H = \frac{NI}{l} \quad d \gg l$$

جریان استوانه ای (سولنوئید)

جریان تخت

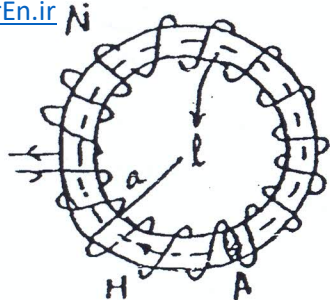


$$H = \frac{NI}{2a}$$

جریان تخت

$d \gg l$

$$dH = \frac{I \cdot dl}{4\pi r^2}$$



۵- لوله‌ای (حلقه حنبره‌ای)

میدان نقطه در داخلش وجود دارد و در خارجش صفر است

$$l = 2\pi a \quad H = \frac{NI}{l}$$

$$H = \frac{NI}{\text{طول}}$$

در حالت کلی:

$$H \left[ \frac{AT}{m} \right] \text{ turn}$$

$$H = \frac{I}{2a} \quad \text{۴- بند حلقه}$$

$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

بررسی تعداد  $\phi = BA \text{ (wb)}$   $\rightarrow$  خط است

حالی شار مغناطیسی

ضرب نقطه مغناطیسی

$$B = \frac{\phi}{A} \left[ \frac{wb}{m^2} (T) \right]$$

مغناطیسی (Fe, Co, Ni) به فر مغناطیسی

$$\mu = \mu_r \mu_0$$

ضرب نفوذی

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

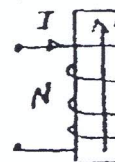
غیر مغناطیسی

مواد



آهن به نفوذ پذیری بیشتر از هوا دارد و خط را در خود متمرکز می‌کند

$$\mu = \mu_0 \mu_r \quad (\text{در برگیرنده}) \quad (Wb.T) \quad \lambda = \Phi \cdot N$$



می تواند ناشی از I خودستم  
ناشی از منفردتری باشد.

اندونکائیں  $L = \frac{\lambda}{I} \quad (H)$   
فہرہ الہاد

$$\Phi = \mu H A = \mu \frac{NI}{l} A = \frac{NI}{\frac{l}{\mu A}} = \frac{\Phi}{R}$$

$$R = \frac{l}{\mu A}$$

مقامت مغناطیسی  
(اکوئیشن)

$F = NI$  (m.m.)

$\Phi = \frac{F}{R}$

ن: ۱۰۰ م و ۱۰۰ م

$$R = \frac{l}{\mu A} \quad \therefore R = \frac{l}{\epsilon A}$$

$$= \frac{l}{\chi S}$$

۵. نقوذ نذرینی آهـن چـنـبـیـر از نوار دسیر است  
 که پس مقدارت آهـن برای زرد زرد و کمر از بـر  
 نوار معانی است شـیـء پس شـیـء تا بـلـ دارد از زردن  
 مقادیر و کمر آهـن عبور کند.

$$G = \frac{1}{R} \quad P = \frac{1}{R_{\text{برابر}}}$$

$$R = \frac{F}{\Phi} \quad (AT/Wb)$$

$$L = \frac{\mu N A^2}{6}$$

$$R = \frac{N^1}{L}$$

منه 2 و  $H^{-1}$  و نظر گرفت. ۲

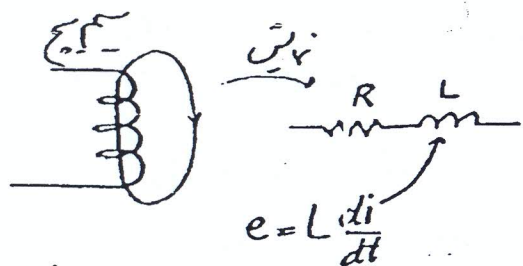
نه هانری و اصر الفریکاش

ایک جوان سے اکثر دربر گیرندہ نامی از خود سیکھچ مانبد۔

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ — تَرَدُّدِ پُشیمند نامگی از مدار و دیگر



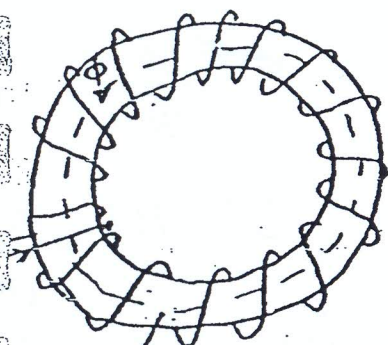
۴ اندک‌ترین گشتی است که به هیچ اطلاق می‌شود و در نوع حوزی و متقابل دارد.



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

۴  $R$  مربوط به سیم‌کشی نیست بلکه مربوط به گسٹ مدار است

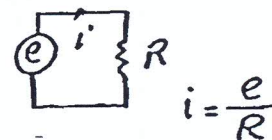
• مدار مغناطیسی عبارت از یک منبع تولید شار به اضافه‌ی سیم‌کشی که سار از مسایل آن می‌کند.  
تفاوت با مدار مغناطیسی است - سیم‌کشی مغناطیسی



• یک مدار الکتریکی همچو سار است از منابع ولتاژ و جریان به اضافه‌ی سیم‌کشی که از آن جریان عبور می‌کند.

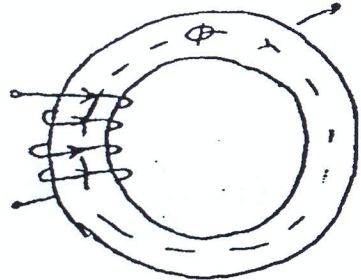
$$\phi = \frac{NI}{R}$$

منبع تولید شار به منبع سیم‌کشی



تأثیر افزایش  $\rightarrow$  هستی آهنی  
بسیار می‌کند  
چون مقاومت مغناطیسی کاهش می‌دهد

۴ سیم‌کشی مغناطیسی در هر مدار بسته است اگر ما آن را بشکنیم با مقاومت کمتر بسته می‌شود.



اصلی‌ترین سیم‌کشی‌های الکتریکی و مغناطیسی

منظور از حل مدار مغناطیسی تعیین شار و چگالی شار و بار مغناطیسی ها برای سمت‌های مختلف مدار است.

طبق این اصل کلیه قوانین مدارهای الکتریکی برای مدارهای مغناطیسی برقرارند. (نکته: سیم‌کشی مدار الکتریکی)

$$I \text{ (A)}$$

$$\phi \text{ (wb)}$$

$$e \text{ (V)} \text{ نیروی محرکه الکتریکی}$$

$$F \text{ (AT)} \text{ نیروی مغناطیسی}$$

$$R \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$R \text{ (AT/wb)} \text{ گسٹ مغناطیسی}$$



$$R_r = 0.119 \times 10^{-4} \text{ AT/Wb}$$

$$\Phi_1 = \frac{1.09 \times 10^{-4}}{0.444 \times 10^{-4}} = 0.142 \text{ mWb}$$

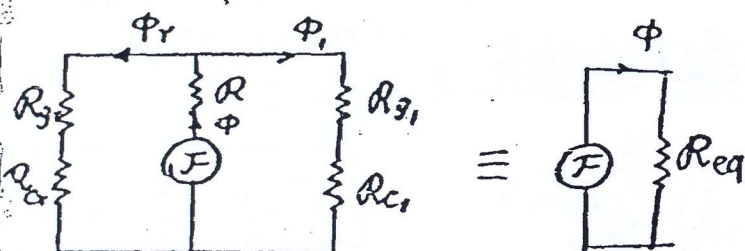
$$B_1 = \frac{0.142 \times 10^{-4}}{10 \times 10^{-6}} = 0.142 \text{ T}$$

$$\Phi_r = 1.09 \times 10^{-4} \text{ mWb}$$

$$B_r = 0.142 \text{ T}$$

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_r = 2.18 \times 10^{-4} \text{ mWb}$$

$$B = 0.142 \text{ T}$$



$$l_c \approx l_r = 17.5 \text{ cm}$$

$$R_c = R_r = \frac{17.5 \times 10^{-2}}{5000} = 0.00035 \text{ AT/Wb}$$

$$= 0.142 \times 10^{-4} \text{ AT/Wb}$$

$$R = \frac{10 \times 10^{-2}}{5000 \times 10^{-6} \times 4000} = 0.14 \times 10^{-4} \text{ AT/Wb}$$

$$R_{eq} = (R_g + R_c) \parallel (R_r + R_{cr}) + R$$

$$R_{eq} = \left( \frac{0.142 \times 10^{-4} + 0.00035}{0.142 \times 10^{-4} + 0.00035} + 0.14 \right) \times 10^{-4} = 0.142 \times 10^{-4} \text{ AT/Wb}$$

$$\Phi = \frac{0.00035}{0.142 \times 10^{-4}} = 1.12 \text{ mWb}$$

$$B = \frac{1.12 \times 10^{-4}}{0.11} = 0.142 \text{ T}$$

$$\Phi_1 = 1.12 \times \frac{0.00035}{1.1229} = 0.142 \text{ mWb}$$

$$B_1 = \frac{0.142 \times 10^{-4}}{10 \times 10^{-6}} = 0.142 \text{ T}$$

$$\Phi_r = 1.12 \times \frac{0.142 \times 10^{-4}}{1.1229} = 0.142 \text{ mWb}$$

$$B_r = \frac{0.142 \times 10^{-4}}{10 \times 10^{-6}} = 0.142 \text{ T}$$

قانون اهم

$$e = IR$$

$$F = \Phi \cdot R$$

$$\begin{cases} R_{eq} = \sum R \\ \frac{1}{R_{eq}} = \sum \frac{1}{R} \quad (G_{eq} = \sum G) \end{cases}$$

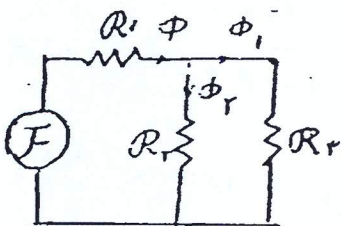
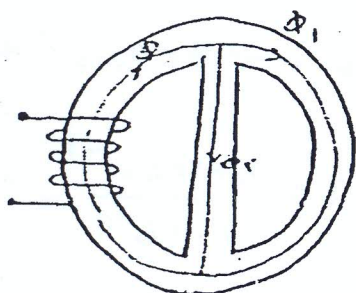
$$\begin{cases} R_{eq} = \sum R \\ \frac{1}{R_{eq}} = \sum \frac{1}{R} \quad (\Phi_{eq} = \sum \Phi) \end{cases}$$

برای کسب در درون یکین است مدار سری است.  
مدار موازی تقسیم می شود. شریکیت کسر معادست های معادلی تقسیم می شود.  
 $\sum \Phi = 0$  در درون می گذارند  
 $\sum i = 0$  قانون کور

$$\sum e + \sum iR = 0$$

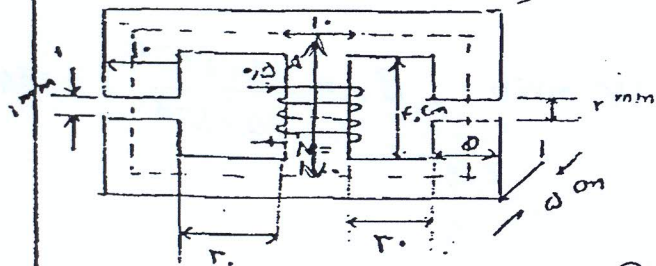
$$\sum F + \sum \Phi \cdot R = 0$$

$$\sum F + \sum H \cdot l = 0$$



روش اصل کلی مدارهای مغناطیسی - روش معادلات

در مدار مغناطیسی شکل زیر بطوریت تعیین شار و حسابی شار در کلیه قسمت های هسته.



$$1) \mu_r = \infty$$

$$2) \mu_r = 4500$$

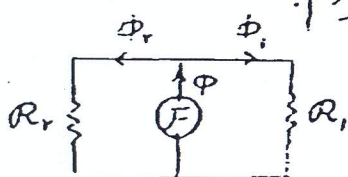
قطع یا طول بر (رایج ای) باشد یا مستطیل ( )

نی ندارد.

$$R = 0$$

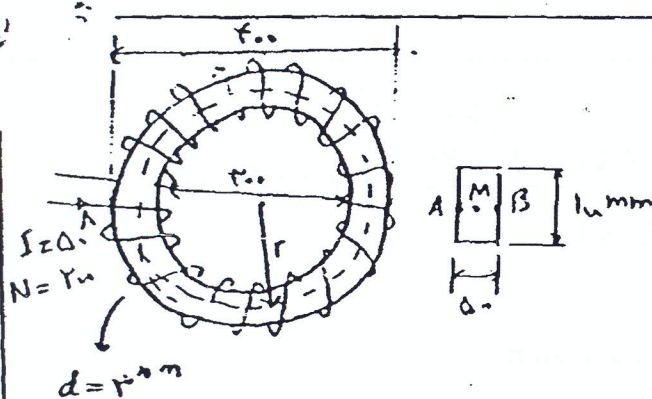
تر هسته اندک باشد ( $\mu_r = \infty$ )

بر کل مدارهای مستطیلی  $l$  را طول متوسط شریکیت در نظر می گیریم.



$$R_1 = \frac{2 \times 10^{-3}}{4 \pi \times 10^{-7} \times 4500 \times 10^{-2}} = 0.14344 \times 10^{-4} \frac{AT}{wb} \quad (1)$$





محیط مغناطیسی سیم پی در دو حالت با فرض  
متی جغالی در دو حالت آن فرض و با فرض نسبت

ن عامل RL این ترانسید

$$\rho = 17,7 \times 10^{-9} \Omega \cdot m$$

$$H = \frac{Ni}{l} = \frac{200 \times 0.1}{0.35\pi} = 9.09 \text{ AT/m}$$

$$B = \mu_0 H = 4\pi \times 10^{-7} \times 9.09 = 11,43 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$\Phi = BA = 11,43 \times 10^{-3} \times 0.05 \times 0.1 = 57,15 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

$$\lambda = \Phi N = 200 \times 57,15 \times 10^{-6} = 11,43 \times 10^{-3}$$

$$L = \frac{\lambda}{i} = \frac{11,43 \times 10^{-3}}{0.1} = 0,1143 \times 10^{-2} \text{ H} = 1,143 \text{ mH}$$

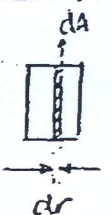
$$R = \frac{l}{\mu_0 A} = \frac{0,35\pi}{4\pi \times 10^{-7} \times 0,05 \times 0,1} = 175 \times 10^4 \text{ AT/Wb}$$

$$L = \frac{N^2}{R} = \frac{200^2}{175 \times 10^4} = 0,2286 \times 10^{-2} \text{ H} = 2,286 \text{ mH}$$

در صورت عدم شارژ تابع در نظری گری

$$B = \frac{\mu_0 Ni}{2\pi r}$$

$$\begin{aligned} \Phi &= \int B \cdot dA \\ &= \int B \cdot b \cdot dr \\ &= \int_{r1}^{r2} B \cdot b \cdot dr \end{aligned}$$



$$\lambda = N\Phi = \frac{0,1 \mu_0 N^2 b}{2\pi} \int_{r1}^{r2} \frac{dr}{r} = \frac{0,1 \mu_0 N^2 b}{2\pi} \ln r \Big|_{r1}^{r2}$$

$$L = \frac{\lambda}{i} = \frac{0,1 \mu_0 N^2 b}{2\pi} \ln \frac{r2}{r1} = 0,2201 \times 10^{-2} \text{ H} = 0,2201 \text{ mH}$$

$$\epsilon = \frac{0,2201 - 0,2286}{0,2286} \times 100 = 0,401\% \rightarrow \text{تفاوت}$$

Topic

$$R = \frac{\rho l}{S} = \frac{1712 \times 10^{-9} \times 200 \times 10^{-3}}{\frac{\pi \times 10^{-4}}{4} \times 10^{-4}} = 0.144 \Omega$$

$$L = 0.12289 \text{ mH}$$

$\equiv$   $n = 0.144 \Omega$

## اصول پایه

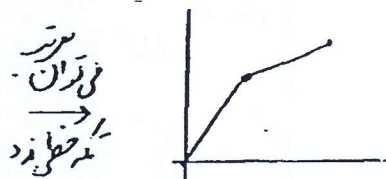
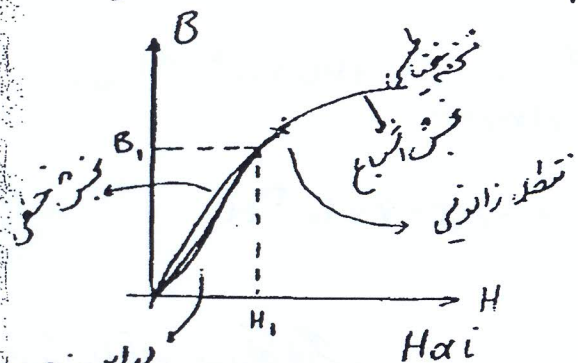
### اختلافات مدار الکتریکی و مغناطیسی

۱ مدارهای مغناطیسی بر خلاف مدارهای الکتریکی خطی نیستند:

$$B = \mu H$$

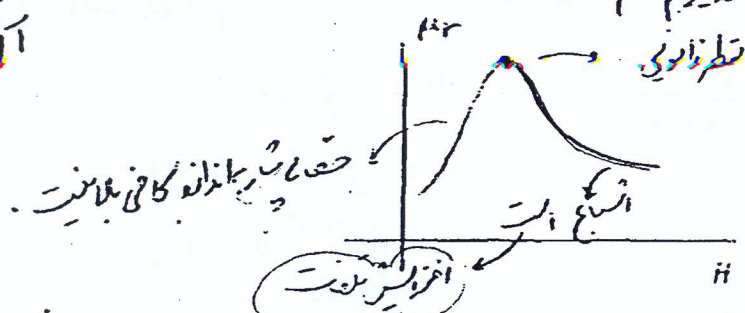
$$= \mu_r \mu_0 H \rightarrow \mu_r \text{ غیر خطی است}$$

مگنترهانت خاص که در این نقطه خاص نیست و اگر هم صحت داشته باشد آن را در دست نداریم. ثابت مادی دهند.



معادله خطی: اگر  $\mu_r$  را رسم کنیم خطی نیست.

در این زمان  
آل و انترکت  
از

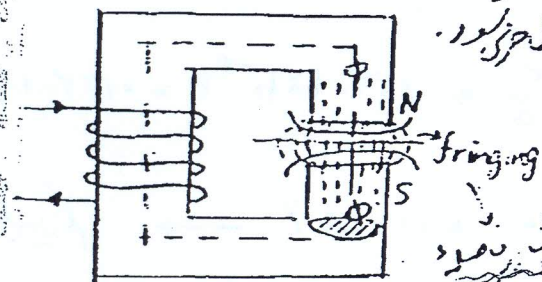


۲ بهترین نقطه برای نقطه زانویی است

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

اگر بخواهیم از مدارهای مغناطیسی مدارها استفاده را ببریم باید در صورتی نظری زانویی استفاده شود.

تقسیم بندی شده است



در صورتی که مدارهای مغناطیسی در یک نقطه قرار می گیرند.

نمایند و در آنجا قرار می گیرند.

حاصل شده است



$$A_i = a \times b$$

برگی آهن

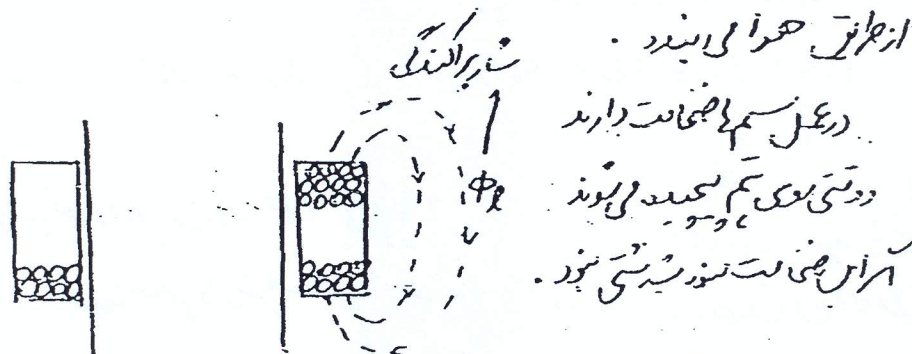
$$A_g = (A_a + \frac{l_g}{g_{ap}})(b + l_g)$$

دستی نه وگا کوکد  
gap طول نه صدی نه خلی  
نبت نه کی دانه بی جری نه انبت نه داره

$$B_g = \frac{\Phi}{A_g} < B_i = \frac{\Phi}{A_i}$$

این نه ترتیب دارم

نبت نه دستی (براندگی) اشار  
نفت نه کریم همی ساری که از  $F$  تولیدی شود از هسته می گذرد در حالی که واقعیت این نیست و فرد  
همیشه سار را عبور می دهد در حالی که در زنده الکترونیک دیگر حلالی به هوا می کشد  
ای از  $B$  میسر را از طریق هوای میبرد



$$\Phi_{کل} = \Phi + \Phi_l$$

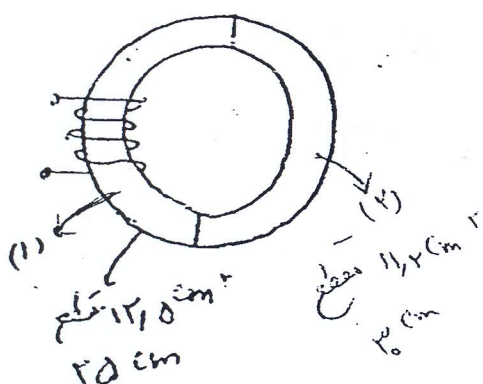
شیر اندگی

$$K_2 = \frac{\Phi_l}{\Phi}$$

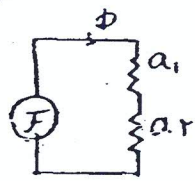
صدا نه

افضا نه صدی الکترونیک  
(۱) تعیین آسرد در  $F$  به روش مستقیم مثل حل  
(۲) تعیین سار  $\Phi$  به روش مستقیم مثل حل

صل نهادهای معنای طری  
آسرد نه تعیین شود و است



بدر معنای طری شکل زیر بخش (۱) از فولاد درختی ای می کشند  
تر فودر سیم دار با مقطع  $11.2 \text{ cm}^2$  و طول  $3 \text{ cm}$  می باشد  
به لازم برای الکترونیک  $mwb$  را در مدار می کشند



$$\Phi \rightarrow B \xrightarrow{\text{فقط}} H \rightarrow HL \rightarrow F$$

$$B_1 = \frac{\Phi}{A_1} = \frac{10^{-3}}{1.7 \times 10^{-4}} = 0.588 \frac{\text{wb}}{\text{m}^2}$$

↓ فقط

$$H_1 = 470 \text{ AT/m}$$

$$H_1 l_1 = 470 \times 0.25 = 117.5 \text{ AT}$$

$$F = H_1 l_1 + H_2 l_2$$

$$B_2 = \frac{10^{-3}}{1.12 \times 10^{-4}} = 0.89 \frac{\text{wb}}{\text{m}^2}$$

$$H_2 = 130 \text{ AT/m}$$

$$H_2 l_2 = 130 \times 0.13 = 16.9 \text{ AT}$$

$$F = 117.5 + 16.9 = 134.4 \text{ AT}$$

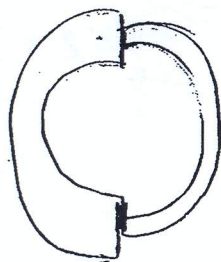
$$AT = N i = 100 i$$

$$i = 1.344 \text{ A}$$

مقاطع نزدیک هم دارند

(۲) اگر سیم را نزدیک کریم

فردا سیم را در غیبه نفوذ معطی می‌دارد → یک فلز در آن می‌گذرد



$$\Phi = \frac{F}{\text{مقاومت}}$$

مقاومت  
مغناطیسی

مقاومت مغناطیسی

جواب از  $\ln a^b$  برابر است - (جمله) - از این آن  $a^b$  به دست آید

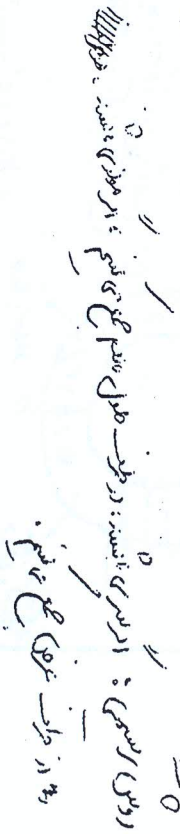
1971

5/14

دور کیمیائی  
11.2 cm<sup>r</sup>  
r<sub>0</sub> cm  
F<sub>r</sub> = r<sub>0</sub> AT

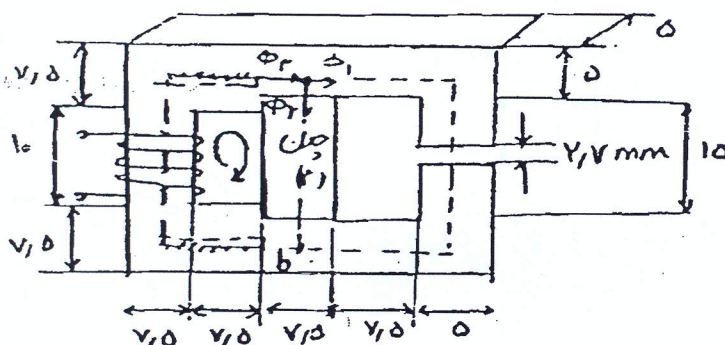
↑

143  
244  
6104  
2027

[illegible]



در مدار مغناطیسی شکل زیر بخش (۱) از فولاد درگت آلی و بخش (۲) از چدن است. طول مادی هوایی  $2,7 \text{ mm}$  و شار در آن  $4 \times 10^{-4} \text{ wb}$  است. نیروی محرکدی مغناطیسی کجیب را پیدا کنید.

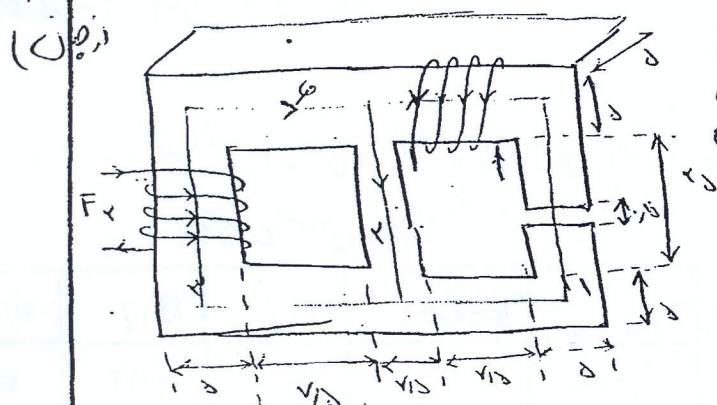


ه اثر شکستی را هم در نظر می گیریم

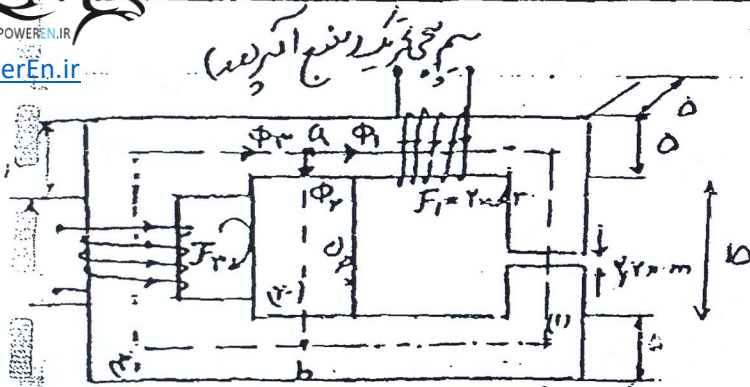
بخشی مدار	جنس	$l_{\text{cm}}$	$A_{\text{cm}^2}$	$\Phi_{\text{wb}}$	$B \text{ wb/m}^2$	$H_{\text{AT/m}}$	$H l_{\text{AT}}$	$\sigma_{\text{AT}}$
۱	هوا	۰,۱۲۷	۲۷,۱۸	$4 \times 10^{-4}$	۰,۱۴۴	۱۱۴۴۰۰	۲۸۴,۵	
۲	چدن	۱۵	۲۲,۵	$4 \times 10^{-4}$	۰,۱۷۷	۲۱۴۰	۳۲۵,۵	
۳	فولاد درگت آلی	۴۷,۱۵	۲۲,۵	$\Phi_r = \Phi_1 + \Phi_2$ $40,4 \times 10^{-4}$	۰,۱۷۲۲	۲۷,۵	۱۲۹,۵	
								$F_p = 129,5$ $F_p = 325,5$

$$F_p = 522 \text{ AT}$$

در مدار مغناطیسی شکل زیر،  $F_1 = 300 \text{ AT}$ ،  $F_2 = 400 \text{ AT}$  است. شار هر یک را حساب کنید. (اشاره به cm) (کجی لوله در فولاد درگت آلی) کجی؟



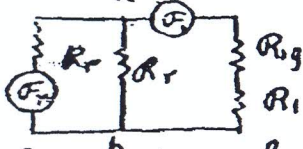
بافتن شیار مادی به هم وصل کنند، پس به چدن وصل کنند و این به در  
شار را از به هم وصل کنند، نه اینکه به هم نخواب کنند و اگر هم را حساب



$$\phi \begin{cases} 1 \text{ Max} = 1 \text{ خطبر} \\ 1 \text{ Wb} = 10^{-8} \text{ Max} \end{cases}$$

$$\beta \begin{cases} 0.5 = 1 \text{ خطبر} / \text{cm}^2 \\ 1 \text{ T} = 10^4 \text{ G.S} \\ 1 \text{ G.S} = 10^{-4} \text{ T} \end{cases}$$

○ به همان مدار مغناطیسی یک ریتری افتاده می‌کنیم. اگر شیار در فاصله‌ی جدای  $4 \times 10^{-3}$  و از  $10$  به پایین بگذرد و  $F_1 = 200 \text{ AT}$  باشد سیر را تعیین کنید.



● ولارته (تجربین) مکتب کنند



طوری تعیین می‌شود که در دو لایه‌ی در فاصله‌ی نصفی

$\phi_{AT}$	$H L_{AT}$	$H_{AT/m}$	$\beta_T$	$\phi_{nb}$	$A_{cm^2}$	$l_{cm}$	صن	بخش‌های مدار
	$284.5$	$11440$	$0.1144$	$4 \times 10^{-4}$	$27.8$	$0.27$	هوا	فصله‌ی هوایی
$F_1 = 200$	$+ 59$	$125$	$0.114$	$4 \times 10^{-4}$	$25$	$24.22$	ولارته‌ی	۱
	$344.5$	$97$	$0.128$	$12.25$	$27.5$	$15$	چون	۲
	$344.5$			$18.25$				
$F_2 = 272 \text{ AT}$	$1281.5$	$270$	$0.128$	$18.25$				۳

$$ab = (H_1 l_1)_g + (H_1 l_1)_i - F_1$$

$$F_2 = 145.5 + 1281.5$$

● در این جابجی هم می‌گذرد و در این جابجی  $272 + 28$  آمپر در سیر کردیم در حالی که در شیار میل برای همین مقدار  $272 \text{ AT}$  مصرف کردیم.

○ در همین شیار اگر  $F_1 = 200 \text{ AT}$  و  $F_2 = 100 \text{ AT}$  باشد شیار بخش را بدست آورید.

روش سعی خطا

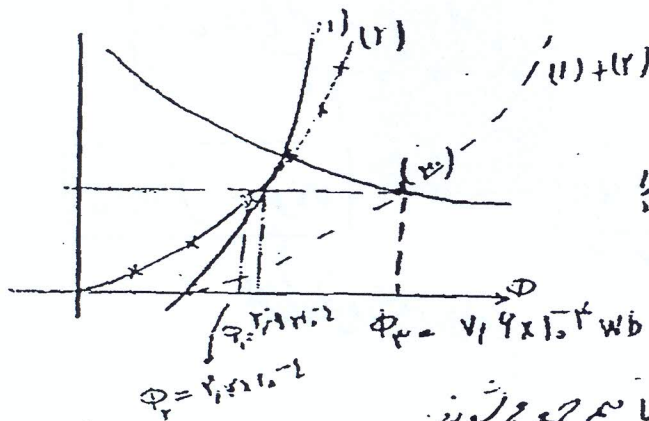
$U_{ab} = (H_1 l_1)_i + (H_1 l_1)_g - F_1$	$(H_1 l_1)_g$	$H_{ig}$	$\beta_{ig}$	$(H_1 l_1)_i$	$H_{ii}$	$\beta_{ii}$	$\phi, \text{ Wb}$
$-28$	$225$	$84000$	$0.108$	$47$	$100$	$0.12$	$2 \times 10^{-4}$
$45$	$284$	$114700$	$0.1144$	$59$	$125$	$0.114$	$4 \times 10^{-4}$
$12.25$	$344$	$142200$	$0.118$	$981.5$	$145$	$0.12$	$5 \times 10^{-4}$



در مدار مغناطیسی را خطی فرض می‌کنیم و  
با استفاده از اصل جمع انرژی در  
حیثیتم، رفرار را خطی در نظر می‌گیریم

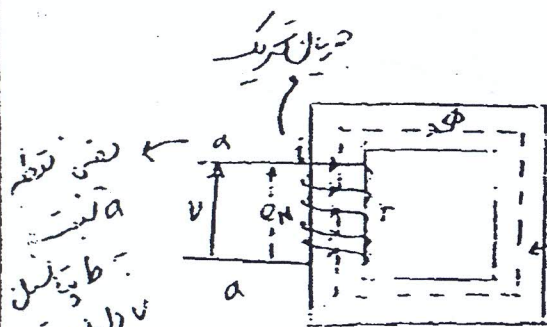
$H_r l_r$	$H_r$	$B_r$	$\Phi_r$
۱۹٫۵	۱۱٫۵	۰٫۰۵۲۳	$۲ \times 10^{-4}$
۳۴٫۵	۲۳٫۵	۰٫۱۰۹۵	$۴ \times 10^{-4}$
۵۴	۴۴٫۵	۰٫۱۱۶	$۶ \times 10^{-4}$
۷۹	۶۴٫۵	۰٫۱۲۱۳	$۸ \times 10^{-4}$
۹۰	۷۵	۰٫۱۲۶۷	$۱۰ \times 10^{-4}$

$U_{ab} = F_r - H_r l_r$	$H_r l_r$	$H_r$	$B_r$	
۷۴	۲۴	۵۰	۰٫۰۵۲۳	۲x
۵۴	۴۴	۹۲	۰٫۱۰۹۵	۴x
۴۱	۵۹	۱۳۵	۰٫۱۱۶	۶x
۲۹	۷۱	۱۵۰	۰٫۱۲۱۳	۸x
۱۷	۸۲	۱۷۵	۰٫۱۲۶۷	۱۰x



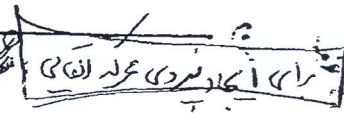
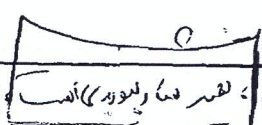
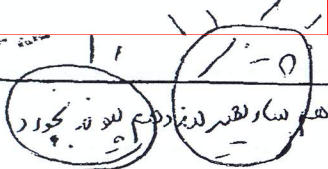
این شاخصهای سری اختلاف پتانسیل با هم جمع می‌شوند  
در عرض جمع می‌زنیم و نقطه‌ای تعادل را  
در (۲) بدست می‌آوریم.

ای شاخصهای سری اختلاف پتانسیل با هم جمع می‌شوند  
از  $F_1 = 50 \text{ AT}$  و  $F_2 = 50 \text{ AT}$  باشد، شدت جریان را حساب کنید.  
روی مدار مغناطیسی



ساده‌ترین حالت  $\mu_r = \infty$  ( $R = 0$ )

یا که روی سیم‌چین حاد نقطه تعادل را بدست  
بیاوریم و در سیم‌چین را در



$$\lambda = \Phi \cdot N$$

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

اگر شار مغناطیسی بایک مدار تغییر کند در دو سرش ولتی با رابطه بالا بدست می آید.

این نیروی محرکه از آنجایی که در سیم پیچ مدار وجود می آید نیروی محرکه خود القایی است و از آنجایی که مدار در دینام و موتور عمل می کند از این نیروی محرکه الکتریکی back e.m.f می خوانند.

$$v = e + i r$$

$$\rightarrow i = \frac{v - e}{r}$$

معنی همان در حال

$$\rightarrow r = 0 \rightarrow v = e$$

ایستادن سیم پیچ دارد

سیم پیچ حالت واقعی وجود ندارد:

(Pe)

$$v i = e i + i^2 r$$

$$P_i = P_f + P_r$$

$$P_f = e i = \frac{d\lambda}{dt} i$$

$$P_f \cdot dt = i d\lambda$$

$$dw_f = i d\lambda$$

اثری ذخیره شده

جزد انرژی ذخیره شده در مدار

$$\begin{cases} \lambda = \Phi N \\ \Phi = BA \\ B = \mu H \end{cases}$$

$$dw_f = \lambda H dB$$

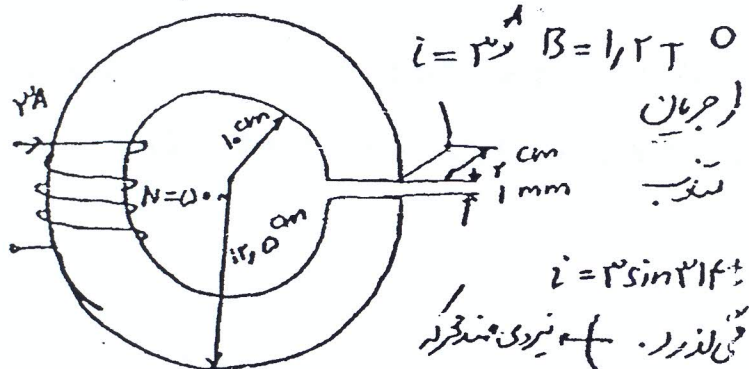
جای انرژی ذخیره شده

$$dw_f = H dB$$

$$w_f = \int H dB$$

انرژی ذخیره شده در واحد حجم





ضرب القاع - سیم حقیقی: انرژی ذخیره شده در هسته  
 و در فاصله هوایی و انرژی سلف در سیم حقیقی؟  
 $Ni = Hi li + Hg lg$

$$H_g = \frac{1.2}{\pi \times 10^{-3}} = 3.77 \times 10^5 \text{ AT/m}$$

$$500 \times 3 = 3.77 \times 10^5 \times 10^{-3} + H_i$$

$$x 2 \pi \times 1.2 \times 10^{-2}$$

$$H_i = 771.14 \text{ AT/m}$$

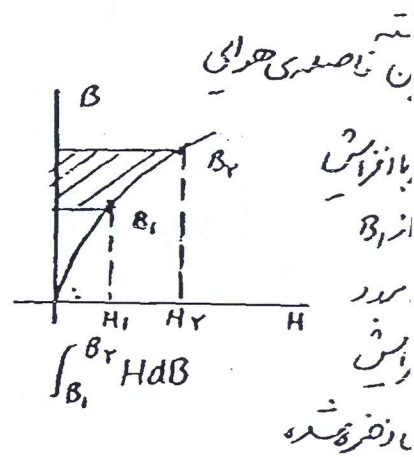
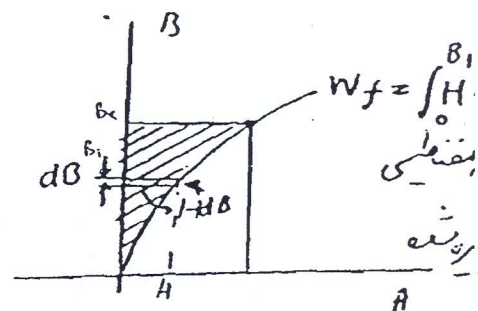
$$\mu_r = \frac{1.2}{\pi \times 10^{-3} \times 771.14} = 1238.13$$

$$\Phi = BA = 1.2 \times 10^{-3} = 0.14 \text{ mWb}$$

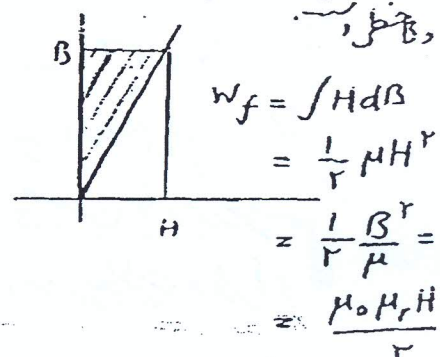
$$L = \frac{\lambda}{i} = \frac{N\Phi}{i} = \frac{500 \times 0.14 \times 10^{-3}}{3} = 0.11 \text{ H}$$

$$W_i = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0 \mu_r} Al = \frac{1.2^2 \times 5 \times 10^{-3}}{2 \times \pi \times 10^{-7} \times 1238.13} \times 2 \pi \times 1.2 \times 10^{-2} = 0.11425 \text{ J}$$

$$W_g = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} A l_g = \frac{1}{2} \frac{1.2^2 \times 5 \times 10^{-3}}{\pi \times 10^{-7}} \times 10^{-3} = 0.12840 \text{ J}$$



$$W_g = \int H \mu dH = \frac{1}{2} \mu H^2 = \frac{B^2}{2\mu} = \frac{BH}{2}$$



انرژی در فاصله هوایی ذخیره

$$W_f = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0 \mu_r} A l$$

$$W_g = \frac{B^2}{2\mu_0} A l_g$$

$$W_f = A l W_f \text{ کل } W_g$$

$$W_g = A l_g W_g \text{ کل } W_f$$

$$\frac{W_g}{W_f} > 1$$

Topic

۲۵

۱۷





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

$$\lambda = 0.13 \sin 314t$$

$$\lambda = N\Phi = 0.0044 \times 10^{-2}$$

$$z = 0.13 \times 314 \cos 314t = 41.2 \cos 314t \quad (V)$$

$$= 0.13 WbT$$

$$E = \frac{41.2}{\sqrt{2}} V$$

$$\begin{cases} w_m = \frac{1}{\gamma} \frac{B^2}{\mu_0} = \frac{1}{\gamma} \mu_0 H^2 \\ w_e = \frac{1}{\gamma} \frac{B^2}{\epsilon_0} = \epsilon_0 E^2 \end{cases}$$

$$\frac{w_m}{w_e} = \frac{B^2}{\mu_0 \epsilon_0 E^2}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \times 10^9} \text{ F/m}$$

$$B = 2T$$

$$E = 1 MV/m$$

$$\frac{w_m}{w_e} = \frac{\gamma^2}{\frac{4\pi \times 10^{-7}}{36\pi \times 10^9} \times 10^{12}} = 3.6 \times 10^{-5}$$

نسبت گنجایی

از گنجایی میدان مغناطیسی نسبت به میدان

الکتریکی

این گنجایی بسیار کم است و نشان می‌دهد که در مدارهای

معمول موجود است با ولتاژهای معمول بدست می‌آید (در بیان حدود چند آمپر) در حالی که ولتاژهای

در حد MV بسیار زیاد است و حتی با این عدد نیز انرژی میدان مغناطیسی چندین برابر بزرگتر است

است و این دلیل تریج را می‌تواند که « واسطی تبدیل انرژی در مدارهای

مغناطیسی میدان مغناطیسی است.

حون با ولتاژ و جریان کم که معمول می‌توان انرژی قابل ملاحظه‌ای را در میدان

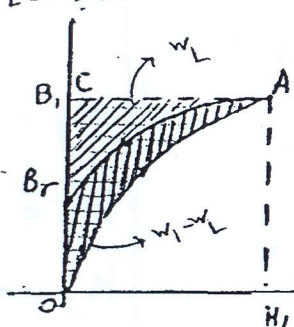
الکتریکی انباشته کرد.

$w_1 =$  انرژی  
 $w_L =$  انرژی گنجایی

$w_1 - w_L =$  تلفات

پس باید

تلفات کمتر شود



پس باید

خاصیت نگهداشتن میدان مغناطیسی در هسته را پس باید

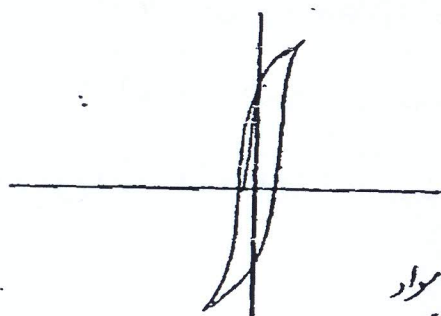
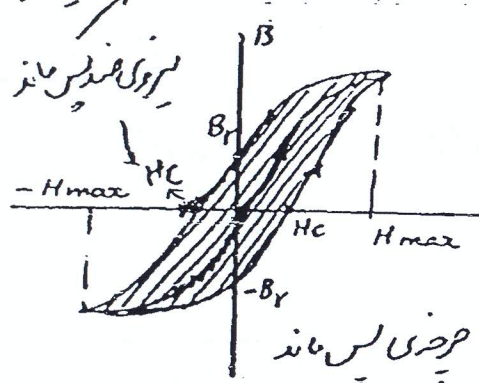
کم کرد.

DACO = انرژی ذخیره شده با لایه‌های جریان انرژی

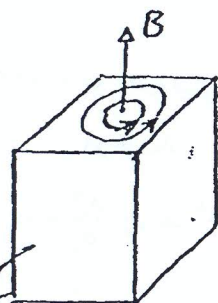
POWEREN.IR

ذخیره‌شده برمی‌گردد. اما نمی‌توان برمی‌گردد بلکه AB برمی‌گردد

تغییرات از بین می برد



مقدار میدان را بر مبنای از دست می دهد



اضعی

2 کج

$$P_h = K_h B_{max}^n f \quad \text{تلفات پس ماند}$$

تغییرات تلفات مغناطیسی به تغییرات تلفات پس ماند بستگی دارد.

$$\frac{P_{h1}}{P_{h2}} = \left( \frac{B_{m1}}{B_{m2}} \right)^n \frac{f_1}{f_2}$$

$$P_e = K_e B_{max}^2 f^2 \quad \text{تلفات فوکو}$$

تغییرات تلفات فوکو

$$P_h \propto v^n f^{1-n}$$

$$P_e \propto v^2$$

$$\frac{P_{e1}}{P_{e2}} = \left( \frac{B_{m1} f_1}{B_{m2} f_2} \right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{P_{e1}}{P_{e2}} = \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^2$$

Topic

۲۷

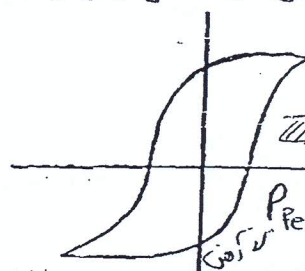
۱۲

تغییرات آنها به تلفات پس ماند بستگی دارد.

اگر در یک مدار مغناطیسی شار متغیر باشد (مغناطیسی) تلفات پس ماند در دردی برابر با سطح داخل منحنی پس ماند است.

$$f \times \text{سطح چرخه} \times \text{حجم} = \text{تلفات پس ماند}$$

برای آن که فشار در درخت چوبی و در منحنی پس ماند



تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی

تغییرات تلفات مغناطیسی در درخت چوبی



وكان من منبع

۵۱۱ - تلفات و زک

$$P \propto e^{\gamma}$$

$$\rightarrow P_e = K_e \beta_m^T f^r.$$

جنس و ابعاد

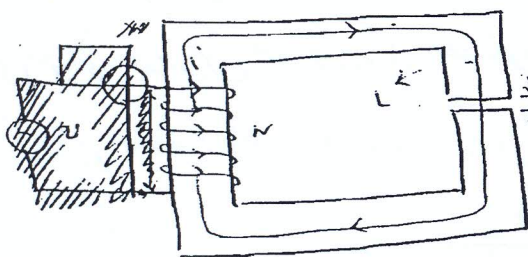
طبی (علل تبای آنژی، اگر آنژی تبدیل شود، متصرف نشود (یا مقدار ضربه می شود) ولی اگر مقدار قطع شود، این آنژی به  
سنگ برمی خورد. اگر هسه آید، آک باشد، (همه آنژی برمی خورد)

توان (السيد) [بني نوع اوسى، اوسى (توان) والسيد لوبه جنس من نود درجى رزاد و مهر بنى شير] نه ده سال توان  
السيد مرادى نذر

$$\begin{cases} P = VI \cos \phi \\ Q = VI \sin \phi \end{cases}$$

الفرقة ايدى الله، فقط لوان الله لارم، الله الله لارم.

اگر کسی قسم در نفسیه (دم در فانیه) توانی ذخیره می‌شود



$$W_F = \int H dB$$

$$B = \mu_0 H$$

$$w_g = \frac{1}{r} \mu_o H^r = \frac{1}{r} \frac{B^r}{\mu_o} \rightarrow$$

$$\omega_c = \frac{1}{T} \mu_0 \mu_r H^T = \frac{1}{T} \frac{B^T}{\mu_0 \mu_r}$$

$$\beta_g = \beta_c \Rightarrow \frac{w_g}{w_c} = \mu_r$$

$$g \rho (r_2) \phi \leftarrow w_g = \frac{1}{r} \frac{B}{\mu_0} A L g$$

$$\Rightarrow \frac{w_g}{w_i} = \mu_r \frac{L_g}{L} \rightarrow$$

" " " " W\_c = \frac{1}{\gamma} \frac{\beta^r}{M\_H} AL

5.12.13

$$i\gamma \approx 1 \text{ mm}$$

$$\mu_y = \delta m - \gamma m - h m$$

$$\Rightarrow w_g > w_c$$

$$w_f = w_g + w_c$$

Handwritten notes on the right margin:

Handwritten signature/initials: *[Signature]*

Handwritten text: *Handwritten text in Urdu script, possibly a signature or note.*

Handwritten text: *Handwritten text in Urdu script, possibly a signature or note.*

Handwritten text: *Handwritten text in Urdu script, possibly a signature or note.*

3f

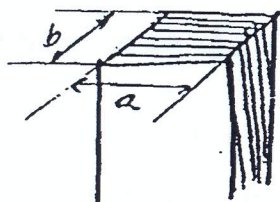
۱۱۷

$$P_h = k_h B_m^{\frac{1}{2}} f$$

$$P_e = k_e B_m^2 f^2$$

$\downarrow \alpha$   
(تلفات هسته:  $t$ )

مورد در نظر: ۲۵ mm برای فرکانس ۵۰ Hz



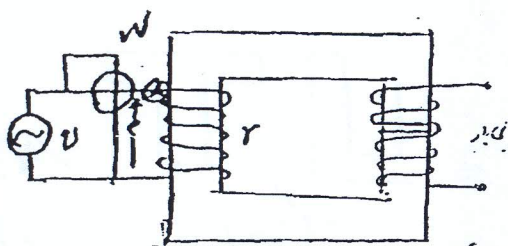
$$A_i = K_i a \times b$$

$$\downarrow$$
  
۰.۱۹۵ → ۰.۱۹

۱- تلفات مس ماند  
۲- تلفات فوکس ماند  
تلفات آهن

تعداد جریان متغیر وجود دارند.

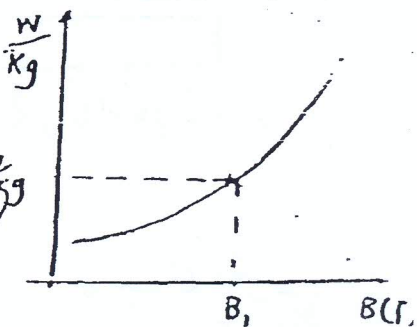
از فرکانس کار استفاده → تلفات فوکس می ماند  
برای درج چهار اندازگی کردند.



آزمایش  
فین تلفات هسته  
بخشی های تلفات

دائماً با تقریب خوب تلفات هسته را می سنجند.

$$w = i^2 r + \text{تلفات}$$



تلفات مس تلفات هسته  
آهن و مس تلفات هسته  
تلفات مس تلفات هسته  
تلفات مس تلفات هسته

$$B_m = cte \begin{cases} P_h = a f \\ P_e = b f^2 \end{cases}$$

در در فرکانس مختلف اگر آزمایش را انجام می دهیم می توانیم تلفات را از هم جدا کنیم.

$$\begin{cases} a f_1 + b f_1^2 = w_1 \\ a f_2 + b f_2^2 = w_2 \end{cases}$$

$$e = \frac{d\lambda}{dt} \propto B_m f$$

$$V = e \propto \frac{dB}{dt}$$

$$V \propto B_m f$$

$$\boxed{B_m \propto \frac{V}{f}}$$

$$\frac{V}{f} = cte \rightarrow B_m = cte$$

Topic



۵ درآزمایش گفتیم تلفات هسته در یک بار مغناطیسی در ولتاژ ۲۲۰.۷ و ۵۰ Hz، ۲۵۰۰ W است و در ۱۱۰.۷ و ۲۵ Hz، ۱۸۵ W می شود. تلفات پس مانند فرکانس را در ۵۰ Hz می سنجیم.

$$\begin{cases} 50 \text{ Hz} & 25 \text{ Hz} \\ 220.7 & 110.7 \\ 2500 \text{ W} & 185 \text{ W} \end{cases}$$

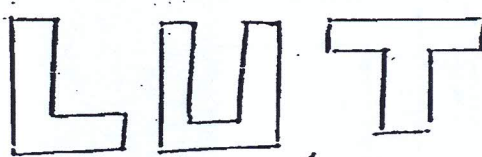
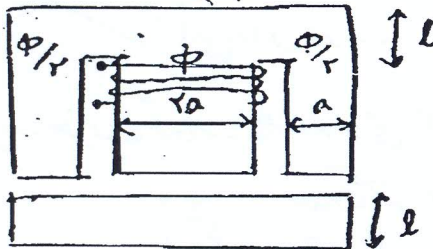
در شرط اول می گنند  $\sqrt{\frac{220.7}{50}} = \frac{110.7}{25}$

$$\begin{cases} a \times 50 + b \times 50^2 = 2500 \\ a \times 25 + b \times 25^2 = 185 \end{cases}$$

$500 = P_e + P_h \Rightarrow P_h = 900, P_e = 1600$

$500 = \frac{1}{4} P_e + \frac{1}{2} P_h$   
 $\begin{cases} a = 18 \\ b = 0.144 \end{cases}$

$P_h = 18 \times 50 = 900 \text{ W}$   
 $P_e = 0.144 \times 50^2 = 360 \text{ W}$



در مدار سیستم دار

تلفات کمتر  
 هسته های مورق  
 نخبه گری

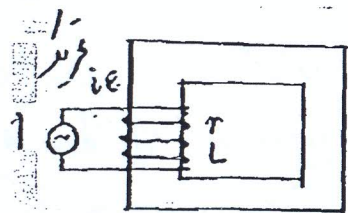
اتصال لب به لب  
 E یک دیگ  
 برای درز زدن  
 E را در یک  
 می نذاریم

هسته ها معمولا متعاقب هستند  
 اول سیستم پیچ می خوریم و بعد هسته را می بندیم  
 روی یک قالب

### تئوری حرکت الکترون

عرضی - حرکت الکترون به دور محور خودش  
 طولی - حرکت الکترون در مدارش به درجه  
 حرکت الکترون

در مورد پهنای عرضی الکترون با هم مخالفت می کنند در پهنای عرضی اختلاف نیستند.



$$v = V_m \sin \omega t$$

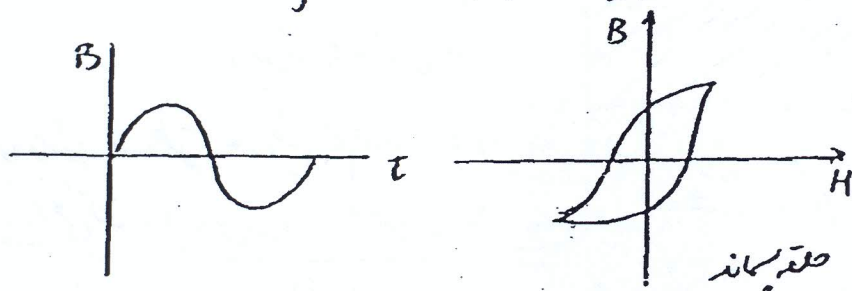
$$N i_e = A T$$

در مدارهای خطی با اعمال ولتاژ سینوسی جریان هم سینوسی می برد اما اگر

مدار مغناطیسی غیر خطی را در نظر بگیریم جریان سینوسی نیست

چون هسته اندوکل دارای  $H$  خطی و بدون تغییرات است اما هسته  $B$  غیر اندوکل رین شروع را ندارند.

اگر ولت سینوسی باشد یا جفتی شار یا  $B$  سینوسی به موجب رابطه  $B \propto \frac{v}{f}$  و تناسب سینوسی خواهد بود.

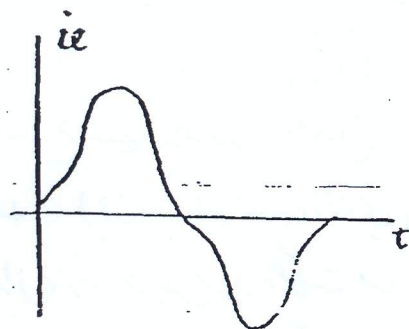


با توجه به این که

$$H = \frac{N i_e}{l}$$

جریان تحریک متناسب با  $H$  خواهد بود ( $i_e \propto H$ )

$i_e$  را نقطه نقطه دنبال می کنیم و چنین نتیجه ای حاصل خواهد شد (روش نقطه بانی)



مشاهده می شود که جریان تحریک غیر سینوسی است. البته

تفاوت آن با سینوسی کم باشد.

طبق قضیه ی فوری می توان یک موج پریودیک را به هارمونیک ها تجزیه کرد.

$$i_e = i_{e1} \sin \omega t + i_{e2} \sin 2\omega t + i_{e3} \sin 3\omega t + \dots$$

تا هارمونیک هفتم مورد استفاده است و هارمونیک های دیگر قابل فراموش کردن هستند.

هارمونیک سوم نقطه بینی مورد نظر ماست. این کتب را طرزی است اگر جریان تحریک سینوسی فرض شود، اما در ولت سینوسی خواهد بود.

اگر هسته شکل بندی هفتم کش خورده و فاصله هوایی هم داشته باشیم مانند برای نقش خطی

نزدین مدار مغناطیسی را دارد. اگر خطی فرض نهاده برای

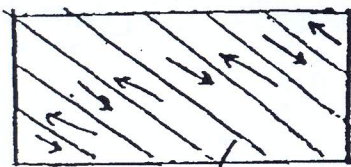


مناطق مغناطیسی

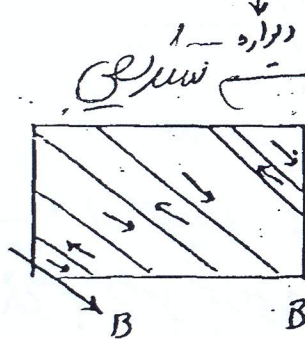
ساختار مغناطیسی

حرف فنی از سری Domain منطقه‌ی مغناطیسی را تشکیل می‌دهد.  
منطقه‌ی مغناطیسی تشکیل شده است از یک تعدادی اتم (مثلاً ۱۰<sup>۲۴</sup> اتم) که گستره‌ی مغناطیسی آن‌ها با هم در یک منطقه هم جهت است.

در عنصر آهن (نیکل) (فرومگناطیس‌ها) این مناطق تشکیل می‌شوند.



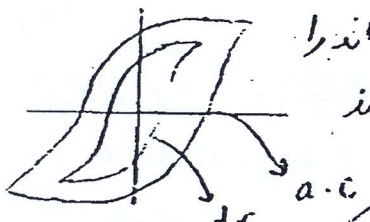
این مناطق منظم هستند و یکدیگر را خنثی می‌کنند.



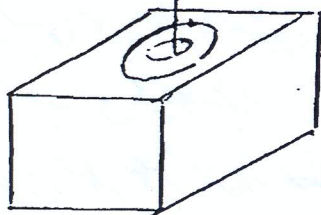
وقتی میدان ایدار شود مناطق مغناطیسی هم جهت با این میدان گسترش پیدا می‌کنند. این پدیده را حرکت دیواره‌ای گوئیم.  
این حرکت ایدار می‌کند (حرکت دیواره‌ای) اشباع: تا حدی گسترش ادامه پیدا می‌کند.

تلفات اشباع در حالت اشباع حرج H اضافه شود B اضافه نمی‌شود. (از بعد از نقطه‌ی زانوئی)

اگر جهت میدان برعکس شود حرکت متعادل دیواره‌ای و سپس در جهت عکس به تفاوت می‌کنند. جریان‌های گردابی بر حرکت پس ماندیم تأثیر دارند. اگر حلقه‌ی پس ماند را بزرگتر کنیم در سطح جریان‌های گردابی حلقه گسترش یافته و تلفات پس ماند بیشتر می‌شود.

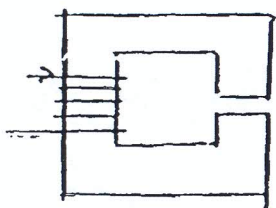


اثر پوستی: به این علت که جریان ایدار در سطح یک میانه‌ی حلقه‌ی پس ماند است. در زمان روزه افزاین پیدا کرده و در مرکز کاسه می‌شود.

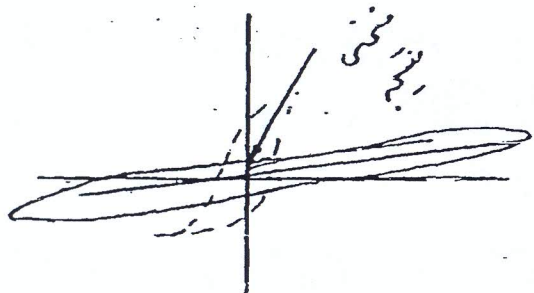


جریان هم در مرکز حلقه‌ی پس ماند و حلقه‌ی جریان در مرکز حلقه است.

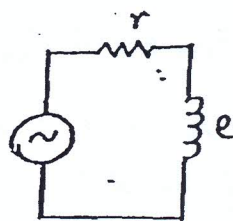
الف: رشته‌ی در سطح کابل‌های فشار قوی که خالی از جریان است از فولاد است (برای انجماد) نه از آلومینیم است.



جایی در ترانسفورماتور ها یک فاصله هوایی ای داریم که خطی می کشند .  
برای فاصله هوایی منحنی  $B-H$  خط راست است .  
نهایت اعظم انرژی در فاصله هوایی ذخیره می شود .  
پس این می توان گفت از مدار هسته مغناطیسی صرف نظر می کنیم ( مثل معادلت سیم در مدار الکتریکی )  
( اگر انرژی مصرف و تلف شود ، آن را گنبد گویند )



منحنی مربوط به خطی شدن

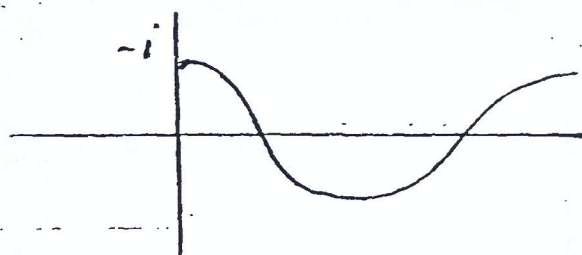
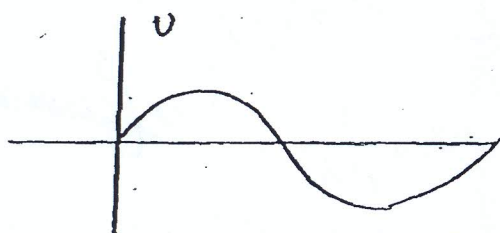


سه با تلفات

التر هسته را مدل تلفات

بفر بفریم  $r$  وجود ندارد و

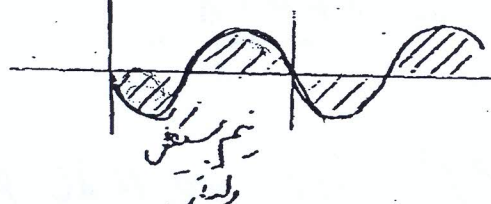
ن تلف نمی شود و را گنبد است می توان در نظر گرفت که توان به منبع باقی می ماند



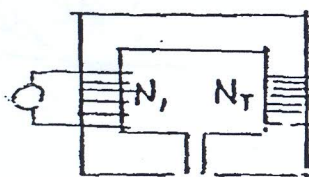
$$P_{av} = 0$$

$$p = vi$$

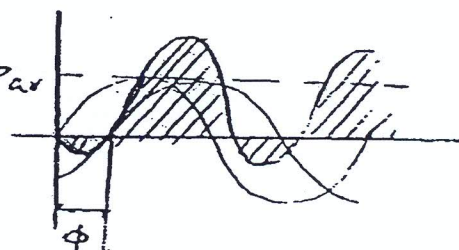
برینیم سیل انرژی ذخیره شده در بایه  
بر می گردد



دار ترانسفورماتور روی که هسته  $R-l$  است توان تلف می شود

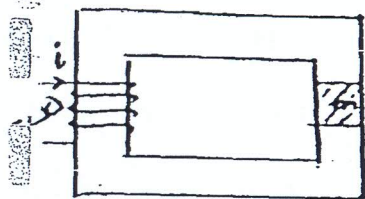


$$0 < P_{av}$$



$$\begin{cases} P = VI \cos \phi \\ Q = VI \sin \phi \end{cases}$$





در مدار مغناطیسی تقاطع می‌خوریم. در این تقاطع  $m$  را داریم

$$\Phi_m = (F_m + 0.1 F_m^T) \times 10^{-4}$$

تعیین کنید برای  $T = 1.1$   $B = 1.1$  T چه جریان DC لازم است.  
(سطح مقطع  $1.0 \text{ cm}^2$ ، طول سیر خطی  $1.0 \text{ m}$ ، ریزش پتانسیل آن  $11 \times 10^{-4}$  ولت است)

$$\Delta A \quad (4) \quad 4A \quad (4) \quad 2A \quad (2) \quad 2A \quad (1)$$

$$\Phi_m = (F_m + 0.1 F_m^T) \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow B A = 1.1 \times 1.0 \times 10^{-4} \Rightarrow F_m^T + 0.1 F_m + 1.0 = 0$$

$$F_m = \begin{cases} 1.0 \text{ AT} \\ -1.0 \text{ AT} \end{cases} \Rightarrow \text{غیر قابل قبول}$$

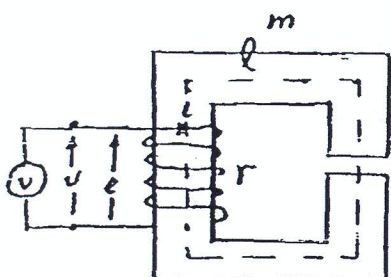
پس  $\Phi_m$  را داریم.  $\Rightarrow$  علامت  $\ominus$  نشان دهنده سیم‌بندی است که در صورت نیاز باید رعایت شود.

$$\begin{aligned} \sigma &= \Phi_m R = \Phi_m \frac{l}{\mu A} \\ &= \frac{1.0 \times 10^{-4}}{11 \times 10^{-4} \times 1.0 \times 10^{-4}} \times 1.1 \times 10^{-3} = 1.0 \end{aligned}$$

$$\Delta A \quad i = 11.0 \Rightarrow \boxed{i = 2A}$$

که در مدار هم مع  $dc$  و  $ac$  باشد از هم جدا می‌شود.  
پس  $ac$  را داریم.

## فصل ۲ - اصول تبدیل انرژی الکتریکی



۱. نت اختلاف پاداره‌های الکتریکی نیست

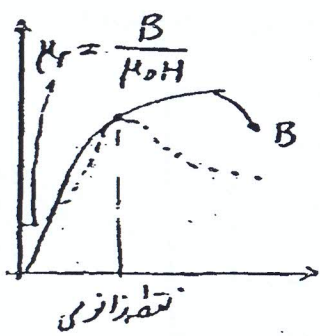
غیر خطی بودن است.

۲. توانم مدارهای مغناطیسی را تقریب خطی

نیم. ۳. هیچ سیستمی در دنیا با رفتار خطی وجود ندارد.

۴. می‌شود مدار در بخش خطی کار کنند زیرا در بالای نقطه زانویی به ازای افزایش  $H$  افزایش شدیدی برای  $B$  نمی‌شود. در حوالی نقطه زانویی

بین نقطه زانویی با تقسین ماکزیم  $\mu_r$  وجود می‌آید:



۵. تقریب خوب = تقریبی است که خطای آن کم باشد.

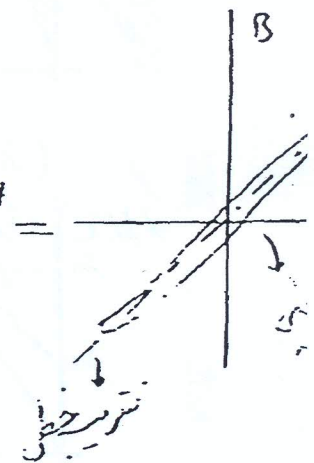
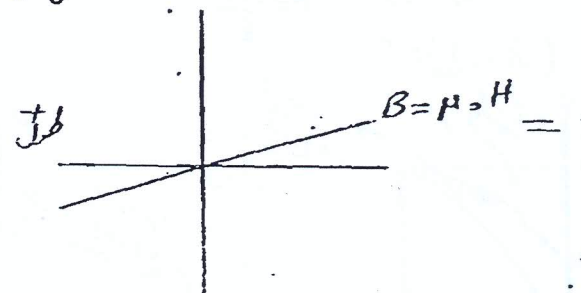
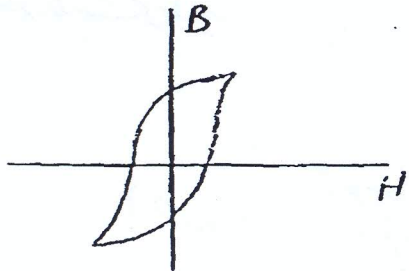
۶. فاصله‌ی حوالی اثر خطی کردن مدار مغناطیسی را دارد.

۷. در یک مدار مغناطیسی محول تحت اعظم انرژی در فاصله‌ی حوالی زانویه می‌شود.

۸. رابطه‌ی  $B$  و  $H$  در فاصله‌ی حوالی خطی است و در فاصله‌ی حوالی

خلاف هسته تلفات نداریم پس همان (اکسپو) را

$$F = H_i l_i + H_g l_g$$



- مولد دینامو ← ماشینهای گردان ← با جابجایی فاصله هوایی وجود ندارد.

- ترانسفورماتور

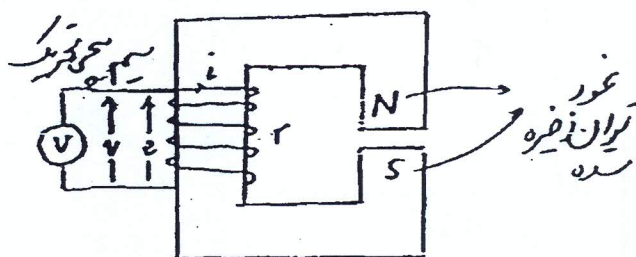
در ترانسفورماتور فاصله هوایی وجود ندارد.   
 یعنی دارای یک هسته چتری در نظر گرفت.

که اما می توان در ترانسفورماتور فاصله هوایی ساخت   
 که نیاز به خطی بودن هست یک فاصله هوایی   
 بصورت آیدیم.

در جریان مدار با بی صفتی می بینیم:  $v = e + ir$

$v_i = e_i + i^2 r$  → معادله تعادل (اصل بقای انرژی)

تغییرات  
در  
شماره  
سیم مسی  
مغناطیسی



$$p = e i$$

$$= \frac{d\lambda}{dt} i \rightarrow p dt = d\lambda i$$

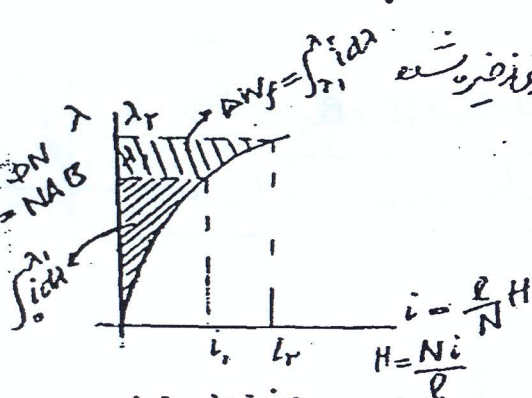
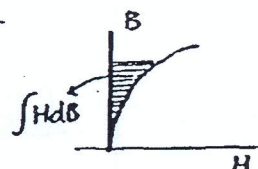
$$dW_f = i d\lambda \rightarrow$$

انرژی کل

$$W_f = \int i d\lambda$$

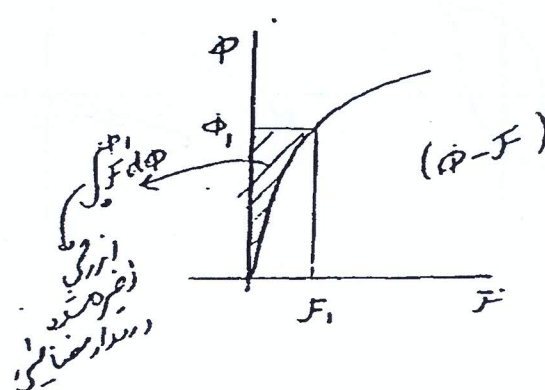
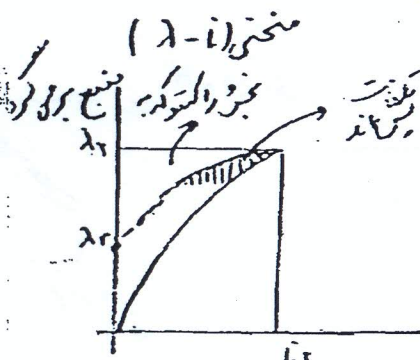
$$W_f = \int H dB$$

$$\oint W_f = A l \int H dB$$

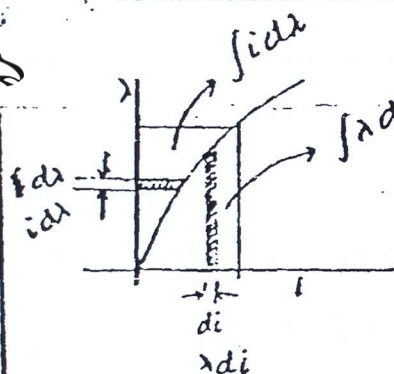


منحنی  $B-H$  فریتها از اسباب مدار است یعنی  $i-\lambda$

با توجه به اسباب مدار بدست می آید.





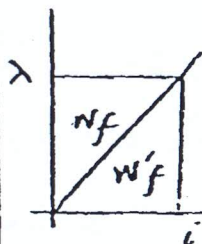


44 در سیرن انرژی (ل)  
برای آمارش هندی  
صحیح نیست و انرژی فیزیکی  
نیست

• energy  $\equiv \int \lambda di = W_f$   
شماره انرژی  
همزاد انرژی

$$W'_f > \frac{1}{2} W_f$$

رندار غیر خطی:  $\lambda \neq \mu H$

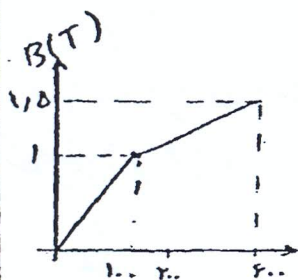


ماتریس خطی زده شده:  $W'_f = W_f = \frac{1}{2} \lambda i$

$$W_f = \int i d\lambda = \int F d\phi$$

$$W'_f = W_f = \int i d\lambda = \frac{1}{2} \lambda i = \frac{1}{2} \frac{L i^2}{L} = \frac{1}{2} \frac{\lambda^2}{L}$$

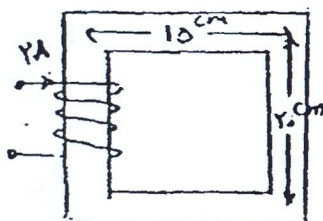
$$W'_f = W_f = \int F d\phi = \frac{1}{2} R \phi^2 = \frac{1}{2} \frac{F^2}{R}$$



نیکه:  $\lambda \propto H$   
ملکی آهنی زیر کارای سطح مقطع  $14 \text{ cm}^2$  و تعداد دور ۲۱۰ است.

B-H آن بصورت زیر است:

بشخصی B و انرژی ذخیره شده در میدان برای جریان  
یادمان است.



$$H = \frac{N i}{l} = \frac{210 \times 2}{0.17} = 247 \text{ AT}$$

$$B = 1.75 \text{ T}$$

$$W_f = \frac{100 \times 1}{2} + (100 + 600) \times \frac{1}{2} = 350 \text{ J/m}^3$$

$$0.175 \text{ J}, B = 1.75 \text{ T}$$

$$0.1052 \text{ J}, B = 1.75 \text{ T}$$

$$0.1252 \text{ J}, B = 1.75 \text{ T}$$

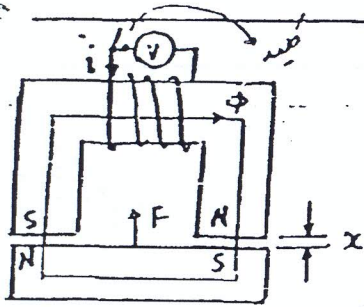
$$0.1052 \text{ J}, B = 1.75 \text{ T}$$

$$W_f = 350 \times 14 \times 10^{-6} = 4.9 \times 10^{-3} \text{ J}$$

در آن است.

تقریب خطی چندتکدامی در مدارهایی که نامحدودی برای در آن ها نیست.





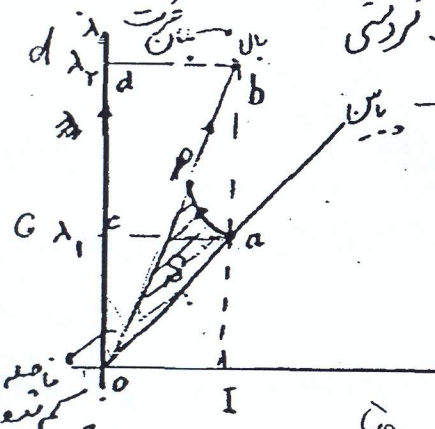
دایره  $dW_m = F \cdot dx$

$$F = \frac{dW_m}{dx}$$

دایره

دایره با حرکت گردشی

$$T = \frac{dW_m}{d\theta}$$

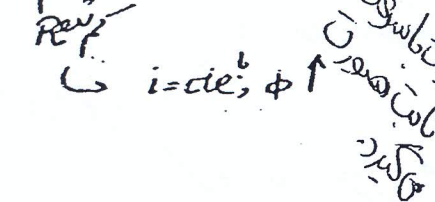


اصولیت مغناطیسی

نان آغاز حرکت، میان آن حالت لذت است

مکانهای مکانیکی گذر از حرکتها

سکون معادل استیلی داریم و در حال حرکت تعادل نسبی



جریان هم می شود  $a \rightarrow p$   
جریان افزون پیدا  $p \rightarrow b$

$$\uparrow \phi = \frac{Ni}{R}$$

ن زیاد می شود از لحاظی مغناطیسی

$$i = \frac{-e + v}{r}$$

تغییرات جریان

حرکت  $a \rightarrow p$  و حرکت  $p \rightarrow b$  و حرکت  $b \rightarrow a$  و حرکت  $a \rightarrow b$

تغییرات است

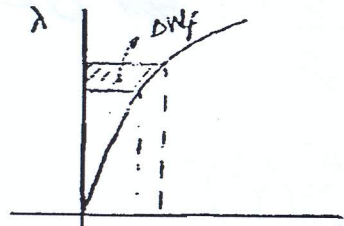
تغییرات است

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

$$\Delta W_m = S_{oap}$$

$$W_{f1} = S_{oac}$$

$$W_{fr} = S_{obd}$$



$$\Delta W_f = S_{oed} - S_{oac}$$

$$\frac{v_e}{r} = 1$$

$$\Delta W_e = \int i d\lambda = S_{capdbd}$$

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

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

$$= S_{capdbd} + S_{oac} - S_{obd}$$

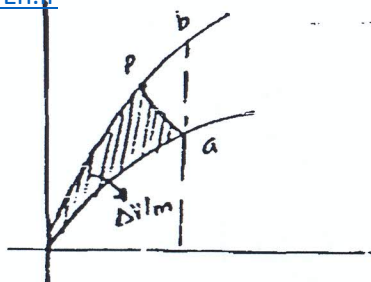
$$i = \frac{v_e}{r} \Leftarrow 0 = \frac{d\lambda}{dt}$$

$$= S_{oap}$$

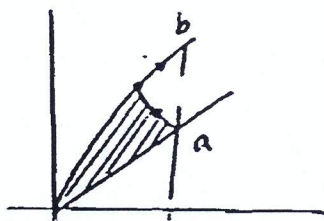
$$i = \frac{v_e}{r} \Leftarrow$$

Topic





۴ در حالت غیر خطی هم :



کافی هم داریم :

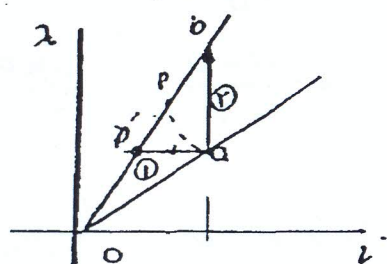
از برای در حالت اول فاصله ی عدالی داریم خطی است اما در حالت دوم فاصله های از بین رو غیر خطی شده است.

اما همین قطع یعنی  $ap$  را نداریم از برای کششنی قابل می کشیم

۱- حرکت خوش خیلی سریع رانی  $\Delta t = 0$  ،  $\Delta t = \infty$  حرکت  
در حرکت  $e = cte$

نوع حرکت خوش

۲- حرکت خوش منی کند  
در حرکت  $i = cte$

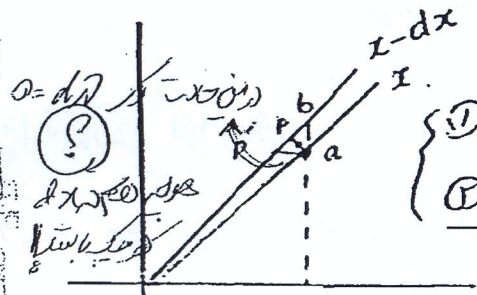


$e = cte$

$$\left\{ \begin{array}{l} \textcircled{1} \quad W_m = \int_0^x S_{oap} \, dx \\ \textcircled{2} \quad W_m = \int_0^x S_{oab} \, dx \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} p \leftarrow a \\ b \leftarrow a \end{array} \right\} \text{ حرکت از } \left. \begin{array}{l} \text{پوشش این} \\ \text{پوشش این} \end{array} \right\}$$

Soap : حرکت خوش

۵ مقنیه ای اساسی : از برای در حالت خوش (در اولی بترا)



$$\left\{ \begin{array}{l} \textcircled{1} \quad dW_m = S_{oap} \\ \textcircled{2} \quad dW_m = S_{oab} \end{array} \right. \quad \textcircled{?}$$

$$dW_m = S_{oap}$$

در حد جدا از برای کششنی منی است  $dx \rightarrow 0$  ،  $S_{oap} \rightarrow S_{oab} \rightarrow S_{oap}$

$$F = \frac{dW_m}{dx} \rightarrow \text{نیز در شکل از نوع حرکت}$$

مهم جدا از برای کششنی منی است

خطوط با کششنی منی است از برای در حالت خوش (در اولی بترا)

سپین اور درونی از ان حالت  $\Delta W_m$  و  $\Delta W_m$  را بستارده و  $T$  و  $F$  است

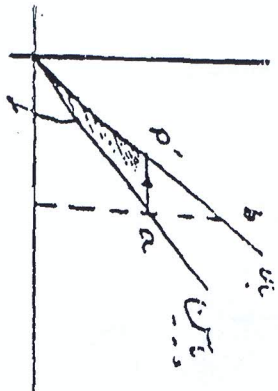
از این دو می توانیم ثابت است  
است در حالت کلی:

$$\lambda = cte$$

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

$$\Delta W_e = \int \lambda dx = 0 \quad \Delta W_m = -\Delta W_f$$

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



معنی در این نوع حرکت از انرژی ذخیره شده الیه می شود  
و اندازه  $\Delta W_m$  و اندازه  $\Delta W_f$  نسبت به هم می شود

$$F = - \frac{dW_f}{dx} \Big|_{\lambda = cte}$$

$W_f$  را باید به صورت  $\lambda$  یعنی بر حسب  $\lambda$  بنویسیم و مشتق بگیریم

$$S_{oac} = \text{اینگرفیت}$$

$$W_f = \frac{1}{r} L i^2 = \left[ \frac{1}{r} \mu_0 \phi^2 \right]$$

$$F = - \frac{1}{r} \phi^2 \frac{d\mu_0}{dx}$$

$$0 > R = \frac{r \alpha}{\mu_0 A} + R_0$$

$$F = - \frac{1}{r} \phi^2 \frac{r}{\mu_0 A} = - \frac{\phi^2}{\mu_0 A}$$

در این حالت  $\lambda$  را می توانیم به صورت  $\lambda = \frac{\phi}{\mu_0 A}$  بنویسیم

نیازی به  $R$  در این حالت نیست و می توانیم به صورت  $\lambda = \frac{\phi}{\mu_0 A}$  بنویسیم

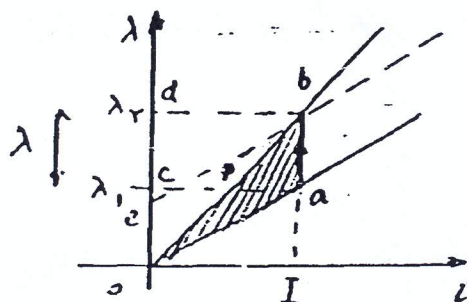
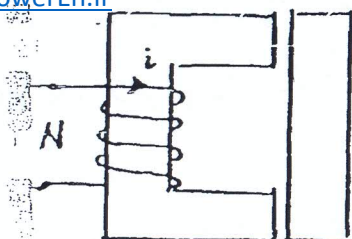
به این جهت که  $\lambda$  را می توانیم به صورت  $\lambda = \frac{\phi}{\mu_0 A}$  بنویسیم

در این حالت  $\lambda$  را می توانیم به صورت  $\lambda = \frac{\phi}{\mu_0 A}$  بنویسیم

در این حالت  $\lambda$  را می توانیم به صورت  $\lambda = \frac{\phi}{\mu_0 A}$  بنویسیم

در این حالت  $\lambda$  را می توانیم به صورت  $\lambda = \frac{\phi}{\mu_0 A}$  بنویسیم





$$F = -\frac{1}{r} \phi^r \frac{d\phi}{dx}$$

در صورتی که  $\frac{d\phi}{dx} = 0$  باشد، نیروی مغناطیسی صفر است.

$$\Delta W_e = \Delta W_f + \Delta W_m = 0$$

$$\int i d\lambda = 0$$

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

$$F = \left( -\frac{dW_f}{dx} \right)$$

نیروی مغناطیسی

حالت دوم: حرکت با ثابت (بسیار کند)

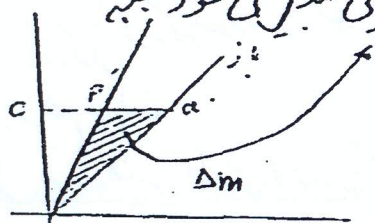
$$\Delta W_e = \Delta W_f + \Delta W_m$$

$$\Delta W_e = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i d\lambda = S_{abdc} = \lambda I = S_{oabe}$$

$$\Delta W_f = \Delta W_m = \frac{1}{r} \Delta W_e = \frac{1}{r} \lambda I i = \frac{1}{r} L i^2$$

$$F = \frac{dW_f}{dx} = \frac{1}{r} i^2 \frac{dL}{dx} \Big|_{i=cte}$$

اگر انرژی وارد مدار نمی شود ← انرژی ذخیره شده می ماند  
انرژی مکانیکی تبدیل می شود به



$$\begin{cases} \lambda = cte \\ v = cte \end{cases}$$

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

حرکت کند:  $S_{oIa} =$  شبه انرژی اولیه

ر. شبه انرژی  $S_{oBI}$  افزایش یافته.

$$\Delta W_m = +\Delta W_f$$

$$F = \left( \frac{dW_f}{dx} \right)$$

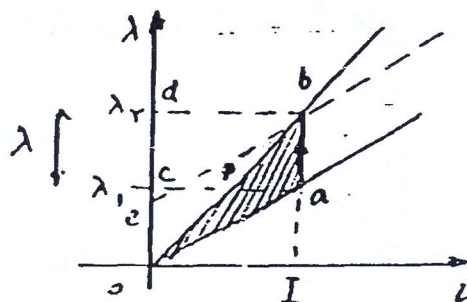
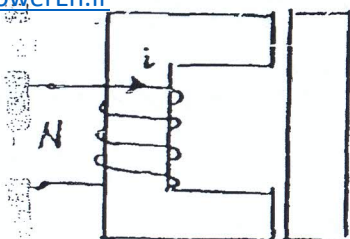
در جهت افزایش شبه انرژی

$$F = \frac{1}{r} i^2 \frac{dL}{dx} \Big|_{i=cte}$$

نیروی مغناطیسی وارد می شود و در جهت افزایش شبه انرژی

پایه





$$F = -\frac{1}{r} \phi^r \frac{d\phi}{dx}$$

در صورتی که  $\frac{d\phi}{dx}$  ثابت باشد  
 اگر  $\phi$  ثابت باشد  $\frac{d\phi}{dx} = 0$

$$\Delta W_e = \Delta W_f + \Delta W_m = 0$$

$$\int i d\lambda = 0$$

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

$$F = \left( -\frac{dW_f}{dx} \right)$$

نیروی رانش  $W_f$

حالت دوم: حرکت با ثابت (بنا کنید)

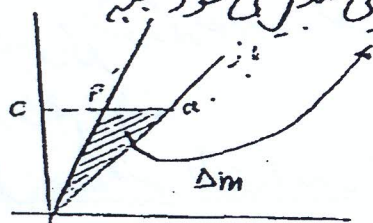
$$\Delta W_e = \Delta W_f + \Delta W_m$$

$$\Delta W_e = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i d\lambda = S_{abdc} = \lambda I = S_{oabe}$$

$$\Delta W_f = \Delta W_m = \frac{1}{r} \Delta W_e = \frac{1}{r} \lambda I = \frac{1}{r} L i^2$$

$$F = \frac{dW_f}{dx} = \frac{1}{r} i^2 \frac{dL}{dx} \Big|_{i=cte}$$

اگر انرژی وارد مدار نمی شود ← انرژی ذخیره شده می باشد  
 انرژی مکانیکی تبدیل می شود به



$$\begin{cases} \lambda = cte \\ v = cte \end{cases}$$

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

حرکت کند:  $S_{oIa} =$  شبه انرژی اولیه

ر. شبه انرژی  $S_{oBI}$  افزایش یافته.

$$\Delta W_m = +\Delta W_f$$

$$F = \left( \frac{dW_f}{dx} \right)$$

در جهت افزایش شبه انرژی

$$F = \left( \frac{+1}{r} i^2 \frac{dL}{dx} \right) \Big|_{i=cte}$$

نیروی رانش دارد می شود که در جهت افزایش  
 مکانیکی

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

مقدار نیرو در مسائل منظور مقدار نیروی اول است (مقدار نیرو ثابت نیست و تغییر می کند)  
 در ابتدای حرکت ما کمتر محسوس است و در انتها بیشتر محسوس است.  
 محاسبه نیروی اولیه انبساط که ما می خواهیم حداقل نیروی که در دستگاه پیلان  
 می آید که در برابر آنیم.

[illegible]

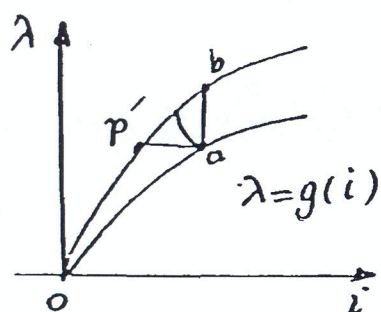
A circuit diagram showing a battery with EMF  $\mathcal{E}$  and internal resistance  $r$  connected in series with an external resistor  $R$ . The battery is represented by a circle with a cross (negative terminal) and a longer line (positive terminal). The internal resistance  $r$  is shown as a zigzag line inside the battery. The external resistor  $R$  is shown as a zigzag line outside the battery.

$$L = \frac{N^T \mu_o (rab)}{x}$$

$$F_{max} = - \frac{1}{r} \frac{N^T \mu_s(rab)}{I^T} I^r$$

$$F_{max} = \frac{-0.001 \times 10^{-5} (10^{-5})}{10^{-5}} \times 10^{-5} = -10^{-10}$$

## نیروی دگسترده در مدار غیر خطی



$$\Delta W_m = -\Delta W_f = + S_{\text{Soap}}$$

$$F = - \left. \frac{dW_f}{dx} \right|_{\lambda = \text{cte}}$$

$$W_f = f(x) = \int i dx$$

$W_f$  انرژی ذخیره شده

$$F = + \left. \frac{dW_f'}{dx} \right|_{i = \text{cte}}$$

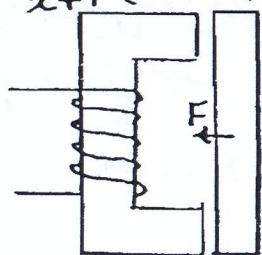
$$W_f' = f(x) = \int \lambda di$$

$W_f'$  انرژی ذخیره شده

کفیل وقتی که  $\lambda$  بصورت تابعی از  $i$  باشد (مغناطیسی) بهر آنست که از روش سبانه بریم.

○ معادله شار مغناطیسی در مدار مغناطیسی شکل زیر بصورت زیر است:

$$\lambda = \frac{\mu}{x+1} (\sqrt{i} + \sqrt[3]{i}) \quad \begin{cases} x=1 \text{ برای آهن} \\ i=1.4 \end{cases} \quad \text{حقیقت است؟}$$



$$+ \mu N (i) + \mu N (i) - \mu N (i) - \mu N (i)$$

$$W_f' = \int \lambda di = \frac{\mu}{x+1} \int (i^{\frac{1}{2}} + i^{\frac{1}{3}}) di$$

$$= \frac{\mu}{x+1} \left( \frac{2}{3} i^{\frac{3}{2}} + \frac{3}{4} i^{\frac{4}{3}} \right)$$

$$F = \frac{dW_f'}{dx} = - \frac{\mu}{(x+1)^2} \left( \frac{2}{3} i^{\frac{3}{2}} + \frac{3}{4} i^{\frac{4}{3}} \right)$$

$$= - \frac{\mu}{x} \left( \frac{2}{3} x \lambda^{\frac{3}{2}} + \frac{3}{4} x \lambda^{\frac{4}{3}} \right) = - 27 N$$

○ رابطه بین شار مغناطیسی و جریان در یک مدار مغناطیسی بصورت  $\lambda = 0.18 \sqrt{i}$  است

ظرفیت حمل جریان در یک مدار آهنی ۴۸ و ضریب  $x=1.4$  (از جدولش از کتابی نوشته ابراهیم)



سوال ۱۱)

$$W_f = \int \lambda di = \int \frac{0.1 \cdot \lambda}{x} i^{\frac{1}{r}} di = \frac{0.1 \cdot \lambda}{x} \cdot \frac{r}{r} i^{\frac{r}{r}}$$

$$F = \frac{\partial W_f}{\partial x} = - \frac{0.1 \cdot \lambda}{x^2} \cdot \frac{r}{r} i^{\frac{r}{r}} = - \frac{0.1 \cdot \lambda}{0.4^2} \cdot \frac{r}{r} \cdot x^{\frac{r}{r}} = -11$$

سوال ۱۲)

$$\lambda^r = \left( \frac{0.1 \cdot \lambda}{x} \right)^r i \Rightarrow i = \left( \frac{x}{0.1 \cdot \lambda} \right)^r \lambda^r$$

$$W_f = \int i d\lambda = \frac{x^r}{0.1 \cdot \lambda^r} \int \lambda^r d\lambda = \frac{x^r}{0.1 \cdot \lambda^r} \cdot \frac{\lambda^r}{r}$$

$$F = - \frac{\partial W_f}{\partial x} = - \frac{r x}{0.1 \cdot \lambda^r} \cdot \frac{\lambda^r}{r} \leftarrow \lambda = \frac{0.1 \cdot \lambda}{x} \sqrt{i}$$

$$F = - \frac{r}{r} \cdot \frac{0.1 \cdot \lambda}{x^2} i^{\frac{r}{r}} = -119 \text{ N}$$

$$W_f = \frac{0.1 \cdot \lambda}{x} \cdot \frac{1}{r} i^{\frac{r}{r}}$$

$$F = - \frac{\partial W_f}{\partial x} = - \frac{0.1 \cdot \lambda}{x^2} \cdot \frac{1}{r} (i^{\frac{r}{r}}) = - \frac{119}{r} \text{ N}$$

$$F = - \frac{1}{r} \phi^r \frac{dR}{dx} = + \frac{1}{r} i^r \frac{dL}{dx}$$

$$(d.c) \quad I \uparrow \quad F = - \frac{1}{r} \phi^r \frac{dR}{dx} = \frac{1}{r} I^r \frac{dL}{dx}$$

$$(a.c) \quad \begin{cases} i = I_m \sin \omega t \\ \phi = \phi_m \sin \omega t \end{cases} \quad \begin{aligned} F &= - \frac{1}{r} \phi_m^r \sin^r \omega t \frac{dR}{dx} \\ &= \frac{1}{r} I_m^r \sin^r \omega t \frac{dL}{dx} \end{aligned}$$

What is the average value of  $i$ ?

در جریان a.c مقدار متوسط هم ۱ است  
نیروی یکطرفه است چون برضت  $I_m$  و  $\phi_m$  فقط نسبت است، مقدار متوسط غیر صفر است  
(رژان در ژانر)

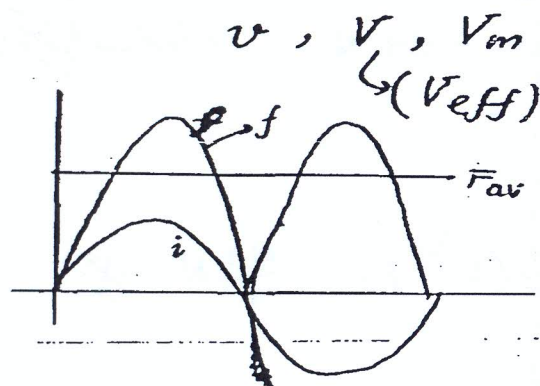
$$F = -\frac{1}{r} I_m^2 \sin^2 \omega t \frac{dL}{dx}$$

$$= -\frac{1}{r} \Phi_m^2 (1 - \cos 2\omega t) \frac{dL}{dx} = \frac{1}{r} I_m^2 (1 - \cos 2\omega t) \frac{dL}{dx}$$

$$= -\frac{1}{r} \Phi_m^2 \frac{dL}{dx} + \frac{1}{r} \Phi_m^2 \cos 2\omega t \frac{dL}{dx}$$

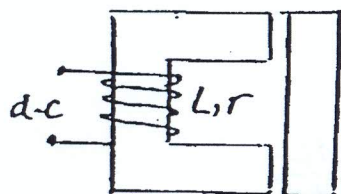
$$F_{av} = -\frac{1}{r} \Phi_{eff}^2 \frac{dL}{dx} = \frac{1}{r} I_{eff}^2 \frac{dL}{dx} \quad \text{ac: } F_{av}$$

تعداد دینامی جریان معادلی است که اگر مقدار معادل جریان مستقیم آن همان برابر با در معادله ای که  
تعداد دینامی جریان معادلی است که اگر مقدار معادل جریان مستقیم آن همان برابر با در معادله ای که



ارتباطات نیرو در دینامی در جریان مستقیم  
نسبت در حالت جریان معادلی  
نیروی یا گشتاور «فریادی» است

تفاوت رله‌ی جریان مستقیم و جریان معادلی



$$v - e = i r$$

رله دینامی است - هم dc هم ac می‌کشد -  
چرا؟

$$L, X, Z = r$$

$$d.c, i = \frac{v}{r} \Rightarrow i = \frac{v}{r}$$

→ r ↑  
باید آن را با مقدار  
بزرگ‌تر است که جریان  
گذرد بیشتر

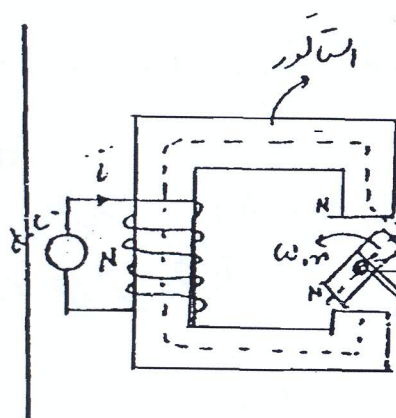
$$a.c, i = \frac{v - e}{r}$$

R ↓

در ac و dc مقدار  
تفاوت حرکت را در دینامی  
مقایسه کنید



## ماشین یک حرکت



رله ها جزء ماشین ها نیستند. ماشین به وسیله ای اطلاق می شود  
انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل کند. (ولی)  
فاصله دورام در رله ها موجود است نسبت به حرکت  
(یعنی است)

سازنده (مکانیکی)  
یک ماشین

نهایت ممکن مدار مغناطیسی: استاتور

نهایت محرک: (که حرکتی مدام دورانی است): روتور

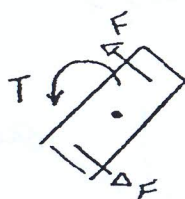
سیستمی که می تواند استاتور است که باید با یک منبع  
غذیه شود.  
از جنس استاتور که بتواند دوری کم ترش ببرد

در حرکت دورانی: جایی فاصله زاویه داریم  $(\beta)$  نسبت به یک مبای احتمالی برکت زاویه ای

$$\beta = \omega_m t + \beta_0$$

نسبت به مبای

قطع (مفضل تر) مدار: فاصله هوایی قطب ایجاد می شود.



در این وضعیت  
رله تر داخل  
است  
سگن می شود  
روتور

در جریان a.c، چرخش مدام است.

شرط اولیه حرکت: اگر در وسیله تبدیل انرژی:

شرط حرکت مدام: در وسیله تبدیل انرژی:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{av} \neq 0 \\ \omega_m \neq 0 \end{array} \right.$$

سنگین

$F_{av} = 0, T_{av} = 0$

در رله در طبیعت نسبت به حرکت انباشته می شود

لازمی تقویت انرژی دارند که می توانی می ؟



رعت مدارم (مقدار ثابت)

$T_{av} \neq 0$  حرکت آغاز می شود اما گمان است معکوس باشد. ( $\omega_m = 0$ )

$$i = I_m \cos \omega_s t \Rightarrow \phi = \phi_m \cos \omega_s t$$

$\omega_s = 0 \rightarrow$  حالت د.ت  $\rightarrow i = I_m$

د.ت: فرکانس اشباع

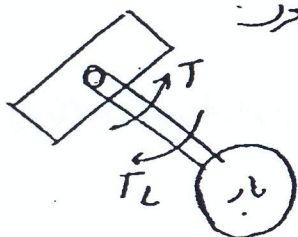
$$T = -\frac{1}{r} \phi \frac{d\phi}{d\beta}$$

سازگار با

• گتاور مقاومت مغناطیسی

• ماشین مقاومت مغناطیسی (موتور ولکانس)

• اگر بار نداشته باشیم تفاوت مغناطیسی داریم - اصطفاکرها باها را اصطفاکرها



تغییرات  $T = T_L$  در این چهار در

$$T - T_L = J \frac{d\omega_m}{dt}$$

زمان انرسی

در حالت تعادل دینامیکی

• در حالت تعادل

دینامیکی  $\omega_m$  تقریباً

ثابت است

• زبراتور بار الکتریکی و موتور بار مکانیکی دارد

$$R = f(\beta) = f(\sin \beta)$$



$R_d(\min)$

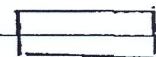
فرکانس (a)



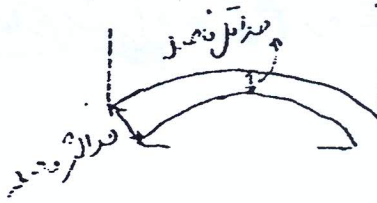
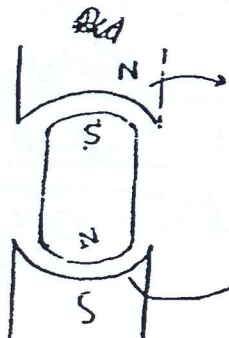
فرکانس (d)



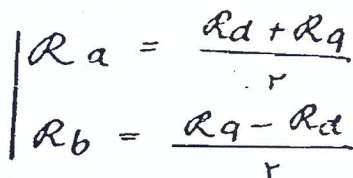
$R_d(\max)$



• شکل قطب را در هر بخش می بینیم که تغییرات مقاومت مغناطیسی این در هر دو سیم پیچ است



$\begin{cases} R_d \\ R_q \end{cases} \rightarrow \begin{matrix} \text{در یک دور دوار} \\ R_d \text{ می شود } R_q \end{matrix} \Rightarrow R = f(\sin \beta)$



$$\frac{dR}{d\beta} = r R_b \sin r\beta$$

$$T = -\frac{1}{r} \Phi_m^r \cos^r \omega_s t \times r R_b \sin r \beta$$

$$\Rightarrow T = -\Phi_m^r R_b \cos^r \alpha \sin r(\omega_m t + \beta_0)$$

مقدمه و استوار است آورد. توابع هندسی حاصله را باید بصورت درجه اول تجزیه کنیم.

$$\begin{aligned}
 T &= -\frac{\Phi_m^r}{r} R_b (1 + \cos r\omega_s t) \sin r(\omega_m t + \beta_o) \\
 &= -\frac{\Phi_m^r}{r} R_b \sin r(\omega_m t + \beta) - \frac{R_b \Phi_m^r}{r} \cos r\omega_s t \sin r\omega_m t \\
 &= -\frac{\Phi_m^r R_b}{r} \sin r(\omega_m t + \beta) - \frac{R_b \Phi_m^r}{r} \left\{ \sin r \underbrace{(\omega_m + \omega_s)t + \beta_o}_{(1)} \right. \\
 &\quad \left. + \sin r[(\omega_m - \omega_s)t + \beta_o] \right\}
 \end{aligned}$$

اگر هیچ شرطی موجود نباشد، نسبت به  $\frac{1}{2}$  تعداد صفرا است <sup>(۳)</sup> باید فرایب زردان صفرا باشد  
خوبی باید در آن عمل می، از فرایب زردان صفرا باشد

خیر بنید در اصل میانی از صرایب رتیل صفر باشد  

$$T_{ai} = - \frac{R_b \phi_m}{r} \sin r \beta_0 \Rightarrow \boxed{d}$$

$$(Y) \Rightarrow \alpha_m + \alpha_j = 0 \rightsquigarrow \tau_{av} = - \frac{R_b \cdot \alpha_m}{r} \sin \tau_j \beta_0$$

(Y)  $\Rightarrow \omega_m = \omega_s$   $\left\{ T_{av} = - \frac{R_b \phi_m}{r} \sinh r \beta_0 \right\}$

**Topic<sup>(7)</sup>**

(۲) و (۳) هر دو یک حالتند:

$$\Rightarrow \boxed{\omega_m = \pm \omega_s}$$

جهت حرکت  
در جهت  
جهت حرکت دارد

$$\Rightarrow \boxed{|\omega_m| = |\omega_s| \neq 0}$$

اینکه در جریان مستقیم موتور کار نمی کند.

از شرط تراز موتور بحرفد با سرعتی در حفره معادل فرکانس استاتور

$$f = 50 \text{ Hz}$$

→  $\text{سرعت موتور} = 50 \text{ r.p.s}$

اگر سرعت موتور از این عدد تفاوت پیدا کند موتور می السته.

به این نوع موتور به خط این خاصیت ماشین سنکرون می گویند یعنی حرکت موتور همزمان است با فرکانس استاتور

این موتور، موتور سرعت ثابت است که اگر نخواهد تغییر کند می السته به عوامل تغییر سرعت

در این نوع موتور مستقل از بار است. این یکی از مزایای موتور سنکرونی است.

البته این خاصیت محدود دارد که تا آن حد بار را با سرعت ثابت می چرخاند.

از حال سگتن که ماشین را به کار می بندازیم ماشین راه نمی افتد چون  $\omega_m = 0$  است و  $\omega_m \neq \omega_s$  پس کار نمی کند.

$$T_s = 0$$

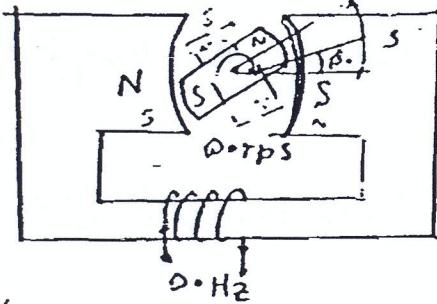
این ماشین گسترده راه اندازی ندارد





میدان مغناطیسی  
میدان الکتریکی

$$R = R_a + R_b \cos 2\beta$$



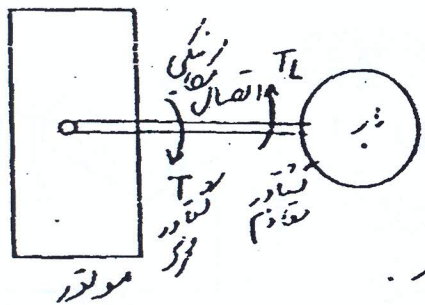
$$T_a = - \frac{\Phi_m^2 R_b}{4} \sin 2\beta$$

$$|\omega_m| = |\omega_s|$$

شروط طبیعی ماشین

تناسب ← از فرایای موتور  
فقط بخشی به فرکانس استاتور دارد.

Page  
این  
موتور



معادل رینامیکی  $T = T_L$  در حالت ثابت  
افزایش بار → افزایش استاتور بار؟ گناه و مقدار؟  
در موتور سگولون سرعت ثابت می ماند.  
موتورهای دیگر از عوامل مغناطیست

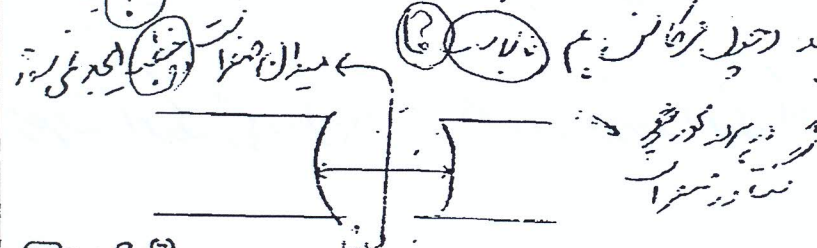
موتورهای دیگر از عوامل مغناطیست  
موتورهای دیگر از عوامل مغناطیست

موتورهای دیگر از عوامل مغناطیست  
موتورهای دیگر از عوامل مغناطیست

موتورهای دیگر از عوامل مغناطیست  
موتورهای دیگر از عوامل مغناطیست

$$T_L = T$$

موتورهای دیگر از عوامل مغناطیست  
موتورهای دیگر از عوامل مغناطیست



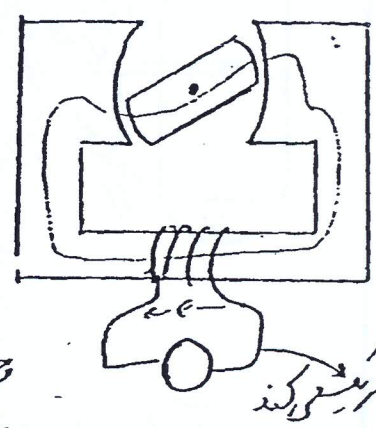
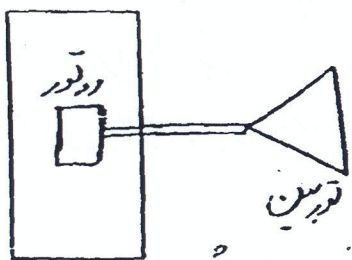
Topic

- اگر موتور با سرعتی معادل  $\omega$  بچرخد متاسیم تغییر قطب می دهند و گسار موتور به وجهی دیگر

### حالت مولدی

بر اساس اصل معکوس پذیری باید حالت مولدی ممکن باشد.

« هر سن الکتریکی معکوس پذیر است »



مثل حالت مولد، مولد هم قطب می خورد  
خود کوز راه نمی افتد. یک منبع تحریک دید مولد را می بین  
که با فرکانس برابر  $\omega_m$  کند.

برای راه اندازی امکان دارد برای مولد ابتدا یک مولد ساز را  
و چون انتظار داریم خود مولد باشد و آن را به عنوان مولد می کار  
می بریم  $\Leftarrow$  موتور مقاومت مختصی

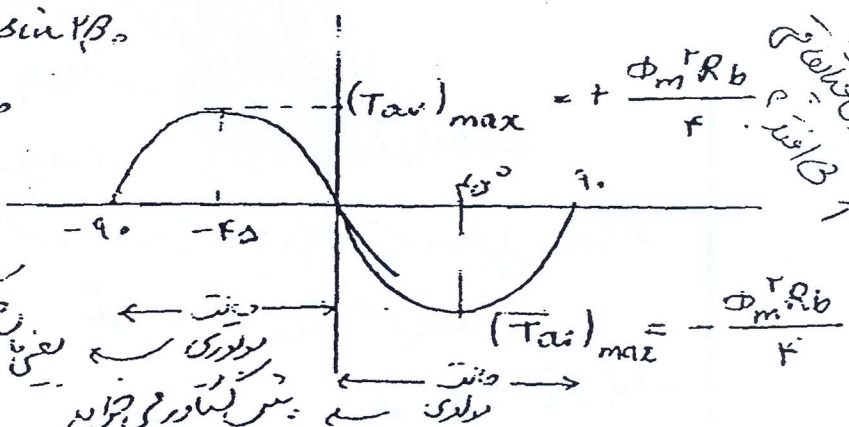
نقطه صحت حداقلی را با ۲

### ت در متوسط

$$T_{av} = - \frac{\Phi_m R_b}{4} \sin 2\beta_0$$

حالت مولدی  $-90 < \beta_0 < 0 \rightarrow$

حالت مولدی  $0 < \beta_0 < 90 \rightarrow$



یعنی سنسور تولید می کند

حالت مولدی

مولد می سازد

موتور همواره به دنبال حالتی است که حداقل زوایا را داشته باشد و چون بعضی عوامل  
همواره به دنبال آن حالت می گردد.

•  $\beta_0$  زاویه بین برآورد و آسانسور، زاویه بین میدان های آهنی است

- تولید به طرف انرژی هم زمان است به خصوص در مورد انرژی الکتریکی



تقاضای انرژی از طرف مصرف کننده به ما این انرژی داده تولید کنند

کامت پیک، مجموعی مصرف  
ساز تولیدی باید برابر باشد به اگر فشار  $T_L$  بیش از  $T_{max}$  باشد برادر سگ

می آید.

•  $\delta = \beta$  ← زاویه بار ← در آن را تعیین می کند.  
در قدر برای این که فشار زیاد کند عقب می افتد از آن قدر.

بر برد: از این  $\phi = \frac{N_s i_s}{R}$

→  $i_s = \frac{R\phi}{N_s}$   $\omega_m$   
جریان تحریک =  $\frac{\phi_m}{N_s} \cos \omega_s t [R_a - R_b \cos 2(\omega_s t + \beta_0)]$

=  $\frac{\phi_m R_a}{N_s} \cos \omega_s t - \frac{\phi_m R_b}{2N_s} [\cos(\omega_s t + 2\beta_0) + \cos(3\omega_s t + 2\beta_0)]$

→ جریان تحریک این نوع موتور در موتور دارد

حالت دوم

سنجشی نیست

این موتور ها بر روی  $\Rightarrow$  در آن می ها بر روی آن کم نیست

(الحزب غیر خنثی بودن)

کدام

عزت در پشت کتور است با مقبول رو کار کار می سازد  
تست نیست

$T = -\frac{1}{\omega} \frac{d\phi}{d\beta}$   
تور شست متحرک

→ نسبت به نسبت مغناطیسی

استه با شیم استوار داریم که موتور

باز شود. به غیر توان این موتور را در اندازه های بزرگ است به چرخ جریان شبکه را به هم می ریزد

کاربرد موتور است به اندازه های کوچک (موتور ۱۰۰۰)

موتور است به کاربرد در سبیل از شست مثل موتور است

موتور است به کاربرد در سبیل از شست مثل موتور است





یک موتور قدرت مکانیکی دارای مقطع دایره  $25 \times 25 \text{ mm}$  در طول  $50 \text{ mm}$  است.

نسبت هدایت  $g = 4 \text{ mm}$  . مقدار دمای مکانیکی  $R_d = 1.0 \times 10^{-6} \text{ AT/Wb}$

$$R_g = 4.0 \times 10^{-6} \text{ AT/Wb}$$

$N = 3000$  استاتور با منبع  $115 \text{ V}$  ،  $25 \text{ Hz}$  تحریک می شود . مقدار حداکثر قدرت مکانیکی

متوسط این موتور چقدر است ؟ مقدار موتور جریان تحریک را تعیین کنید .

$$P_{av}(\max) = ?$$

$$R = (25 - 15 \cos 2\beta) \times 10^{-6} \text{ AT/Wb}$$

$$\frac{dR}{d\beta} = 30 \times 10^{-6} \sin 2\beta$$

$$T_{av} = \frac{\Phi^2 R_b}{4}$$

$$v = 115\sqrt{2} \cos \omega t$$

$$e = v = \frac{N \omega_s \Phi_m}{\sqrt{2}}$$

$$\Phi = \Phi_m \cos \omega t$$

$$= 115$$

$$\lambda = N \Phi_m \cos \omega t$$

$$\Phi_m = \frac{115\sqrt{2}}{3000 \times 50\pi} = 0.1345 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$T_{av} = \frac{15 \times 10^{-6} \times (0.1345 \times 10^{-3})^2}{4} = 0.1447 \text{ N.m}$$

توسط  
متوسط  
توان

$$P_{av} = T_{av} \omega_m = T_{av} \omega_s = 0.1447 \text{ N.m} \times 25 \times 2\pi$$

$$= 22.8 \text{ W}$$

قدرت موتور  $22.8 \text{ W}$  . ( در صورتی که نسبت  $\frac{1}{11}$  ، قدرت موتور این موتور را تعیین کنید )

نسبت توان به توان  $f.H.P$  ( Fractional Horse Power )

$$i = \frac{0.1345 \times 10^{-3} \times 25 \times 10^{-6}}{2 \times 3000} \cos \omega_s t$$

$$\beta_s = -45^\circ$$

$$+ \frac{0.1345 \times 10^{-3} \times 15 \times 10^{-6}}{2 \times 3000} (\sin \omega_s t + \sin 2\omega_s t)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \omega_s t + \frac{0.149}{\sqrt{2}} \sin \omega_s + \frac{0.149}{\sqrt{2}} \sin 2\omega_s$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \sin(\omega_s t + 73.1^\circ) + \frac{0.149}{\sqrt{2}} \sin 2\omega_s t$$

$$i = \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.149}{\sqrt{2}}\right)^2} \sim$$

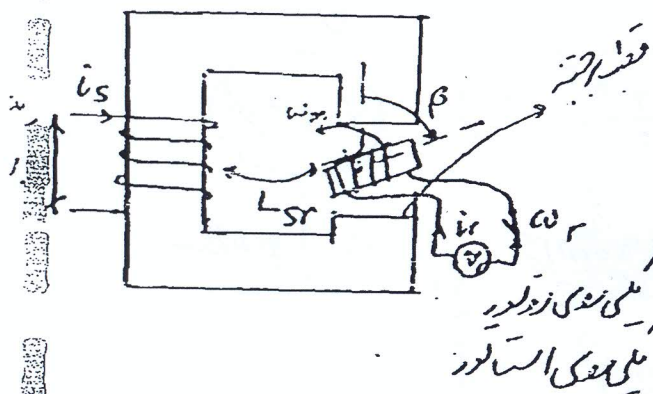
$$i_{rms}$$

→ Observe  $i_{rms}$

$$i_{max}$$

$$\sqrt{\left(\frac{a}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{b}{\sqrt{2}}\right)^2} = 1$$

## ماشین در حرکت

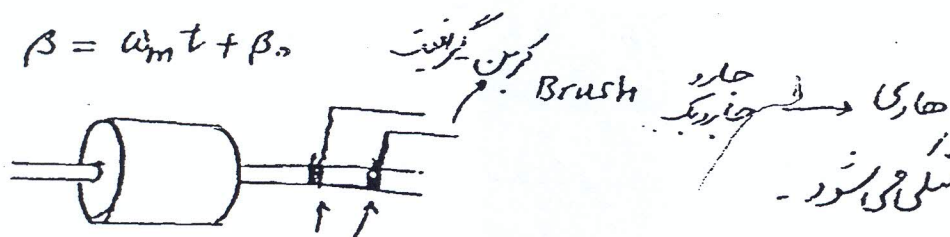


در حالت کلی ماشین می تواند دارای چند سیستم سیم پیچ حرکتی باشد.

اما آنچه نزدیک به معنای طبیعی

معتبرین حالت این است که در حرکت باشد یعنی برای سیم پیچ روتور که می توانی استاتور

$$\beta = \omega_m t + \beta_0$$

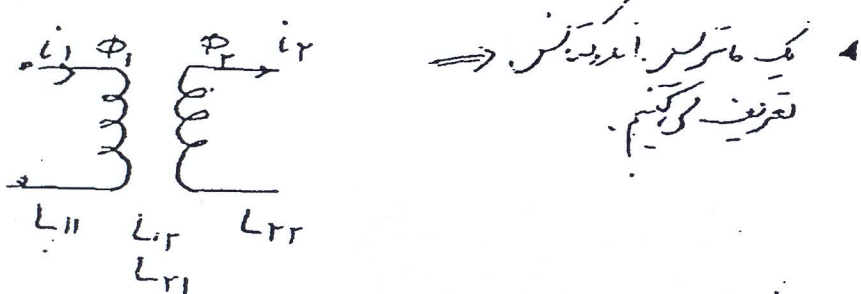


در سیستم سیم پیچ هارای متلی بین دو سیستم سیم پیچ دارند که با اندر شدن متقابل  $L_{rs} = L_{sr}$  متقابل شدن دارد می شود.

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

اندوختن خودی (در وجود القای)

لایه القای با اندر شدن خود سیم پیچ وجودش



$$L_{11} = \frac{\lambda_1}{i_1}$$

$$L_{12} = \frac{\lambda_{12}}{i_1}$$

$$L_{22} = \frac{\lambda_2}{i_2}$$

$$L_{21} = \frac{\lambda_{21}}{i_2}$$

در وضعیت انرژی در حالت در حرکت متغیر است



$$\begin{cases} i_s \rightarrow i_s \\ i_r = 0 \end{cases}$$

$$e_s = \frac{d\lambda_s}{dt} = L_{ss} \frac{di_s}{dt}$$

$$W_e(1) = \frac{1}{2} L_{ss} i_s^2$$

حالت اول:

مشق حالت یکم

$$\begin{cases} i_s \\ i_r \rightarrow i_r \end{cases}$$

حالت دوم: جریان به حالت دائمی رسید.

کلید جریان را در زمان  $t=0$  می‌بندیم. (حالت گذرای جریان را نداریم)

$$\begin{cases} e_s = \frac{d\lambda_{ss}}{dt} = L_{sr} \frac{di_r}{dt} \\ e_r = \frac{d\lambda_r}{dt} = L_{rr} \frac{di_r}{dt} \end{cases}$$

$$i_s = Cte$$

$$di_s = 0$$

$$W_e(2) = \int L_{sr} i_s di_r + \int L_{rr} i_r di_r$$

$$= L_{sr} i_s i_r + \frac{1}{2} L_{rr} i_r^2$$

$$+ W_m \text{ / } \mu \text{ep } (?) \text{ m}$$

$$W_e = W_e(1) + W_e(2)$$

$$W_e = \frac{1}{2} L_{ss} i_s^2 + L_{sr} i_s i_r + \frac{1}{2} L_{rr} i_r^2$$

یا تغییرات

در پتانسیل الکتریکی

4 می‌توان این رابطه را به حرکت یکدیگر تبدیل کرد.

در حقیقت هم حرکت و هم تغییر در جریان و هم تغییر در پتانسیل الکتریکی

$$i_s \begin{cases} \lambda_s = e_s + i_s r_s = \frac{d\lambda_s}{dt} + i_s r_s \end{cases}$$

$$i_r \begin{cases} \lambda_r = e_r + i_r r_r = \frac{d\lambda_r}{dt} + i_r r_r \end{cases}$$

4 در حقیقت دائمی در حقیقت

توان ورودی به مدار از منبع

$$P_{is} = i_s^2 r_s + L_{ss} i_s \frac{di_s}{dt} + i_s^2 \frac{dL_{ss}}{dt} + L_{sr} i_s \frac{di_r}{dt}$$

$$+ i_s i_r \frac{dL_{sr}}{dt}$$

(1)

توان ورودی به مدار از منبع

$$P_{ir} = i_r^2 r_r + L_{sr} i_r \frac{di_s}{dt} + i_s i_r \frac{dL_{sr}}{dt} + L_{rr} i_r \frac{di_r}{dt}$$

$$+ i_r^2 \frac{dL_{rr}}{dt}$$

(2)

اثر متقابل باعث می شود انرژی بیشتری از دو منبع گرفته شد و به انرژی مکانیکی تبدیل شود.

$$T = - \frac{1}{r} \Phi^2 \frac{dR}{d\beta} = - \frac{1}{r} i^2 \frac{dL}{d\beta}$$

$$R = f(\sin^2 \beta) \quad , \quad L = g(\sin^2 \beta)$$

ی شود از اندرکنش استفاده نمود.  
استفاده از روش اندرکنش اینست که تعریف تعداد مغناطیسی متقابل انرژی اندرکنش  
تعریف می شود.

چراغ آنتن → دفرایند انرژی  
انرژی مکانیکی تبدیل می شود.

$$dW_e = dW_m + dW_f$$

$$dW_e = e_s i_s dt + e_r i_r dt$$

اثر تلفات ( تلفات ) →  $dW_e = dW_f$  وقتی حرکت شروع نشود

نسبت ولتاژ الکتریکی در هر یک از دو سیم صاف است و ولتاژ مکانیکی متناسبی که به حالت دائمی  
یم - حالت اول: صاف را می بینیم.

$$i_r = 0$$

نقطه اول →  $i_s \rightarrow 0$  : جریان روتور

کلید r را می بینیم →  $i_r \rightarrow 0$  : جریان استاتور

نسبت ولتاژ مکانیکی آسان می شود.

و توان مکانیکی به حرکت  $\omega_m$  رسیده و تلفات دائمی شود.

$$\begin{cases} \lambda_s = L_{ss} i_s + L_{sr} i_r \\ \lambda_r = L_{sr} i_s + L_{rr} i_r \end{cases}$$

$$\begin{cases} e_s = \frac{d\lambda_s}{dt} \\ e_r = \frac{d\lambda_r}{dt} \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} \lambda_s \\ \lambda_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{ss} & L_{sr} \\ L_{sr} & L_{rr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_s \\ i_r \end{bmatrix}$$

ماتریس اندرکنش



$$P = \frac{dw_f}{dt} = L_{ss} i_s \frac{di_s}{dt} + \frac{1}{r} i_s^r \frac{dL_{ss}}{dt} + L_{sr} i_s^r \frac{di_r}{dt} + L_{sr} i_r \frac{di_r}{dt} + \frac{1}{r} i_r^r \frac{dL_{rr}}{dt}$$

توان دینامیکی  
شده دینامیکی

$$(1) + (2) = P_f + P_m + \text{توان تلفات}$$

$$P_m = (1) + (2) - P_f - \text{توان تلفات}$$

$$P_m = \frac{1}{r} i_s^r \frac{dL_{ss}}{dt} + i_s i_r \frac{dL_{sr}}{dt} + \frac{1}{r} i_r^r \frac{dL_{rr}}{dt}$$

توان دینامیکی خطای

$$P = T \omega_m$$

$$\omega_m = \frac{d\beta}{dt}$$

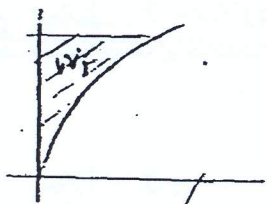
$$T = \frac{P}{\omega_m} = \frac{P}{\frac{d\beta}{dt}}$$

$$T = \frac{1}{r} i_s^r \frac{dL_{ss}}{d\beta} + i_s i_r \frac{dL_{sr}}{d\beta} + \frac{1}{r} i_r^r \frac{dL_{rr}}{d\beta}$$

توان دینامیکی خطای

$$L_{sr} = L_{rr} = 0 \rightarrow T = \frac{1}{r} i_s^r \frac{dL}{d\beta}$$

توان دینامیکی خطای



$$T = \frac{dw_f}{d\beta}$$

$$w_f = w_e = \frac{1}{r} L_{ss} i_s^2 + L_{sr} i_s i_r + \frac{1}{r} L_{rr} i_r^2$$

توان مستعمل از م  
توان تلفات دینامیکی خطای (توان تلفات دینامیکی خطای)



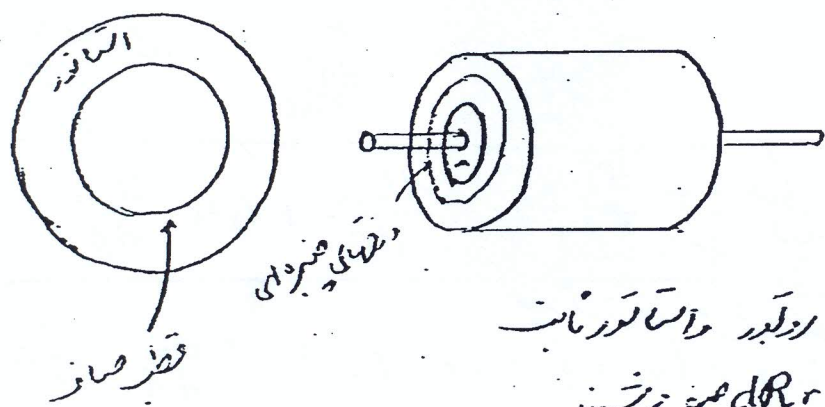
مقدار کمی نسبت به تداخلی از نسبت های مقاومت مغناطیسی بیشتر است.  
 (نسبت های مقاومت مغناطیسی مربوط به یک چرخ در جریان حار بودن اجزای می کنند و اگر حذف کنیم نسبت اول نسبت به دوم نسبت مغناطیسی صفر می شود.)

دلیل برای این که نسبت های مقاومت مغناطیسی صفر شوند  $\rightarrow$  (۱) نسبت اعظم نسبت در برابر تداخلی و باید حذف شوند (۲) حار بودن ز آهنش.

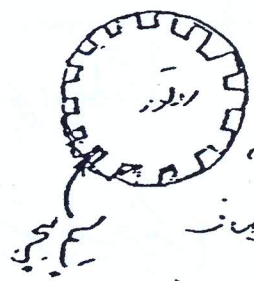
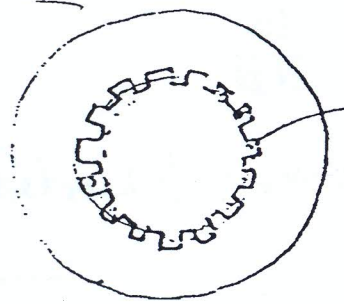
(۳) اگر شش در آید هم که نسبت نسبت به صفر شود نسبت در نسبت مقاومت مغناطیسی صفر می شود.



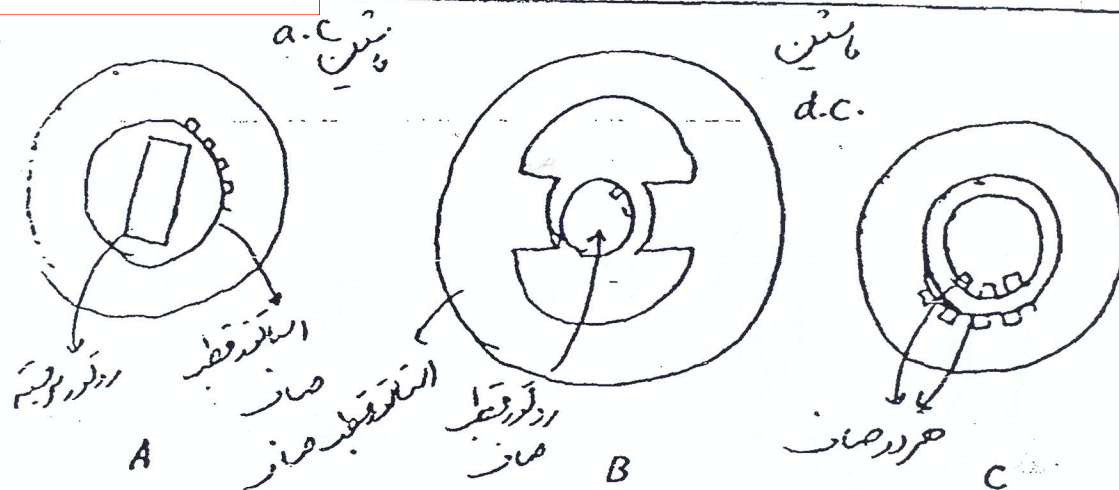
شکل ماشین ها استوانه ای است.  $\leftarrow$  روتور و استاتور  
 هر دو شکل استوانه ای دارند.  
 تمامی ماشین های الکتریکی شکل استوانه ای دارند.



اگر مقاومت مغناطیسی برابر با روتور و استاتور ثابت باشد  $\frac{dR_{as}}{d\beta}$  و  $\frac{dR_r}{d\beta}$  صفر می شوند.  
 نسبت به مقاومت مغناطیسی در قطب برشته ای می شود که (در قطب صاف نسبت به مقاومت مغناطیسی نداریم).



سریع رفتن استاتور قطب ها - روتور قطب ها  
 استاتور قطب ها برشته - روتور قطب ها صاف  
 نسبت به روتور روتور هر دو قطب صاف



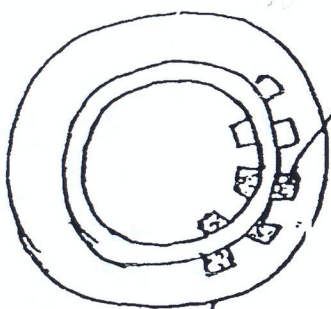
در مرکز قطب‌ها است ← مرکز هسته مغناطیسی متغیر می‌باشد و بالعکس  
نشان بکشد است.

A :  $\frac{dL_{ssr}}{d\beta} = 0$

که  
مطلوب

B :  $\frac{dL_{ss}}{d\beta} = 0$

a.c. > نشان‌ها  
d.c.



سیم‌چین  
توزیع شده

داخل سیم‌ها از سیم‌چینی پر شده است.

$$T = i s r \frac{dL_{sr}}{d\beta}$$

$$L_{sr} = f(\sin \beta)$$

$$L_{ss} = f(\sin 2\beta)$$

هر دو قطب هم‌نام

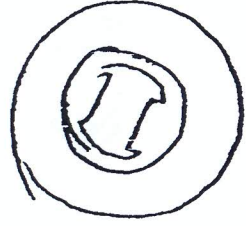
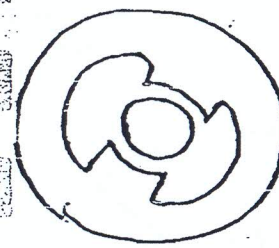
با توزیع شار در فاصله‌ی هوایی سینوسی باشد به تابع شار در تداخلی بدست می‌آید.

توزیع شار در فاصله‌ی هوایی ناشی از استاتور و روتور است.

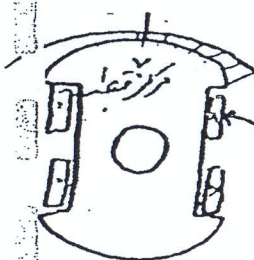
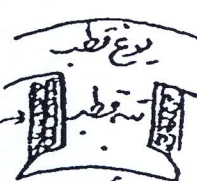
لکه قطب‌های برجسته با شکل دایره‌ای هستند

این اثر کم‌تر می‌باشد

در فضای خالی



یک قطب برجسته در استاتور:



یک قطب برجسته در روتور

سیم‌چینی گرد

نقطه قطب (dc)

سیم‌چینی گرد

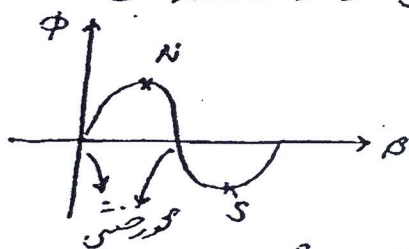
اثر کم‌تر می‌باشد به سیم‌چینی دارد.

عمود ضعیف

اثر قطب مستطیلی باشد

با سیم‌چینی شار در روتور قطب است.

شکل شار بر حسب  $\beta$ :



مسئله  $\phi = 0$

سطح مقطع هر قطب نسبت به استاتور است.

سطح مقطع مغناطیسی  $T_{av}$

در استاتور و روتور یکسان

$$L_{sr} = L_{sr m} \cos \beta$$

با این روش، که سیم‌چینی است، مقاومت خطای سیم‌چینی را

به بدست آمدن سیم‌چینی برای شار

سیم‌چینی از نظر شار مغناطیسی کم‌تر می‌شود

اثر ششگونی را می‌تواند



$$\beta = \omega_m t + \delta$$



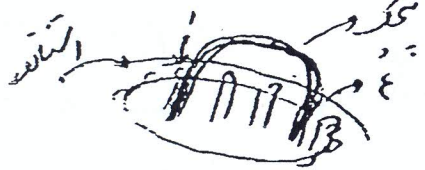
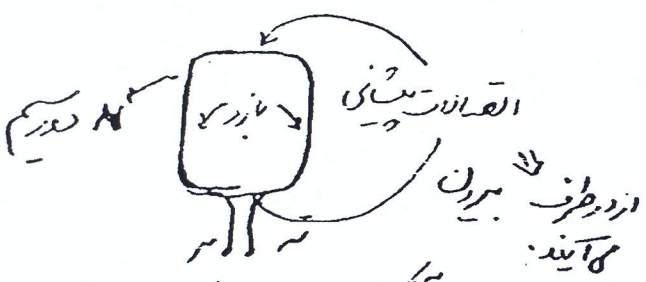
در قطبهای صاف با طراحی سیم پیچی و قرار دادن سیمهای مناسب در داخل شیارها.

ساده ترین عنصر یک سیم پیچی را یک کپی می گویند.

که شکل تقریباً مستطیلی

بازوها در شیارها قرار می گیرند.

سیمهای عایق فلز لایه (الفا) استفاده می شوند.

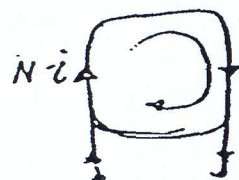
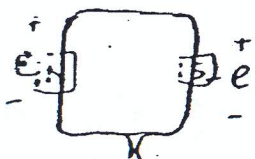


فاصله ی بازوها طوری تنظیم می شود که اگر بازویی زیر قطب شمال

شد دیگری زیر قطب جنوب باشد. (هر دو یک میلی در جهات

سیم در یک در سیم باشد).

کل در را الفای  $\pi e$  می شود.



N آپرید هر یک است. اگر توزیع آپرید سیمی

است و  $R$  ثابت

که توزیع شار سیمی می شود.

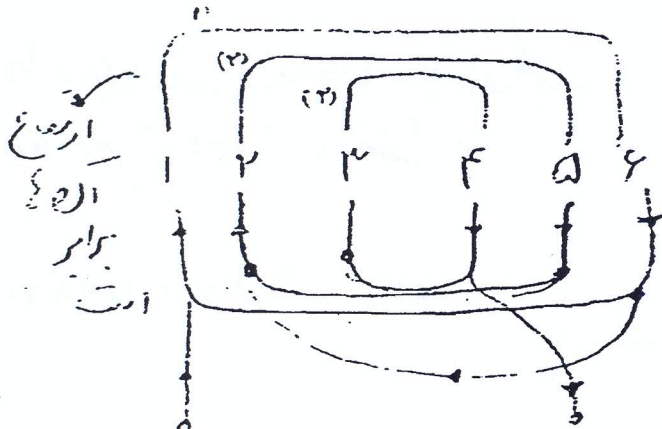
ر جریان ثابت باشد با توزیع سیمی تعداد حلقه های کوان آپرید در سیمی وجود آورد.

مستقیم به قطبهای رفته

توزیع شده به قطبهای رفت

سیم پیچی

سیم کوان: چند یک در داخل سیم قرار می گیرند. هر یک یک یک قطب سیم است و یکی سیم است.



بازوها ی فلز باید

در جهت جریان باشد

یکی است

از هر طرف

از هر طرف

از هر طرف

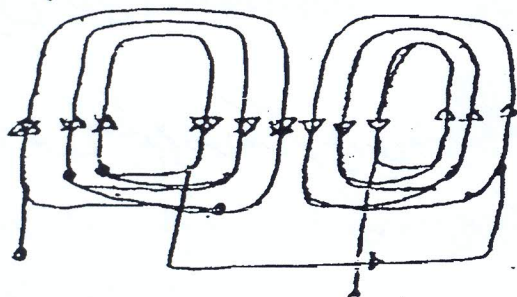
در حالت ایده‌آل اگر تعداد کل در استاتور  $N_s$  و اگر مجموع سیم‌های هر قطب را  $N_p$  بگیریم، باید حتماً به این نکته توجه داشت:

$$n_s = \frac{N_s}{p}$$

در هر قطب  $p$  سیم‌ها قرار دارند.  
در این رابطه  $n_s$  عدد در استاتور است.

در این رابطه  $n_s$  عدد در استاتور است.

۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲



هر سیم در یک قطب قرار دارد.

$N_s$  : جمع کل سیم‌ها در هر قطب  
تعداد کل سیم‌ها  $\times$  تعداد در هر سیم

۴  $n_s$  به صورت ایده‌آل ممکن نیست بدست بیاید چون  $N_s$  عدد در استاتور است.  
۴ اگر  $N_s$  سیم‌ها در استاتور باشند،  $N_s$  تعداد کل در استاتور.

$$N_q = \frac{N_s}{p} \int_0^{\theta} \cos \theta d\theta$$

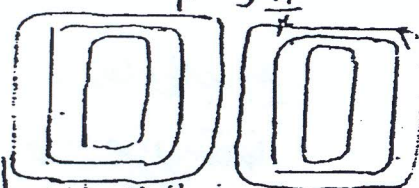
$\theta = 2\pi(q-1)/s$   
تعداد در استاتور  $s$ : هر قطب

۰ اگر ۱۲ سیم در استاتور باشند، تعداد در استاتور از ۴ به ۱۲ می‌رسد و از ۲ به ۶ می‌رسد.

$$N_1 = \frac{N_s}{p} \int_0^{\pi/6} \cos \theta d\theta = \frac{N_s}{p} = 0.125 N_s$$

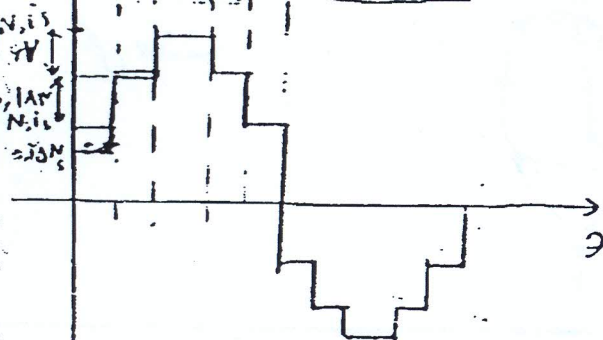
$$N_r = \frac{N_s}{p} \int_{\pi/6}^{\pi/2} \cos \theta d\theta = 0.183 N_s$$

$$N_r = \frac{N_s}{p} \int_{\pi/2}^{\pi} \cos \theta d\theta = 0.47 N_s$$



از آنجا که سیم‌ها به سیم‌های هم‌دردی دارند و قطب‌ها به هم وصل می‌شوند.

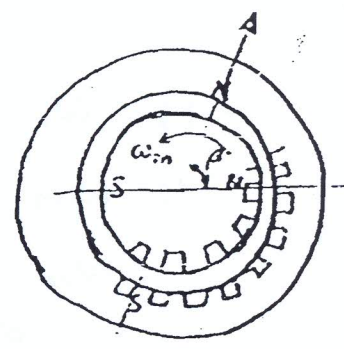
$$N_{se} = a_1 N_s = 0.989 N_s$$





$T_{av} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} T d\theta$

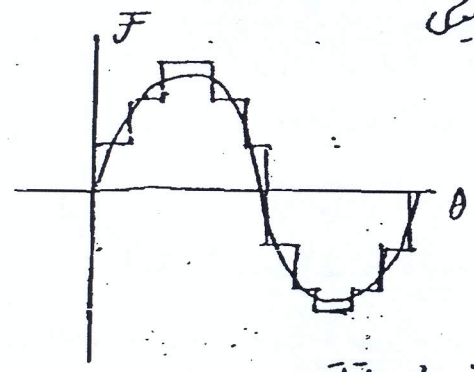
$L_{sr} = L_m \cos \beta$



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

در قطب برقی  
با تنظیم فاصله هوایی و شکلی که به فنر قبضه داریم  
در قطبهای صاف با طول یکسان  
تغییرات را در فاصله هوایی می‌توانیم

همین‌طور با تغییر بعد از آن تقریباً سینی



$L_{sr} = L_{srm} \cos \beta$   
 $\beta = \omega_m t + \delta$

زاویه اولیه‌ی روتور نسبت به سینی محور است

$$\begin{cases} i_s = I_{sm} \cos \omega_s t \\ i_r = I_{rm} \cos (\omega_r t + \alpha) \end{cases}$$



$\Rightarrow \frac{dL_{sr}}{d\beta} = -L_{srm} \sin \beta$

$T = -I_{sm} I_{rm} L_{srm} \cos \omega_s t \cos (\omega_r t + \alpha) \sin (\omega_m t + \delta)$

$$\Rightarrow T = -\frac{I_{sm} I_{rm} L_{srm}}{4} \left\{ \begin{aligned} &\sin [(\omega_m + (\omega_s + \omega_r))t + \alpha + \delta] \\ &+ \sin [(\omega_m - (\omega_s + \omega_r))t - \alpha + \delta] \\ &+ \sin [(\omega_m + (\omega_s - \omega_r))t - \alpha + \delta] \\ &+ \sin [(\omega_m - (\omega_s - \omega_r))t + \alpha + \delta] \end{aligned} \right\}$$

$I_s$   
 $I_r$

لنگی  
در هر سیم که  
 $T_{av} = 0$

در این حالت می‌توانیم از فرمول‌ها استفاده کنیم  
پس چنانچه فرکانس‌ها یکسان نباشند  
 $\begin{cases} \omega_m \neq 0 \\ T_{av} \neq 0 \end{cases}$



$$1) \omega_m + \omega_s + \omega_r = 0$$

$$2) \omega_m - \omega_s - \omega_r = 0$$

$$\omega_m = \pm (\omega_s + \omega_r)$$

$$3) \omega_m + \omega_s - \omega_r = 0$$

$$4) \omega_m - \omega_s + \omega_r = 0$$

$$\omega_m = \pm (\omega_s - \omega_r)$$

$$\Rightarrow |\omega_m| = |\omega_s \pm \omega_r| \Rightarrow T_{av} \neq 0$$

سرعت مقرر باینه مجموع یا تفاوت فرکانس های درآورد استوار باشد.  
حالت اول:  $\omega_s = \omega_r = 0$  درآورد و استوار هر دو با فرکانس صفر حرکت می کنند.

$$\omega_m = 0$$

$$T_{av} = -I_{sm} I_{rm} L_{sr} \sin \beta_0$$

به حرکت مقطعی است و جایی که مقاومت مغناطیس حداقل شود می آید به صورت رله است.  
استوار ثابتی در مقابل جابجایی  $\beta$  ناشی از استوار (موتورهای (جشی) - در اینجا موتورهای خارجی اعمال شده روی موتور تولید می شود. برای حرکت مقطعی

حالت دوم:  $\omega_s = 0, \omega_r \neq 0$  استوار جریان DC

$$|\omega_m| = |\omega_r| \quad T_{av} = -\frac{I_{sm} I_{rm} L_{sr}}{2} \sin \beta_0 \quad \alpha = 0$$

درآورد با سرعت برابر فرکانس خود را می گرداند. این حالت سنکرون است ولی بجا آن سنکرون نمی گویند چون درآورد با خود سنکرون است. حالت سنکرون DC (در اینجا سنکرون است)

حالت سوم:  $\omega_s \neq 0, \omega_r = 0$  استوار درآورد می بردار است.  
 $\omega_m = \omega_s \quad T_{av} = -\frac{I_{sm} I_{rm} L_{sr}}{2} \sin \beta_0 \quad \alpha = 0$

این سنکرون درآورد می بردار است. درآورد می بردار (در اینجا سنکرون است).  
عند خود سنکرون یک حرکت دارد. حرکت ثابت دارد.  
اگر زاویه  $\omega_m = \omega_s$  هم خود سرعت هم درآورد می بردار است. درآورد می بردار (در اینجا سنکرون است).  
درآورد می بردار است.

$$I_{av} = \frac{1}{2} I_{sm} \sin \delta \cos \alpha$$

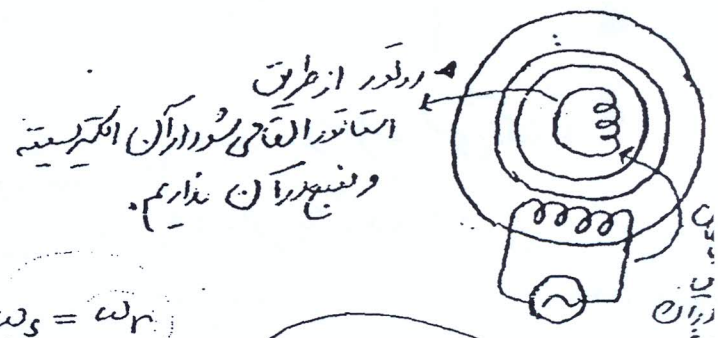
از هم ولت و فرکانس

مت جهاد  $\omega_r \neq 0, \omega_s \neq 0$   
 ی آسنودن (a.c)  
 غیر همزمان  
 $\omega_m = \omega_s \pm \omega_r$   
 خودکشی در بیسی

اوراه اندازی دارد  $\omega_m < \omega_s$  در مزا

ت مکین  $\omega_m$  صفر است  $\omega_s = \omega_r$  در حالت سکون برقرار است پس گنار  
 راه اندازی دارد!  $\omega_m = \omega_s - \omega_r$   
 یک غنیتی است

معول  
 یعنی آراز صفر است  
 در نظر بگیرم ۹۹ مورد با این حالت



$\omega_m = 0 \rightarrow \omega_s = \omega_r$   
 سرعت آن تغییرات و با این تغییر تغییر کند  
 در هر طری تغییر می کند تا تغییر  $\omega_m$ ،  $\omega_s - \omega_r$  برابر  $\omega_m$  باشد  
 استقامت چنانچه در حالت پایداری

$$T_{av} = -I_{sm} I_{rm} \frac{L_{srm}}{L_s} \sin \alpha + \frac{1}{2} \mu_0$$

در حال قدرت و در هر حالت  
 جریان متناوب و غیر متناوب  
 $e = \frac{d\lambda}{dt}$   
 تغییر می کند  
 $e = -(\omega_s - \omega_m) L_{srm} \sin \delta$   
 نیروی لساوری است

$$T = -k F_{ms} F_{pr} \sin \delta$$

$$T \propto \phi_{ms} \phi_{rs}$$

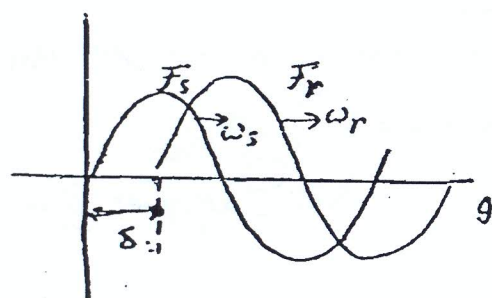
$$T \propto i_{ms} i_{rs}$$

ترسیم می توان کرد از این ترسیم  
 د.ع به هر دو جهت به کار می رود  
 این ترسیم می تواند باشد



۸ ماشین آسنکرون بیشتر بصورت موتور بکار می رود.

۹ ایده آل انفرت که کسار در نقطه ای ماشین هم ثابت نبند و یا حداقل افتخار این است که متوسط آن ثابت باشد.



۱۰ هم انفرت که ثابت باشد.

اختلاف فاز در

موج آسنکرون

در موج دوار (گردان)

هستند

۱۱ زمانی ثابت است که در موج آسنکرون نسبت به هم ساکن باشند. (سرعت نسبی آنها ثابت باشد) ۱۰

اگر یکی ساکن باشد دیگری هم باید ساکن باشد.

اگر یکی دوار باشد دیگری هم باید دوار باشد.

سرعت دوار باشد به ماشین ستنده

اگر یکی دوار باشد دیگری هم باید دوار باشد.

سرعت دوار باشد به ماشین ستنده

اگر یکی دوار باشد دیگری هم باید دوار باشد.

سرعت دوار باشد به ماشین ستنده

اگر یکی دوار باشد دیگری هم باید دوار باشد.

سرعت دوار باشد به ماشین ستنده

اگر یکی دوار باشد دیگری هم باید دوار باشد.

سرعت دوار باشد به ماشین ستنده

اگر یکی دوار باشد دیگری هم باید دوار باشد.

سرعت دوار باشد به ماشین ستنده

اگر یکی دوار باشد دیگری هم باید دوار باشد.

سرعت دوار باشد به ماشین ستنده

اگر یکی دوار باشد دیگری هم باید دوار باشد.

سرعت دوار باشد به ماشین ستنده

اگر یکی دوار باشد دیگری هم باید دوار باشد.

سرعت دوار باشد به ماشین ستنده

اگر یکی دوار باشد دیگری هم باید دوار باشد.

۱۲ میدان ساکن و متغیر: اگر از جریان

dc حاصل می شود.

۱۳ میدان ساکن و متغیر: در ترانسفورماتور

۱۴ میدان ساکن و متغیر: ماشین ستنده و آسنکرون

۱۵ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۱۶ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۱۷ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۱۸ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۱۹ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۲۰ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۲۱ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۲۲ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۲۳ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۲۴ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۲۵ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

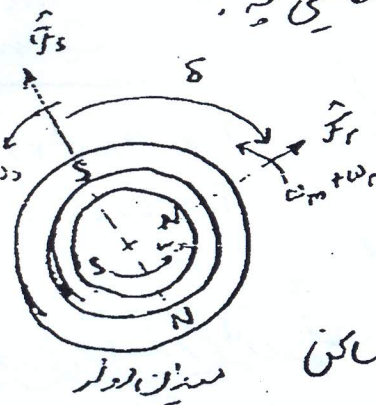
۲۶ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۲۷ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۲۸ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۲۹ میدان ساکن و متغیر: ماشین دوار

۳۰ کسار در نقطه ای در حلقه است (فاز از dc) حلقه ای



۳۱ فرق  $P$  و  $R$ :  $\beta$  زاویه بین محور دوار و  $P$  است

یعنی که  $\delta$  زاویه بین دو محور الکتریکی و مکانی

۳۲ کسار ثابت این است که میدان ها استاتور و دوار نسبت به هم ساکن باشند یعنی  $\delta$  ثابت باشد.

۳۳ میدان دوار: از ترکیب چند میدان ساکن و متغیر، میدان دوار ایجاد می شود و اگر این متغیر بودن میدان ها را میدان دوار هم می گویند. شرط این است که میدان ها را از میدان ها با اختلاف فاز مناسب جدا کنند تا به هم نزنند.



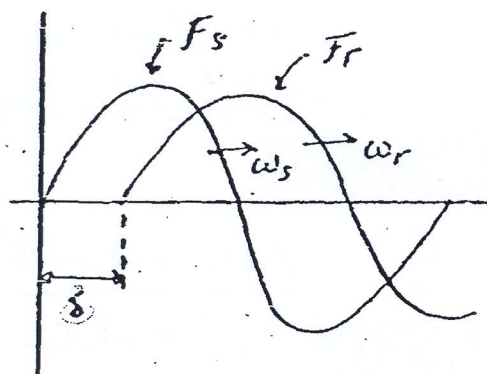
$$T_s = I_r m \sin \alpha$$

$$T_s = F_{ms} F_{mr}$$

$$T = -F_{ms} F_{mr} \sin \alpha$$

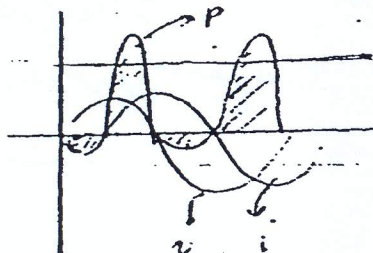
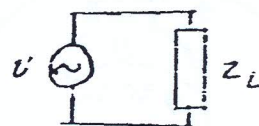
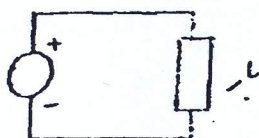
یادداشت

بر درجه‌های ناشی از آنها (توزیع سینوسی دارند می‌شود این از بروج سینوسی را به این شکل دارد:



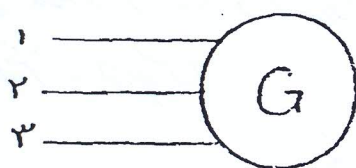
$$P = VI$$

$$p = v i \rightarrow \text{توان لحظه‌ای}$$



توان لحظه‌ای متوسط است

لحظه‌ای و متنی می‌توان ثابت شد که  
سیناورد بسته به سیستم



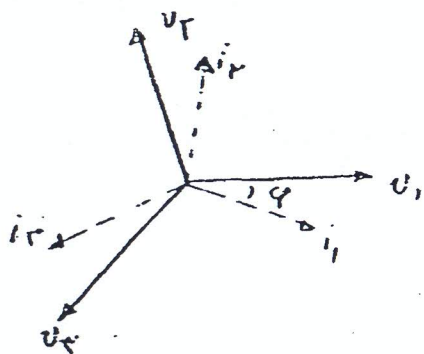
$$\begin{cases} v_1 = V_m \sin \omega t \\ v_2 = V_m \sin (\omega t - 120^\circ) \\ v_3 = V_m \sin (\omega t - 240^\circ) \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_1 = I_m \sin (\omega t - \phi) \\ i_2 = I_m \sin (\omega t - \phi - 120^\circ) \\ i_3 = I_m \sin (\omega t - \phi - 240^\circ) \end{cases}$$

$$p = v_1 i_1 + v_2 i_2 + v_3 i_3 \rightarrow \text{توان لحظه‌ای}$$

$$p = P = 3VI \cos \phi$$

توان متوسط



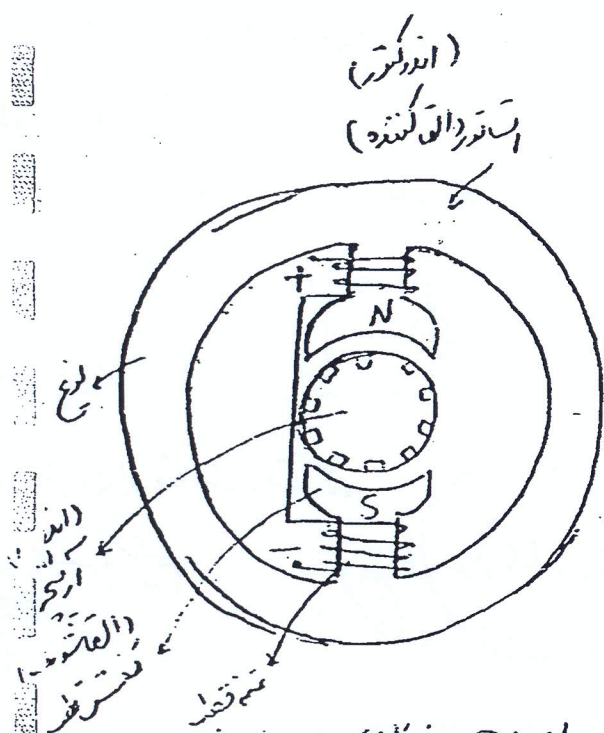
در سیستم ۳ فاز نامیده بین ولتاژها و جریان ها ۱۲۰ است.

۴ در یک فاز یک تارسیم مقدار متغیر دارد ولی صفر نمی باشد  
در حالتی که در سیم فاز یک تارسیم صفر باشد  
→ صفر می باشد اما در واقعش دور از صفر است

شرایط شارژ نامی در ماشین د.ا.س

استاتور قطب بر جبهه و حرکت با سنج د.ا.س

۵ ماشین د.ا.س د.ا.س داریم و هیچ ماشین در حالت مولد  
چون  $e = \frac{d\lambda}{dt}$  جریان د.ا.س نمی دهد در حالت  
مولد نمی باشد پس همین طور است.  
→ تقویت د.ا.س د.ا.س جریان مستقیم است.  
مگر جریان آریستور است.



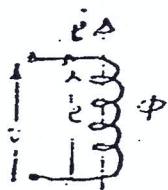
۶ قانون القای فاراد و ولتز → در مدار که شار مغناطیسی دارای بر حسب زمان

→ همان بزرگی ولتز - لایپس

متغیر باشد در مدار ولتاژ القا می شود.

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

۷ هر چقدر الحول ولتاژ القایی  
طوری است که در مدار جاری شود  
آوردی خود را تلف می کند.



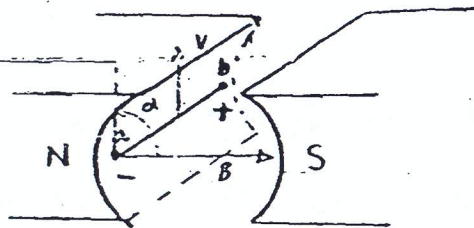
$$\phi = \phi_m \sin \omega t$$

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

$$= -N \phi_m \omega \cos \omega t$$

Transformer Voltage  $\rightarrow E = \frac{N \phi_m \omega}{\sqrt{2}} = 4.44 f N \phi_m$

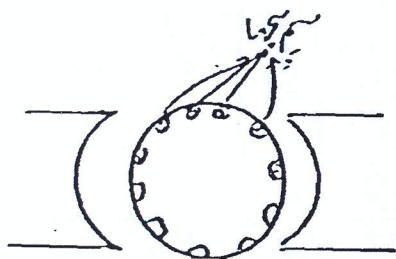
۸ اثر شارژ است → زمان متغیر باشد → ولتاژ القا  
خوب در اثر حرکت حاصل می شود.



در هر لحظه  $\Rightarrow$  ولت: ضریبی در سرعتی (گردشی)  
به متغیر در میدان  
زاویه می شود.

$$e = B l v \sin \alpha$$

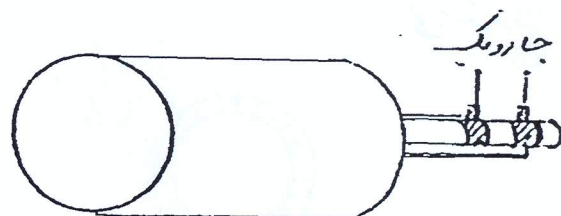
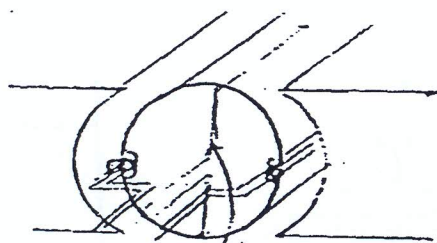
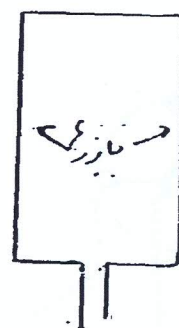
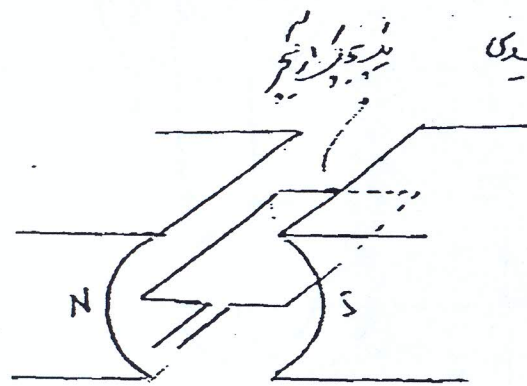
آن زاویه بین بردار سرعت و بردار میدان  
به جریان با متغیر در وقت  
مت تغییر می شود.  
به واسطه اینم وقتی است که عمود باشند دو عامله همی حالت  
را داریم.



اگر از سیم را حوضان بگردانیم جریان تولیدی متناوب خواهد بود.  
به واسطه آنکه ازای هر دور گردش یک سیل تغییر  
ولتاژ در سیم خواهد بود.

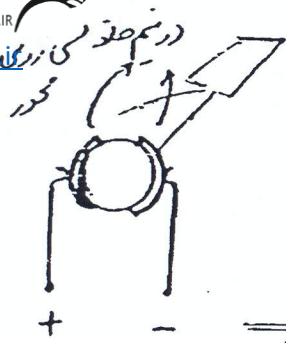
$$f_m = f_e$$

ولتاژ یا جریان تولیدی



در مدار الکتریکی در هر لحظه یک سیل جریان تولید می شود  
به واسطه درونی dc دارد و خروجی آن متناوب است.



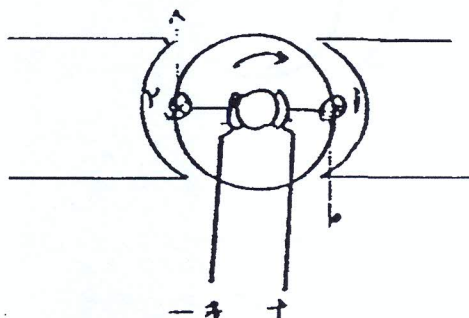
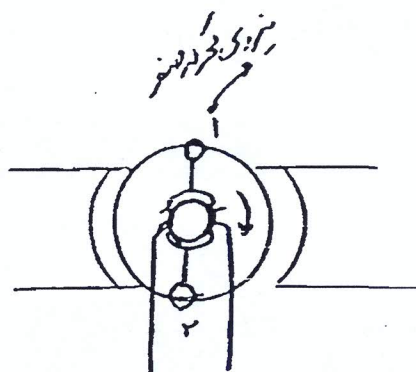
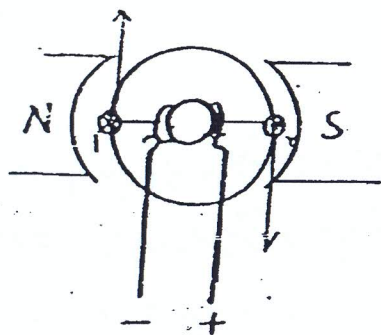


با این تغییر می توان  
جریان یکسویه تبدیل کرد

جریان یکسویه داریم

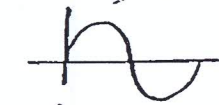
بجای رکتفایه  
با فاصله در  
نیم حلقه

به علت کمالاتین  
(تغییر) طای در جابجایی  
و نیم حلقه ها.



یکسو کننده یکپارچه (یکپارچه)

پیش ساخته شده  
از سیلیکون



ترانس داریم

رکتفایه

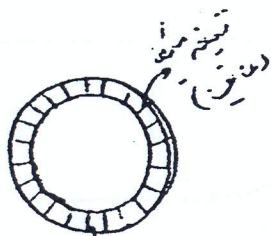
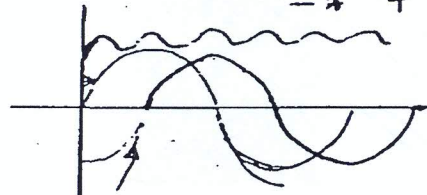
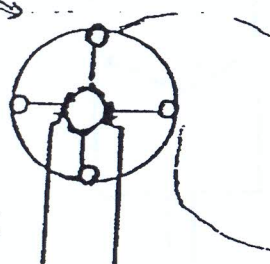
فیلتر

جمع

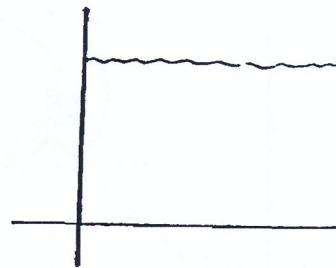
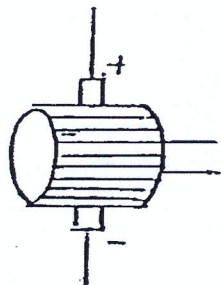
تعداد

تغییر

می شود



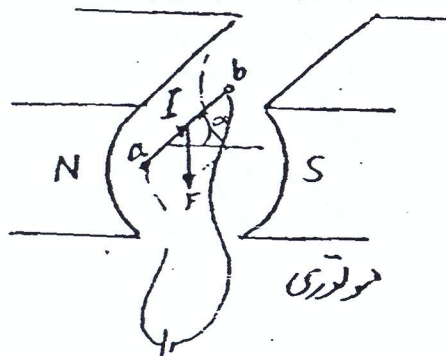
نتیجه کمالاتین (پیش ساخته)



## توان نیروی لورنتز - لایپس

جای جریان دار در میدان مغناطیسی تحت تأثیر نیرو واقع  
رند.

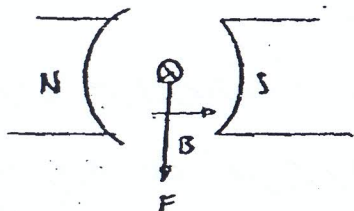
جای جریان دار برهم نیرو وارد می کنند.



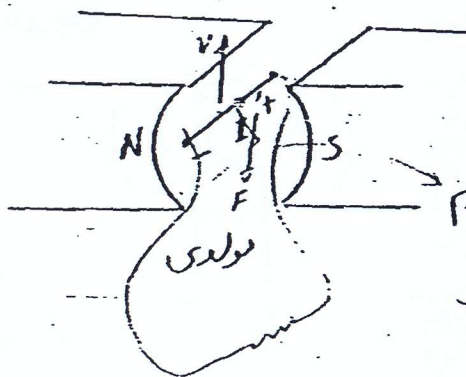
$$F = B l I \sin \alpha$$

کج زاویه بین میدان و بردار جریان

همه - یقین جهت نیرو به دستور دلت راست



توان موتوری و مولدی یکسان میگیرند.



عمل بر چرخش آوردن جریان

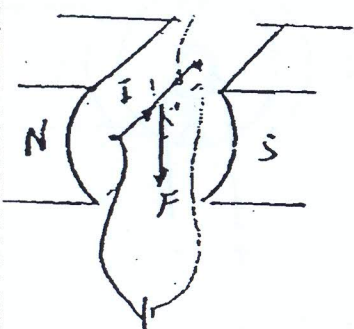
حرکت است بنابراین

عکس العمل آن به وجود

آنگاه نیروی اجزای تحت حرکت

است.

بر حسب حالت بر توری میز جریانی مخالف جریان داریم در رسم ایجابی شود:



به رسم نیرو در حالت بر توری:

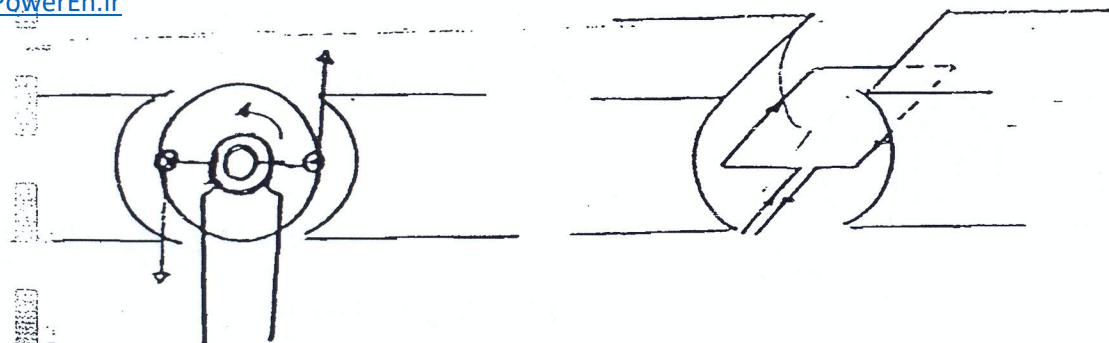
هم در اطراف خود میبینی

دوره آوردن است که در یک



به موازات خطوط نیروی آهنربای مغناطیسی

بطرف دیگر مخالف آن است. پس جایی به یک خطه خطه موازی (این) کشیده می شود.



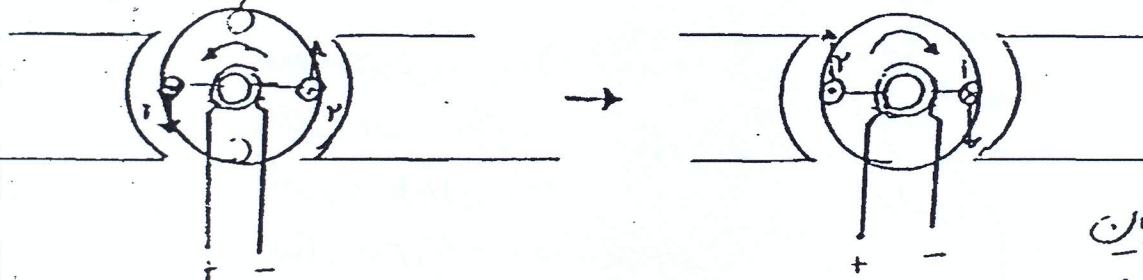
$$\omega_m = \omega_r \quad \omega_r \neq 0, \omega_s = 0$$

$$T_{av} \neq 0$$

در حالت تراز انرژی نیروی محرکه الکتریکی متعادل می‌شود.

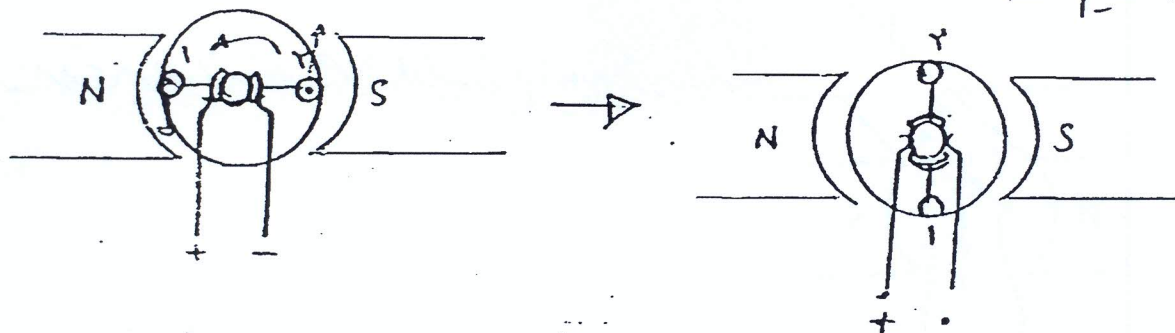
در اینجا هم با جریان dc خالص نمی‌تواند به یکدیگر جهت آن عوض شود:  
استفاده از حلقه‌ها:

در این وضعیت نیز همواره یکسان است



اگر جهت جریان عوض نشود:

استفاده از نیم حلقه‌ها



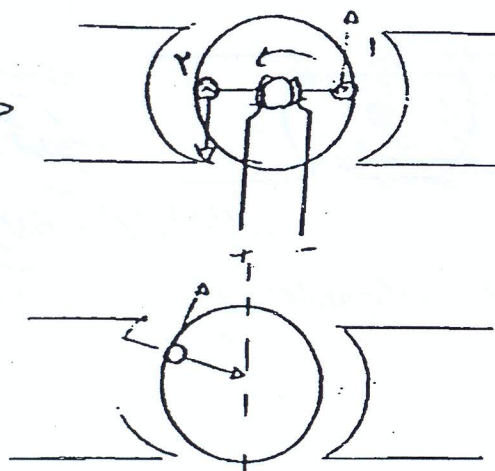
نیم حلقه‌ها در حالت مولد می‌توانند

تغییر می‌کنند و در حالت مولد می‌توانند

تغییر می‌کنند.

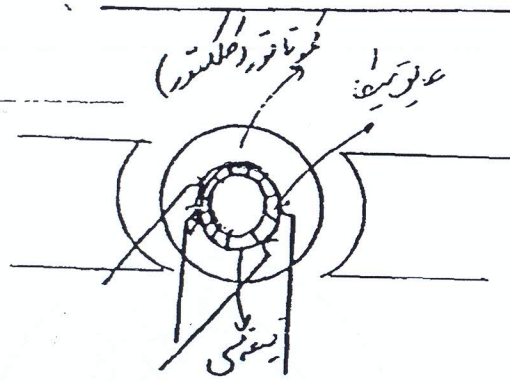
همیشه ۹۰ درجه است

نیروی محرکه الکتریکی سینوسی می‌تواند به یکدیگر جهت آن عوض شود:  
سینوسی

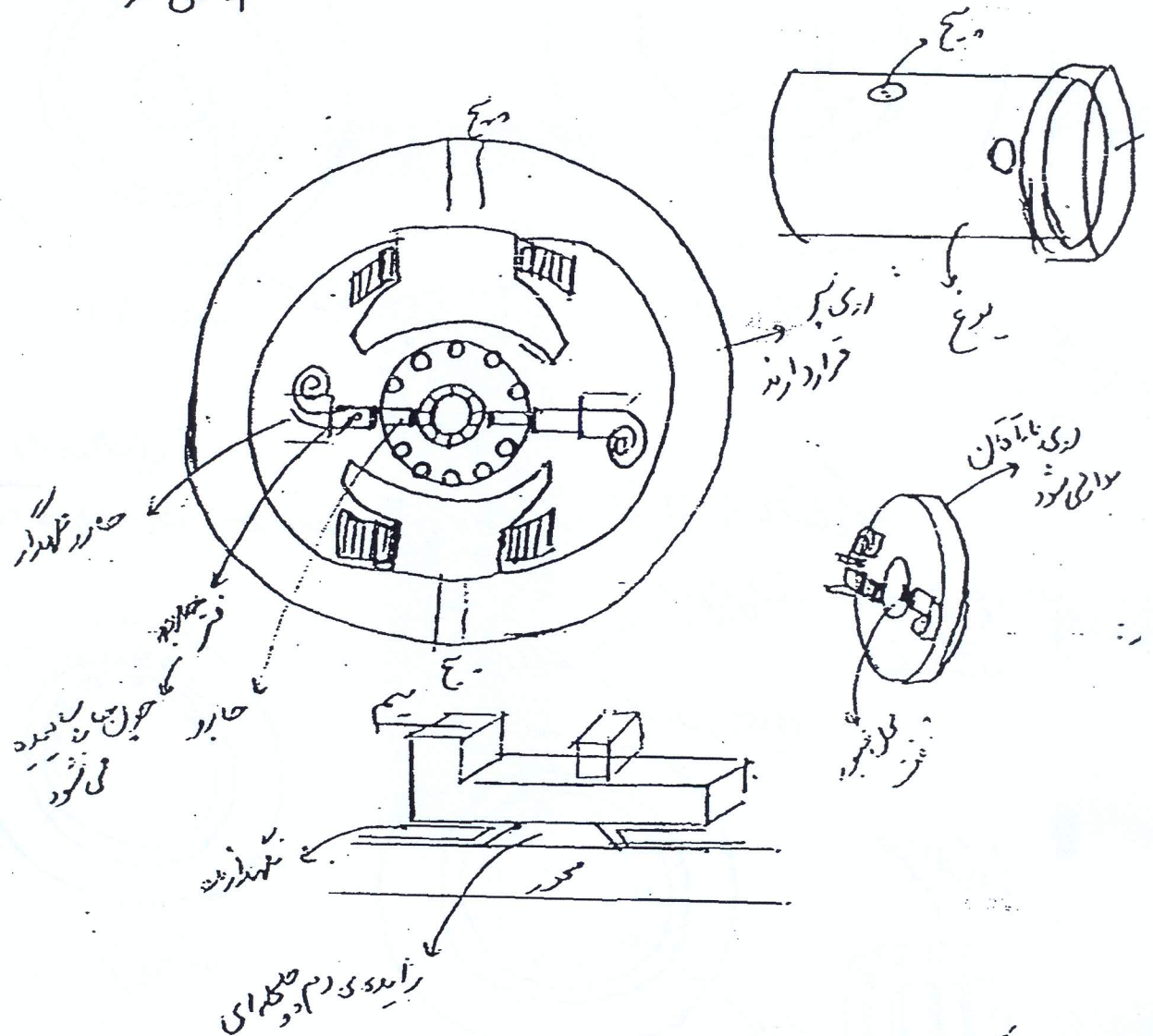


فلکشنی





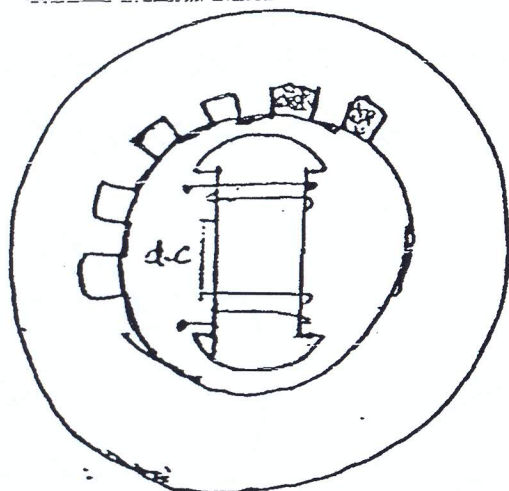
در تور موتور است چون جریان آن متغیر است  
 و برای جلوگیری از تلف شدن



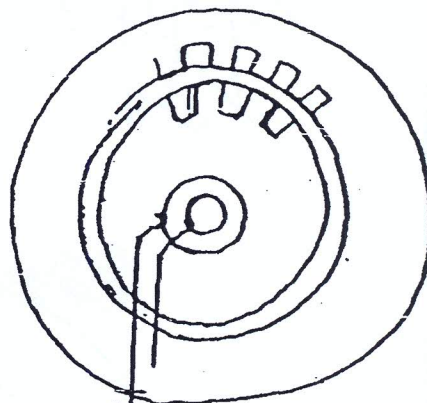
پاش سنکرون

متن در مایه جریان متغیر می شود در درجه با جریان مستقیم

به d.o. محله های ثابت است و به موتور



قطب جسته

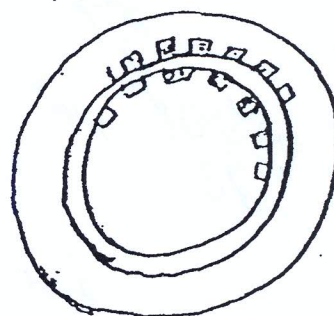


قطب جسته که کثرت d.c.

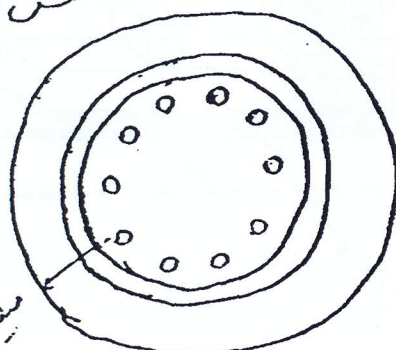
آسنکرون (موتور القایی)

در موتور سنج ندارد از طریق القای از الکتروموتور

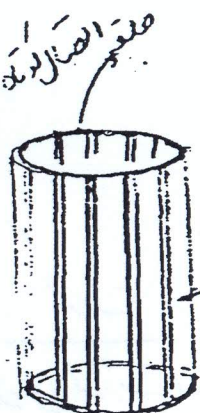
سیم پیچ شده به سیم سیم پیچ شده  
کتاب شده  
رودر  
قفس سنجابی



رودر سیم پیچ شده



رودر قفس سنجابی



قفس سنجابی

در درون سیم پیچ شده است  
در حلقه اتصال  
کتاب شده است

درام پیچ شده  
در این نوع  
بسیار درام

۱۹۸۷ از موتورهای آسنکرون به ۹۸٪ آسنکرون است

قفس سنجابی هستند



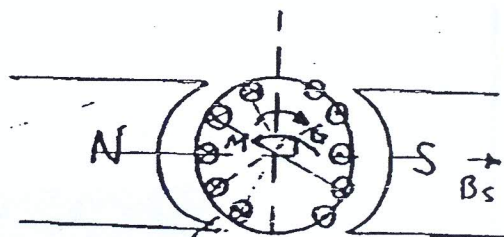
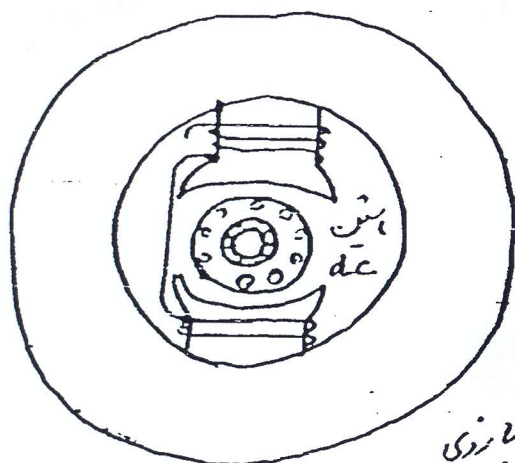
مشترون  
آشنایی  
در ارتقاء و استفاده میدانی مدار داریم



ماشینهای a.c. { سنکرون  
آسنکرون

- اصول کار

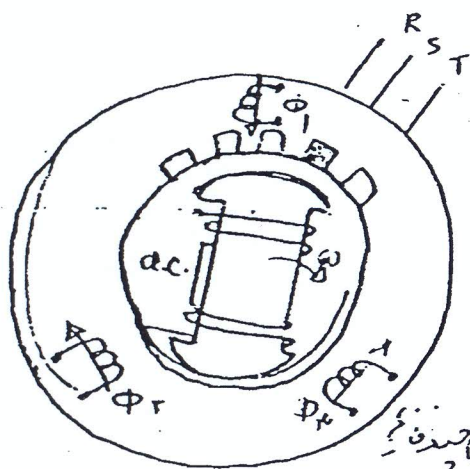
ماشین d.c. :



هر بازو که از قطبها باقی میماند  
دیگر از قطب مخالف است  
 $\delta = 90^\circ$

در ماشین جریان مستقیم  $\delta = \text{const} = 90^\circ$  است. میدان روتور میدان ساکن و ثابتی است  
و لذا شرط برقرار است. زاویه  $\delta$  زاویه بین میدانهای روتور و استاتور  
میدان استاتور در روتور ساکن هستند.

سنکرون

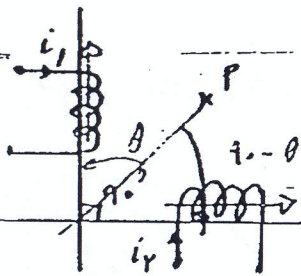


میدان روتور میدان دوار است  
میدان دوار سه سازه کربن راه گیر دگ در روتور یک میدان  
ثابت است. توزیع آن سینوسی است.  
معمولاً سیم پیچی استاتور سه فاز است. (سه فاز در میان چند فاز)  
هفت جبهه دارد.

سیم پیچی استاتور به صورت سه سیم پیچی متغیر با عده ۱۲ از سیم مدل می کشیم  
بچه سه میدان استاتور هم دوار است.

از دوران میدان ساکن و ثابت حاصل می شود سه روتور سنکرون  
میدان دوار که از ترکیب چند میدان ساکن متغیر بدون حرکت سه استاتور مولد سنکرون

تغییر از ترکیب چند میدان ساکن متغیر با شرایط زیر میدان در اصل می شود:  
(۱) بین میدانها اختلاف فاز زمانی (مکانی) موجود باشد.



بال‌های که از آنها عبور می‌کند اختلاف فاز داشته باشد.  
(متناسب و با اختلاف فاز) (زمانی)

بنابراین: میدان‌های سیم‌پیچ‌ها متقابل در یک واحد و اختلاف فاز  
پیکانی برابر داشته باشند. → دانه میدان در واحد انرژی شود.

$$i_l = I_m \sin \omega t$$

$$\begin{cases} i_l = I_m \sin \omega t \\ i_p = I_m \sin (\omega t - 90^\circ) \end{cases}$$

یعنی فاز دانه سیم‌پیچ‌ها در مقابل یکدیگر

تعدادان در مدار واقعی در یک واحد برابر می‌شوند.

$$\lambda_l = \lambda_m \sin \omega t \cos \theta \quad - P, \text{ در}$$

$$\lambda_p = \lambda_m \sin (\omega t - 90^\circ) \cos (90^\circ - \theta)$$

$$\sum \lambda = \lambda_m \sin (\omega t \pm \theta)$$

تعدادان میدان در

برای آن‌ها سیم‌پیچ‌ها در یک واحد

سیم‌پیچ دارد.

$$\omega t - 90^\circ = 90^\circ - \theta$$

$$\begin{cases} \Phi_l = \Phi_m \sin \omega t \times \cos \theta \\ \Phi_p = \Phi_m \sin (\omega t - 90^\circ) \times \cos (90^\circ - \theta) \\ \Phi_r = \Phi_m \sin (\omega t - 180^\circ) \times \cos (180^\circ - \theta) \end{cases}$$

شکل صفحه‌برداری:

$$\Phi_r = \Phi_m \sin (\omega t - 180^\circ) \times \cos (180^\circ - \theta)$$

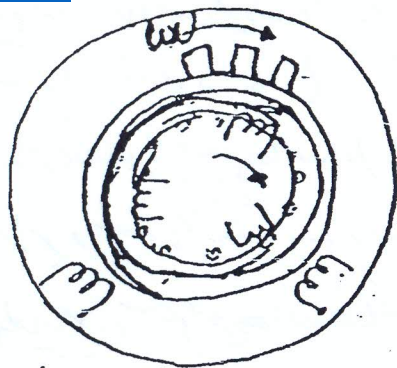
$$\Phi_r = \Phi_m \sin (\omega t - 180^\circ) \times \cos (180^\circ - \theta)$$

$$\sum \Phi = \left( \frac{P}{r} \right) \Phi_m \sin (\omega t \pm \theta)$$

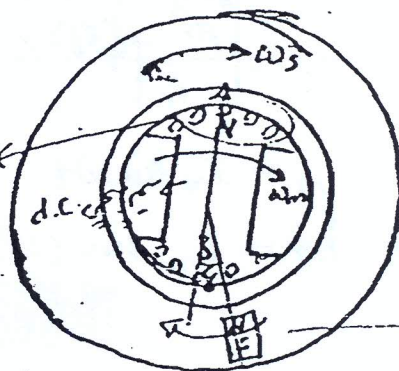
این مدار هم‌طور مثل یک مدار واقعی  
که در آن سیم‌پیچ‌ها در یک واحد  
در یک واحد m قرار دارد  
در یک واحد m قرار دارد  
در یک واحد m قرار دارد



ماشین سنکرون نیز همین حالت را دارد:



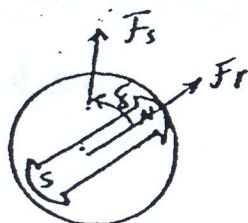
قفسه سنجابی  
سیم بومی افغانی شده  
برای راه اندازی



از این جهت  $\omega_m = \omega_s$  حالت صاف است. سرعت روتور خطای ثابت است.

مدان دوار در دقت هم زمان است به سرعت مکانی در دقت.

از این جهت  $\omega_m = \omega_s$  موتور سنکرون راه اندازی ندارد.  $T_s = 0$   
اگر روتور را بچرخانیم، تحت جرم ریم آید. هر چه روتور زیاد می شود، افغانی می شود.



در ماشین سنکرون ولگی سنکرون را اندازی داریم:

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

در حالت سنکرون سنکرون است. هادی و میدان باید نسبت بهم حرکت نسبی داشته باشند.

$$e = B l v$$

ماشین سنکرون را با استفاده از سیستم سنکرون راه اندازی می کنند و بعد از راه اندازی تست و رانشی از سیستم بومی افغانی می شود.

ماشین سنکرون

فقط تغییرت در هم است نه این که حرکت کدیا میدان.

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

- میدان متحرک - هادی ثابت است یا متحرک.

روتور در دقت سنکرون

در دقت سنکرون سنکرون

به غیر از این که با حامل به روتور آورده می شود.

می کنند - روتور در دقت سنکرون دوار حرکت می کند.

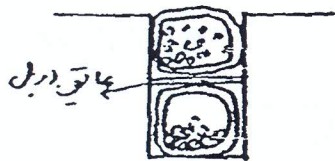
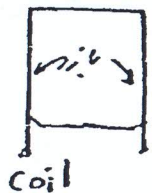


## سیم پیچی آرکچر d.c

سیم پیچی

- ۱- یک طبقه در یک لایه از مواد دارد
- ۲- در یک لایه

در یک لایه از مواد دارد  
یک لایه از یک لایه دیگر  
در یک لایه از یک لایه دیگر



سیم پیچی یک طبقه مخصوص a.c است.

سیم پیچی آرکچر d.c در یک لایه است. برای a.c هم استفاده می شود.

سیم پیچی در یک لایه

- ۱- در یک لایه (lap)
- ۲- موجی (wave)

## نقشه کشی سیم پیچی

در جزییات و القادرات را بهتر متوجه می شود.

از یک نقطه در ابتدا شروع می شود و به تدریج به سمت دیگر می کشیم و از بالا به القادرات سیم پیچی ها نگاه می کنیم.

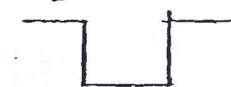
سیم پیچی در یک لایه از یک لایه دیگر است.



(نیمه باز)

مانند یک لایه کشیده شده  
و در آن می کشیم

اغلب  
موجی



سیم پیچی در یک لایه (المانی):



شکل دایره ای

از یک لایه



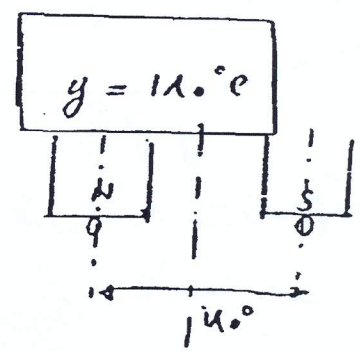
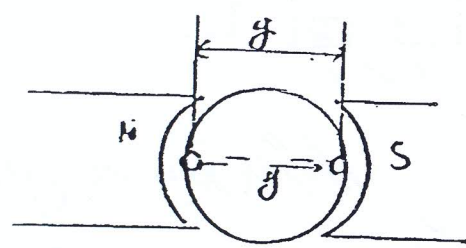
شکل دایره ای

در سیم پیچی در یک لایه از یک لایه دیگر  
و از آن به سمت دیگر می کشیم

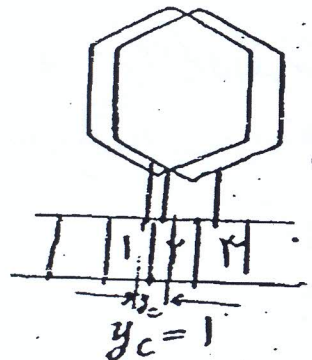
در یک لایه از یک لایه دیگر

هر یک از این روش ها می تواند: ۱- یک لایه از یک لایه دیگر (از یک لایه از یک لایه دیگر) ۲- یک لایه از یک لایه دیگر (از یک لایه از یک لایه دیگر)

حالت (روی تیغه های کمره آرد)  $y_c$  کمره آرد

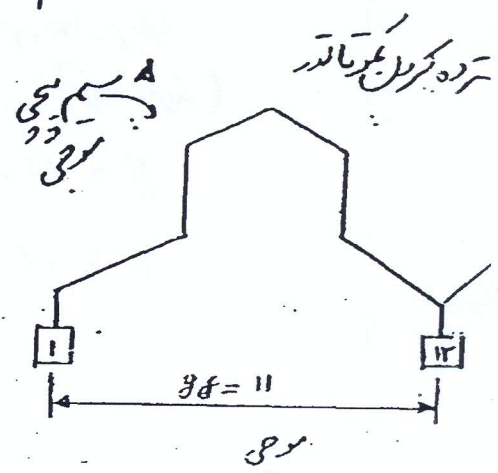


$$(\alpha_e = \frac{P}{r} \alpha_m)$$



سیم سیم برای

سیم سیم برای  
سیم سیم برای  
سیم سیم برای



سیم سیم برای

از اینجا شروع کنیم اگر بایان آن، همان تغییر در سیم سیم  
نشته ۱۱ است در این بار است.

سیم سیم برای آن نشته است.

- $\delta$  تعداد تار
- $C$  تعداد سیم
- $B$  تعداد تیغه
- $P$  تعداد قوسها

کمره آرد

$$y = \frac{\delta}{P}$$

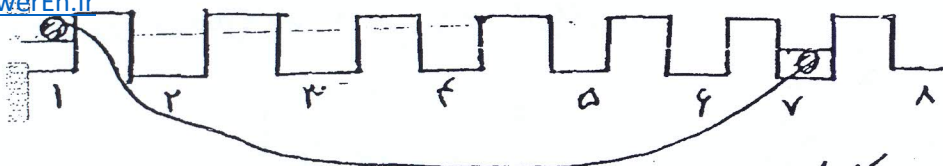
$$\delta = C = 13$$

تعداد سیم  
تعداد تیغه  
تعداد قوسها

$$\begin{cases} \delta & \frac{P}{r} \times 24.0^\circ e \\ \delta & 14.0^\circ e \end{cases}$$

$$y = \frac{\delta}{P} \times 24.0^\circ e \quad \begin{cases} \delta = 24 \\ P = 4 \end{cases}$$

حفظ تعداد اگر یک بار در رفته ی باشد دیگری در باقی ی است  
تغییر در سیم سیم



۴ اگر  $\frac{3}{p}$  عدد صحیح نباشد بدان را گرد کرد:  $y \leq \frac{3}{p}$   
 ۵  $z = 25$  ،  $p = 4$  ،  $y = 4$  (اگر  $y$  بزرگم طول الفبابت زیاد می شود)

گام ششم کمتر یا بیشتر از  $180^\circ$  است.

۴ سیم بکشی که در الکتریکی کمتر می شود به خن است برای هارینگها  
 ۴ اینست می شود که هارینگها با اینست درجه شدن کاهش می یابند و هارینگها کاهش بیشتری دارند.

سیم بکشی گام کامل (قوی)  $y = 180^\circ$

سیم بکشی گام کسری (کوتاه)  $y < 180^\circ$

شکل دادن نقش قبلیها (بجسته)

۱) سیم بکشی  
 ۲) سیم بکشی  
 ۳) سیم بکشی  
 ۴) سیم بکشی

۴۴ برای سیم بکشی

سیم بکشی

سیم بکشی

۳ سیم بکشی گام کوتاه  $\frac{3}{p}$  عدد صحیح است سیم بکشی گام کوتاه در  $d.c$  خن ضرورت ندارد.

۵ در یک مدار مقاومت متغیر فیزیکی چنانچه قطب اندک ترن سیم بکشی بوجه زاویه ای در مدار به صورت

$L = 402 - 0.102 \cos 4\theta$  است. در چه سرعتی ماشین دارای گشتاوت است؟

ویناژ استاندارد  $v = v_m \sin \omega t$

$\omega = 1$  ،  $\omega = 2$  ،  $2\omega = 3$  ،  $\frac{\omega}{4} = 4$

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

$$V \Rightarrow \frac{dL}{dt} = I_m \sin \omega t$$

$$p = 4 \Rightarrow \frac{dL}{d\theta} = 401.08 \sin 4\theta$$

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

$$\theta = \omega \cdot nt + \theta_0$$

$$= \frac{1}{r} I_m^2 \sin^2 \omega t \times 401.08 \sin 4\theta$$



$$T_{av} \neq 0 \quad r\omega - \lambda\omega_m = 0 \quad \omega_m = \frac{\omega}{r} \Rightarrow \text{تردیفی}$$

$$\omega_m = \omega_s \Rightarrow \omega_m = \frac{r}{p} \omega_s \quad \text{مردد مقدار غنای میخیزد}$$

$$L \propto \sin^2 \theta \quad \text{طول حالت}$$

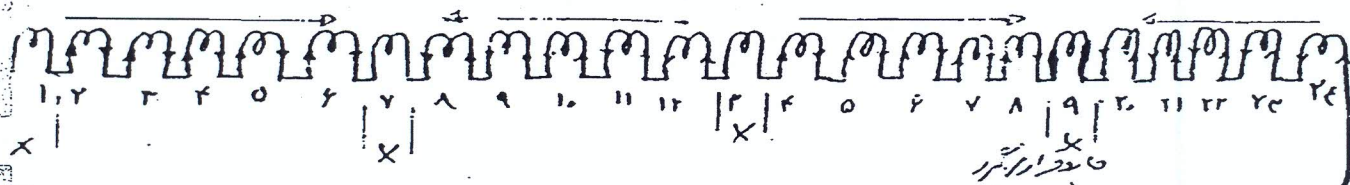
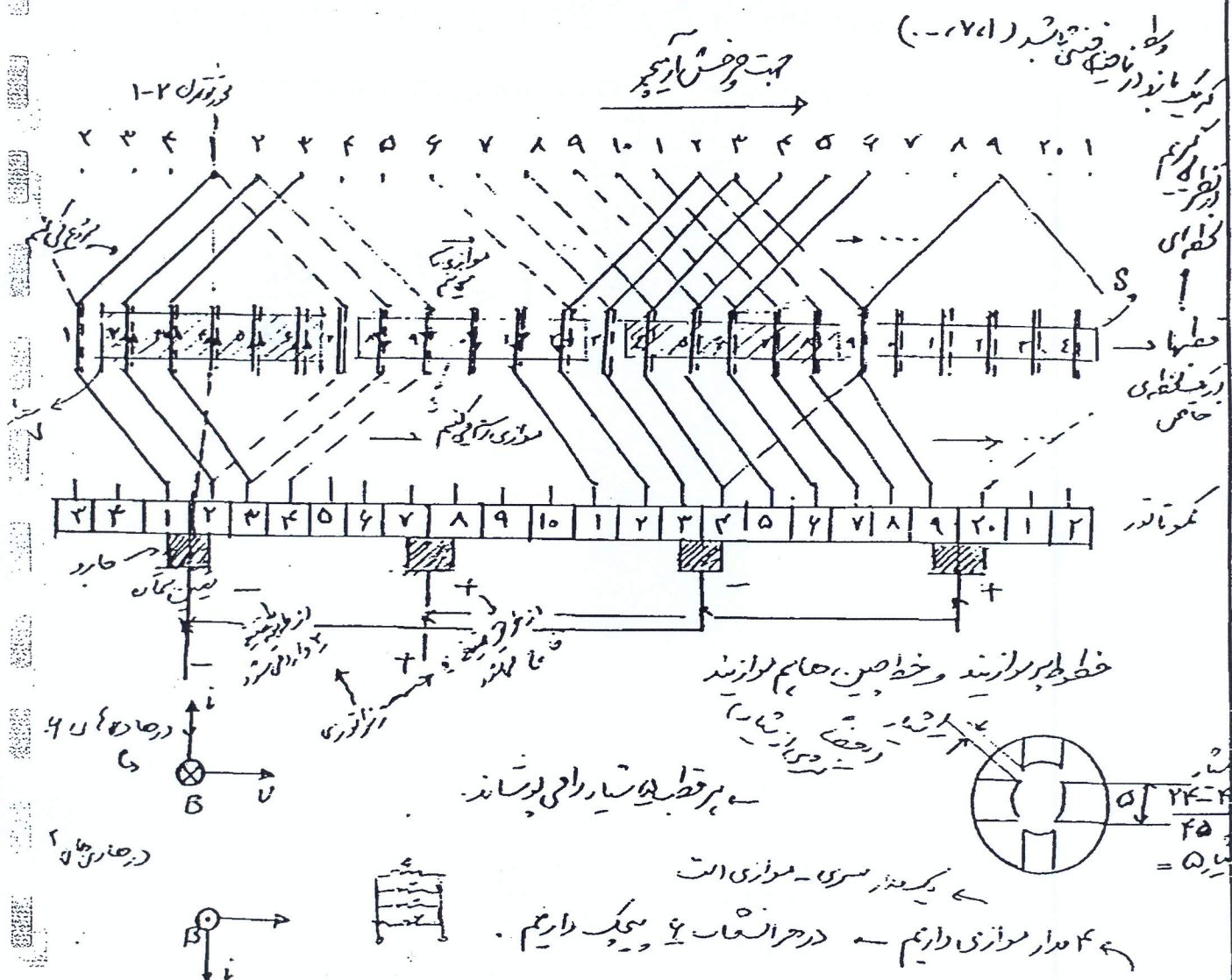
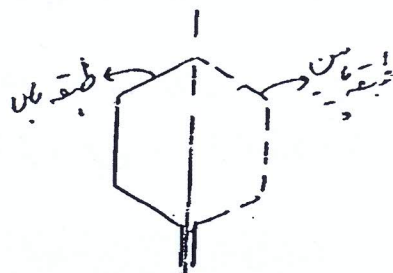
$$\Rightarrow \omega = \frac{\omega}{r} \quad \text{چون این جا: } \sin^2 \theta \text{ مستقیم است.}$$

$$T = 0.5r \sin \lambda (\omega_m t + \theta_0) + 0.5i \sin [(\omega + \lambda\omega_m)t + \lambda\theta_0] \\ + 0.5i \sin [(\omega - \lambda\omega_m)t - \lambda\theta_0]$$

$$\Rightarrow \Delta \Delta \quad T = \frac{1}{r} i^r \frac{dL}{d\theta_e}$$

$$\begin{cases} Z = YF \\ p = F \end{cases} \quad \begin{cases} C = YF \\ B = YF \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = \frac{y_f}{r} = y \\ y_c = 1 \end{cases}$$

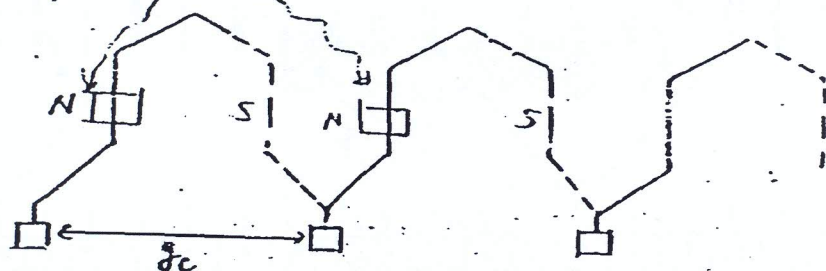


حاجه ها بايد در جايي قرار بگيرند كه محدوديت هاي خاصي خنثي را ايجاد كنند.  
 به طوري بايد به اندازه اي باشند كه جريان را از انتهاب در طرف جمع كنند.

تعداد انتهاب = تعداد قطبها  $\Rightarrow$  در سيم نهمي در هم

$$p = a$$

در قطب هم نام متفاوت



سيم نهمي ساره

$$y \leq \frac{3}{p}$$

$$y_c = ?$$

تعداد انتهابها

$$\left. \begin{array}{l} \frac{p}{2} \times 240^\circ e \\ B \\ y_c \end{array} \right\} \rightarrow$$

فاصله بين سرتيره ها به اندازه ي تقريبي  $240^\circ e$

$$y_c = \frac{B}{p/2}$$

اين حالت را اولين مورد مي گويند.

$$y_c = \frac{B+1}{p/2}$$

مورد دوم

براي آنكه استواري شود

تعداد انتهابها

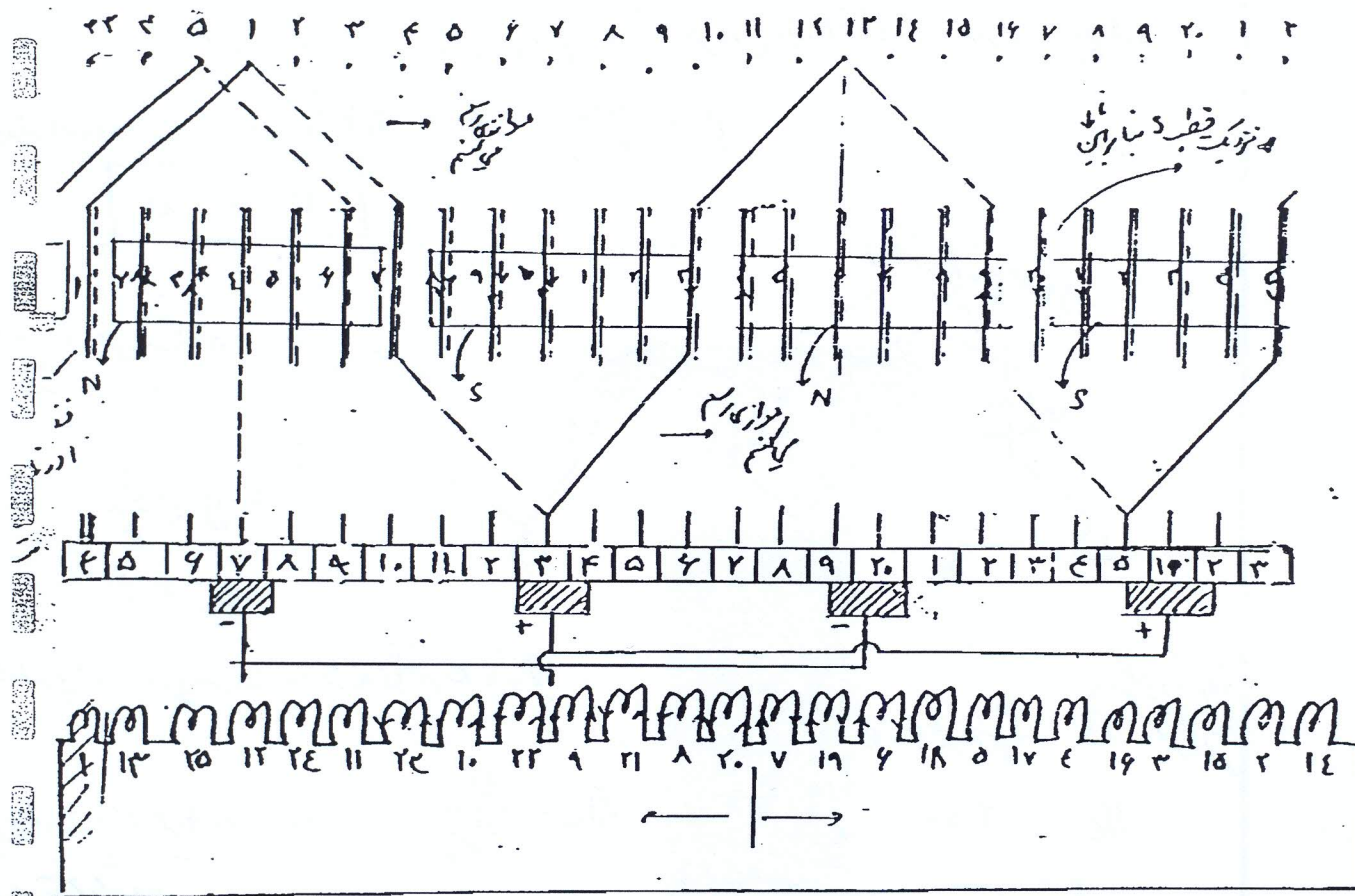
سيم نهمي ساره ۲۵ سرتيره، ۲۴ سرتيره

$$y \leq \frac{25}{4} = 6$$

$$y_c = \frac{25-1}{4} = 6$$

$$\frac{25-4}{4} = 5,25 \quad \text{مورد نهم}$$





$$\begin{cases} a = p & \text{درسم سان} \\ a = p \cdot 2 & \text{موجی سان} \end{cases}$$

۴ درسم سان موجی حتمه فقط ۲ انتخاب داریم.  
۴ تعداد حتمه ها حتمه برابر تعداد قطبهاست.

۱۹، ۱۳، ۷، ۱

۴ طرا تعجب: ۱، ۵

۴ یک نوع رسم سان موجی داریم که در بارید

# محاسبه نیروی محرکه الکتریکی

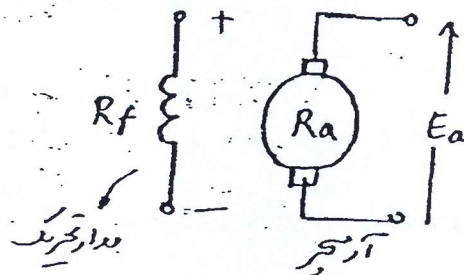
## محاسبه مقاومت آرمیچر

سیستم سنجی آرمیچر {  
 $a = p$  در سیستم سه فاز  
 $a = 2$  در سیستم دو فاز

$$E_a = \frac{p}{a} Z N \phi (V)$$

نیروی محرکه الکتریکی القایی در آرمیچر  
 $W_b$  : تعداد قطبها  
 $n.p.s$  : تعداد بارها  
 $\phi$  : مقدار شار مغناطیسی  
 $Z$  : تعداد سیم‌ها  
 $N$  : تعداد دورها  
 $p$  : تعداد قطبها  
 $a$  : تعداد مدارها

تأثیر بارها بر نیروی محرکه الکتریکی  
 : تأثیر بارها بر نیروی محرکه الکتریکی  
 : متغیر

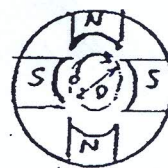


جریان مستقیم است و فقط دارای  
 مقاومت است.

$$E_a = \frac{p}{a} Z N \phi$$

$$e = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

$$\Delta \phi = p \phi$$



$$\Delta \phi = p \phi z$$

تأثیر بارها بر نیروی محرکه الکتریکی

$$\Delta t = \frac{1}{N} \rightarrow e = p \phi z N$$

در این حالت :  
 : تأثیر بارها بر نیروی محرکه الکتریکی  
 : متغیر

$$E_a = \frac{p \phi z N}{a}$$

$e = B l v \rightarrow$  نیروی محرکه ای که در یک سیم القا می شود.

$B = \frac{\Phi}{A} \rightarrow$  چگالی شار

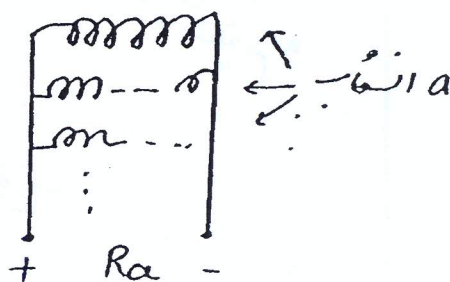
$v = r \omega N D \rightarrow e = r \frac{\Phi}{A} \times \pi N D l \quad \pi N D l = A$   
 $\rightarrow B = r \Phi N$

$E_a = \frac{P}{a} Z N \Phi \rightarrow$  نیروی محرکه به ابعاد ماشین بستگی ندارد.

نیروی محرکه با سرعت و تعداد سیم ها رابطه خطی دارد و عکس تعداد انشعابات است.  
 با توجه خطی است ولی چون شد با جریان حرکت غیر خطی است که این رابطه غیر خطی می شود.

مقاومت بین دو سر سیم  $R_a$

دستگاه ماشین  
 مقاومت هر سیم  $r$  (در  $\frac{1}{2} r'$  دور)  
 مقاومت یک انشعبه  $= \frac{Zr}{a}$



$R_a = \frac{Zr}{a^2} \rightarrow$  مقاومت کبرا

روم - ۱. انشعاب زیاد و ولتاژ کم می شود ظرفیت جریان بالا دارد.

سج - ۱. ولتاژ بالا ظرفیت جریان کم

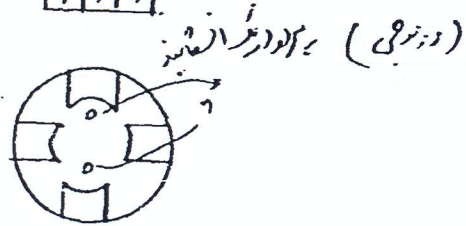
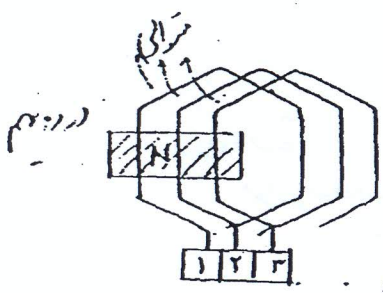
در یک ماشین چه پایش روم سیم می شود باید چه سیمی قدرت نامت است

سجی زنی بر روی سیم دارد

روم سیم: در انشعاب سیم استواری نیستند

در برانشعاب بازوهای زیر قطبهای هم نام وجود دارند ولی در روم سیم

این قدر نیست



از اینجا که هر قطب در قسمت ماشین وقت شود  
 قطبهای هم نام در یک است

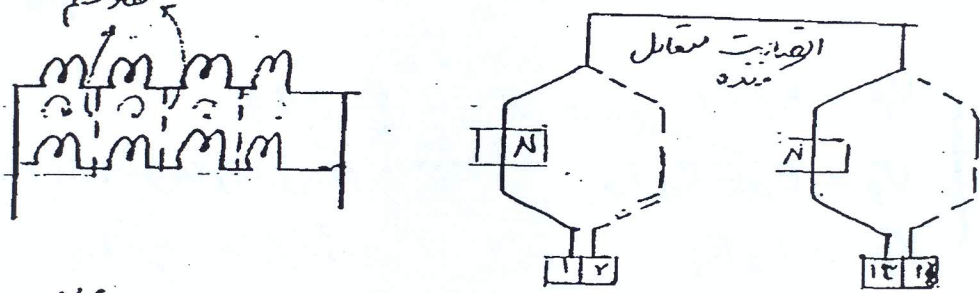


در ادامه این معادله می شود که انتساب اختلاف ولتاژهای متبادلی در برابر القا  
شود به عیب : انتساب آن نامتبادل هستند.

و در رسم پچی موجی بازدهای زیر تقصیباتی هنگام در یک انتسابند.  
بیشتر موجی در انتصابات میانی است و می که کام را کوتاه کنیم سعی نخواهیم داشت.

در عرض مدین این است که  $\delta = \frac{25}{4} \approx 6.25$  تعداد در موجی است  
در انتساب آن ۲ است و ظرفیت جریان

دارد.  
طراحی که سیم سیم در هم لازم باشد آن را به انتصابات متبادل کننده مجزای کنند.  
انتصابات متبادل کننده سیمهای داخلی هستند کم مقدار که بچکهای بر ناصبی ۲۶۰ را هم اصل



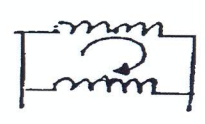
$$\frac{24}{4} = 6 \quad 180^\circ$$

$$y_b \quad 360^\circ$$

$$y_b = 12 \rightarrow \text{کام متبادل کننده}$$

نامی انتصابات متبادل کننده را برقرار کنیم می توانیم سیم پچی ۱۰۰٪ متبادل شده است.  
۵۰٪ : ۲۵٪ متبادل هم داریم.

نصف سیم به نسبت به نسبت به متبادل شدن تقسیم شود.



انتساب متبادل باعث جریانی تر می شود به تلفات بیشتر

۱- حرکت مستقل (جداگانه)

انواع ماشین  
d.c

۱- شنت (روانی)

۲- سری

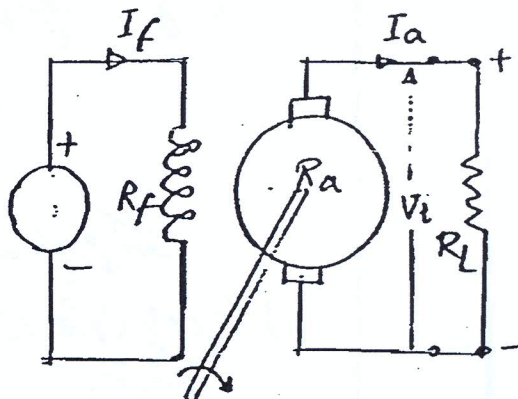
۲- حرکت جزئی

۳- کمپوند (مختلط)

حالت مولد (حرکت مستقل جداگانه)

۱- (روشنایی) - اگر به هر به عنوان منبع قدرت عمل می کند  
وقتی که از آن به هر جریان برین نباید معلوم است که  
در حالت مولد قرار دارد.

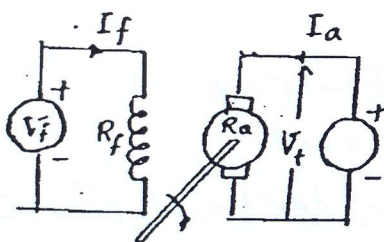
۵  $V_t$  - ولت ترمینال (خروجی) - در هر بار  
دارد



$$\begin{cases} V_f = R_f I_f \\ V_t = E_a - R_a I_a \\ V_t = I_a R_L \end{cases} \quad \text{em.f} \quad E_a = \frac{P}{a} Z N \phi$$

مولد را به وسیله ترمینال یا ماشین های جاری یا یکی می گردانیم  
و انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی تبدیل می شود.

۴ در حالت مولد فقط جهت جریان  $I_a$  معکوس می شود و بجای  $R_L$  منبع  
قدرت فراهم است.



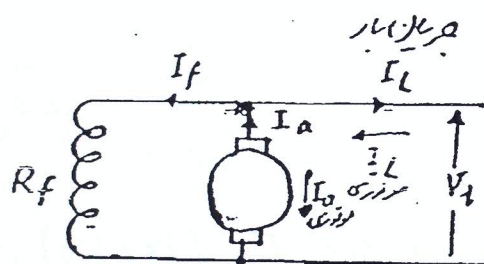
$$\begin{cases} V_f = R_f I_f \\ V_t = E_a + R_a I_a \end{cases}$$

b. e. m. f  
نیروی محرکه

در هر بار ولت ترمینال از نیروی محرکه کمتر است ولی در هر بار مولد برعکس است.

نکته

در حرکت موازی هستند یک صافی



$$E_a = \frac{P}{a} Z N \phi$$

$$V_t = E_a - R_a I_a - \gamma \Delta V_b$$

$$I_a = I_L + I_f$$

$$V_t = R_f I_f = I_L R_L$$

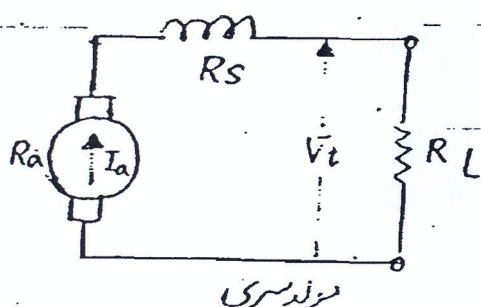
$\Delta V_b$ : بردار  
معدوم

$$V_t = E_a + R_a I_a + \gamma \Delta V_b$$

$$I_a = I_L + I_f$$

$$V_t = R_f I_f = I_L R_L$$

مورد نیست



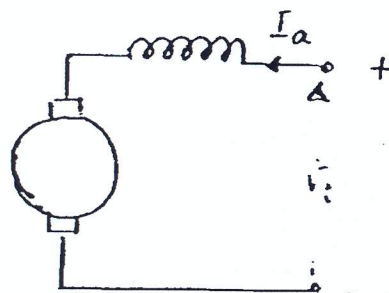
مورد سری

$$V_t = E_a - (R_a + R_s) I_a$$

$$I_a = I_f = I_L$$

$$V_t = R_L I_a$$

بین سری



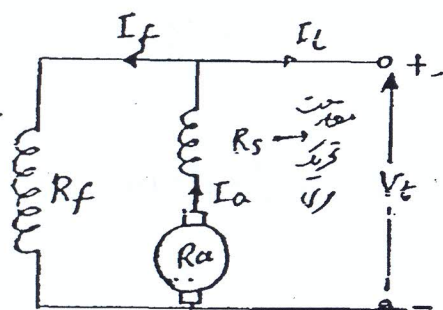
اصولاً این ولتاژ حاد را داخل معادله آورده می‌شوند

$$V_t = E_a + (R_a + R_s) I_a + \gamma \Delta V_b$$

$$I_a = I_f = I_L$$



بارت  
بنده



ماشین گسیوند  
به درزغ حرکت  
نست  
ری

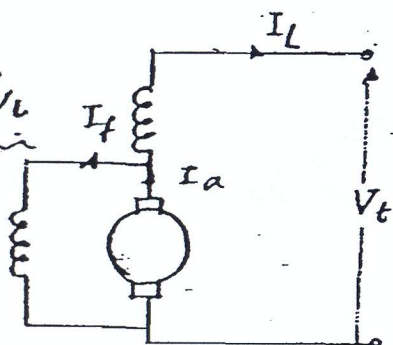
$$V_t = E_a + (R_s + R_a)I_L + \Delta V_b$$

$$V_t = I_L R_L$$

$$V_t = I_f R_f$$

$$I_a = I_L + I_f$$

بارت  
بنده



$$V_t = E_a + R_a I_a + R_s I_L + \Delta V_b$$

$$V_t - R_s I_L = R_f I_f$$

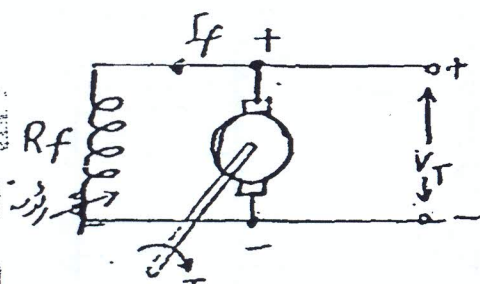
$$I_a = I_L + I_f$$

## مولد تحریک خودی

۱- ولتاژ سازی : (راه اندازی مولد) :

منظور آنست که ماشین را برای « باردهی » آماده کند.

۴ چهار شرط لازم و کافی است برای راه اندازی (بی بار) مولد تحریک از خود:



(۱) وجود پس ماند در قطبها - تلفات پس ماند داریم چون جریان تحریک که اندر سیم پیچ است و در برای جریان متناوب است.

(۲) اتصال صحیح آرمچر و تحریک - اگر از بین رفتن باشد این پس ماند یک تحریک اولیه لازم است و سست و منفی آرمچر همه به سیم پیچ باید طوری وصل شود که در جهت تحریک پس ماند باشد.

(۳) مقاومت تحریک نسبت کو جکتر از مقاومت بحرانی تحریک

$$R_f < R_c$$

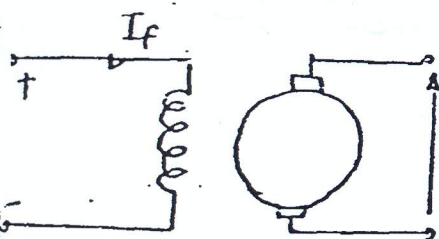
ولتاژ اولیه القاءه برابر پس ماند نمی آید

جریان مناسبی در مقاومت نسبت ای بر لندو تأثیر پس ماند شود.

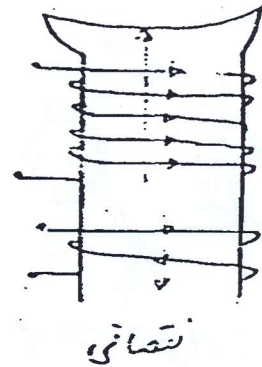
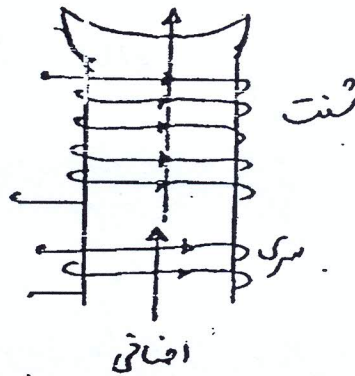
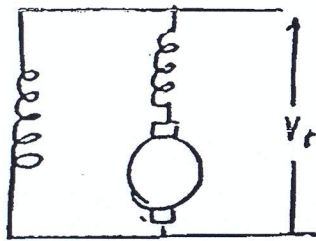
(۴) سرعت ماشین  $N_c < N$  - سرعت بحرانی

$$E_a = \frac{P}{a} Z \phi \times N$$

مشخصه بی بار (مدار باز) Open Circuit Characteristic (O.C.C)



• مشخصه بی بار : در جهت تحریک معکوس می شود  
نکته  $E_a$  نسبت به  $I_f$  (جریان تحریک) در همان مدار باز



۱- افزایش  
۲- نقصانی

$E_a = \frac{P}{a} Z N \Phi = K \Phi = k$   
 $= k (I_{sh} \pm$   
 سری |  $R_f$  و  $R_{sh}$  مقدار ۱۰۰ اهم  
 سری |  $R_a$  و  $R_s$  مقدار ۱ اهم  
 سری |  $R_a$  و  $R_s$  مقدار ۱ اهم  
 سری |  $R_a$  و  $R_s$  مقدار ۱ اهم

$$V_t = E_a - (R_a + R_s) I_a - 2 \Delta V_b$$

در سیم تحرک شفت باید بلند باشد و عرض آن کم باشد و تعداد دور زبر و رسم باز

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

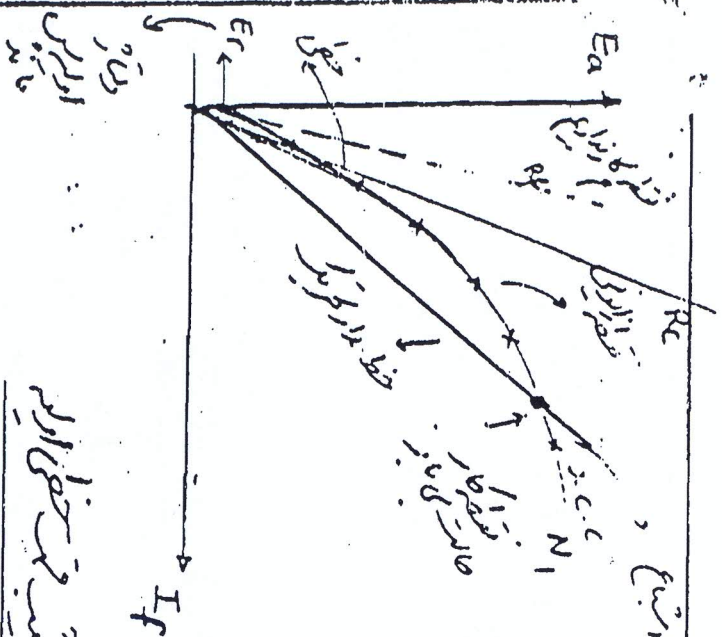
سری: مقدار دور زبر و رسم از ۲ تا ۵

سری: مقدار دور زبر و رسم از ۲ تا ۵

نکته:  $R I^2$  باید در دینام باشد و در دینام باید خاطر صحت کردن بیشتر

سری: مقدار دور زبر و رسم از ۲ تا ۵



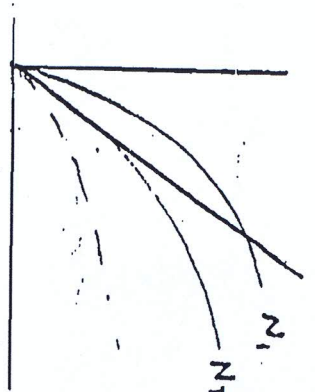


$$\begin{cases} E_a = f(I_f) \\ E_a = V_t = R_f I_f \end{cases}$$

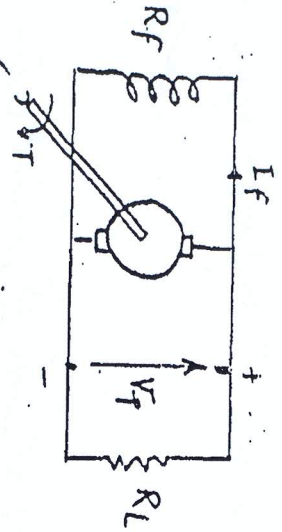
طرح:  $R_f < R_c$  —————  
 خط  $E_a = R_f I_f$  نمی‌تواند  
 تقاطع داشته باشد و در نهایت

در  $R_c$  شب خط کس برنجی  
 به شب خط می‌باشد  
 در نهایت، می‌تواند

$$\frac{E_a}{E_r} = \frac{N_1}{N_f}$$



بنامی (دالسی)  
 می‌تواند به صورت خطی باشد —————  
 ایست  $R_f$  است از  $N_f$  به پایین  
 $N_f < N_1$   
 می‌تواند به صورت خطی باشد —————  
 می‌تواند به صورت خطی باشد —————  
 می‌تواند به صورت خطی باشد —————



$$\begin{aligned} V_t &= E_a - R_a I_a - \gamma \Delta V_b \\ V_t &= R_f I_f \\ I_a &= I_L + I_f \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_t I_a &= E_a I_a - R_a I_a^2 - \gamma \Delta V_b I_a \\ V_t I_L + V_t I_f &= E_a I_a - R_a I_a^2 - \gamma \Delta V_b I_a \end{aligned}$$

$$P_o$$

Topic

ca

برای d.c

تلفات آهن را نباید  
نیت و نقطه در نظر است.

$$P_o = P_a - P_{cu} - P_b - P_{cut}$$

توان خروجی      تلفات مس (تبدیلی)      تلفات آهن (تبدیلی)      تلفات هسته (تبدیلی)      تلفات مس (تبدیلی)

$$P_m = P_a + P_r$$

تلفات گرمایی

$$P_r = P_{fe} + P_{sc}$$

تلفات هسته (تبدیلی)      تلفات مس (تبدیلی)

تلفات گرمایی در ماشین جریان مستقیم فقط مکانیکی نیست و آهن هم هست.

تلفات گرمایی در ماشین جریان مستقیم فقط مکانیکی نیست و آهن هم هست.

• مقدار زمانی که با مقدار می هستند که ماشین برای آن مقدار طراحی شده باشد و با آن مقدار کار کنند.

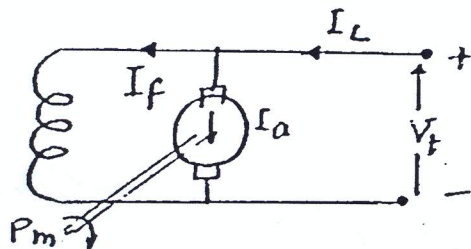
• کمیت‌های الکتریکی و مکانیکی  $f_n$  و  $N_n$  و  $P_n$  و  $I_n$  و  $V_n$

• می شود یک ماشین را با مقدار غیر نامی کار انداخت اما توصیه نمی شود چون عمر طبیعی آن نمی شود و بازه نامی آن بدست نمی آید و عمر آن زیاد نمی شود و از سرمایه دار هم استفاده نمی شود.

• مقدار زمانی مقدار می هستند که ماشین را با کمیت‌های نامی کار انداخت.

$$\eta \triangleq \frac{P_o}{P_i} = \frac{P_o}{P_o + \Delta P}$$

موتور سیمانی



$$\begin{cases} V_t = E_a + R_a I_a + r \Delta V_b \\ I_L = I_a + I_f \\ V_t = R_f I_f \end{cases}$$

$$V_t I_a = E_a I_a + R_a I_a^2 + r \Delta V_b I_a$$

$$V_t (I_L - I_f) = E_a I_a + R_a I_a^2 + r \Delta V_b I_a$$

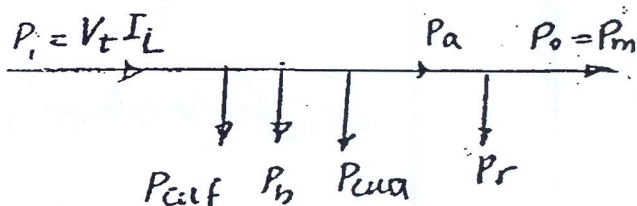
$$V_t I_L = \frac{E_a I_a}{\text{توان الکتریکی}} + \frac{R_a I_a^2}{\text{تلفات مس}} + \frac{V_t I_f}{\text{تلفات سیم}} + \frac{r \Delta V_b I_a}{\text{تلفات آهنربایی}}$$

$$P_i = P_a + P_{cu a} + P_{cu f} + P_b$$

$$P_i = V_t I_L$$

$$P_a = P_m + P_r$$

تلفات  
نرخشی



$$\eta = \frac{P_o}{P_i}$$

Δ η ضایعات الکتریکی و ضایعات مکانیکی ندارد و می باشد.

خرابی تلفاتی در درونی موتور



## مقادیر نامی ماشین

تعداد موتور

سرعت موتور

از قدرت معمولاً مهمترین کمیت نامی هستند.

پیش از کمیت نامی وابسته به این عواملند و با دانستن درجه آزادی نسبی

ممکن است می آید.

$V_n$  ولتاژ نامی

$P_n$  قدرت نامی

$N_n$  دور نامی

$$\Rightarrow I_n = \frac{P_n}{V_n}$$

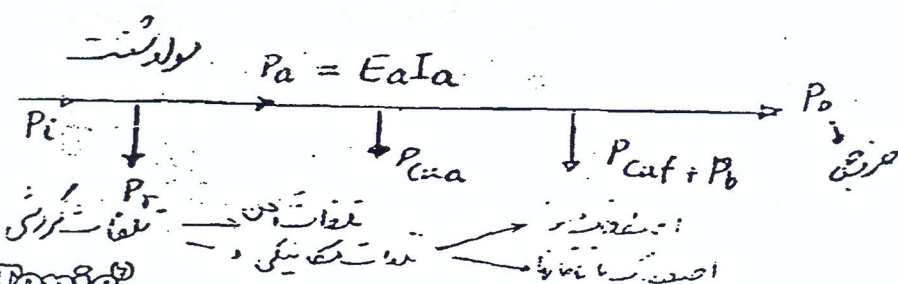
اثری که در مورد موتور مولد دالانی شود دلتا ترعیال یا خروجی است و قدرت مصرفی  
برعکس در مورد موتور ورودی دلتا ترعیال است و قدرت خروجی

فکری شود در این تعیین بنا بر حجم بالا است و حتی فکری از عنوان «نامی» نمی شود.  
در حدی که این از مقادیر نامی تغییر داشته باشیم؟

از دلتا  $\pm 10\%$  (در مورد تغییرات بیشتر است اما توصیه نمی شود).  
دلتا را ضریب تغییر هم می گویند و اگر دلتا کمتر باشد یعنی تغییر کمتری کند اما قدرت برای موتور  
است و عموماً موتور باید در دلتا نامی کار کند ولی قدرت مثلاً در موتور  $R_L$  دلتا

در قدرت هم بزرگ است بیشتر از مقدار نامی ولی زیر حد نامی عیبی ندارد و مشکلی پیش  
نمی آید از ظرفیت ماشین استفاده شده است.

در موتور هم اگر بار روی موتور موتور را کمتر کنیم میزان انرژی کمتری می یزد. تولید مصرف  
بازمان است.



در بخش توان در ماشین

Topic

## حالت گسار و سرعت ماشین (مولد)

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{E_a I_a}{\omega_m} = \frac{E_a I_a}{2\pi N}$$

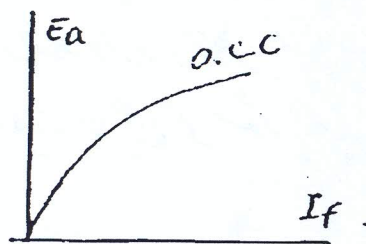
$$= \frac{\frac{P}{a} Z N \Phi I_a}{2\pi N} = K \Phi I_a$$

$$T = K \Phi I_a, \quad K = \frac{P}{2a\pi} Z$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\Phi_1 I_{a1}}{\Phi_2 I_{a2}}$$

در این معادله خطی در نظر گرفته شود :

$$\Phi \propto I_f$$



$$T = K' I_f I_a$$

$$V_t = E_a + R_a I_a$$

$$E_a = V_t - R_a I_a$$

$$\frac{P}{a} Z N \Phi = V_t - R_a I_a$$

$$N = \frac{V_t - R_a I_a}{\frac{P}{a} Z \Phi}$$

نکته:  
اینکه باید در این معادله جریان آرمیچر  
نه سرعت و نه ولتاژ ثابت سرعت  
نیست.

پس می بینیم اگر جریان تحریک افزایش یابد سرعت کم می شود.

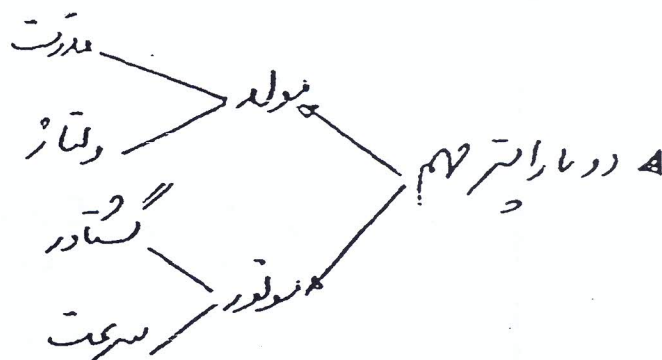


$$T = K \Phi I_a$$

$\uparrow$   $\frac{p}{a} \frac{z}{2\pi}$

$$N = \frac{V_t - R_a I_a}{k \Phi}$$

$$k = \frac{p}{a} \frac{z}{2\pi}$$



سرعت و رنگار عکس همند و با بالا رفتن یکی دیگری پایین می آید.  
تطابق  $\omega_r = \omega_m$  همیشه برقرار است بنابراین  $N$  می تواند تغییر کند.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\Phi_2}{\Phi_1}$$

سرعت متناسب عکس با است

اگر مدار تحریک را قطع کنیم؟ سرعت به نهایت می شود.  
مولدهای جریان مستقیم و مخصوص شدت آهنیان به نهایت شدن خیرگی  
سرعت وجود دارد و خطر آن است و نباید مدار تحریک قطع شود.  
سرعت به نهایت رانجی نمی شود چون می ماند همیشه وجود دارد و صفر نمی شود.

اگر مدار تحریک از بار قطع باشد مولد به راه می افتد.

از یک مولد تست چهار قطب باسیم بچی ۱۱۰ ولت با ۷۳۰ آمپر اگر شارژ با هر قطب ۳۰ mWb  
و جریان آرمیچر ۴۰ آمپر و دینام آرمیچر را با سیم بچی ۱۱۰ ولت با ۷۳۰ آمپر و ۴۰ آمپر  
رنگار تولیدی را پیدا کنید.

$$T = \frac{p}{2a\pi} \Phi z I_a$$

$$= \frac{1}{2\pi} \times 0.094 \times 30 \times 10^{-3} \times 730 \times 40$$

$$= 135.5 \text{ N.m}$$





یک مولد DC، قطب باسیم بخی داریم دارای ۱۲۰ استاتور، ۸ هادی در استاتور  
 بنی است. سطح مقطع هادی آرمیچر  $25 \text{ mm}^2$ ، طول حلقه متوسط  $22.0 \text{ cm}$  است.  
 تفاوت است آرمیچر بین جاروها را در  $75^\circ \text{C}$  پیدا کنید.

$$P_{r0} = 1.72 \text{ W/cm}$$

$$\alpha_0 = 0.00421 / ^\circ \text{C}$$

استاتور قطب مولد را در دوری که در سرعت  $500 \text{ r.p.m}$  نیروی محرکه  $120 \text{ V}$  تولید کند  
 کنید. (ضریب بزرگسازگی را  $1.15$  در نظر بگیرید.)

درجهی معمول کار کردن ماشین و سیم بخیها  $75^\circ \text{C}$  است.

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta = 120^\circ \\ 25 \text{ mm}^2 \\ l = 22.0 \text{ cm} \end{array} \right. \quad \text{شماره هادی}$$

$$P_{r0} = P_0 (1 + 20 \alpha_0)$$

$$P_{v0} = P_0 (1 + 75 \alpha_0)$$

$$\Rightarrow P_{v0} = P_{r0} \cdot \frac{1 + 75 \alpha_0}{1 + 20 \alpha_0} \Rightarrow P_{v0} = 1.72 \times 10^{-4} \times \frac{1.321}{1.01}$$

$$R = \rho \frac{l}{S} \Rightarrow R = 1.72 \times 10^{-4} \times \frac{1.321}{1.01894} \times \frac{41.0 \times 22.0 \times 10^{-2}}{25 \times 10^{-6}} = 0.18837 \Omega$$

$$\text{سازگاری} = \frac{120 \times 10}{2}$$

$$R_a = \frac{0.18837}{29} = 0.00649 \Omega$$

۲۹ شماره جارو

$$E_a = \frac{P}{a} Z N \phi$$



$$240 = \frac{4 \times 940}{4} \times \frac{500}{40} \phi$$

$$\Rightarrow \phi = 0.03 \text{ Wb}$$

$$\phi_t = 1.15 \times 0.03 = 0.0345 \text{ Wb}$$

۵. مشخصه مدار باز تست در ۱۵۰۰ r.p.m عبارت است :  
الف) ولتاژ مدار باز و جریان تحریک

$I_t$	$E_a$
0.2	30
0.4	55
0.6	75
0.8	90
1.0	100
1.2	110
1.4	115
1.6	120

$$R_f = 150 \Omega$$

ب) مقاومت تحریک

ج) مقاومت لازم برای روشن شدن ولتاژ ۱۱۵

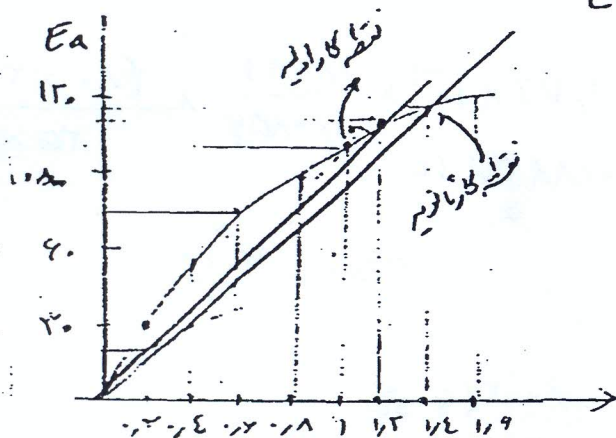
در حالت مدار باز

د) جهت تحریک

را پیدا کنید.

۶. مشخصه آفرینش را در ۱۵۰۰ r.p.m. ترسیم و برای روشن شدن  $E_a$  مدار آن سرعت همی  $E_a$  را در ۱.۵ ضرب میکنیم.

$$E_a \propto N$$



$$V_t = 100 I_f$$

$$\begin{bmatrix} 100 V \\ 1 A \end{bmatrix}$$

$$R_c = \frac{V_t}{I_f} = 100 \Omega$$

$$115 \rightarrow 1.4$$

$$R_f = \frac{115}{1.4} = 82.1 \Omega$$

۷. اگر  $V_t = 200$  ولت باشد، جهت تحریک را مشخص کنید.



$$\frac{r_o}{1000} N_c = \gamma_o$$

$$N_c = 1000 \times \frac{r}{r_o} = 444 \text{ r.p.m}$$



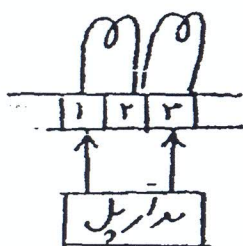
○ آبرجری قطبی یکسان dc دارای همی در لایم با ۴۸ تینگی کو تا کدر است در لایم و در لایم  
تفاوت هر طرف ۱۵ اهم باشد مقاومت آبرجری در تینگی ای که بار در لایم عاتی می  
از هم جدا شده اند چند اهم است؟

$$\frac{2}{3} - 4$$

$$\frac{17}{24} - 13$$

$$\frac{9}{8} - 2$$

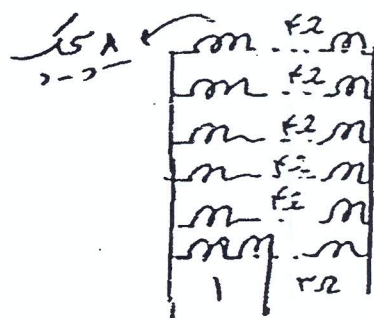
$$4 - 1$$



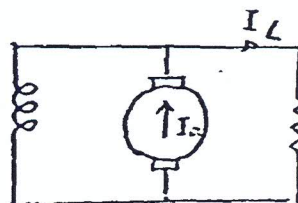
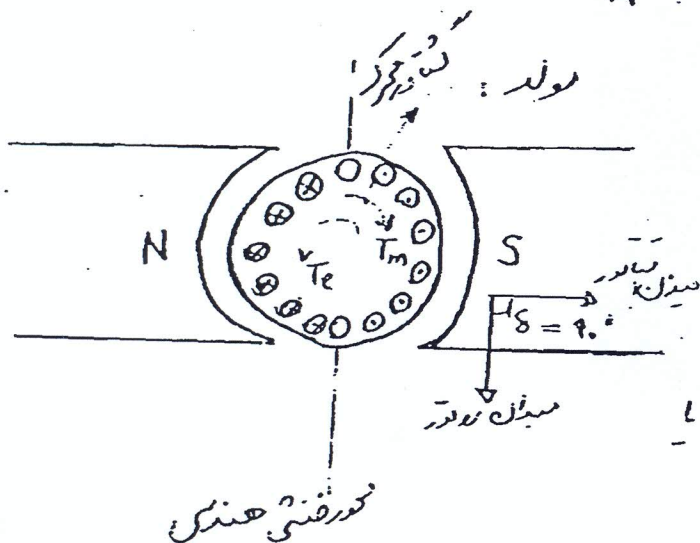
$$a = p = 9$$

$$R_{ab} = \frac{(\frac{r}{a} + 3) \times 1}{\frac{r}{a} + 3 + 1}$$

$$= \frac{19}{24}$$



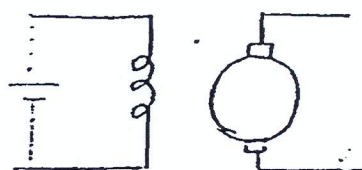
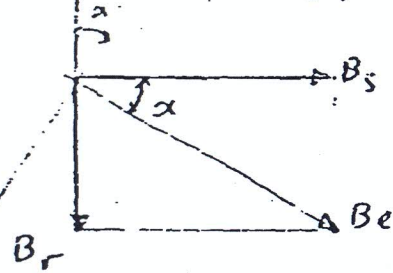
واکنش آبرجری



کمی جریان دارند

در حالت بارها در لایم آبرجری جریان ندارند  
جریان آنها ضعیف کم است.

$$T_m - T_e = J \frac{d\omega}{dt}$$



استند  
جریان ندارند

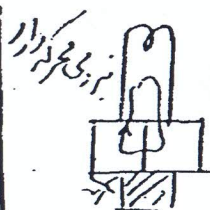
میدان نیست به سلف

میدان بار (B\_s) میزنند

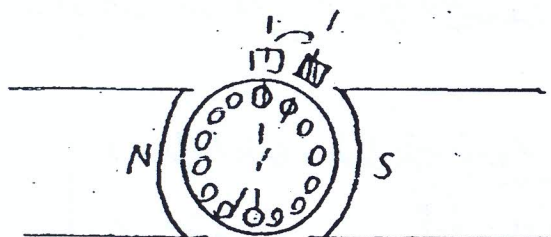
میزنند اندازای بار به alpha

خط صاف  
خط صاف

خط صاف چسبی

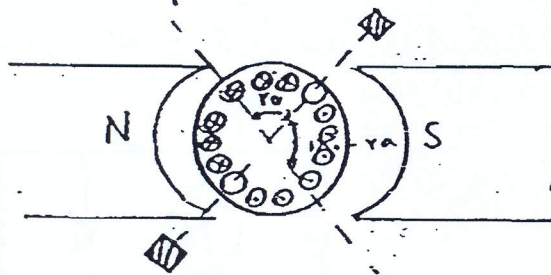


و آهنش را بر خط خنثی را جای می‌دهند.  
 بعد از آن آهن را در نقطه خنثی می‌نهند پس مدارها و تخته برقی زرد  
 به آهن اثر جانبی و آهنش را بر خط خنثی  
 (۱) جای کردن خود خنثی را یکا در هر  
 زیر مدار



۴ راه حل : جای کردن مدارها  
 مدارها در ناصیه خنثی مغناطیسی قرار می‌گیرند.  
 ۵ بار شبیه دارد پس راه حل آسانی نیست  
 و تغییر است.

اثر بار با نسبت با یکدیگر توان را که را جای کردن را به هم می‌رساند.  
 رانند.  
 بدان یک بار متوسط را در نظر گرفته و به  $\alpha$  می‌تواند با آن بار مستقل کنیم.  
 (نمای مجاری و مدارها را در نقطه خنثی قرار می‌دهیم و مدارها را به هم می‌رسانیم)



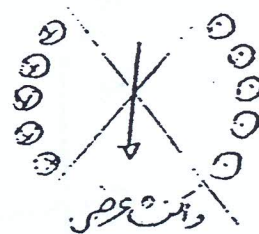
۶ جهت کلی در محل جابجایی  
 عرض نمی‌شوند در واقع  
 و آهنش طریقی عرضی  
 ایجاب می‌شود

۷ و آهنش طریقی بقیه کندی بیان است

و آهنش / طریقی (d)  
 عرضی (q)

$$E_a = \frac{P}{a} Z N \Phi$$

۸ کاهش ولتاژ مولد



۹ آهنش را بر خط خنثی

$$N = \frac{V_t - R_c}{K \Phi}$$

۱۰ افزایش سرعت موتور

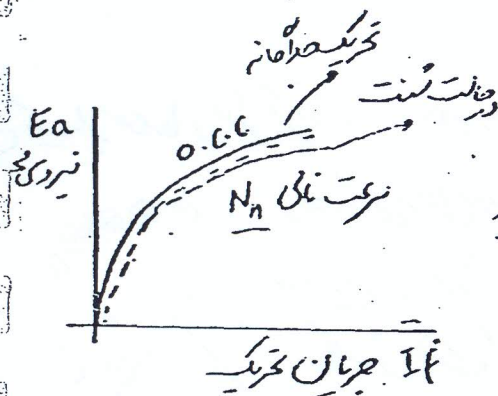


۴ اگر بار را از پشت جهت گردش جابجا کنیم (یعنی میدان در جهت گردش است) رانندگی  
آریم در جهت تقویت میدان است. (در جرم هم داریم)

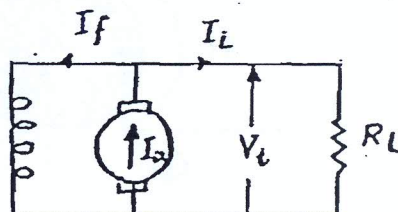
۵ رانندگی عرضی هم در حالت عادی تقویت کننده می باشد - علت آن ابعاد

۶ رانندگی آریم کلاً در هر حالتی تقویت کننده می باشد

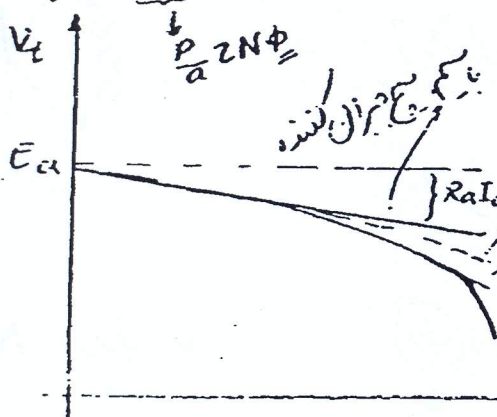
عکس	۱- راه اندازی (ولتاژ سازی)	۲- تحفه ۱	۳- کنترل ولتاژ	۴- بار ریزی
مولد	$E_a - I_f$ تحفه مدار باز O.C.C (بی بار)	$V_t - I_a$ تحفه جانبی (با بار)		
d.c				



۴ تحفه بی بار مدار: به صورت تحفه جداگانه بدست می آید



$$V_t = E_a - R_a I_a$$



۴ حالت شنت  
تحفه جداگانه  
بیان است

۴ در پشت از این  
 $I_L$  در رتبه  $I_a$  است  
فرض  $V_t$  می شود که کمتر  $V_f$   
نات  $V_f$  می شود  $E_a$  هم می کشد  
 $I_a$

۴  $\epsilon = \frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100\%$

تنظیم ولتاژ

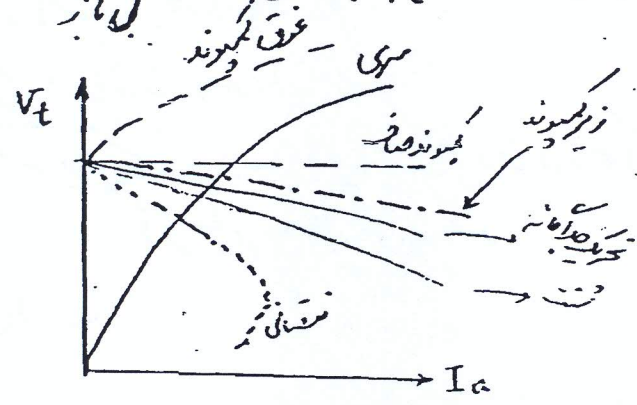
$$\epsilon = \frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100\%$$



دلتا = انت بی از حالت بی بار تا حالت مابار کامل  
حالت ایده آل = دلتا در حالت بی بار و مابار ثابت باشد

رد آنتن آریمر وجود داشته باشد تحفه خارج خطی می شود

سری متخفه بی بار ندارد. مولد سری را نمی شود متخفه بی بارش را رسم کرد.  
بار باید بصورت تحریک مداوم رسم کرد اما متخفه مابار سری متخفه نیست



بیم دلتا در مورد مولد سری  
در بزرگ است  
مولد سری کارکرد ندارد  
چون دلتا واقعاً متغیر دارد

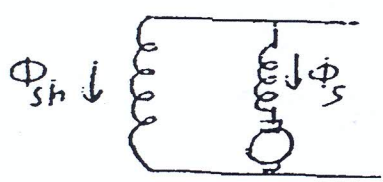
- ۱- خنق میبند
  - ۲- زیر میبند
  - ۳- میبند صاف
- میبند  
شغلی

اگر آریمر در سیستم سری به جدی باشد  
که تمامی افتها را نمی تواند واهشی هم می آورد

- ۱- اضافی
  - ۲- نقصانی
- میبند

$$\phi = \phi_{sh} - \phi_s$$

دلتا با جریان افزایش می یابد  
در زیر میبند آن ضایع نیست که بتواند افت را بهبود وند  
مقداری از افتها را جریان می کند



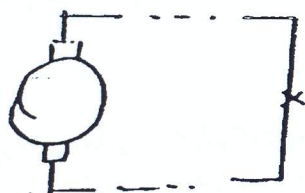
$$\Phi_{sh} + \Phi_s$$

میبند نصف شد سیستم سری است  
با افت از افتها است به مولد ثابت است  
گا به تنظیم روشن است

4 کاربرد مولدها از روی مشخصه حالت :

- مولد سری نمی باشد بعنوان مولد کاربرد ندارد اما بعنوان تقویت کننده ولتژ کاربرد دارد.

لکه "بوستر ولتاژ"



- مولد فوق کمپوند - در جایی که فاصله بین مولد و مغناطیس کننده

زیاد باشد که تحت در خط را می توان گذراند

- کمپوند صاف - جایی که فاصله کم باشد و ولتژ ثابت مورد

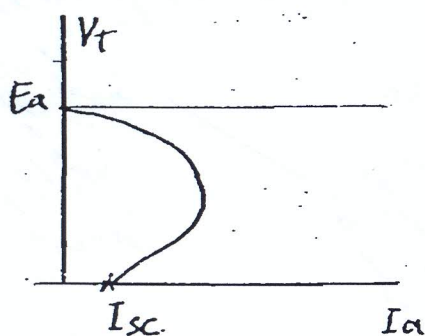
نیاز باشد کاربرد آن به سطح

زیر کمپوند، شست و تحرک جداگانه استفاده نمی شود

لکه جایی که تحت ولتژ کم باشد می تواند در فاصله کم بعنوان

آلتر تنظیم ولتژ آن کم باشد.

- کمپوند اضافی بهترین است.



- کمپوند نقصانی - در انتقال کوتاه عمل می کند

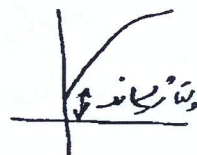
که مورد استفاده در مولدهای حوثکاری

4 بهترین استفاده

لکه (در اصطلاح موتور جوش)

$$I_{sc} = \frac{V_h}{R_a}$$

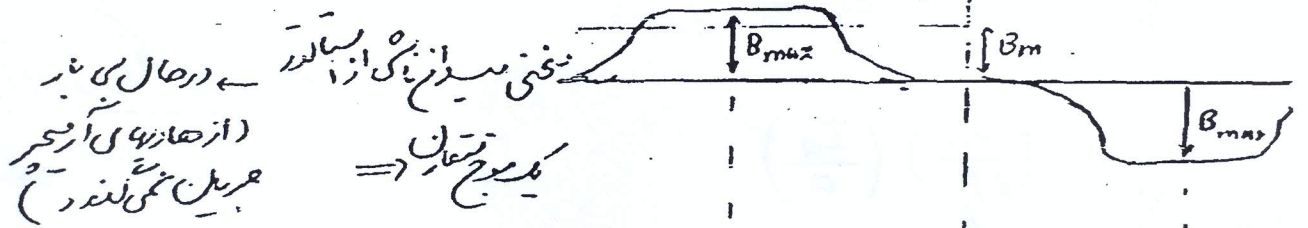
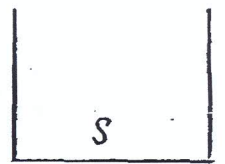
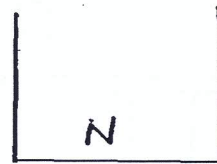
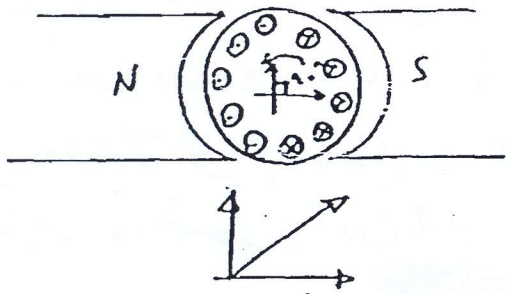
ولتاژ بیانه



$$I_f = 0 \rightarrow E_a = V_h$$



# انکس آریمپر فراکندگی سون

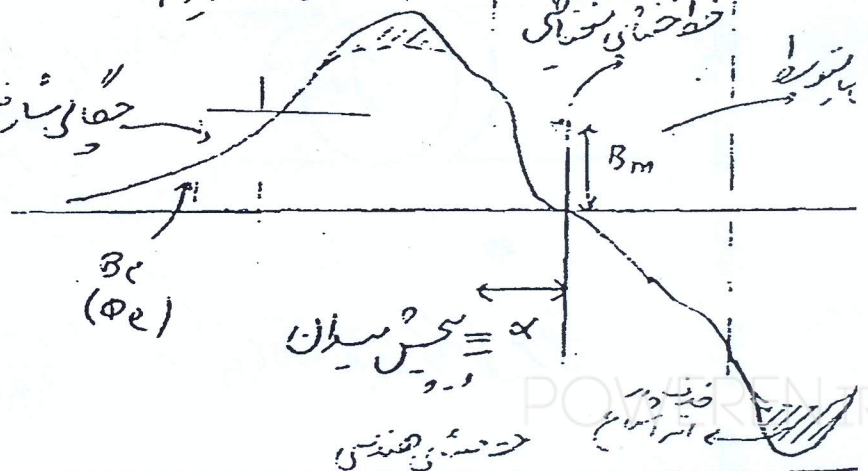


$\Rightarrow$  مقدار در سیستم سیم  
تبدیل است به سیم این پهنای  
تقریباً برابر است  
موج متناوب در روتور

$$\Phi_r = \frac{F_r}{R}$$

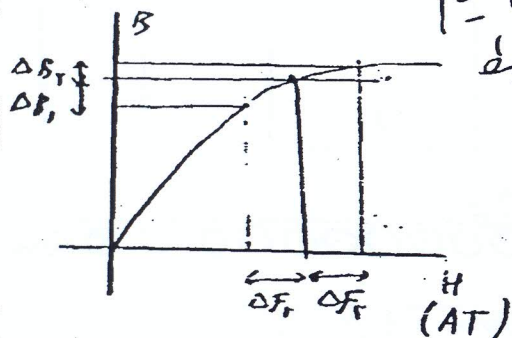
چون مقدار  
مغناطیسی در این حواله زیاد است  
چگالی شار زیاد است

چگالی شار متناوب است بی‌نمود  
خسای آن نقطه یک آن  
جایی که است





مقدار متوسل حاصل شده در حالت دوم طریقی با اولی منطبق می شود چون در یکسره حاصل شده در این نیمه از این خطی داریم اما به علت اثر اشباع حالت اولی کاملاً در حالت خطی منحنی هستیم در حالتی در حالت دوم مقداری دارد حالت اشباع می شویم.



و مطابق شکل مقداری حاصل می شود در این و در نتیجه متوسل حالت دوم کمتر شده و ضعیف میدان داریم.

محاسبه آپدیت در داکشن آریتمی

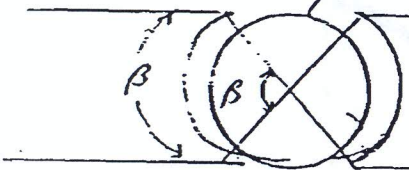
زمانی که بارها در داکشن قرار دارند

$$\left(\frac{Z}{\gamma p}\right) \left(\frac{I_a}{a}\right)$$
 جریان  
 داکشن  
 های  
 گذر

تعداد قطب  
هر قطب

$$AT_a = \frac{Z I_a}{\gamma a p}$$

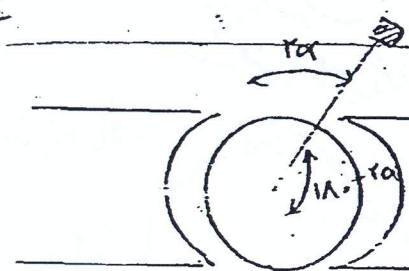
این مقدار معنی داری  
 مقدار مقطعی  
 مشرب زیاد  
 است



هادرهای داخل داکشن عرضی ایجاد می کنند

زاویه الکتریکی  $\rightarrow \beta$  : زاویه مشرب مقطعی از این  
 داکشن (تصویر)

$$AT_q = \frac{\beta}{180} \times \frac{Z I_a}{\gamma a p} = \frac{\beta}{360} \frac{Z I_a}{a p}$$
 داکشن  
 آریتمی



در حالتی که بارها در داکشن قرار دارند

$$AT_d = \frac{\alpha}{180} \times \frac{Z I_a}{\gamma a p}$$
 داکشن  
 آریتمی

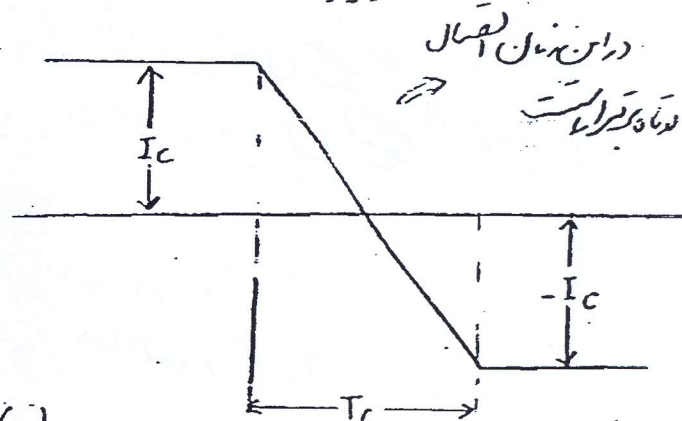
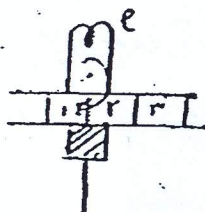
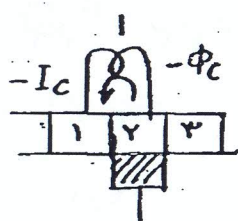
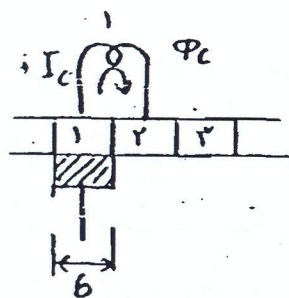
$$= \frac{\alpha}{180} \frac{Z I_a}{a p}$$
 اثر اشباع حاصل می شود

$$AT_q = \frac{180 - \alpha}{360} \times \frac{Z I_a}{\gamma a p}$$
 داکشن  
 آریتمی

رض می شود که تعدادها نسبتاً بسیار زیاد توزیع شده اند.

## فرایند گمراهی (تولیف)

گمراهی: تعریف کلیها از یک انجمن - انجمن دیگر  
تعریف کلیها نسبت به خارج از تنجمنهای گمراهی



$$T_c = \frac{b}{u_c}$$

(m) عرض عصب

(m/s) سرعت حرکت

زمان گمراهی

خبریات جریان می کنند - ابتدا به شکل گمراهی و گمراهی جریان می کنند.

خودالفا

ن  $I_c$  و  $I_c$  در رسم سیم کاری که خودی از برای تغییر مقدار  $\Phi_c$  -  $\Phi_c$  -  
تغییر که خود الگای کاری که خودی از برای تغییر مقدار  $\Phi_c$  -  $\Phi_c$  -  
تغییر که خود الگای کاری که خودی از برای تغییر مقدار  $\Phi_c$  -  $\Phi_c$  -

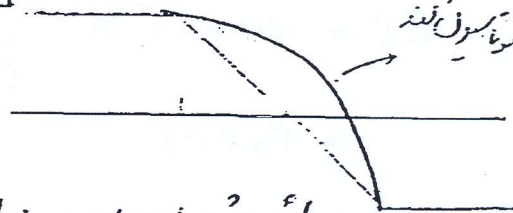
$$E_i = \frac{N_c \cdot \Phi_c}{I_c}$$

تعداد یک

انجمن قابل

حفظ دارد

اثر سیم سیمهای اطراف در یک جهت که تا یک گمراهی دارد.



دارد  
تغییر  
تغییر  
تغییر

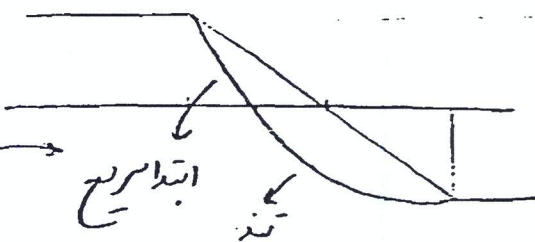


$$E_i = L_c \frac{di_c}{dt}$$

رابطه‌ی دیگر

$$\frac{V_{IC}}{T_c}$$

گشتا سولن شد



در یک ماشین جریان مستقیم جابجایی ۲۹ سیم، با تعداد ۲۱۴ حاری که نصب شده است، سیم خنک شده اند و دمای رکتوری ۲۵۰V است. قطر کاتود ۸۷ تنوعی ۱۰ cm در هر یک حار یک ۹ mm است. مدت زمان کاتاسول و ولتاژ خوراکالی هر کاتود در کاتود است؟ (به شرط این که ضرب خوراکالی هر سیم یک ۱۵ mH و جریان رکتور ۴۸ A باشد) سرعت ماشین ۱۴۳۳ r.p.m است.

$$V_o = 112 \text{ mV}$$

$$V_o = 4 \mu\text{sec}$$

$$44,7 \mu\text{sec}$$

$$2,2 \mu\text{sec}$$

$$V_c = r\omega = 2\pi N r = \pi N D = \pi \times \frac{1433}{60} \times 0.10$$

$$= 7.5 \text{ m/s}$$

$$T_c = \frac{9 \times 10^{-3}}{7.5} = 1.2 \text{ msec}$$

$$E_i = L \frac{V_{IC}}{T_c}$$

$$T_c = 2 \times 1.2 \text{ msec}$$

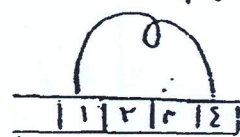
$$I_c = \frac{I_a}{a} = \frac{48}{4} = 12$$

$$E_i = 0.10 \times 10^{-3} \times \frac{2 \times \frac{48}{4}}{2 \times 1.2}$$

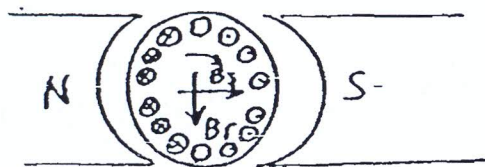
$$= 2,222$$

۸۷ تنوع  
۲۹ سیم

$$\frac{87}{29} = 3$$





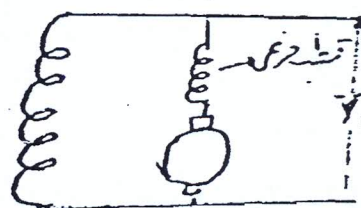
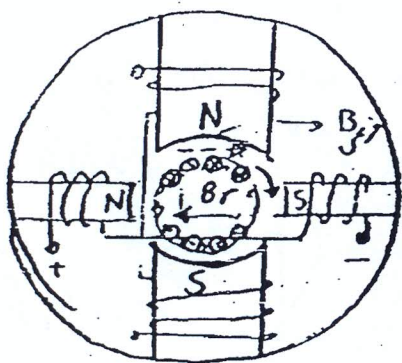


اگرش های جریان } ۱- قطب فرعی (مکلی)  
دانش آریک } ۲- سیم سیم جریانی

با مایه جاری خارج در سوله در جهت حرکت در  
بعد در خلاف جهت حرکت است.  
بجای خارجها راه حل اساسی نیست چون بسگی به بار دارد.

قطب فرعی

اینها که خطی که بین قطبهای اصلی قرار می گیرند  
بخشی قطبهای فرعی با آریکری است.



بای فرعی در ناضیه  
تا باید بر B را خنثی  
بسی قطب بندی جهت  
با در آن با سستی طوری

رنگه با میدان آریکری مخالفت کند.

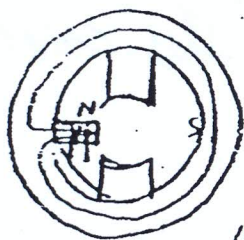
که مناسب با جریان آریکری

قطبهای فرعی میدان را در ناحیه اصلی الکترون می کشند  
و لذا خود را در جهت الکترون می کشند و چون جهت الکترون  
از زمین می آید

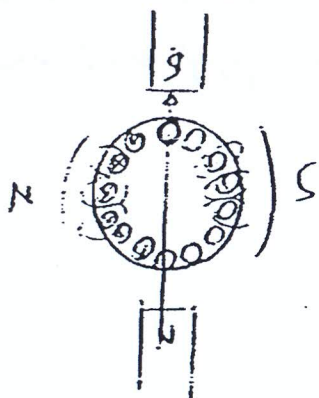
حالت مادی قطب بندی قطب فرعی در جهت گردش می کشد قبل از خروجش در سوله بعد از خروجش

و در سوله برعکس.

ی قطبهای فرعی جهت که چنانچه از قطبهای اصلی است.

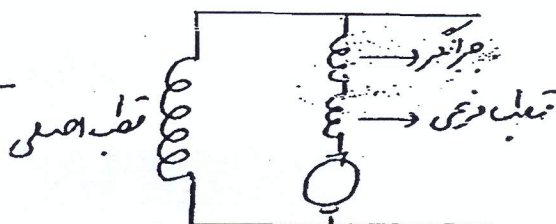
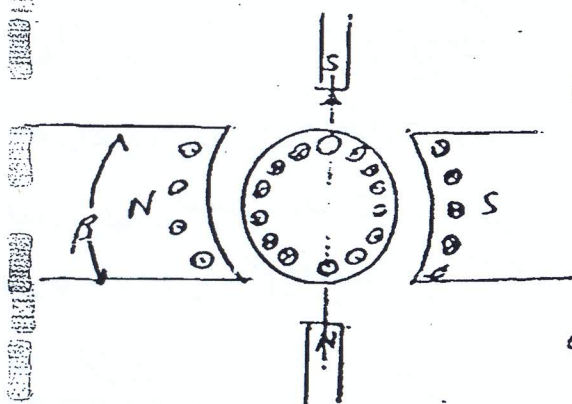


در قطبهای فرعی یا سراسر تعداد قطبهای اصلی است یا نصف آن :  
پس میدان را همنوا با هم می کشند چون قطب فرعی گامداً بر میدان اصلی  
برعکس نمی آید و جهت حرکت از سیم می رود.



## سیم سخی جبرانگر

سیم سخی که حامل جریان آبرج است میزان میدانهای مغناطیسی



نیاز به آبرودر سیم سخیهای جبرانگر و قطب دفری

حالتی که در آن

$$(AT)_{ip} = \frac{ZI_a}{\gamma_{ap}} + \frac{\beta \gamma}{\mu_0} S$$

طی این معادله آبرودر هم برای عبور از فاصله هوایی

سیم سخی جبرانگر  
لایه است مثل سیمی تخت  
بازند

سیم سخی جبرانگر در خنای سازی میدان هاس داخل تر من قطبی

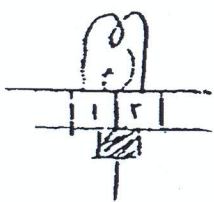
فاصله هوایی زیر قطب لای (دفری) آبرج فاصله  
هوایی زیر قطب مهم است. طول قطب دفری نیز  
کوچک است

$$AT_c = \frac{\beta}{\mu_0} \times \frac{ZI_a}{\gamma_{ap}} = \frac{C}{\gamma} I_a$$

$$C = \frac{\beta}{\mu_0} \times \frac{Z}{\gamma_{ap}}$$

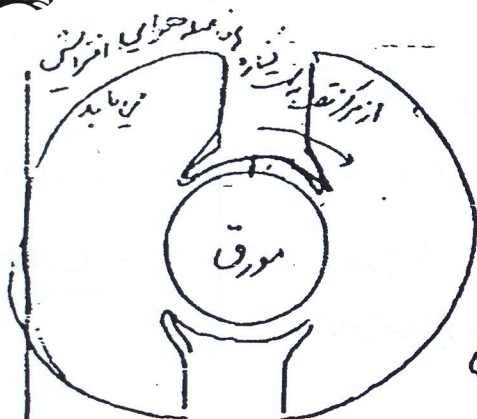
تعداد سیمهای  
هر قطر سیم سخی  
جبرانگر

برای اثر خود القایی توان کاری کردن باید مدت و مدت  
الصال کوتاه زمان در بریم به حسن کار و نگه داشتن از کسب وقت



برای  
مکان جبرانگر

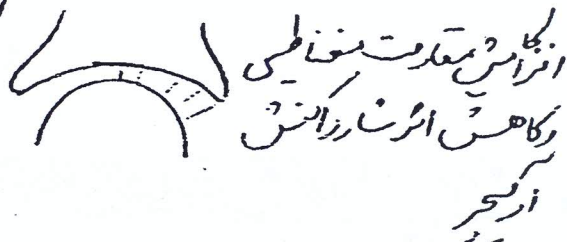




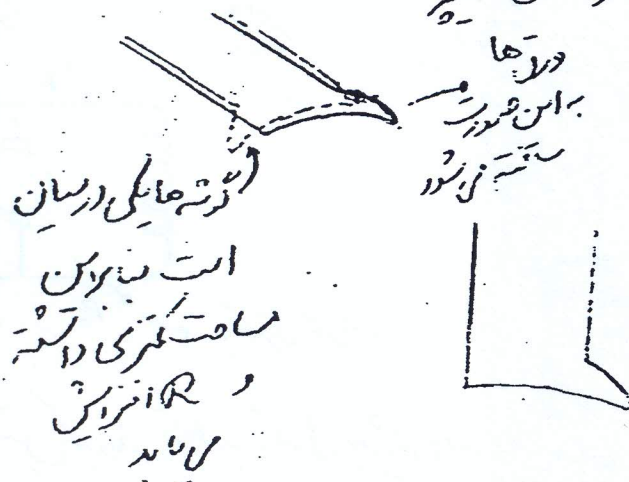
$$\phi = \frac{F}{R} \uparrow$$

۴ برای گهریل اثر واکسن

آرشیج راه حل دیگری هم  
موجود است - شکل رهن نقش قطب



استاندارد رایج مورق می سازند ۱۱ سطوح رنگی در ساخت  
۱۲ برای جبران واکنش آرشیج :



در یک مولد جریان مستقیم ۲۰۰<sup>۷</sup> و ۱۰<sup>۸</sup> و ۲ قطب در استاندارد وجود دارد آرشیج  
هم سعی در بهم با ۴ انتخاب دارد مقدار مولد  
۲۰ (۱) ۱۵ (۲) ۱۰ (۳) ۵ (۴) همفر

$$T = \frac{E_a I_a}{\omega}$$

۵ تعداد قطبهای آرشیج را استاندارد میزنند



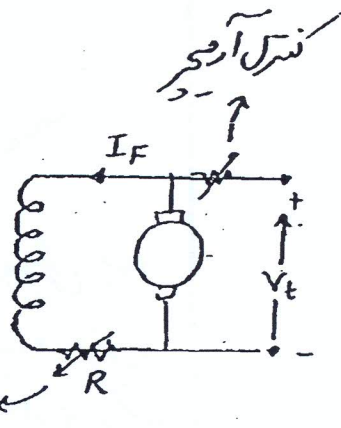
- ۱- راه اندازی (ولتاژ سازی)
- ۲- تنظیم ولتاژ (کنترل ولتاژ)
- ۳- ششها که با تنظیم متغیرات
- ۴- کار موازی

عملکرد  
مولد d.c

$$E = \frac{V_{fL} - V_{nL}}{V_{fL}} \alpha$$

$$V_t = E_a - R_a I_a$$

$\alpha \phi \propto I_f$  → کنترل  
 این جریان  
 از طریق  
 کنترل  
 جریان  
 کنترل  
 ولتاژ  
 را تغییر  
 دارد

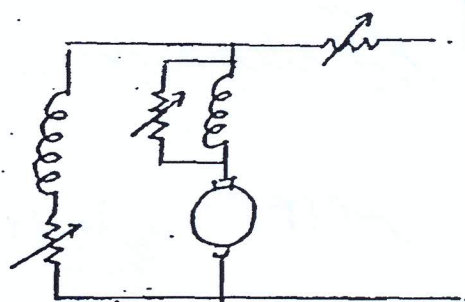


۴۴ حسن باسین های جریان مستقیم کنترل پذیری  
خواران آنال ها است

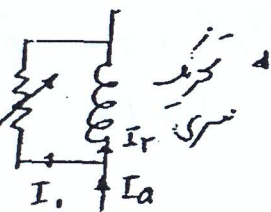
با کنترل تحریک

در باسین کمبند قابلیت کنترل پذیری است چون قدرت سری را هم می توان کنترل کرد

۴۵ بانک رکتی های شنت



۴۶ رکتی های شنت  
Diverter  
اختلاف دهند



۴۷ کمبند صاف را با تنظیم مقاومت رکتی شنت مدبب می آوریم

تنظیم شارژ بر اثر تحریک سری = تنظیم درجه کمبندی

۴۸ تغییر ولتاژ معمول در مدار بعضی اتصالاتی می شود مثلاً از صفر تا ولتاژ نامی



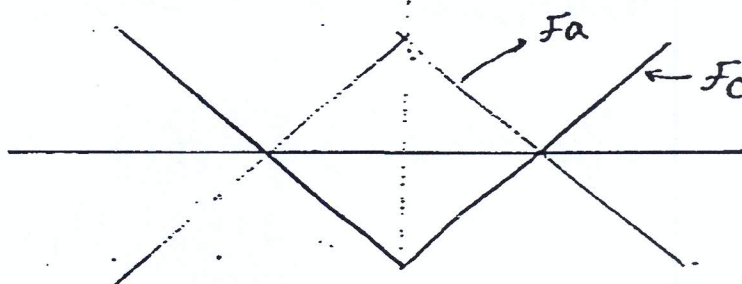
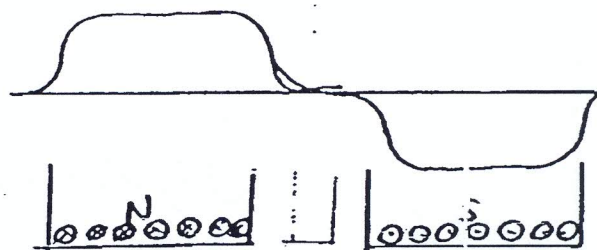
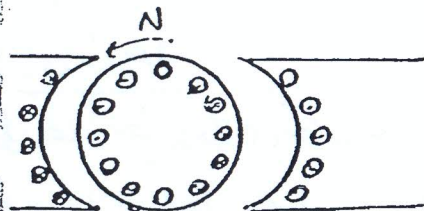
تنظیم دلتا در رنج کوچکی است مثلاً می‌خواهیم دلتای را که برابر با رانت گرفته و دلتا را می‌برسانیم.

مقدار موازی مولدها

معمولاً مولدها را به موازی یکدیگر می‌زنند تا بار زیادی را بتوانند تحمل کنند.  
در موازی کردن مولدها قابلیت اطمینان است حتی ممکن است در یکی از این دسته‌ها انرژی بیشتری بیاید.

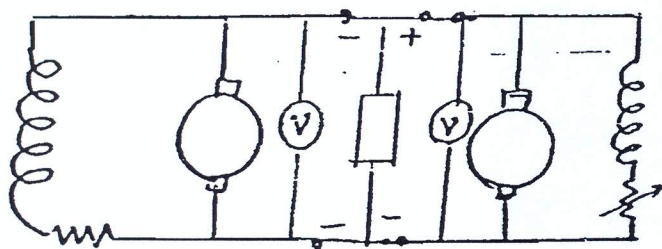
در نیروگاه هم تعداد زیادی واحد با هم موازی کاری کنند و توجه اقتصادی ندارد و تنها علت قابلیت اطمینان است.

رابطه کار موازی : ۱) دلتای دلتاها = دگرزی می‌صرف کننده (مولد) می‌گردد.  
۲) اتصال برهای هم نام



۱- اتصال و سیم ها  
۲- ساید و لایه ها

اتصال موازی مولدها



با تنظیم حرکت و لایه در سیم  
برابر قرار می دهیم

با به نسبت قدرت نامی بین مولدها

توزیع می شود.

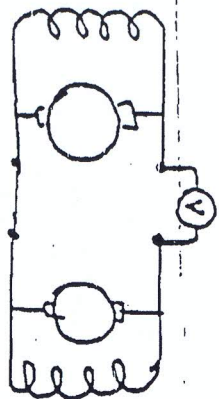
پس باید صفحه های خارجی مولدها باید بر هم منطبق باشند تا اختلافی در هم نرود  
باشد. پس مولدهای هم نام را می شود با هم موازی کرد (نکته: تفاوت در ولتاژ و فرکانس)  
! فوق المیوند، صفات با صفات و ... (نکته: تفاوت در ولتاژ و فرکانس)  
تستیفیر سرها: بسته و سیمی است که در اختیار است

و ولتژ d.c ← ولتاژ به عنوان تقفیر است.

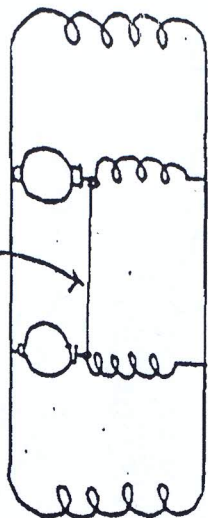
و ولتژ a.c - d.c (پولیزسان) ← ولتاژ به عنوان تقفیر است

در سیم تقفیر از دو مولد را به هم وصل می کنیم و ولتژ را بین دو سر دینتر قرار می دهیم.





تغیرهای ممکن است در بار  
تمام باشند در بار بزرگتر بارشان کم رود  
موتور در ولت کم رانند و سلفا خود را ولان می  
دهد. بایستی موتور را در ولت کم رانند  
و غیره تمام هستند.



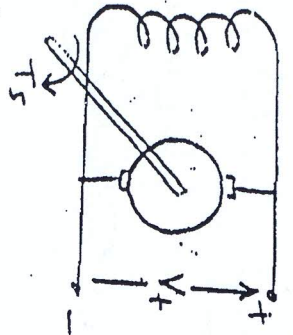
اصلی است و ولت ده بای  
همیشه ولت ده بای

- ۱- ولتاژ اندازی موتور
- ۲- کنترل سرعت
- ۳- تغییر جهت گردش
- ۴- برز
- ۵- کاهشها

کسر بر ولتهای

d.c

$T_s \neq 0$



$$V_t = E_a + R_a I_a$$

$$I_a = \frac{V_t - E_a}{R_a}$$

رهای d.c گسترده اندازی دارند و خود بخود راه می افتند  
بر راه اندازی جریان زیادی (۸ تا ۸۰) برابر جریان نامی است  
جریان زیاد اندازی همی می شود و رها جین برآید  
ن آ می است.

$$I_s = \frac{V_t}{R_a} = \frac{220}{0.1} = 2200 \text{ A}$$

تکلیف است این جریان برای  
خود ماشین هم ضرر داشته باشد گرم می‌گردد ماشین  
طوری طراحی می‌شود که این جریان را تحمل کند ولی بعد از  
فرسودگی ماشین سیم چسب می‌شود و در این مورد.

اما به سبب از آن این جریان برای منبع رطوبت کثیفی‌ها را می‌گیرد و ضرر دارد و این است و لذا

که معمولاً این خطای رتاز

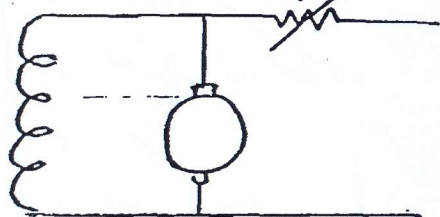
شدن ممکن است باعث اتلاف انرژی در مدارهای دیگر زیر بار شود.

• راه اندازی موتور: یعنی راه اندازی آرام برای کنترل جریان راه اندازی و محدود کردن آن

یعنی می‌خواهیم جریان راه اندازی به حدود ۱.۵ تا ۲ برابر جریان نامی می‌باشد و می‌خواهیم ولی  
کمتر از آن ممکن نیست چون اصولاً راه اندازی صورت نمی‌گیرد.

رژکتای راه انداز → چاروی کار

$$I_s = (1.5 \rightarrow 2) I_n$$

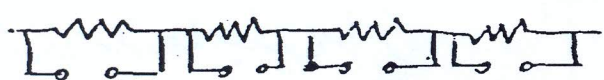


$$\frac{V_t}{R_a + R} = (1.5 \rightarrow 2) I_n$$

$$R_a + R = \frac{V_t}{(1.5 \rightarrow 2) I_n}$$

$$I_n = \frac{P_n}{V_n}$$

$$R = \frac{V_t}{(1.5 \rightarrow 2) I_n} - R_a$$



• اقدامات: نسبتهای رازی →

که پس از راه افتادن مدار

با ابعادی زمانی به تدریج نسبتها بسته شده و مقاومت از مدار خارج می‌شوند.

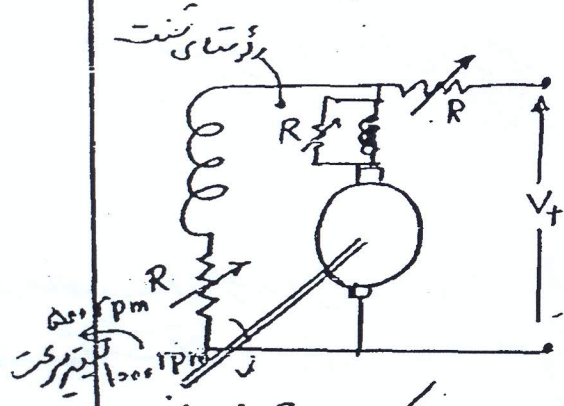
# کنترل سرعت

$$N = \frac{(V_t - R_a I_a)}{k\phi}$$

در افزایش بار انت سرعت دارند  
بغیر از موتور سنکرون

تغییر سرعت  
کنترل سرعت  
تنظیم سرعت

در سه درجه‌ای برای  
دلور



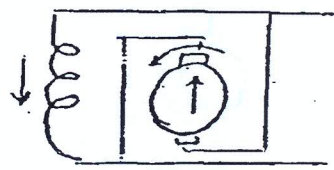
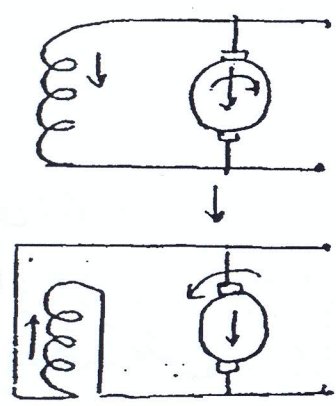
لنتزل، خطی و غیر خطی است در خلاف ولتدهای  
(ارب)

نسبی سرعت  $\epsilon = \frac{N_{fl} - N_{nl}}{N_{fl}}$

نسبی: تنظیم  
سرعت

بیشتر باشد موتور از ولتدهای (ε=0) موتور سنکرون

بیشتر جهت گردش موتور : با تغییر جهت جریان تحریک یا جهت جریان در آرمیچر  
صورتی پذیرد ..



در جهت برده در کس با اند  
تغییر جهت جریان تحریک نیازند قطع جریان  
است که ممکن است باعث  
شدن سرعت شود  
باعث قطع آرمیچر القای زیادی  
در آلای حملین جریان زیادی  
در آرمیچر

اما جریان تحریک را می تواند با تغییر سریع در ولتدهای موتور  
را کاهش هم ولی از هر دو روش معمولاً این کار را می کنند



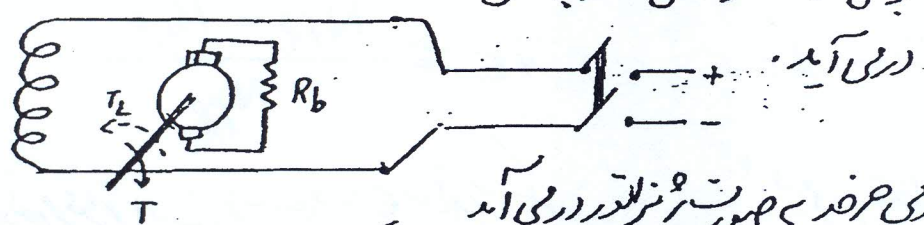
ترمز : به علت داشتن حرکت اولیه پس از قطع موتور دینی طول می کشد  
 بالستد : در بعضی موارد لازم است سریعاً موتور متوقف شود یا حتی ترمز آبی در بعضی  
 موارد مورد نظر است

ترمز می تواند مکانیکی باشد یا الکتریکی : جنبه مطلوب نیست را هم باید به لحاظ نمود  
 الکتریکی : برای ترمز موتورهای dc برش الکتریکی می باشد

- ۱- استفاده از مقاومت ترمز
- ۲- ترمز تولید مجدد
- ۳- تغییر جهت گردش

از خاصیت در طرفه دین ماشینهای dc استفاده می شود.

۱- مقاومت ترمز : برای مدت کوتاه مدار به شکل



با همین حرکت که موتور می چرخد به صورت ژنراتور در می آید

رگباری در خلاف جهت الکتریکی کند که موتور را متوقف می کند.

$R_b$  باید طوری باشد که حد اکثر جریان مجاز از آن بگذرد

مگذرد

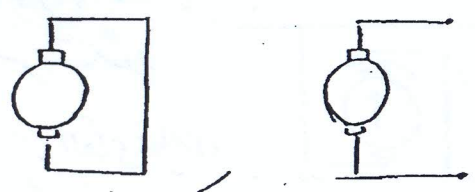
$$R_b = \frac{V_t}{(1.2 \rightarrow 2) I_n}$$

در حالت صدمی داریم :

در هر دو حالت باید جریان

تحرک قطع شود یا در جهت عکس

بچرخد.

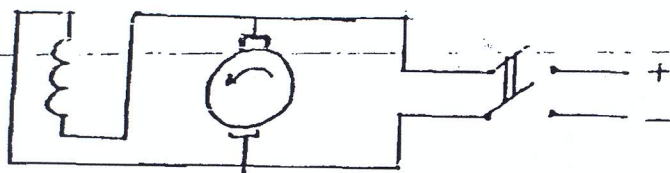


تولید انرژی  
 الکتریکی

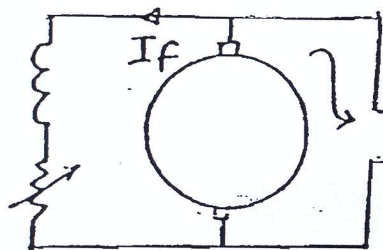
خطرناک

فورا القاء سریع می شود که این امر متوقف می شود

موتور را از حرکت



۱- تغییر جهت گردش  
برای مدت کوتاهی جهت گردش  
و تغییر در جهت سرعت گرفته شود.



۲- ترنیز تولید می‌کند  
 $V_t = E_a + R_a I_a$   
در به حالت  $E_a < V_t$  مولدی  
در انتر در می‌آید  $E_a > V_t$  مولدی

↑  $E_a$  ←  $I_f$  ↑  
رشدنای مدار تحریک جریان مدار تحریک را زیاد می‌کنیم  $\Phi$  ↑  $E_a$  ↑ مولد  
در حالت فوق تحریک را زیاد می‌کنیم: مولد در حالت فوق تحریک را زیاد  
می‌کنند.

سرعت اولیه را می‌برد - که تولید می‌کند - بار را در انتر در می‌آید  
انرژی سرعت اولیه بار را تبدیل به انرژی الکتریکی تبدیل  
می‌کند.

این روش در قطارها استفاده می‌شود و باری خانه هفتم در دارد که این انرژی  
را به انرژی الکتریکی ذخیره شده تبدیل می‌کند.  
رله قطار - مولد ترنیز - DC





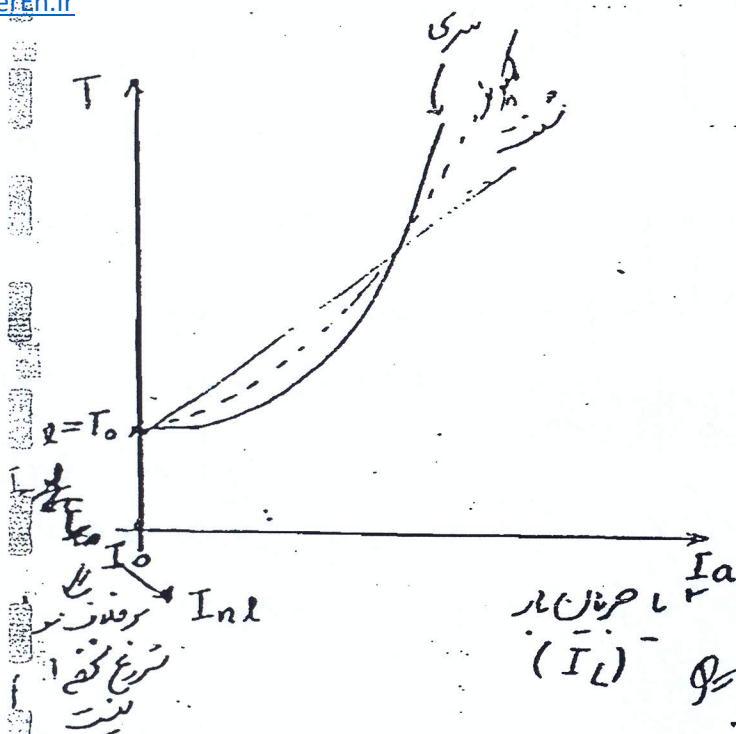
نقطه ها

۱- نقطه  $T-I_a$

۲- سرعت  $N-I_a$

۳- سرعت نقطه  $N-T$

$$T = k\phi I_a$$

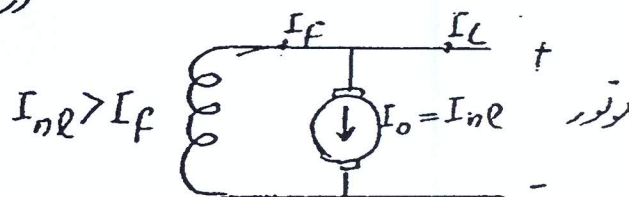
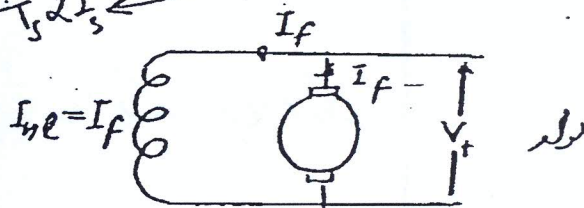


در حالت بی بار در موتور جریان بی بار داریم  
که از آنجایی که در دینام و موتور جریان  
حرکت داریم.

موتور سرعت بی بار با یک موتور  $\phi_{cte}$  (I\_a)

$$T_s \propto I_a \leftarrow T \propto I_a$$

$$\phi \propto I_a \rightarrow T \propto I_a^2$$



مولد و موتور بین خود به رنجی میگردند پس در بخشی سری و شنت است.  
هر چه در جبهی میگردند بیشتر به یکدیگر نزدیک میگردند.

موتور و مولد از نظر راه اندازی بهتر است چون شنت و سری را اندازیم با  $I_a$  ارتباط دارد و لذا با جریان کم میگردند  
راه اندازی با  $I_a$  دارد لذا موتور و مولد را برای بارهای مختلف میگردانند و موتور و مولد را با  $I_a$  میگردانند  
کار به یاد دارد.

در بارهای کم از بارهای زیاد موتور و مولد را میگردانند و در بارهای کم از بارهای زیاد موتور و مولد را میگردانند  
موتور و مولد را میگردانند و در بارهای کم از بارهای زیاد موتور و مولد را میگردانند.





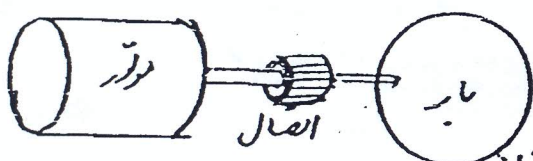
۴ موتور کم بار (تیربایی بار) → هر چه بار سنگین تر گتادر راه اندازی بیشتری می طلبد.

۵ - در موتور FAN

۴ موتور با بار → بعد از راه اندازی بار روی آنها اعمال نمی گزند ۵ ماشین افزاینده ها، پمپ ها، ...

۴ موتور با بار → بعضی موارد موتور با بار کدیده

شده است.



که گتادر راه اندازی بالایی دارند.

لغو محض مرغوب است: هر چه گتادر راه اندازی

بیشتر بهتر

$T \propto I_a$  گتاد

$T \propto I_a^2$  سری → گتادر راه اندازی بیشتری دارد و از این نظر مرغوب است

$$I_s = 2 I_n$$

مورد استفاده موتور سری بسیار زیاد است.

۵ مسأله ارتباطی → دائم کار نمی کند  
مورد ها، مالدورها فقط برای راه اندازی

$$T_s = 2 \cdot T_n$$

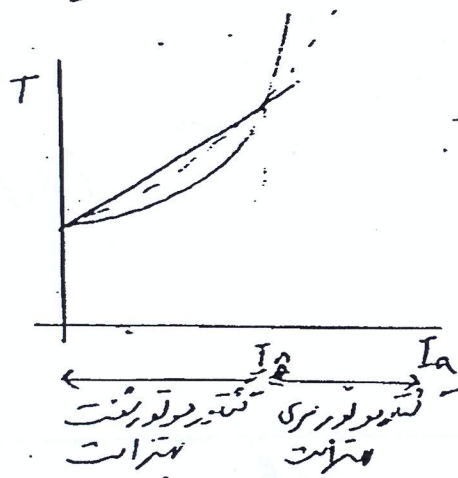
راه اندازی ریزلها است → سرعت متغیر

۳ - ظرفیت اضافه بار

اگر ماشین بار بیشتر از بار نامی به آن به هم تحمل کند.

ظرفیت اضافه بار موتور سری مالات → برای جاهای ضربه ای استفاده می شود  
۵ ماشین افزاینده ها، پمپ ها، ...

می شود



در حالت نامی:

نسبت بار کم (تأخیر نامی) →

موتور گتاد بهتر است

در بارهای اضافی (بالا تراز

تعداد نامی) موتور سری بهتر است.



۱- گستره راه اندازی باد

۲- ظرفیت افت بار باد

۱- بارهای کم

۲- دائم کار

۳- محدوده های موتور شفت

بزرگترین این در حالت قرار دارد و بهترین مولدها کمیند هستند.

بزرگترین اگر بار باشد و به بیش خنثی زیادی شود

نسبت موتور سری با بار نباید کار کند و نباید راه اندازی شود.

۴- پس راه اندازی موتور سری از نوع سوم (بار) است.

برای موتور سری حداقل باری را تعریف می کنیم که سرعت آن

بی خطر است.

در موتور موتور سری باید در مورد اتصال کمیند:

۱- موتور سری نباید با آنها

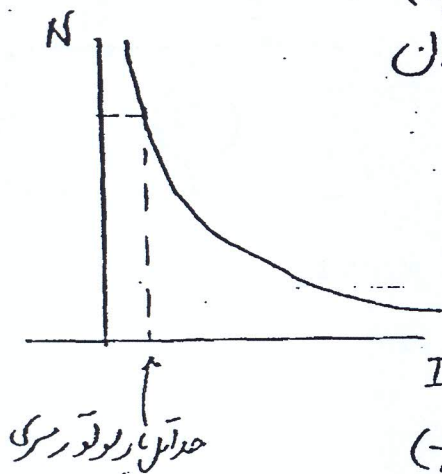
۲- زنجیر

۳- کوپلینگ محکم (صکب)

۴- کوپلینگ شل

۵- صورت سری موتور

۶- خنثی مایه ای رود و خطر آن است.



حد آمل موتور سری

تخمین سرعت - گستره

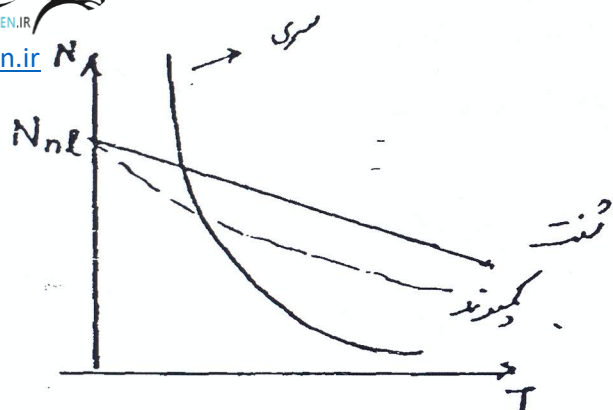
$$\begin{cases} N = \frac{V_t - R_a I_a}{k \phi} \\ T = k \phi I_a \end{cases}$$

$$T = k_t I_a \quad \text{موتور شفت}$$

$$N = k_1 - k_r I_a$$

$$= k_1 - k_{rt} T$$





سری  $T = k_f I_a^2$  فرکانس سری

$$N = \frac{V_t - R_a I_a}{k' I_a}$$

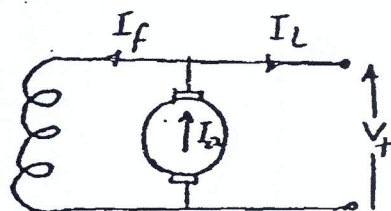
$$= \frac{k_f}{I_a} - k_v$$

$$N = \frac{k_1}{\sqrt{T}} - k_v$$

بازده و تلفات

$$\eta = \frac{P_o}{P_i}$$

$$\Delta P = \underbrace{P_{cua}}_{I_a^2 R_a} + \underbrace{P_{cuf}}_{\frac{V_t I_f}{R_f I_f}} + \underbrace{P_r + P_b}_{V_t \Delta V_b I_a}$$



$$\eta = \frac{V_t I_L}{V_t I_L + R_a I_a^2 + V_t I_f + P_r + P_b}$$

$$I_L = I_f + I_a \approx I_a$$

$$\eta = \frac{V_t I_a}{V_t I_a + R_a I_a^2 + V_t I_f + P_r}$$

$$\frac{d\eta}{dI_a} = 0 \rightarrow \text{تغییر اندک}$$

$$R_a I_a^2 = P_r + V_t I_f$$

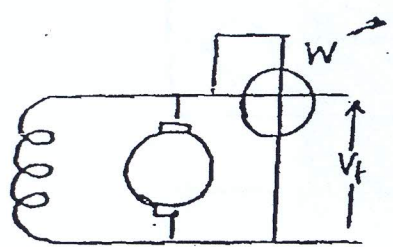
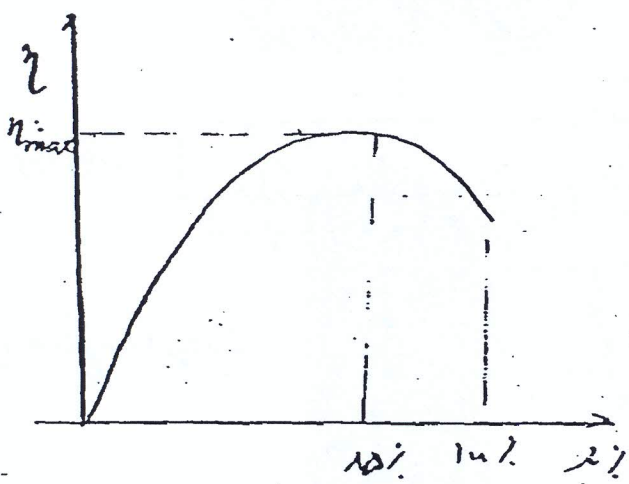
$$\eta_{max} \Rightarrow \text{تغییر متغیر} = \text{تغییر ثابت}$$

این حالت در موتورهای سری رخ می دهد

$$\eta_{max} = \frac{V_t I_a}{V_t I_a + 2 R_a I_a^2}$$

$$I_a = \sqrt{\frac{P_r + V_t I_f}{R_a}}$$

بعدی از هر زمان  
ببین می کنند



مولد بی بار

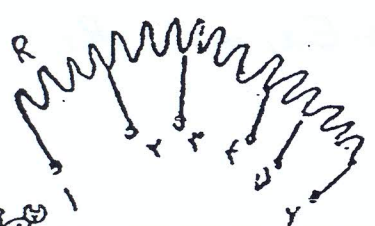
باید ماشین dc  
تقسیم راندهای  
بهره بعدی که باشد (چه مولد چه موتور)  
بست مولد بی بار با ولت ژنری - کاری اندازیم  
در سرعت نامی

$$W = P_r + I_a^2 R_a + V_n I_f$$

تفاوت خرید  
تفاوت  
مراسته

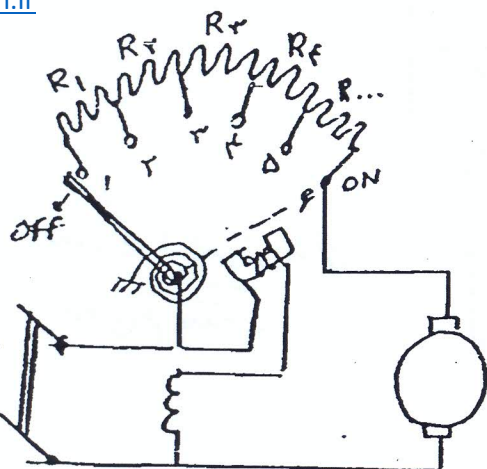
مابست است  $\Rightarrow$  راند  $P_r$  کی آوریم

مع تفاوت راه انداز

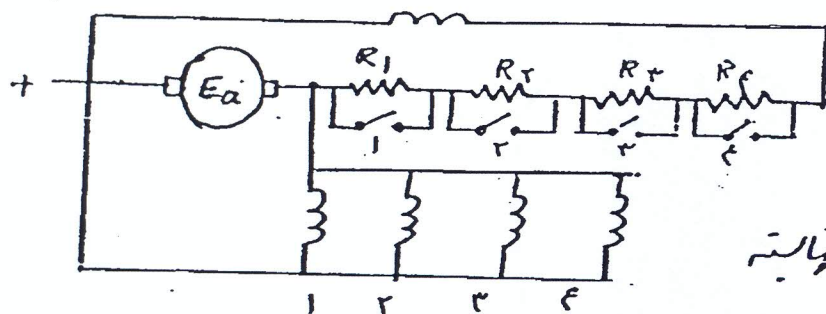


$$R + R_a = \frac{V_n}{(1.5 \rightarrow 2) I_n}$$

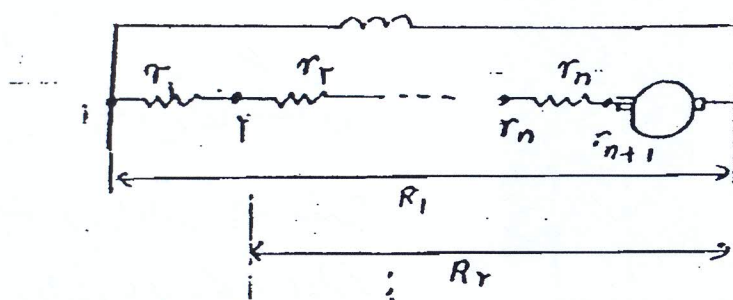
راد انداز و نسبت دریا ۵ رطه ای  
رله ای  
رله ای



رله ای



رله ای → رله ای  
اینها  
آنها  
با آنها  
ی



$$R_1 = r_1 + r_2 + \dots + r_n + r_a$$

$$R_2 = r_2 + \dots + r_n + r_a$$

⋮

$$R_n = r_n + r_a$$

$$R_{n+1} = r_a$$

$$\begin{cases} I_{a1} = I_{max} a \\ I_{ar} = I_n a \end{cases}$$

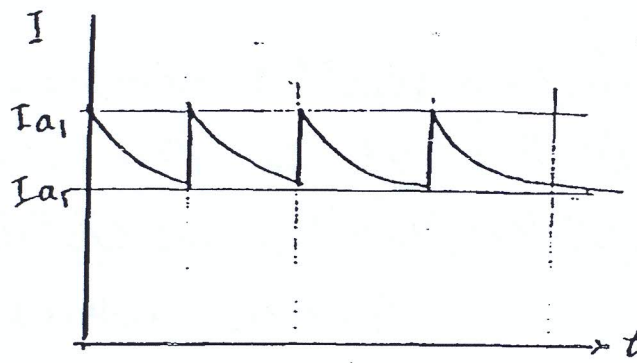
$$I_{max} = (1.5 \rightarrow 2) I_n$$

$$R_1 = \frac{V_t}{I_{a1}}$$

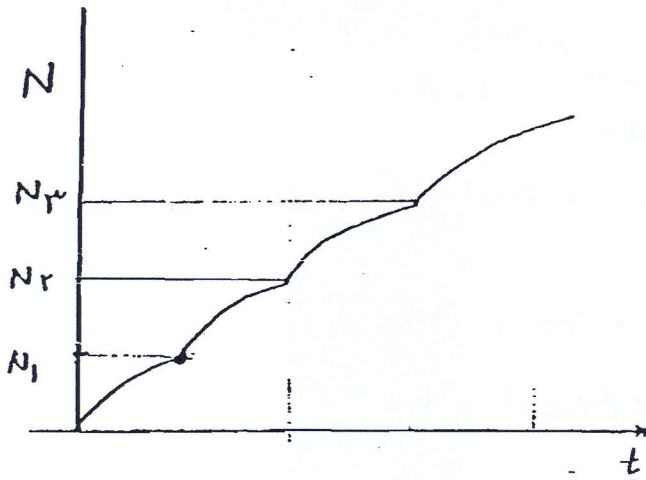
$$E_{a1} \leftarrow \text{نسبتی دریا ۵ رطه ای}$$

$$R_1 = \frac{V_t - E_{a1}}{I_{ar}}$$





در دوره زمانی از اقطع می شود  
به صورت یکسخت  
این فرقی عند محله هم یکسخت  
با تغییر می کند با تغییر  
وقت



$$R_r = \frac{V_t - E_{a1}}{I \alpha_1}$$

$$\frac{R_r}{R_1} = \frac{I_{ar}}{I_{a1}} = \frac{I_{min}}{I_{max}}$$

$$\alpha = \frac{I_{ar}}{I_{a1}} = \frac{R_r}{R_1} = \frac{R_r}{R_r} = \frac{R_f}{R_r} = \dots = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{r_a}{r_n}$$

$$\frac{R_r}{R_1} \times \frac{R_r}{R_r} \times \dots \times \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{R_{n+1}}{R_1} = \frac{r_a}{R_1} = \alpha^n$$

$$\rightarrow \boxed{\alpha = \sqrt[n]{\frac{r_a}{R_1}}} \quad R_1 = \frac{V_t}{I_{amax}} \quad \alpha < 1$$

$$R_r = \alpha R_1$$

$$r_1 = R_1 - R_r = R_1(1 - \alpha)$$

$$r_r = R_r(1 - \alpha)$$

⋮

$$r_n = \alpha r_{n-1}$$



۵. یک موتور شنت dc از منبع ۲۵۰V، ۱۲۱۵ kW تغذیه می شود. بمقاومت ارجحته شده در مقادیر سیم سخی شنت ۰.۱ اهم است. این موتور از طریق یک مقایسه هندسه ای راه اندازی می شود بطوریکه جریان راه اندازی از حداکثر دو برابر جریان نامی موتور تجاوز نمی کند. تعداد پلایه های راه اندازی چند است؟

۴ (۲)

۵ (۳)

۴ (۲)

۳ (۱)

$$\begin{cases} I_c = \frac{1215 \times 10^3}{250} = 4860 A \\ I_f = \frac{250}{1.0} = 250 A \end{cases}$$

$$I_a = 4860 - 250 = 4610 A$$

$$I_{max} = 2 \times 4610 A = 9220 A$$

$$R_1 = \frac{V_t}{I_{max}} = \frac{250}{2 \times 4610} = 0.026 \Omega$$

$$\alpha = \left( \frac{r_a}{R_1} \right)^{1/n} = \left( \frac{0.1}{0.026} \right)^{1/n} = \frac{1}{2}$$

$$n = 1.72 \approx 2$$

M sh  
wave

$$P = \gamma$$

$$V_n = 230 V, n = 1000 \text{ rpm}$$

$$P_{out} = 10,22 \text{ hp}$$

$$I_a = 50 A, I_F = 1 A, z = 24$$

$$R_a = 0.1 \quad \Delta V_b = 1 V$$

$$E_a = \frac{zP}{\gamma \cdot a} \phi n$$

$$a = \begin{cases} \text{lap mp} \\ \text{wave mp} \end{cases}$$

$$E_a = V_t - R_a I_a - \gamma \Delta V_b$$

$$= 230 - \gamma$$

$$T_{eff} = \frac{E_a I_a}{\omega_m}$$

$$\boxed{\text{مقدار بار الکتریکی}} \quad (1)$$

$$T_L = \frac{P_{out}}{\omega_m}$$

(2)

$$P_{rot} = E_a I_a - P_{out}$$

(3)

$$P_{in} = P_F + P_A + P_S + P_{rot} + P_{out}$$

$$V_T I_L = R_F I_F^2 + R_A I_A^2 + R_S I_A^2$$





$$R_a = 0.1 \Omega \quad ; \quad R_F = 1 \Omega$$

$$\rightarrow n' = 1000 \text{ rpm} \rightarrow I_a' = 100 \text{ A} \quad , \quad V_T = 100 \text{ V}$$

$$R_F = ?$$

$$E_A = V_T + R_a I_a$$

$$= 100 + 0.1 \times 100$$

$$E_A = \frac{f_{00} I_F}{\omega + I_F} \times \frac{V}{\phi}$$

$$110 = \frac{f_{00} I_F}{\omega + I_F} \times \frac{V}{\phi} \rightarrow R_F = \frac{V_T}{I_F} = 0.1$$



100 kW

100 V

 $N_F = 1000$ 

(K)

100 A

1000 rpm

 $V_{TNL} = ?$ 

$$V_T = R_F I_F$$

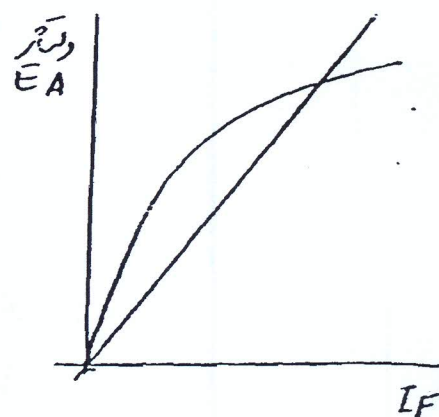
$$= 100 I_F$$

$$E_A - V_T = R_a I_a$$

$$E_A$$

$$V_T$$

$$R_a I_a = 10 \text{ V}$$



$$N_L \xrightarrow{\Delta F} F_L$$

کسینت

$V_T$

$E_A$

$\Delta F_{20}$

$I_A \approx I_L$

$$N_F (I_{FNL} - I_{Fn}) = N_S I_A \rightarrow \frac{P}{V_T} = \frac{10 \times 10^3}{200} = 50$$

$$N_F I_{FNL} = F_{ar} + N_S I_A + N_F I_{FL}$$

تقریباً

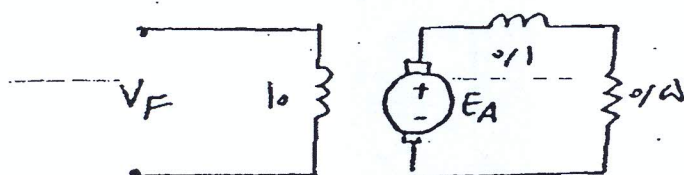
$\omega_m$  تقریباً

$$e = M \omega_m I_F$$

$$R_a = 0.1$$

$$R_F = 10$$

$$R_L = 0.5$$



$$e = 40 I_F$$

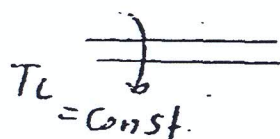
$$L_F = 7H \quad L_a = 12mH$$

$$G(s) = \frac{V_L(s)}{V_F(s)}$$

$$E_A(s) = 40 I_F(s) = \frac{40 V_F(s)}{s + 10}$$

$$V_L(s) = \frac{0.5}{0.1s + 0.012s} \times 40 \times \frac{V_F(s)}{s + 10}$$

G sh 500 rpm



$$E_a = \frac{K_{\phi} I_F}{I_F + 1}$$

Topic

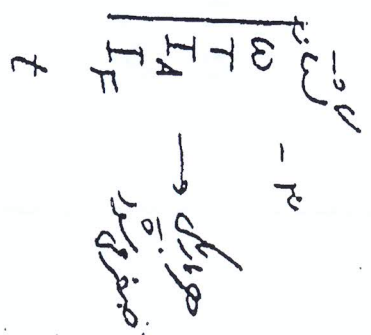
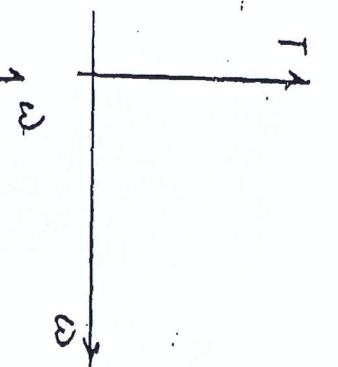
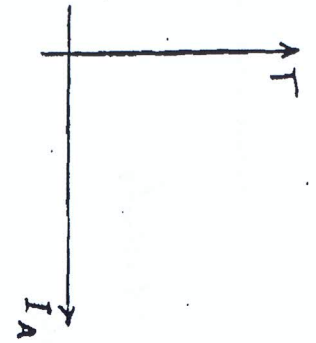
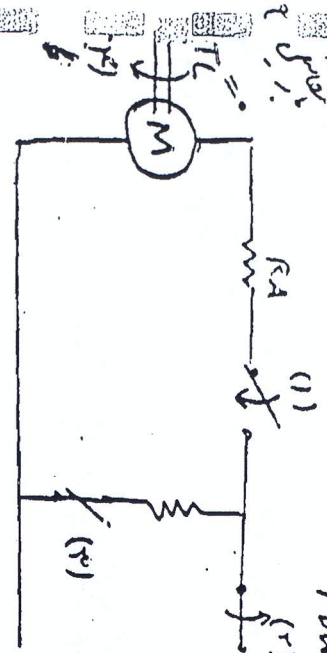
12V

Simulink  
Toolbox

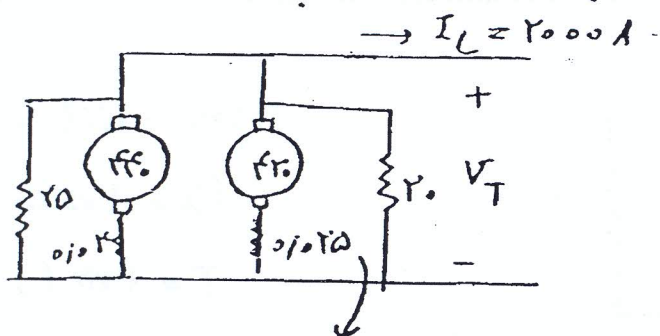
Power

سریس  
= ۱۰  
۵/۱  
۵/۱

← ۱-۱  
۱-۲







حالت مقادیر آن  
نسبت به مقادیر  
رگرسی کرید است  
باید نسبت باشند

$$\begin{cases} I_{A1} = \frac{E_{A1} - V_T}{r_d} \\ I_{A2} = \frac{E_{A2} - V_T}{r_o} \end{cases}$$

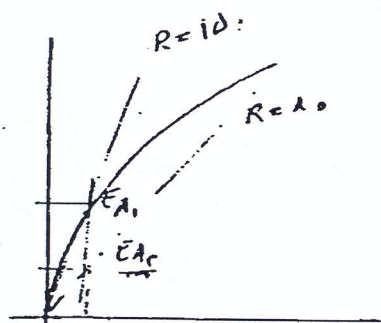
$$\begin{cases} I_{G1} = I_{A1} - I_{F1} \\ I_{G2} = I_{A2} - I_{F2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{F1} = \frac{V_T}{r_d} \\ I_{F2} = \frac{V_T}{r_o} \end{cases}$$

$$\frac{E_{A1} - V_T}{r_d} - \frac{V_T}{r_d} + \frac{E_{A2} - V_T}{r_o} - \frac{V_T}{r_o}$$

$$\rightarrow V_T \rightarrow \begin{cases} I_{A1} \rightarrow I_{G1} \\ I_{A2} \rightarrow I_{G2} \end{cases}$$

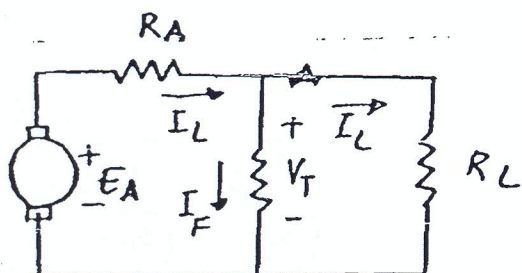
۲۹۳۷



$$\frac{E_{A1}}{E_{A2}} = \frac{n_1}{n_2}$$



(1)



(1) KVL, KCL مدارها

$$E_A = k\phi\omega \quad (2)$$

$$T = k\phi I_A$$

$$P = 1, Z = 11, \quad \text{و ل ب}$$

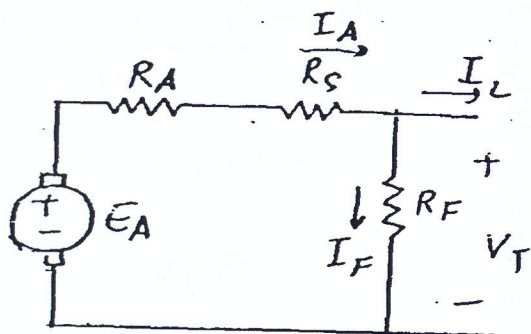
$$N = 1800 \text{ rpm} \quad R_L = 12, \quad V_T = 250$$

$$R_A = 0.125, \quad R_F = 2$$

$$I_A = I_L + I_F = 20 + 1 = 21 \text{ A}$$

$$E_A = V_T + R_A I_A = 250 + 0.125 \times 21 = 252.625 \text{ V}$$

$$\phi = \frac{E_A}{\frac{Z_p}{400} \text{ an}} = \frac{252.625}{\frac{11 \times 1}{400} \times 1800}$$



(2) کبریت، کبریت

$$P = 1 \quad V_T = 250 \quad I_L = 100$$

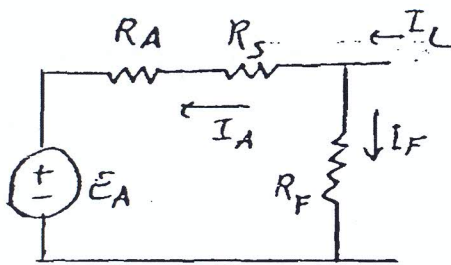
$$E_A = ?$$

$$V_b = 2 \times 2 = 2^V \left\{ \begin{array}{l} \text{آفتاب رسم می رسم} \\ \text{آفتاب رسم می رسم} \end{array} \right.$$

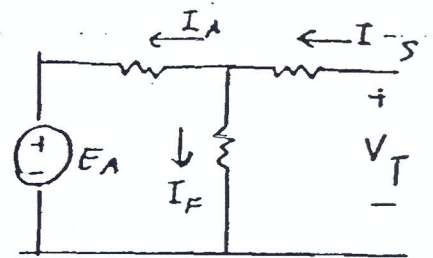
$$E_A = V_T + (R_A + R_S) I_A$$

$$= 250 + 0.125 \times 100$$

$$I_L + I_F = 100 + \frac{200}{100}$$



سنت کیت



سنت کرتا - حوت کیت I\_L

$$E_A = K \phi \omega$$

$$k = \frac{ZP}{\pi n a}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

$$a = \begin{cases} \frac{m}{2} & m \neq p \\ \frac{m}{2} & m = p \end{cases}$$

میتا کیت  
plex

$$1000 \text{ r.p.m}$$

$$110 \text{ V} \quad 10 \text{ kW}$$

$$V_T = 110 \text{ V}$$

$$P_{out} = 10 \text{ kW}$$

$$110 \text{ V} \quad 10 \text{ kW}$$

$$n = 1000 \text{ r.p.m}$$

سنت کیت

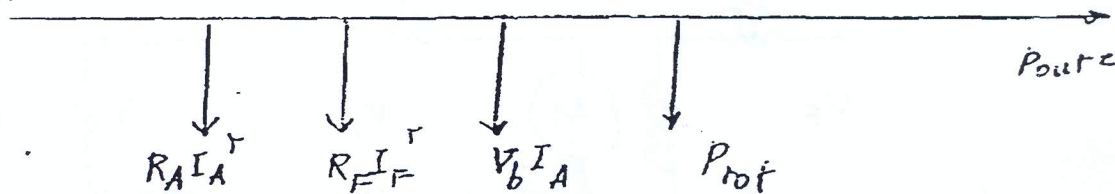
$$I_S = I_A$$

$$V_T = E_A + (R_A + R_S) I_A$$

$$I_L = I_A + I_F$$

$$V_T = R_F I_F$$

$$P_{in} = V_T I_L$$

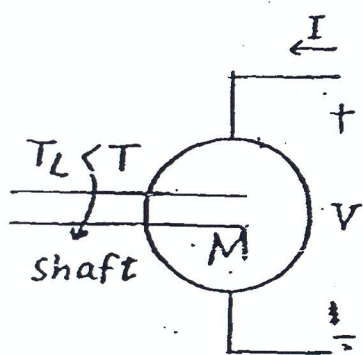




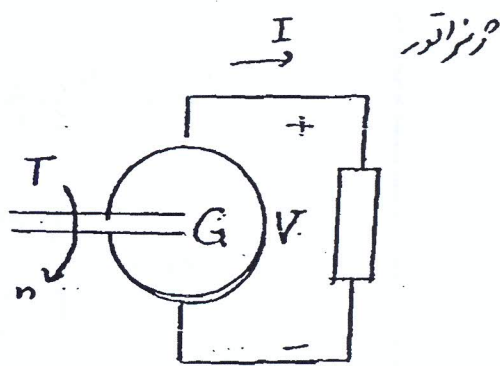
ص ۱۸۹ سکن - ۱۹۷ - ۲۲۵ -

(پایه ۲۳۷) ۲۴۹

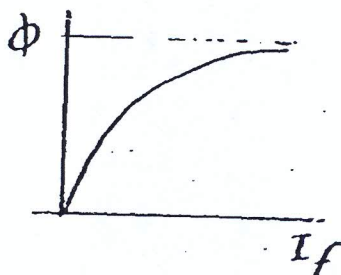
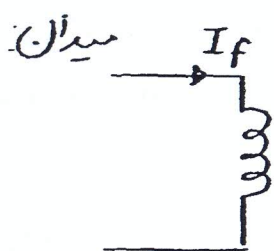
بنام خدا



موتور

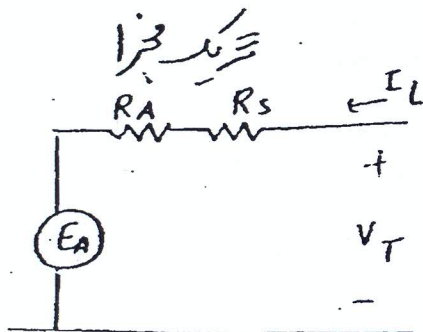
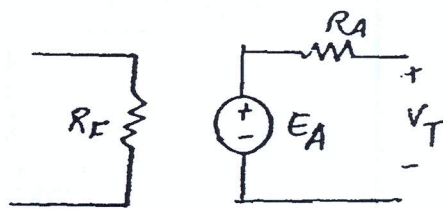
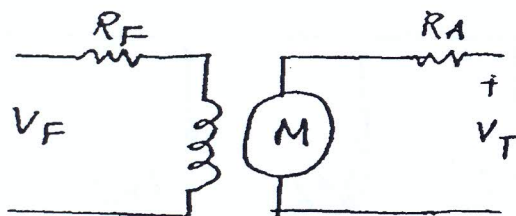


ژنراتور

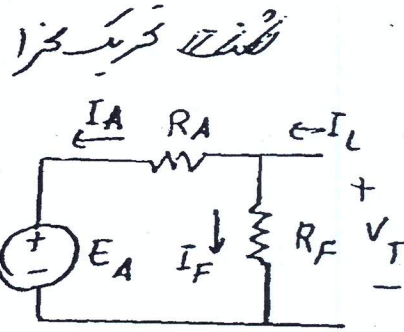


۴۴۴

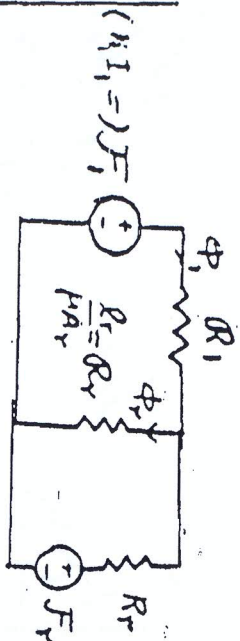
تحریک ← جریان پستیر  $R_f$  ← میدان کاری را ایجاد می کند.  
آریمر ← جریان پستیر  $R_a$  ← اتصال اصلی انرژی



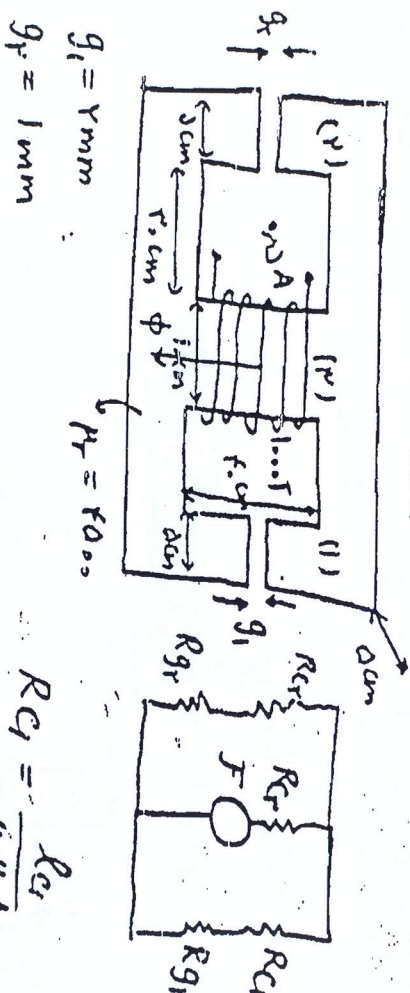
سری



نست ← جریان پستیر  $I_f$  است



طراحی مدارهای انتقال توان  
از یک منبع به یک بار



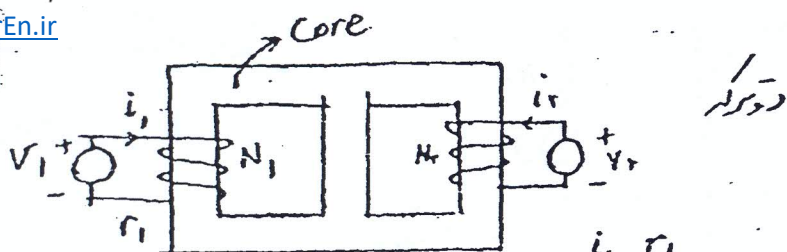
$$\begin{cases} P_c = k_e V f \\ P_h = k_h V f^2 \end{cases}$$

$$V = L \omega I \quad \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \omega \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \Phi_1 &= \frac{N_1 I_1}{R_g} \\ i &= \frac{N_1 \Phi_1}{L_T} \\ &= \frac{N_1 N_2}{R_g} \end{aligned} \quad \begin{bmatrix} V_m \\ V_r \end{bmatrix} = \omega \begin{bmatrix} \frac{N_1^2}{R_{eq1}} & \frac{N_1 N_2}{R_g} \\ \frac{N_2 N_1}{R_g} & \frac{N_2^2}{R_{eq2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

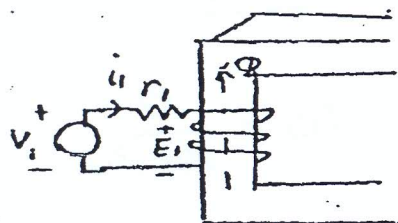
$$\begin{aligned} V_m &= \omega \left( \frac{N_1^2}{R_{eq1}} I_1 \right) \\ V_m &= \omega \frac{N_1^2}{R_{eq1}} I_1 \end{aligned}$$

Impedance



مدارهای مغناطیسی  
یکدیگر را می بینیم  
چندترکه می بینیم

$$V_1 = r_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} \quad V_2 = r_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt}$$



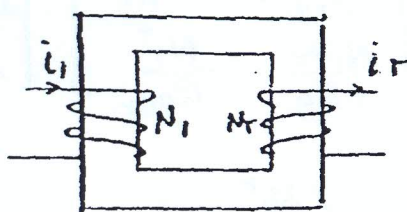
$$E_1 = V_1 - r_1 i_1 \quad \Phi = \int B \cdot ds = BA$$

$$E_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

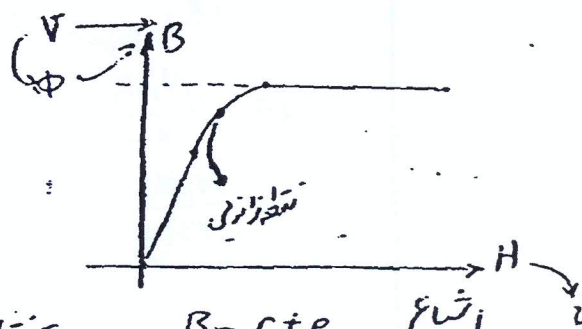
$$\Phi_1 + \Phi_2 = \Phi \quad \leftarrow \text{KCL}$$

$$\oint H dl = NI \rightarrow H \oint dl = NI \rightarrow HL = NI$$

$$H_1 l_1 + H_2 l_2 = \sum NI = N_1 I_1$$



$$HL = |N_1 I_1 - N_2 I_2|$$



$$B = \mu H$$

$$\mu = \mu_0 \mu_r$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$$

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

نقطه زانویی به عنوان به هم می رسد که از آنجا به سمت بالا B افت می کند  
شوریه است خطی پس پاشنه های الکتریکی همیشه در نقطه ای  
زانویی کاری کنند



## تراانفورماتورها

تراانفورماتور ماشین‌الت یا خیر؟  
 یک نظر چون در آن حرکت نداریم (انرژی مکتبی) آن را از اقام ماشین به حساب نمی‌آورند.  
 سن (الکترومغناطیس)  
 طرد دیگر چون  
 ۱- انرژی واسط در ماشین‌های الکتریکی مغناطیسی است و در تراانفورماتور هم مغناطیسی است.  
 ۲- می‌توان ماشین را وسیله‌ای که قابلیت انجام کار دارد معرفی کرد.  
 ۳- تراانفورماتور دارای اصولی مشابه ماشین‌های الکتریکی‌الت است.  
 بن‌و‌بآں ماشین‌الکتریکی نمی‌گویند.

ماشین d.c	ماشین‌های متداول (اصلی)	ماشین‌های الکتریکی
ماشین a.c سنکرون		
ماشین a.c آسنکرون		

ماشین‌های مخصوص . رجیدر ۲- ۳- نوع آن به‌تیت بسته است

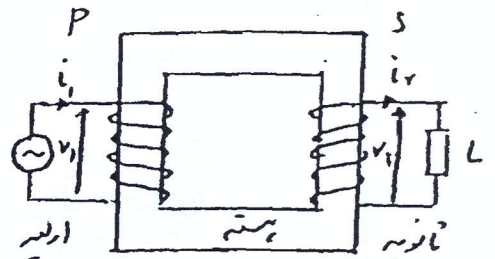
غیر مستقیم	الکتریکی	مغناطیسی	مکتبی	انرژی اولیه	بديل انرژی
مستقیم	ماشین الکتریکی به انرژی اولیه را بطور مستقیم به الکتریکی تبدیل می‌کند مانند ماشین MHD که از ماشین‌های مخصوص الت است				

۱- هسته (هسته‌ای) core	انفورماتورها از جهت ساختار
۲- رخی (درسته‌ای) shell	

۱- قدرت (تعال)	انفورماتورها از جهت قدرت و کاربرد
۲- توزیع	
۳- کم‌قدرت	

- ۴ ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری
- ۱- ترانسفورماتور ولتاژ (P.T. یا V.T.)
- ۲- ترانسفورماتور جریان (C.T.)

ترانسفورماتور تک فاز دارای حداقل دو سیم پیچ اولیه و ثانویه است.



ترانسفورماتور نوع انرژی تغییری حاصل نمی‌کند بلکه کمیت جریان و ولتاژ را تغییر می‌دهد و چون عموماً برای تغییر ولتاژ به کار می‌رود به آن تبدیل ولتاژ نیز می‌گویند.

نسبت (ضریب) تبدیل ترانسفورماتور

$$K = \frac{V_2}{V_1}$$

$$a = \frac{V_1}{V_2}$$

کاهنده :  $V_1 > V_2$  ,  $K < 1$  ,  $a > 1$

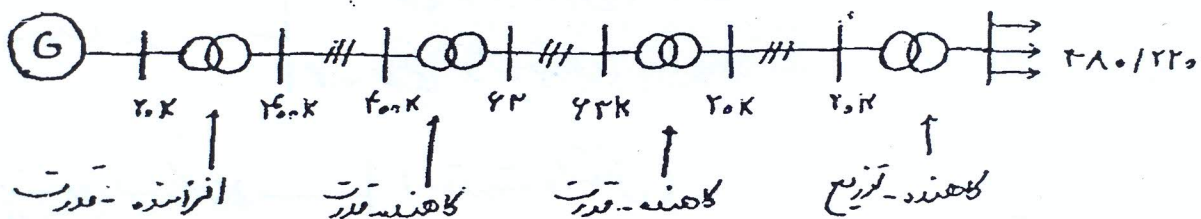
انزله :  $V_1 = V_2$  ,  $K = 1$  ,  $a = 1$

افزاینده :  $V_1 < V_2$  ,  $K > 1$  ,  $a < 1$

۴ در بعضی ترانسفورماتورهای مخصوص از فاصله جدایی برای خطی سازی استفاده می‌شود.

۴ ترانسفورماتور از جهت قدرت و کاربرد :

- ۱- قدرت (انتقال) : در سیستم قدرت و نیروگاهها مورد استفاده است. در نیروگاهها از نوع افزاینده در لیت های فشار قوی از نوع کاهنده آن استفاده می‌شود.
- ۲- توزیع : در سیستم توزیع برق
- ۳- کم قدرت : برای تبدیل ولتاژهای پایین به کار می‌برد. در رادیو، تلویزیون و ...



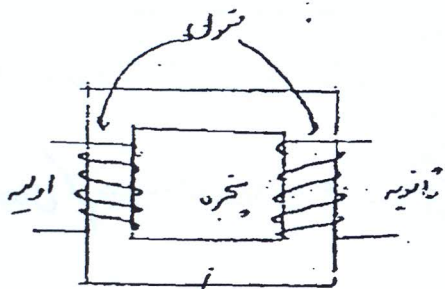
۴ ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری : برای اندازه‌گیری کردن در سیستم از سیم به کار می‌رود. دلی بهر حال تلفات اندکی دارد.

- ۱- استفاده از ترانس ایزوله :
- ۲- اگر در اولیه اختلافی رخ دهد در ثانیه تأثیر ندارد.
- ۳- حفاظت و امنیت سیستم

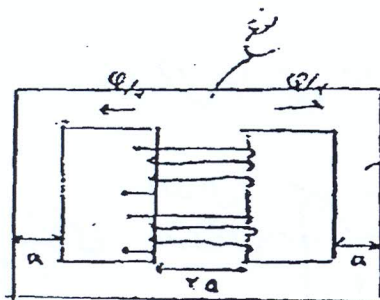
آن و ترانسفورماتور  
 بالاترین رانندگی در سطح ماشینها را دارد  
 تلفات مکانیکی ندارد.  
 ۹۹٪ هم می رسد.  
 ترانسفورماتور  $V$  و  $I$  را با نسبت یکسان هم  
 تغییر می دهد.

توان ورودی  $P_1 = V_1 I_1$   
 توان خروجی  $P_2 = V_2 I_2$   
 ایده آل  $\rightarrow P_1 = P_2$  یا  $V_1 I_1 = V_2 I_2$   
 $\rightarrow K = \frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{a}$

ی از دلا می که ترانسفورماتور به صورت زیاده بکار می رود امنیت کدر خطوط انتقال نیرو با افزایش  
 ر و کاهش جریان ، تلفات خطوط کاهش می یابد چون تلفات خطوط  $(P = I^2 R)$  یا  
 $P \propto I^2 \propto \frac{1}{V^2}$   
 محذور و لثا عتایب است.



المنور مآثر از جهت ساختمان  
 سونی (هسته ای) core :  
 سون نوع ترانس فزدا مآثر در الکتریکی مدار تلفات :  
 مناطقی را می پوشاند و مدار متعاقبی معلوم نمی باشد.  
 سته سونی تلفات دارای یک پیچره ، استون و لا یوغ است . روی هر یوغ  
 ن آن یک سیم سچ قرار دارد.



رضی (لاستای) Shell :  
 سون نوع ترانس فزدا مآثر در الکتریکی مدار تلفات :  
 ر الکتریکی را می پوشاند و مدار  
 ز یکی معلوم نمی باشد.

سته لایه نهمی یک فاز دارای ۲ پیچره ، استون و لا یوغ است . سیم سچها در سون  
 ی روی سیم سچها می شود.



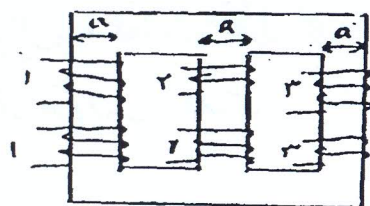


برای ساخت هسته های ترانسفورماتور از ورقه های  $E$ ،  $I$ ،  $U$ ،  $T$ ،  $L$  استفاده می شود که اگر  $EI$  مورد استفاده است.

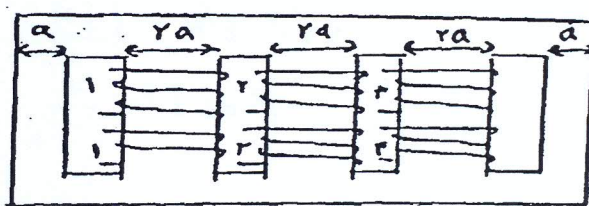
هسته های زیرپی بیشتر کاربرد دارند که به راحتی با اتصالات  $EI$  یا  $TU$  رخته می شود. اینها ستون وسط و برابر بهیای ستونهای کناری است تا جغالی شار در هر یک ستون تقریباً برابر باشد. نقش ستونهای کناری بستن میر است.

از رخته های ستونی کمتر استفاده می شود. این هسته به راحتی با اتصالات  $LL$  یا  $UI$  قابل ساخت است.

قرار دادن ورقه های فولاد سیسم دار برای ساختن هسته بصورت یلی در میان اتصالات لب به لب یا یلی در میان نام دارد.



ترانسفورماتور با هسته ستونی سه فاز

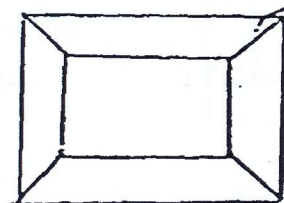


ترانسفورماتور با هسته زیرپی سه فاز

برای ترانسفورماتورهای کم قدرت تک فاز از هسته زیرپی بیخ فاز (به علت کاهش پراکندگی شار) استفاده می شود.

برای سه فاز اصولاً از هسته های ستونی سه فاز و کمتر در قدرت بالا از زیرپی سه فاز استفاده می شود.

برای جلوگیری از اسراف در ورقه های فولادی معمولاً از هسته های  $I$  شکل ورقه های خرم استفاده می شود.



انفعال فارسی

از این نوع اتصال در اکثر هسته های فارسی ترانسفورماتورهای بزرگ بکار می رود در ترانسهای کوچک می توان هسته را با

تکه های پیوسته تر مثل  $EI$  هم بکار می رود تراش های بزرگ جوابگو نیست.



۱۔ اتر پردیش کی سار (سار پرنسڈی) :

کامیاب و خوشتر از هر وقت

این شارژ کننده شده سیم پیچی شده آهن را تولید کرده (اگر برگزیده بحث آقای دکتر در  
مخلاف رفتار سیم پیچی شود (به عبارت دیگر کاهش ولتاژ)  
در جریان DC تنها مورد را در جریان ac هر دو مورد رخ می دهد.  
عنه یکی از روش های سیم پیچی ها را هم مسند کاهش شارژ است. اگر سیم پیچی از سیم  
دارد کنیم بهتر است که اولیه و ثانویه را نصف کرده روی هر دو سیم پیچیم.

والسفر والدار فرکانس التغير على حد.

در تراش نور مادر : — طرف با رن رقیبتر ہے "فأشرفی"  
طرف با دل راضعتر ہے "فأضعف"

درستم قدرت : در تمام کمر از ۱۰۵ تا ۱۲۰ فـ ضعیف

62KV ← فوسفور

۲۲، ۲۷ ← فارسی

از ۴۰۰ KV به بالا به فیلترهای سری

تو انقدر آتو بعنوان مبدل و واسطه ای از مندی به مدار  
دستر (صفتها) در سبک قدرت

دستور مصنف در سبک قدرت

ترا الفذرات التورخیزان تضیق امیدان

تراستور را تا در وجود او در دن و لقا برای فصیح تقدیر تراستور  
ملم تدبیر

ای سنسٹریٹ سنسٹریٹ سنسٹریٹ ۲۰

از انقدر مادر حد اگرین جویان  $de$  از  $ac$  رحین ترا انقدر بند  
 $de$  را فصل می کند (۱۰)

۱۰.  $dc$  استن می کند.

آهن:  $Fe + C + Si$  "درزهای مغناطیسی" ترانفورماتور

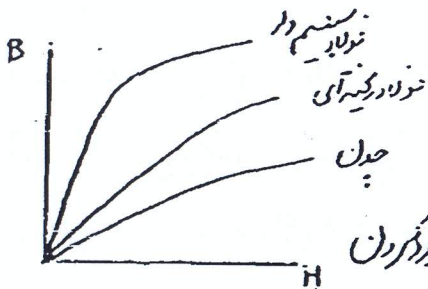
آلة:  $Fe + C + Si$  " در راهی مغناطیسی " ترانسفورماتور



در ضخامت ۵۰ mm و ۰.۳۵ mm در ضخامت های دیگر از درجه های تا ۳۰ mm / ۰.۳۵ mm (تعداد) KHz / MHz

سیستم برای افزایش خواص مغناطیسی استفاده می شود.

شخص ها ← ضریب نفوذی  
تلفات هسته



۱. فولاد کربن: کم کردن ضخامت باعث کاهش دقت و اثر عملیات فولاد کربن در درجه حرارت بالا تر از ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد است. در کمتر از این درجه حرارت به سرد. خواص فولاد کربن در ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد سرد است.

افزایش سیسِم گرچه باعث افزایش خواص مغناطیسی می شود اما به شکستگی ورق می افزاید. بنابراین حداکثر ۰.۵٪ سیسِم دارد. ورق سرد تر از ورق گرم است.

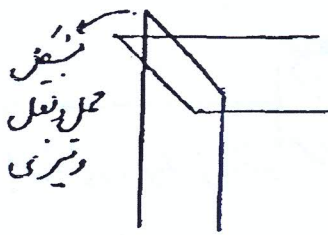
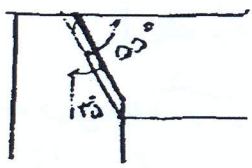
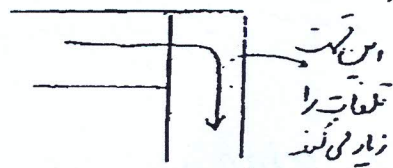
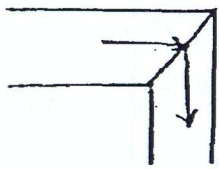
ورق سرد جهت دار (یا Grain oriented 6.0 با زاویه بندی جهت دار) منظور همان مناطق مغناطیسی هستند. در صورتی که در هنگام فولاد کربن این مناطق را جهت بدیم (در جهت طول ورق) ورق سرد جهت دار بدست می آید.

در صورتی که سرد مغناطیسی در جهت ورق عبور کند کمترین تلفات ممکن در میان ۴۴ ورق ها خواهد داشت و کمترین نوع ورق می باشد.

۱. برای تراشیدن یا لوله های بزرگ ورق های مغناطیسی به شکل I درز زنی هستند. (۴۴ ورق های کرد کفین 6.0 ها همین طوری است.)

۱- اتصال ۴۵° باعث می شود گوشه ها در طول ورق باشد.

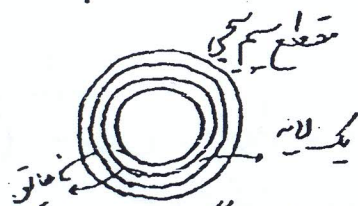
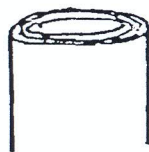
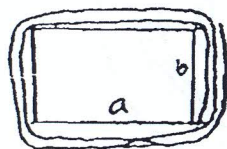
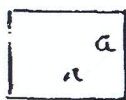
۲- ساخت ساده تری دارد.



شکل دقیق گوشه ها:

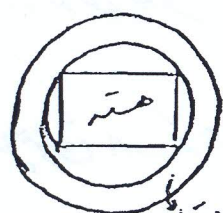


تراشه‌های آلومینیم با پهنای مشخص  
 اندازه آلومینیم کوچک مقطع هسته مستطیلی است یا مربعی است  
 هسته، بر روی قالب (تراشه) سیم سیم‌های اولیه در مانده  
 به می‌شود و همین شکل را کوب می‌کنند.



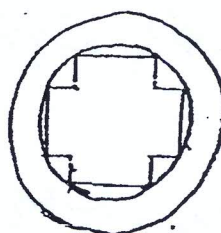
اندازه آلومینیم بزرگتر از تراشه است (سیم سیم‌های اصلی استوانه‌ای دارند که  
 بر روی قرار می‌گیرد و بنابراین مقطع سیم سیم‌ها را به دست  
 داند و بالابست باید بین آلومینیم سیم سیم‌های عایق است.  
 استوانه‌ای بودن سیم سیم‌ها :

برای ارتباط اتصال کوتاه جریان از سیم سیم‌ها می‌گذرد و مدار در حالت  
 بر سیم می‌گذرد و می‌کنند و اتصال کوتاه هم محتمل است که جریان چند برابر جریان نامی می‌گذرد. (مثلاً  
 ۵ تا ۱۰ برابری) و می‌تواند در مدارها بسیار زیاده است که در صورتی که برای بودن شکل  
 توزیع نیروی الکتریکی بود و تغییر شکل می‌تواند ایجاد می‌کند. (در جهت شعاعی)  
 مقطع سیم‌ها در تراشه آلومینیم بزرگتر است و تراشه آلومینیم در مقطع مستطیلی نمی‌تواند  
 و بدان استوانه‌ای است.

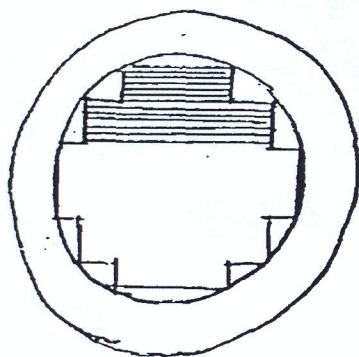


مقطع سیم سیم

شکل هسته و مقطع مستطیلی در شش فضای خالی نامناسب است هسته را  
 به سیم‌های می‌سازند مطابق شکل :



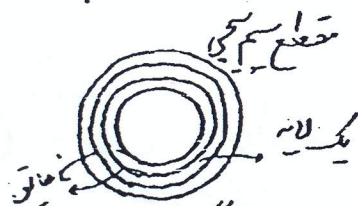
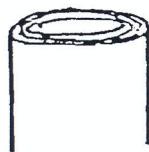
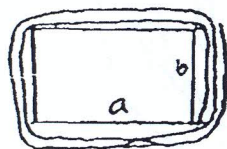
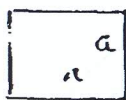
ضعیف را در زیر می‌بیند و خرابی را دارد -  
 آن عایق بندی است. هر چه ولتاژ بالاتر  
 ضخامت عایق بیشتر است -  
 (هسته صلیبی (Cross)  
 (یک تپه‌ای)



تفاوت حرارت تلفات شدت ضعیف نیست  
 H.V high voltage  
 L.V low voltage  
 هسته (دو تپه‌ای)

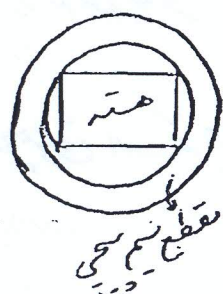
می‌تواند برای هر فرکانسی که می‌خواهد تراشه آلومینیم می‌کند و می‌تواند

تراشه‌های آلومینیم با خواص فیزیکی  
 اندازه‌های کوچک، مقطع مستطیلی است یا مربعی است  
 بسته به نوعی قالب (تراشه) سیم‌های اولیه در آن  
 به می‌شود و همین شکل را کوب می‌کنند.

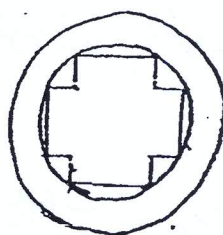


تراشه‌های آلومینیم بزرگتر (تراشه) سیم‌های با شکل استوانه‌ای دارند که  
 در آنها قرار می‌گیرد و بنا بر این مقطع سیم‌های را به دست  
 دهند و با تست با یک سیم از سیم‌های عایق است.  
 استوانه‌ای بودن سیم‌ها :

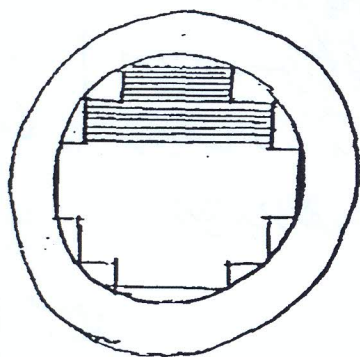
برای ارتباط اتصال کوتاه جریان از سیم‌های زرد و سبز در حال  
 به سیم‌های زرد و سبز می‌کنند و اتصال کوتاه هم محتمل است که جریان چند برابر جریان نامی می‌گذرد (مثلاً)  
 تا ۱۰۰۰۰۰ (مقطع فیوز) و سیم‌های دارد بر روی یک سیم است که در صورتی که برای بودن شکل  
 توزیع نیروی یکسان بود و تغییر شکل نداشتند (در جهت شعاعی)  
 مقطع سیم‌ها در تراشه‌های آلومینیم بزرگتر است و ساختن گوشه‌های تیز در مقطع مستطیلی ممکن است  
 و گمان استوانه‌ای سخت.



فشار هسته و مقطع مستطیلی در استن فضای خالی نامناسب است هسته را  
 به سیم‌های می‌سازند مطابق شکل :

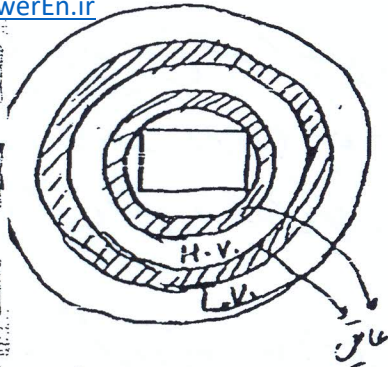


بسیار ریز و ریز می‌کنند و سیم‌های را دارد -  
 آن عایق بندی است. هر چه ولتاژ بالاتر  
 ضخامت عایق بیشتر است -  
 انتقال حرارت تفاوت فشرده‌تر است

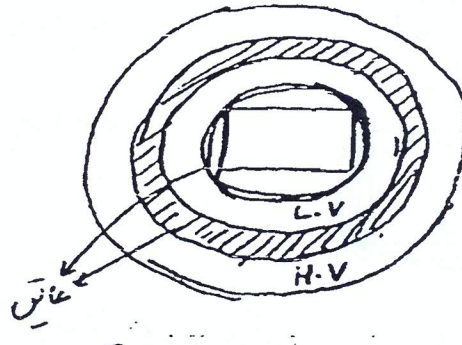


تولید H.V low voltage  
 high voltage low voltage  
 سیم‌های (در سیم‌های)  
 می‌تواند هر سیم‌های کند و می‌تواند تراشه‌های آلومینیم که می‌تواند ندارد





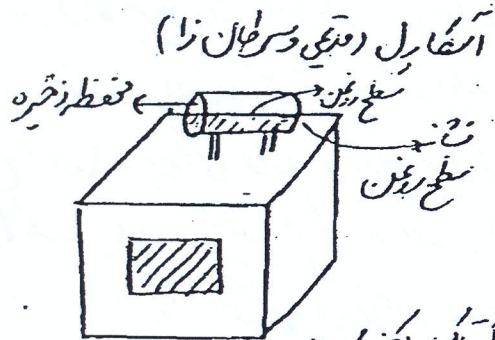
صحت ادرت به صرف  
عالت متبر



حالت ادرت به صرف عالت  
کتر

### ضمانت ترانسفورماتور

ظرف (راناگ) - روغن - مقوله - تاب چهر



کود خند کشته و عالت کننده

که تمام عتد رسم سحي را می پرشند

حفظه ذخيره به انباط به برای انباط روغن عالت  
گرم شدن جابجین می کنند

کافد آغشته [به روغن] در عالت بندی تمامی تجهيزات الکترانی بکار برد

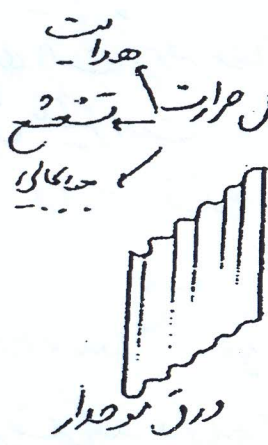
کافد خند منافذی دارد که نقطه صيف عالتی است و بوسیله روغن پر شده می شود. رانم این روغن میزند  
کافد را می گزارد

خند کندگی روغن با هم رفتی است جریان در روغن گرم شود در اطراف عتد رسم بکار بای رفته و  
عمرات را به دربار دهانی دهد

ساره به بدنه در روغن صاف  
لوله دار به لوله های در اطراف سطح افزاینده عالت  
موج دار به سطح ظرف را موج دار استفاده می کنند  
رادیا تودار به در یک سازه طرف طرف  
رادیا تودار قرار می دهند

ظرف (راناگ)

با انتر  
تدرت ترانسفورماتور



خند کردن | طبیعی اجزاء



$$n_1 = \frac{N_1 d_1}{c} \quad \text{تعداد لایه های کپی اولیه}$$

$$n_2 = \frac{N_2 d_2}{c} \quad \text{تعداد لایه های کپی اولیه}$$

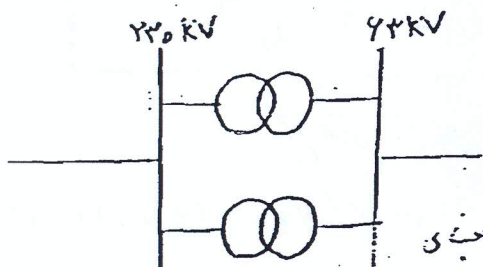
$$h = n_1 d_1 + (n_{r1} + 1) e + n_2 d_2 + n_r e + k$$

که گفته دارند: ضخامت عایق

عایق بی ثانیه را اولیه بیشتر است. ضخامت لایه عایق برای هر لایه سیم لازم است تا اگر خوردگی در لایه پیش آمد اتصال پیش نیاید.

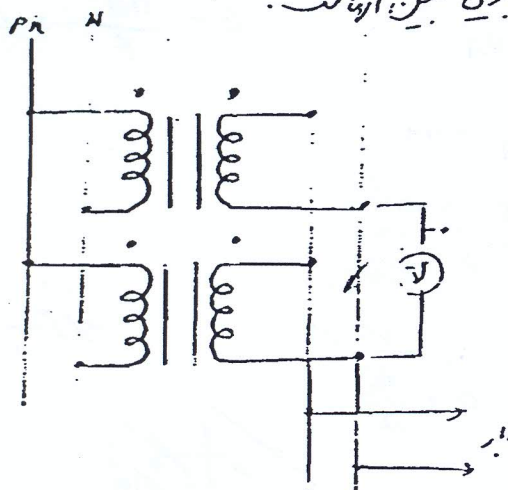
### اتصال سوازی ترانسفورماتورهای تکفاز

$$\begin{cases} S \propto x^F \\ \Delta P \propto x^H \end{cases} \quad \text{انبار} \quad x \uparrow \eta \uparrow$$



هسته جداگانه دو ترانسفورماتور موازی کار می کنند.  
تجربه اکتفا می ندارد فقط برای قابلیت اتصال  
که ضرورت کار موازی

شرطها: ۱- ساری ولتاژهای نامی به آن رسیدند معنی  
ترانسهای مساوی  $E_a = E_b$



۲- اتصال سرهای هم نام  
و غیر قابل انعطاف  
که آزمائش تعیین رویت

۳- ساری نسبت تبدیل

$$k = \frac{E_r}{E_1} \neq \frac{V_r}{V_1}$$

همی ترانس  
کم تفاوت  
باشند

$$\frac{r_1}{x_1} = \frac{r_2}{x_2} \quad - ۵$$

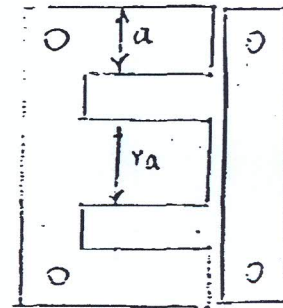
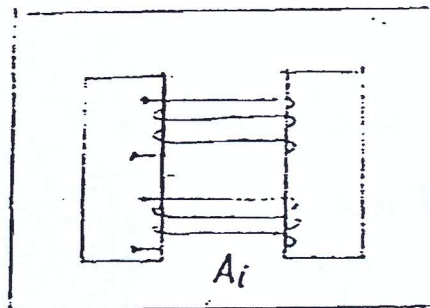
با ساری تفاوت خازنی

$$Z_1\% = Z_2\% \quad - ۴$$



VA	$\Delta V \%$
0	20
10	15
20	10
30	12
40	10
50	9
60	8
70-80	7.5
80-90	7
90-100	7.5
100-120	7
120-150	5
150-200	4
200-300	3
300-500	2

VA	$\delta A_{mm^2}$	$\delta_{max} A_{mm^2}$
0	2.5	4
0-100	3	2.5
100-200	2.5	3
200-300	2	2.5
300-400	1.5	2
400-500	1.5	1.5
500-1000	1.5	1.5



طرح تقاطع مغناطیسی

$$V_{22} V / V_T = 24V, 12V, 6V, 4.5V$$

$$A_i = 1.2 \sqrt{S} \text{ cm}^2 \rightarrow W_i VA$$

$$a = \frac{\pi d^2}{4} \rightarrow d = \sqrt{\frac{4a}{\pi}} = 1.128 \sqrt{a}$$

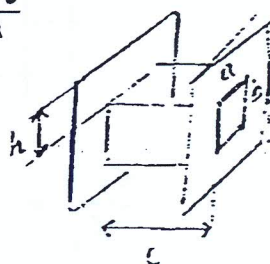
$$\begin{cases} d_i = 1.128 \sqrt{a_i} \text{ mm} \\ d_r = 1.128 \sqrt{a_r} \text{ mm} \end{cases}$$

$$a \approx \sqrt{A_i}$$

$$A_i = a \times b$$

$$b = \frac{A_i}{a}$$

$$c = \frac{S}{r_b r} + a$$



نسبت قطر در به انتی - قطر در

$$A_i = \frac{\phi_m}{B_m} \Rightarrow A_i \propto \sqrt{S}$$

$$A_i = k \sqrt{S}$$

فرد به بگری

$$E_t = k \sqrt{S}$$

$$E_t \propto \frac{E}{N} \propto \phi_m$$

$$E_t = k \sqrt{S} \rightarrow \phi_m = \frac{E_t}{f_r N_r} \rightarrow A_i = \frac{\phi_m}{B_m}$$

طراحی مدار مغناطیسی

$$\begin{cases} N_1 = \frac{V_1}{E_t} & ; & N_2 = \frac{V_2}{E_t} \\ a_1 = \frac{I_1}{\delta} & ; & a_2 = \frac{I_2}{\delta} \end{cases}$$

طراحی مدار الکتریکی

سطح مقطع

در انتخاب  $B_m$  و  $\delta$  از جنس هسته و مس استفاده می کنیم  
 مقدار  $B-H$  جدول دارد

طراحی ترانسفرمانتهای کوچکتر 1KVA

$$A_i = 1.2 \sqrt{S} \rightarrow VA, W$$

$$B_m = 1 T \rightarrow \text{در فضای مغناطیسی}$$

معینت اندت ولتاژ باید ولتاژ ورودی را بیشتر بدیم  
 چون این یکا ممکن نیست تعداد دورهای ثانویه را  
 بیشتر می گیریم:

$$N = \frac{V \Delta}{A_i}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta V_{\%}}{100} \times \frac{V}{100}$$

$$N_1 = V_1 N$$

$$N_2 = (V_2 + \Delta V) N$$

$$\begin{cases} I_1 = \frac{S}{V_1} & I_2 = \frac{S}{V_2} \\ a_1 = \frac{I_1}{\delta} & a_2 = \frac{I_2}{\delta} \end{cases}$$

در این ترانسفرمانتهای کوچک از سیم کواکسی استفاده می کنیم





$$\frac{\epsilon_a}{\epsilon_r} = 1 - k \quad \text{کاهش می یابد}$$

تنظیم ولتاژ

- جریان اتصال کوتاه - ضریب توان

$$p.u. V_{sc} = Z \cdot I = \epsilon_{max}$$

- برجه پست را در نظر بگیرید

$$\frac{I_{sca}}{I_{sce}} = \frac{1}{1-k}$$

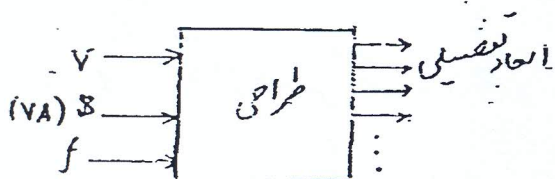
افزایش می یابد عیب محسوب می شود.

نه برای قطع آل. ولید قدرت تری نور در دست است.

$$I_{sc} = n I_n$$

از آلترانفرد مانند محووان تثبیت کننده ولتاژ، منبع تغذیه و منبع تغذیه ولتاژ متغیر و قدرت سه فاز  
ای را در اندازه برنده های الکتریکی بکار می رود. - کار انداز موتورهای الکتریکی

طراحی ترانزفرد



$$S = V_1 I_1 = V_2 I_2$$

$$= 4.44 f \Phi_m N_1 I_1$$

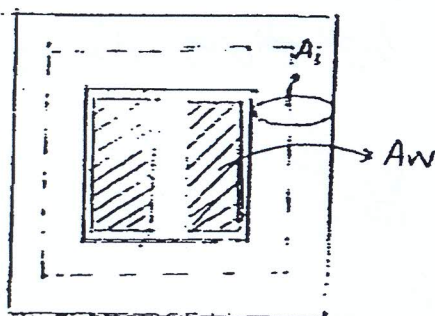
$$\left\{ \begin{array}{l} E_1 = 4.44 f \Phi_m N_1 \\ E_2 = 4.44 f \Phi_m N_2 \end{array} \right\} \quad \frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2} = 4.44 f \Phi_m$$

(از دست)

$$\Phi_m = B_m A_i, \quad I_1 = S a_i, \quad I_2 = S a_r$$

$$A_{cu} \propto A_w = k_w A_w$$

$$A_{cu} = a_1 N_1 + a_2 N_2 \approx 2 a_1 N_1$$



$$\Rightarrow S \propto A_w A_i$$

درست محاسب می یابد ترانزفرد، آلترانفرد و محووان

$$S \propto \Phi_m N I$$

نسبت به آلترانفرد و محووان

$$S \propto \Phi_m^2 \quad \Phi_m \propto \sqrt{S}$$

$$X_{er} = \frac{1}{K} \left[ 0.002 + 0.2 \left( \frac{1}{V} \right)^2 \right] = 0.027 \text{ p.u.}$$

$$\begin{aligned} R_{e1}^{p.u} &= R_{e2}^{p.u} \\ X_{e1}^{p.u} &= X_{e2}^{p.u} \\ Z_{e1}^{p.u} &= Z_{e2}^{p.u} \end{aligned}$$

برای اتورانسفورماتور

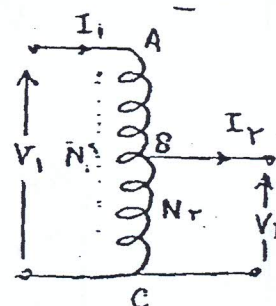
۱- هر چیزی در

۱- اساس استفاده از اتورانس در ضعیف وقتی است که ولتاژ کمی در طرف هم نزدیک باشد.

۲- افزایش قدرت

$$\frac{KVA_a}{KVA_t} = \frac{V_1 I_1}{(V_1 - V_2) I_1}$$

$$x \frac{1}{1 - \frac{V_2}{V_1}} = \frac{1}{1 - K}$$



$$= \frac{V_2 I_2}{(V_2 (I_2 - I_1))} = \frac{1}{1 - \frac{I_1}{I_2}} = \frac{1}{1 - K}$$

۳- تلفات ثابت است اما مقدار تلفات (p.u) کمتر است.

$$\frac{p.u \Delta P_a}{p.u \Delta P_t} = \frac{\frac{\Delta P}{KVA_a}}{\frac{\Delta P}{KVA_t}} = 1 - K$$

۴- افت ولتاژ بزرگتر می باشد.

$$\frac{p.u \Delta V_a}{p.u \Delta V_t} = \frac{\frac{I_1 Z_1}{V_1}}{\frac{I_1 Z_1}{V_1 - V_2}} = \frac{V_1 - V_2}{V_1} = 1 - K$$

$$\vec{I}_0 = \vec{I}_1 - \vec{I}_2' = 9.124 \angle -12^\circ$$

$$\cos \varphi_1 = \cos 22.17^\circ = 0.922$$

$$P_c = V_1 I_1 \cos \varphi_1 = 2300 \times 0.218 \times 0.922 = 460 \text{ W}$$

$$P_o = 45.12 \times 231.7 = 10450 \text{ W}$$

$$P_{cu1} = 24.12 + 0.214 = 24.33 \text{ W}$$

$$P_{cu2} = 45.12 \times 1.219 = 54.9 \text{ W}$$

$$P_{fe} = 9.124 \times 24.33 = 221.4 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{10450}{10450 + 221.4} = 97.8\%$$

بسیار  
به توان بجای گذارن از این حالت به خاطر غیر واقعی بودن  
دری تحرک (و به حدی بزرگ در نزدیک شدن باشد)

$$V_2' = I_2' Z_L' = 45.12 \times 4.14 = 186.8 \text{ V}$$

بنابراین  $R_2 < X_2$  که باعث  
این روابط در نظر می شود.

توان خروجی ۱۰ KVA ، ولتاژی ۲۳۰۰ V در این بار است

$$R_1 = 3.14 \Omega$$

$$X_1 = 0.2 \Omega$$

$$R_2 = 0.104 \Omega$$

$$X_2 = 10.54 \Omega$$

$$V_{bH} = 2300 \text{ V}$$

$$I_{bH} = \frac{10000}{2300} = 4.35 \text{ A}$$

$$Z_{bH} = \frac{2300}{5}$$

$$R_{e2} \text{ و } R_{e1}$$

$$X_{e2} \text{ و } X_{e1}$$

$$R_1 = \frac{3.14}{4.35} = 0.722 \text{ p.u.}$$

$$X_1 = \frac{0.2}{4.35} = 0.046 \text{ p.u.}$$

$$R_{e1} = \frac{7.14}{4.35} = 1.63 \text{ p.u.}$$

$$X_{e1} = \frac{10.54}{4.35} = 2.42 \text{ p.u.}$$

$$R_{e1} = 3.14 + 0.104 \left( \frac{2300}{4.35} \right)^2 = 7.14$$

$$X_{e1} = \frac{1}{4.35} (0.2 + 10.54 \times \left( \frac{2300}{4.35} \right)^2)$$

$$V_{bL} = 2300 \text{ V}$$

$$I_{bL} = \frac{10000}{2300} = 4.35 \text{ A}$$

$$Z_{bL} = \frac{2300}{5} = 460 \Omega$$

$$R_r = \frac{0.104}{4.35} = 0.024 \text{ p.u.}$$

$$X_r = \frac{10.54}{4.35} = 2.42 \text{ p.u.}$$

$$R_{er} = \frac{1}{4.35} \left[ 0.104^2 + 7.14 \times \left( \frac{1}{4.35} \right)^2 \right]$$

$$= 0.024 \text{ p.u.}$$



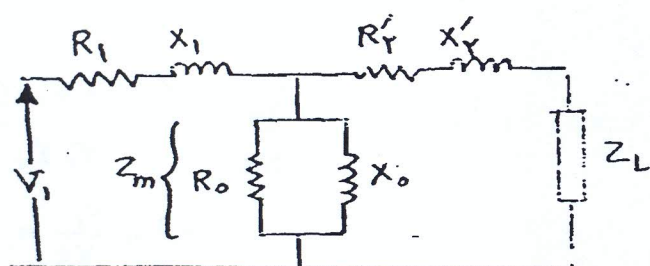
$$\begin{aligned} I_i &= -I_r \\ I_Y &= 2I_i \end{aligned} \quad \left| \begin{aligned} I_A &= I_i \\ I_B &= I_i - I_r = -I_i \\ I_C &= I_i - I_r - I_r = 0 \end{aligned} \right.$$

0 بارهای ترانسفورماتور:  $2200 \text{ V} / 220 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$  برای بار است:

$$R_1 = 0.1284 \Omega \quad R'_r = 0.1219 \Omega \quad R_o = 250 \Omega \quad X_o = 1250 \Omega$$

$$X'_1 = 0.1732 \Omega \quad X_r = 0.1732 \Omega$$

امپدانس بار:  $Z_L = 0.287 + j0.129 \Omega$  مدار معادل را با بار ترانسفر می‌دهیم.



$$K = \frac{2200}{220} = 10$$

$$Z'_L = \frac{Z_L}{K^2} = 100 (0.287 + j0.129)$$

$$= 28.7 + j12.9 \Omega$$

4 ضریب توان 0.8

$$Z'_r + Z'_L = 0.1219 + j0.1732 = 0.21 \angle 54.7^\circ$$

$$Y_m = 0.004 - j0.008 \text{ S} \quad G_o = \frac{1}{R_o} \quad B_o = \frac{1}{X_o} \quad Y_m = G_o - jB_o$$

$$Z_m = \frac{1}{Y_m} = 250 \angle 11.3^\circ = 245 + j48 \Omega$$

با  $I_o \angle \phi_o$  ضریب توان

$$Z_m + Z'_r + Z'_L = 290 \angle 10.4^\circ$$

$$I_i = \frac{V_1}{Z_1 + \frac{Z_m(Z'_r + Z'_L)}{Z_m + Z'_r + Z'_L}} = \frac{2200 \angle 0^\circ}{0.1284 + j0.1732 + 290 \angle 10.4^\circ}$$

$$= \frac{2200}{290 \angle 10.4^\circ} = 7.59 \angle -10.4^\circ$$

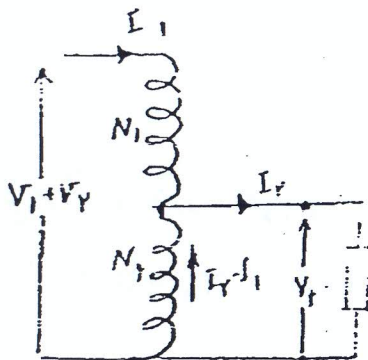
$$I_r' = I_i \frac{Z_m}{Z'_r + Z'_L + Z_m} = 7.59 \angle -10.4^\circ \times \frac{245 \angle 11.3^\circ}{290 \angle 10.4^\circ}$$

$$= 6.28 \angle -10.4^\circ \times 0.84 \angle -0.9^\circ$$

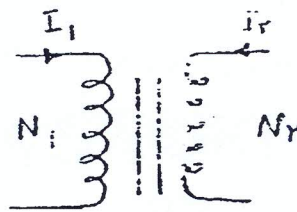


$$-G_a + G_t = G_t - (1-k)G_t = kG_t$$

مزایای (تیرک) مستقیم‌الختار



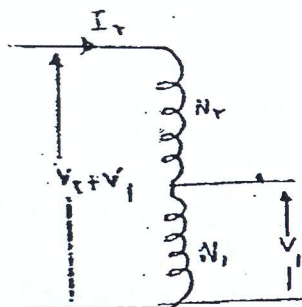
$$S_a = (V_1 + V_p) I_1$$



$$S = V_1 I_1 = V_2 I_2$$

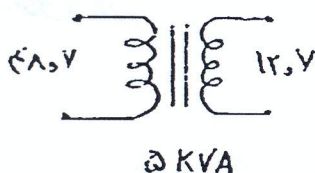
$$\frac{S_a}{S} = \frac{(V_1 + V_p) I_1}{V_1 I_1} = 1 + k$$

$$S_a = (1 + k) S$$

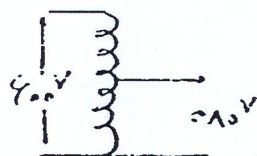


$$S_a = (V_1 + V_p) I_2$$

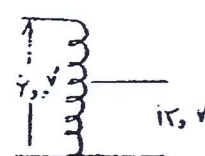
$$\frac{S_a}{S} = \frac{(V_1 + V_p) I_2}{V_2 I_2} = 1 + \frac{V_1}{V_2} = 1 + \frac{1}{k}$$



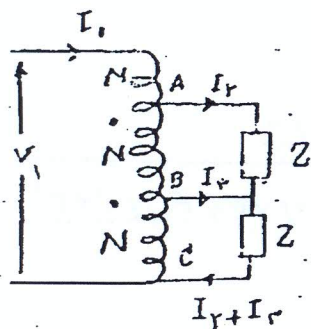
5 KVA



$$S_a = 1 + \frac{1}{k} = 1.2 S = 6 KVA$$



$$S_a = 1 + \frac{1}{k} = 1.2 S = 6 KVA$$



$$I_2 Z = r Z (I_2 + I_3)$$

$$I_2 + 2 I_3 = 0$$

$$N I_1 + N (I_1 - I_2) + N (I_1 - I_2 - I_3) = 0 \Rightarrow 2 I_1 = I_2 + I_3$$

در اثر ترانسفورماتور اندک اختلاف

$$I_5 = 0 \quad (1) \quad \text{در سیم جی تا سیم کنته توان است}$$

$$I_B = I_C \quad (2) \quad \text{در سیم ب تا سیم کنته توان است}$$

$$I_A = 2 I_C \quad (3) \quad \text{در سیم جی تا سیم کنته توان است}$$

$$I_C = 0 \quad (4) \quad \text{در سیم جی تا سیم کنته توان است}$$

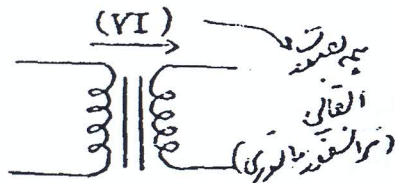
$$I_1 N_1 = I_2 N_2$$

$$I_1 (N_{AB} + N_{BC}) = I_2 N_{BC}$$

$$I_1 N_{AB} = (I_2 - I_1) N_{BC}$$

$$AT_{AB} = AT_{BC}$$

سیسهای AB و BC مثل در سیم سبی عمل می کنند



دری از ترانس بخشی از توان بصورت هدایتی انتقال می یابد

$$S = \bar{V}_1 I_1$$

$$S_{انتقالی} = (V_1 - V_2) I_1$$

$$S_{هدایتی} = V_1 I_1 - (V_1 - V_2) I_1 = V_2 I_1$$

$$S_{هدایتی} / S = \frac{V_2 I_1}{V_1 I_1} = K$$

$$S_{انتقالی} / S = 1 - K \quad K < 1$$

مستقیماً از منبع به بار انتقال می یابد

از طریق القای متقابل به بار

از مزایای اتو ترانسفورماتور صرفه جویی در مس است.

معایب وزن مس بین ترانس و اتو ترانس

$$G_{AB} \propto (N_1 - N_2) I_1$$

$$G \propto \text{حجم} \propto al \propto NI$$

$$l \propto N$$

$$a \propto I$$

$$G_{BC} \propto (I_2 - I_1) N_2$$

$$G_a \propto (N_1 - N_2) I_1 + (I_2 - I_1) N_2$$

$$G_a \propto 2N_1 I_1 - 2I_1 N_2$$

وزن مس اتو ترانسفورماتور

$$G_t \propto I_1 N_1 + I_2 N_2$$

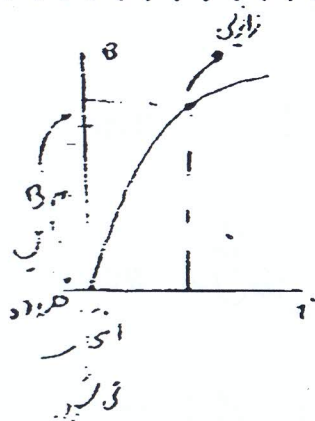
$$\propto 2I_1 N_1$$

$$\frac{G_a}{G_t} = \frac{2N_1 I_1 - 2I_1 N_2}{2N_1 I_1} = 1 - \frac{N_2}{N_1}$$

$$= 1 - K$$

مس به دلیل قدرت و کمبود وزن مس اتو ترانسفورماتور کمتر از ترانسفورماتور است و تعداد آن:





$$S \propto A_i A_w$$

$$N_1 a_1 \approx N_2 a_2$$

$$S = 1.22 f B_m A_i \times A_w S$$

نسبت  $\frac{f}{T_{arm}}$

کثت و در هر قطری رخت است در هر یک برداری

$$A_w \approx 2N_1 a_1$$

$$I_1 = a_1 S = \frac{A_w}{2N_1} S$$

$$S \propto x^2$$

$$\begin{cases} P_{Fe} \propto \text{حجم هسته} \propto x^3 \\ P_{Cu} \propto \text{حجم سیم پیچی} \propto x^3 \end{cases}$$

$$P_{Cu} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 = I_1^2 R_e$$

$$= S^2 a^2 \times \frac{\rho l}{a}$$

$$= P S^2 (a l)$$

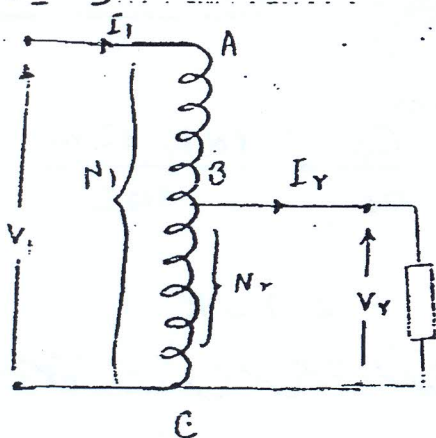
$$\Delta P \propto x^3$$

بازگشت اعداد افزایش  $\eta$  می باشد

$$\eta = \frac{P_o}{P_o + \Delta P} = \frac{k_1 x^2}{k_1 x^2 + k_2 x^3}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{k_2}{k_1 x}} \quad x \uparrow \Rightarrow \eta \uparrow$$

راندن ماشینهای برقی بر پایه تغییرات ولتاژ الکتریکی است در پهنای الکتریکی دارند چون هزینه برای هر حجم است  
دس است که با  $x^2$  افزایش می یابد اما افزایش آن با توان  $x^3$  است که با  $x^2$  افزایش می یابد.



الترانسفورماتور

یک سیم سیمالت بر جفت ترانسفورماتور برای

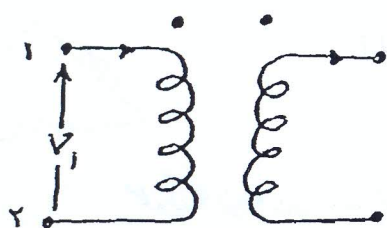
$$\frac{V_2}{V_1} = k = \frac{N_2}{N_1}$$



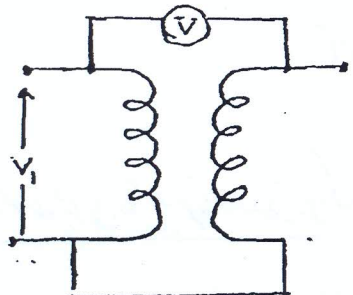
واحدهای باید وات ساعت باشد. KVA را برای محاسبه  $P_{\text{عقد}}$  لازم داریم مگر نه برای و  $W$  از خود  $W$  ها استفاده می شود.

- ۱- مدار باز و اتصال کوتاه به بار مترکده تلفات  $\approx E$  و  $r$   
 ۲- تعیین قطب بندی  
 ۳- رانندگی در تغییرات - ثبت به ثبت
- ۴- آزمایش های ترانسفورماتور  
 - روی شبکه ترانسفورماتور ای بزرگ آزمایش های مدار باز و اتصال کوتاه بسیار مشکل است و از آزمایش سامانه استفاده می شود.

### آزمایش تعیین قطب بندی



اگر در سراسر ۲ را به نقطه ای دارای تابلو وصل کنیم مطابق شکل  
 می فهمیم سر و پای تابلو در طرف دیگر کدام است.



۵ مطابق شکل از ولت متر و یک اتصال استفاده می کنیم (بسیار دقت کنید)

$$V = V_1 + V_2 \rightarrow \text{ولتاژ در سر مخالف است}$$

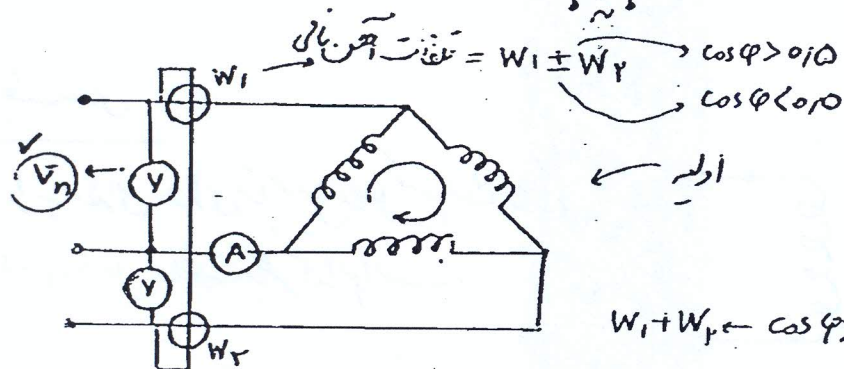
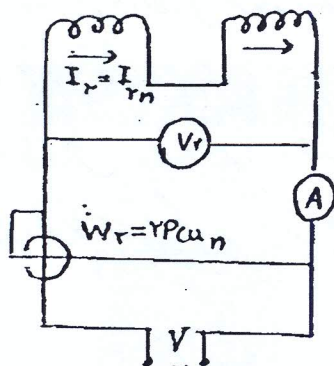
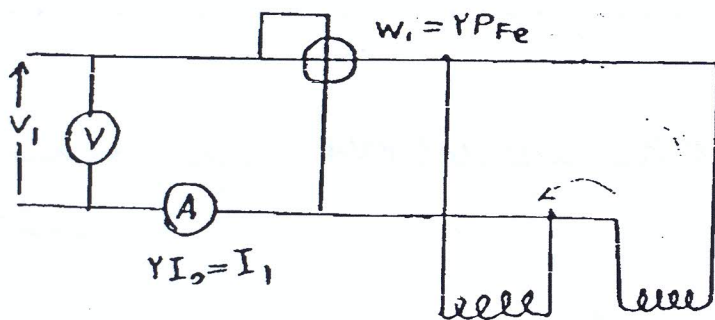
$$V = V_1 - V_2 \rightarrow \text{ولتاژ در سر هم قطب است}$$

### آزمایش ثبت به ثبت

تبدیل مصنوعی ترانسفورماتور { کفاز - دکلانفورماتور  
 سه فاز

۶ در ثانویه ولتاژی می گذاریم که جریان ثانویه برابر جریان نامی شود.  
 چون بار که منابع ولتاژی برای انجام آزمایش کمی مدار باز و اتصال کوتاه ترانسفورماتورهای قدرت  
 وجود ندارد از بارهای مصنوعی با این آزمایش استفاده می شود.

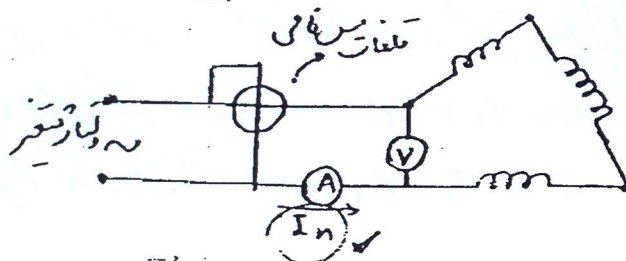
$$\text{اگر طرف ثانویه مدار باز باشد } I_1 = 2I_2$$



اقل نسبت از (V خط)



مقدار cos φ از W1 + W2



خوانش را شد (در مورد همی تاثیر با صدق می کند)

اندازه ترانسفورماتور

$$A = x B$$

اندازه ترانسفورماتور

تعداد در هر یک از سطح مقطع x برابر

$$S = VI$$

$$V = 4.44 f B_m A N$$

سطح مقطع سیم در هر یک از سیم ها

سطح مقطع سیم در هر یک از سیم ها

$$A_w \propto N_1 a_1 + N_2 a_2$$

$$B_m = cte$$

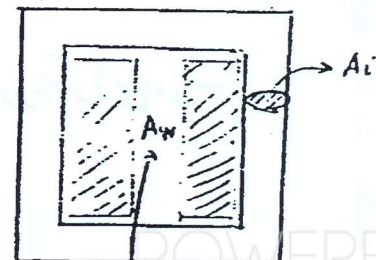
مقادیرهای طراحی ترانسفورماتور

$$\delta = cte$$

$$I_1 = \delta_1 a_1$$

$$I_2 = \delta_2 a_2$$

جریان





○ یک ترانسفورماتور تک فاز ۵ KVA دارای تلفات هسته ۴۰ W و تلفات اهمی بار مجامع ۱۰۰ W می باشد.  
تغییرات بار (برنامه بار) ترانسفورماتور محاسبه شود زیر است؟

از ۷ صبح تا ۱۲ بعد از ظهر	۳ KW	$\cos \varphi = 0,6$
از ۱۲ بعد از ظهر تا ۴ بعد از ظهر	۲ KW	0,8
از ۴ بعد از ظهر تا ۷ بعد از ظهر	۴ KW	0,9
از ۷ بعد از ظهر تا ۱۰ صبح	بی بار	

مطلوب است راندمان نسبت به تلفات ترانسفورماتور؟

$$W_0 = \sum W \quad (\text{در دوره زمانی بین دو بار})$$

$$\Delta W = \text{تلفات آهن راس}$$

$$P_{cu} \propto I^2 \propto x^2$$

$$P_{cu} = x^2 P_{cu_n}$$

که ضریب خاص

$$(1) S = \frac{r}{0,6} = 5 \text{ KVA}$$

$$P_{cu_1} = 100 \left( \frac{5}{5} \right)^2 = 100 \text{ W}$$

$$(2) S = \frac{r}{0,8} = 2,5 \text{ KVA}$$

$$P_{cu_2} = 100 \left( \frac{2,5}{5} \right)^2 = 25 \text{ W}$$

$$(3) S = \frac{r}{0,9} = \frac{r_0}{3} \text{ KVA}$$

$$P_{cu_3} = 100 \left( \frac{r_0}{3 \times 5} \right)^2 = 144,44 \text{ W}$$

$$(4) P_{cu_4} = 0$$

$$W = P \times \text{وقت}$$

$$W_{cu} = \left( \frac{100 \times 4 + 25 \times 5 + 144,44 \times 3}{1000} \right) = 1,94 \text{ kWh}$$

$$W_{Fe} = 40 \times 5 = 0,44 \text{ kWh}$$

$$\Delta W = 2,94 \text{ kWh}$$

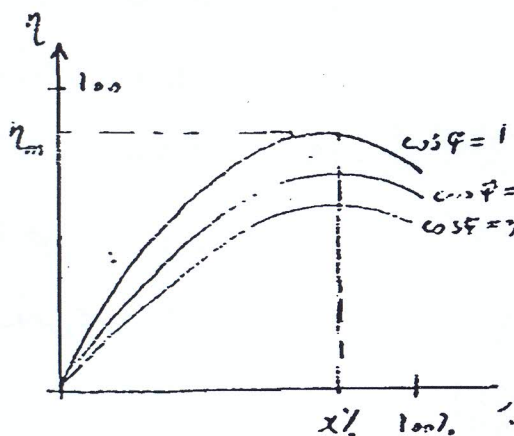
$$\eta = 1 - \frac{\Delta W}{\Delta W + W_0} = 1 - \frac{2,94}{2,94 + 7,0} = 90,41 \%$$

$$W_0 = 3 \times 4 + 2 \times 5 + 4 \times 3 + 0 = 7,0 \text{ kWh}$$

$$P_{Fe} = P_{Cu} \Rightarrow \eta_{max}$$

راندمان

$$S_{\eta_{max}} = S_n \sqrt{\frac{P_{Fe}}{P_{Cu}}} = x S_n$$



$$\frac{\Delta P}{V_p I_p} = K$$

عال بار را ثابت گرفته و تغییر  
ران را متغیر در نظر می گیریم

$$\eta = \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi + K} = \frac{1}{i + \frac{K}{\cos \varphi}}$$

$$\cos \varphi \uparrow \Rightarrow \eta \uparrow$$

با افزایش ضریب توان  
راندمان ترانسفورماتور  
بالاتر می رود.

$$\frac{d\eta}{d\varphi} = 0 \Rightarrow \sin \varphi = 0 \text{ یا } \cos \varphi = 1 \Rightarrow \eta_{max} \rightarrow \text{مابا همی ثابت}$$

بار خازنی، مابا القایی از جبران می کنند  
۱- افت ولتاژ را جبران می کنند  
۲- راندمان را به کارگرم نزدیک می کنند

معایف بزرگ معمولاً به موازات بار خازن قرار می گیرند.  
بخاشی توان را کسود را کم می کنند جبران می کنند. تهیه توان را کسود را توسط خازن صورت پذیرد باید  
طی سوله صورت گیرد که هم خط ایجاد تلفات می کند هم در سوله هزینه ای بیشتری طلب می کند.  
رانفورماتور قدرت به عموماً در مابا کامل کاملی کنند و بطوری طراحی می شود که  $\eta_{max}$  در نزدیک مابا کامل  
م دهد.

ترانسفورماتور توزیع به مابا تغییر نسبت به نوع مصرف دارد. (به تعداد زیاد در سطح شهرها استفاده می کنند)  
اندکایان سبانه روزی (موزانم) (راندمان انرژی)

$$\eta = \frac{\text{انرژی خروجی در سوله}}{\text{انرژی ورودی در سوله}}$$

$$\eta = \frac{W_o}{W_i} \text{ راندمان انرژی}$$

$$= \frac{W_o}{W_o + \Delta W} \text{ در سوله}$$

$$\epsilon = \frac{|E_r| - |V_r|}{|E_r|}$$

Date: ۹۹

حد پایین  $|E_r|$   $\rightarrow$  حد بالا  $|V_r|$

معمولاً فقط در سه چهارم است در بار نامی کاری کند و بنابراین می‌دانند که سببه نندی برای آن تغییر نمی‌شود

$$x \approx 0.1 V \quad x = \frac{P_{nmax}}{P_n}$$

تنظیم ولتاژ در اطرافش با امید است ترانسفورماتور

مثلاً

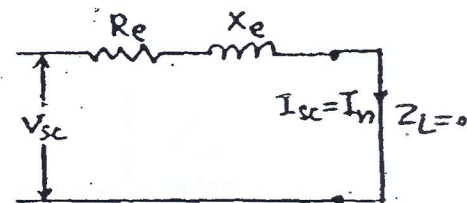
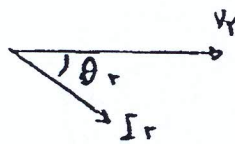
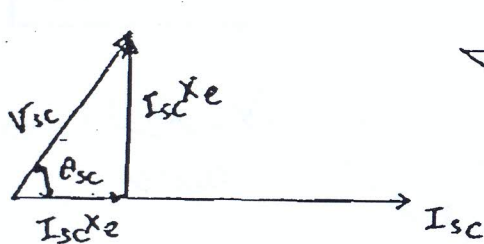
اختلاف ولج اتصال کوتاه  $V_{sc}(\%)$  و  $U_k(\%)$

که در آزمایش اتصال کوتاه اگر اعمال شود جریان  $I_{sc} = I_n$

و ثابت کنند که تنظیم ولتاژ یک ترانسفورماتور به حسب ولتاژ است برابر است با

$$p.u \quad \epsilon = V_{sc}^{(p.u)} \cos(\theta_{sc} - \theta_r)$$

$\theta_r$  زاویه ضربه جریان بار است



پدیده اتصال کوتاه خفیف است. جریان اتصال کوتاه بر

حسب ولتاژ خفیف تغییر می‌کند بنابراین با داشتن  $V_{sc}$  می‌توان نتیجه گرفت بابت  $V_n$  جریان اتصال کوتاه چند برابر می‌شود.

$$\epsilon = E_r \cos \varphi + E_x \sin \varphi$$

$$= \frac{I_{sc} R_e}{E_r} \cos \varphi + \frac{I_{sc} X_e}{E_r} \sin \varphi$$

$$I_{sc} R_e = V_{sc} \cos \theta_{sc}$$

$$I_{sc} X_e = V_{sc} \sin \theta_{sc}$$

$$= \frac{V_{sc}}{E_r} (\cos \theta_{sc} \cos \varphi + \sin \theta_{sc} \sin \varphi)$$

$$= \frac{V_{sc}}{E_r} \cos(\theta_{sc} - \varphi)$$

$$\epsilon_{max} = V_{sc} (p.u) \quad (\varphi = \theta_{sc})$$

$$= Z_e(\%)$$

در حالت بار الفالای رخ  $Z_e = \sqrt{R_e^2 + X_e^2} \rightarrow$  می‌دهد





$$\frac{\partial \eta}{\partial I_r} = 0 \rightarrow \boxed{P_{Fe} = P_{Cu}}$$

$$\eta_{max} = \frac{V_r I_{rmax} \cos \phi}{V_r (I_{rmax}) + \frac{P_{Fe}}{I_r Re}}$$

$$I_r^2 R_{er} = P_{Fe}$$

جدا کردن توان از توان آل جریین و انداختن در یک سمت معادله

$$I_{rmax} = \sqrt{\frac{P_{Fe}}{R_{er}}}$$

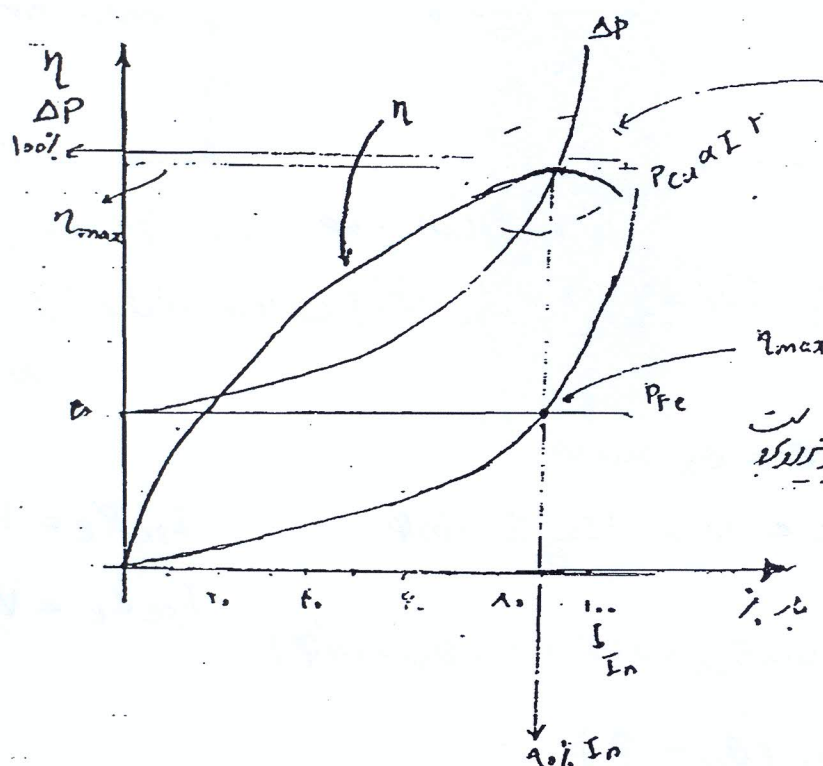
$$I_r = \sqrt{\frac{P_{Fe}}{R_{el}}}$$

$$\rightarrow I_{rmax} V_r = V_r \sqrt{\frac{P_{Fe}}{P_{Cu}}} \times \frac{I_{rn}}{I_{rn}}$$

$$\boxed{S \eta_{max} = S_n \sqrt{\frac{P_{Fe}}{P_{Cu}}}}$$

$$I_{2rmax} = x I_{2n} = V_r I_{rn} \sqrt{\frac{P_{Fe}}{I_{rn}^2 R_{er}}}$$

$$\boxed{x = \sqrt{\frac{P_{Fe}}{P_{Cu}}}}$$



در حوالی نقطه  $\eta_{max}$   $\rightarrow$  منطقه مطلوب برای بار برای  $\eta_{max}$   $\rightarrow$  حوالی در بار برای  $\eta_{max}$   $\rightarrow$  منطقه است

۱- انتقال (درست)  $\rightarrow$  با تغییر در بار  
۲- توزیع  $\rightarrow$  با تغییر در بار  
۳- کم شدن  $\rightarrow$  با تغییر در بار

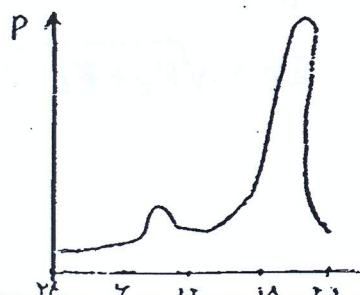
در ترانسفورماتورهای قدرت تغییر بار در شبانه روز خیلی زیاد نیست بنابراین سعی می شود که  $\eta_{max}$  در بارهای اتفاق

بیفتد. (حالت معموله در بارهای سنگین می افتد)

ترانسفورماتورهای توزیع عمده کم بارند

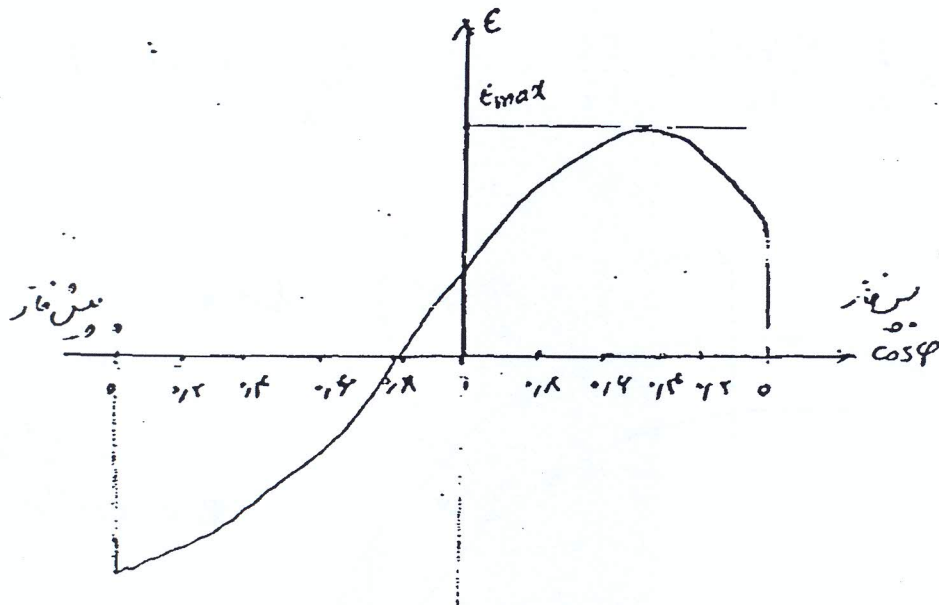
معمولاً یک بار در روز

Topic



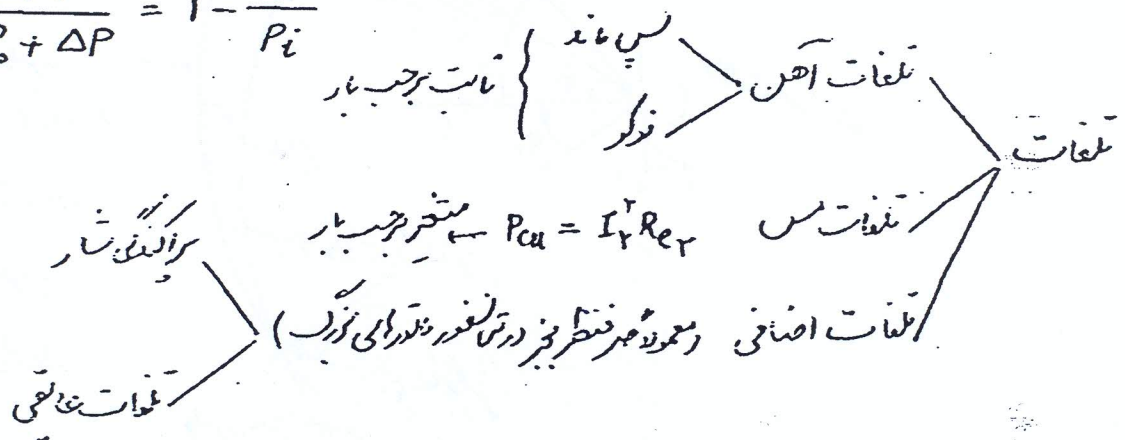
جواب I بیشترینم  $\rightarrow a + 2bI = 0$   $\rightarrow$  تقویری نسبت  $\epsilon = aI + bI^2$    
 می‌سازیم

• اگر در  $\cos \varphi$  ثابت تغییرات بار را در نظر بگیریم در حالت پهنای بار و کمترین توانی در پهنای است.   
 • در حالت پهنای بار و کمترین توانی در پهنای بار



بارده ترانفور مالتور

$$\eta = \frac{P_o}{P_o + \Delta P} = 1 - \frac{\Delta P}{P_i}$$



$$\Delta P = P_{cu} + P_{Fe}$$

$$\eta = \frac{V_r I_r \cos \varphi}{V_r I_r \cos \varphi + P_{Fe} + I_r^2 R_{er}} = f(I_r, \cos \varphi)$$

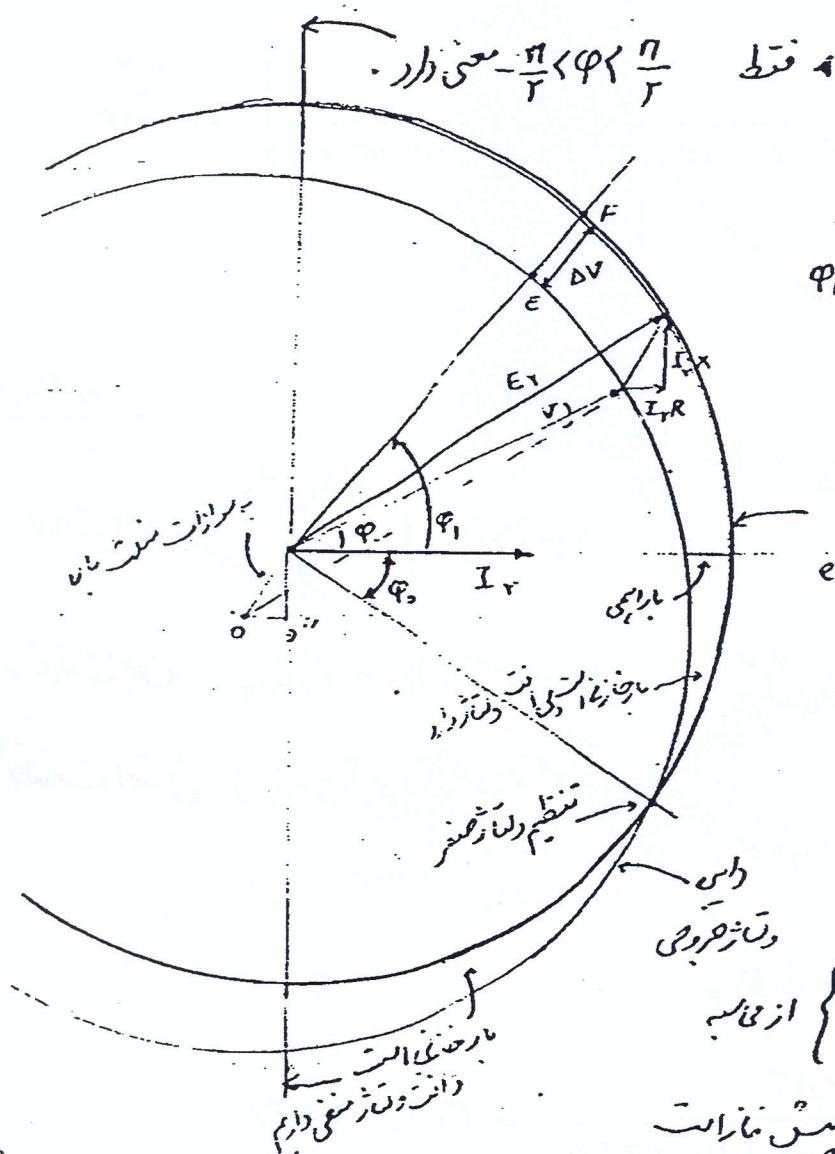
$$(p.u) \epsilon_{max} = \frac{E_r^r + E_x^r}{\sqrt{E_r^r + E_x^r}} = \sqrt{E_r^r + E_x^r} = \sqrt{R_{eq}^r + X_{eq}^r} = Z_{eq}(p.u)$$

$$E = \frac{IR \cos \varphi + IX \sin \varphi}{V_r}$$

$$\tan \varphi_{\max} = \frac{x}{R}$$

$$Z = \sqrt{X^2 + R^2} \rightarrow \cos \varphi = \frac{R}{Z}, \sin \varphi = \frac{X}{Z}$$

$$e = \frac{I}{Z} \frac{R_T + X_T}{V_T} = \frac{I \cdot Z}{V_T} = \frac{Z}{\frac{V_T}{I}} = \frac{Z}{Z_b} = Z \text{ (p.u.)}$$



Kapp - نمودار تنظیم کا

فرض  $f\left(\frac{1}{2}, \cos 4\right)$  ہے۔

$\varphi_1 = \cos^{-1} a \rightarrow$  مقدار مقدار

$$\frac{EF}{V_f} = \epsilon$$

فريب لادانو - مریا  
 داسرہ  
 e.m.f

رسم نمودار فوق

قرار دادن خطی ضریب تکرار بیشتر

۱. زارہ و زارہ ضرب توالی مضروب

اَنْتَ وَلَدًا رَاسِمًا اَنْزَرْنِي اَنْزَارًا

بدلت فی اورم .

$$\varphi_0 = \tan^{-1} \frac{\epsilon_r}{\epsilon_x} \Rightarrow \epsilon = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{از رابطه} \\ \epsilon_x = \epsilon_r \cos \varphi \end{array} \right\} \varphi = \tan^{-1} \frac{\epsilon_x}{\epsilon_r} \rightarrow \begin{cases} \epsilon_{\max} \\ \epsilon_{\min} \end{cases}$$

$\epsilon_m$  در بیش‌تاز میانی،  $\varphi = 90^\circ$  بیش‌تاز است



از رابطه اول اولی  $\frac{d\epsilon}{d\varphi} = 0 \rightarrow \tan \varphi = \frac{\epsilon_x}{\epsilon_r}$  ماکزیمم  $\epsilon$

$\varphi = 42,43^\circ \rightarrow \cos \varphi = 0,7447$  بیش‌تار

از رابطه اول فرقی  $\frac{d\varphi}{d\epsilon} = 0 \rightarrow \tan^{-1} \frac{\epsilon_x}{\epsilon_r} = \varphi$

$\cos \varphi = 0,7447$  بیش‌تار (نا درستی)

$\epsilon = 0$

از رابطه اول صفری  $\tan \varphi = \frac{\epsilon_r}{\epsilon_x} \rightarrow \varphi = \tan^{-1} \frac{\epsilon_r}{\epsilon_x} = 46,54^\circ$

$\cos \varphi = 0,689$  بیش‌تار

تماماً کمپوای غنوق بزرگی بارناهی ندر. حال اگر بار  $a$  برابر بارناهی باشد  $\epsilon_r$  و  $\epsilon_x$  در  $a$  ضربی شوند

$\epsilon = a\epsilon_r \cos \varphi \pm a\epsilon_x \sin \varphi$  (در تغییرات)

ولی  $\varphi$  مقادیر ماکزیمم، مینیمم و غیر تغییر نمی‌کند.

دلی در رابطه دوم:  $\Delta V = I_r R \cos \varphi \pm I_r X \sin \varphi + \frac{1}{2\epsilon_r} (I_r R \sin \varphi \mp I_r X \cos \varphi)^2$

حالت  $\varphi = cte$

این بار در نظر گرفتن نیست درم داریم:  $\Delta V = aI_r + bI_r^2$

$I_r = 0 \rightarrow \epsilon_{min} = 0$  بی بار

$\rightarrow \epsilon_{max}$  بارناهی

$\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \epsilon_{min} \text{ بی بار} \\ \rightarrow \epsilon_{max} \text{ بارناهی} \end{array} \right.$  بارالغایی

$\frac{d\Delta V}{dI_r} = 0 \rightarrow \epsilon_{max} \neq \epsilon_{min}, I_m = I_r \neq 0 < I_n$  در بار خفانی

$\Delta V = aI_r + bI_r^2 \rightarrow \epsilon_{min} \neq \epsilon_{max}$  بارناهی

اگر  $R \cos \varphi - X \sin \varphi$  مثبت باشد  $\rightarrow$  بارناهی ماکزیمم  $\epsilon$  و  $I_m^X$  مینیمم  $\epsilon$  را می‌دهد.

اگر  $R \cos \varphi - X \sin \varphi$  منفی باشد  $\rightarrow$  بارناهی مینیمم  $\epsilon$  و  $I_m$  ماکزیمم  $\epsilon$  را می‌دهد.

0 ثابت کنید حد اکثر تنظیم و تناظر معادل قدرت ظاهری معادل است.

(1)  $\rightarrow \varphi = \tan^{-1} \frac{\epsilon_x}{\epsilon_r} \rightarrow \epsilon_{max}$

$\epsilon_{max} = \epsilon_r \cos \varphi + \epsilon_x \sin \varphi$

$= \frac{\epsilon_r}{\sqrt{1 + \left(\frac{\epsilon_x}{\epsilon_r}\right)^2}} + \frac{\epsilon_x \left(\frac{\epsilon_x}{\epsilon_r}\right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{\epsilon_x}{\epsilon_r}\right)^2}}$



$$BF = \frac{(I_r R_{er} \sin \varphi - I_r X_{er} \cos \varphi)^2}{2 E_r}$$

$$\epsilon = \frac{|E_r| - |V_r|}{|E_r|}$$

$$(P.u) \quad \epsilon = E_r \cos \varphi \pm E_x \sin \varphi + \frac{1}{r} (E_r \sin \varphi \mp E_x \cos \varphi)^2$$

نکته: اگر جریان بی بار باشیم در نظر بگیریم رابطه مختصر بدست می آید که تابع آن کاری نداریم:

$$\epsilon = E_r \cos \varphi \pm E_x \sin \varphi + \frac{1}{r} (E_r \sin \varphi \mp E_x \cos \varphi)^2 \quad (P.u)$$

$$\epsilon = E_r \cos \varphi \pm E_x \sin \varphi + \frac{1}{r_{\%}} (E_r \sin \varphi \mp E_x \cos \varphi)^2 \quad (\%)$$

$$OA^2 = OB^2 + AB^2$$

$$E_r^2 = (V_r + CB)^2 + AB^2 = (V_r + a)^2 + b^2$$

$$(V_r + a)^2 = (E_r^2 - b^2) \rightarrow V_r + a = \sqrt{E_r^2 - b^2} = E_r \left(1 - \frac{b^2}{E_r^2}\right)^{1/2}$$

$$b \ll E_r \quad \approx E_r - \frac{b^2}{2E_r}$$

$$\rightarrow E_r - V_r = a + \frac{1}{r} \frac{b^2}{E_r} \quad \epsilon = \frac{E_r - V_r}{E_r} = \text{رابطه بالا}$$

در یک ترانسفورماتور یک فاز  $E_r = 2\%$  و  $E_x = 4\%$  است تنظیم ولتاژ در ۱۸٪ پس فاز در پست نیاز به تنظیم دارد. مقدار حداکثر و حداقل و تنظیم ولتاژ در چه ضریب توانایی رخ می دهد؟

$$\text{پس فاز} \quad \epsilon = E_r \cos \varphi + E_x \sin \varphi = 2 \times 0.18 + 4 \times 0.14 = 4\%$$

$$\text{تقریبی} \quad \epsilon = 4 + \frac{1}{r_{\%}} (2 \times 0.14 - 4 \times 0.18)^2 = 4.02\%$$

$$\text{پس فاز} \quad \epsilon = E_r \cos \varphi - E_x \sin \varphi = 2 \times 0.18 - 4 \times 0.14 = -0.18\%$$

$$\epsilon = -0.18 + \frac{1}{r_{\%}} (2 \times 0.14 + 4 \times 0.18)^2 = -0.17032\%$$

ملاحظه می شود که در حالت بار افتادی (پس فاز) دو رابطه خوب شبیه هم می دهند. ولی در بار خازنی ضریب پست برای بار پس انداز است و از رابطه را همزمان است ولی برای بار خازنی باید از رابطه ۲ استفاده

تغیرات تنظیم و تشارک بر حسب ضرب قوتان :

در این سیستم وکتور ضربه می شود  $\rightarrow E = E_r \cos \varphi + E_x \sin \varphi$  : بنابراین

$$\frac{dE}{d\varphi} = 0 \quad - E_r \sin \varphi + E_x \cos \varphi = 0$$

$$\epsilon_r \sin \varphi = \epsilon_x \cos \varphi$$

$$\tan \varphi = \frac{E_x}{E_r}$$

۱۰ ماہ از عجم می شود ۱۰ پس باز

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{E_x}{E_r}$$

0  $E_r = r\%$

$$E_x = f\%$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi = \tan^{-1} \frac{E}{V} = 94,4^\circ \\ \cos \varphi = 0,099 \rightarrow \frac{1}{10} \end{array} \right.$$

➤ مختص  $E = E_r \cos \varphi - E_z \sin \varphi$

$$\epsilon = 0 \implies \epsilon_r \cos \varphi = \epsilon_x \sin \varphi \implies \tan \varphi = \frac{\epsilon_r}{\epsilon_x}$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{\epsilon_r}{\epsilon_x}$$

0  $\Rightarrow$  Emin ۴۴۷ / مسرفز رسول الله

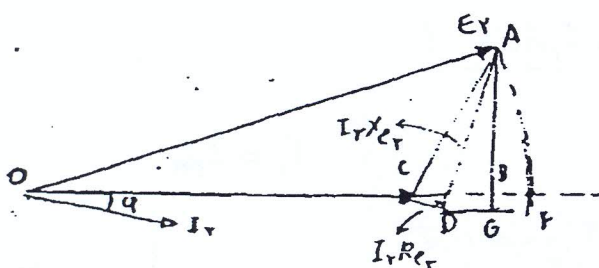
$$\phi_{\text{مستقر}} = \tan^{-1} \frac{1}{\mu} \rightarrow \epsilon = 0$$

$$P = \tan^{-1} \frac{E_x}{E_r}$$

الحق اننا  
مستشاروكم منكم ما وعد.

روابط  $0 \leq \epsilon$  : تقریب  $|E_2| = 0$  بدست آمد.

مال، بصورت رقبہ تحریر کی گئی:



$$|E_r| = OF = OB + BF$$

$$GA^P = OB^P + AB^P$$

$$OA^r - OB^r = AB^r$$

$$\underbrace{(OA - OB)}_{BF} \underbrace{(OA + OB)}_{\approx r_{Ex}} = AB^r$$

$$AB = AG - BG = I_r X_{Lr} \cos \phi - I_r R \sin \phi$$

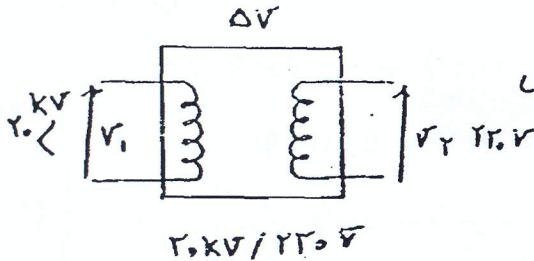




تنظیم ولتاژ  
رگولاسیون ولتاژ

$$\epsilon = \frac{|E_r| - |V_r|}{|V_r| |E_r|} \times 100$$

تنظیم با: در خروجی  $V_r$   
تنظیم پس: در خروجی  $E_r$



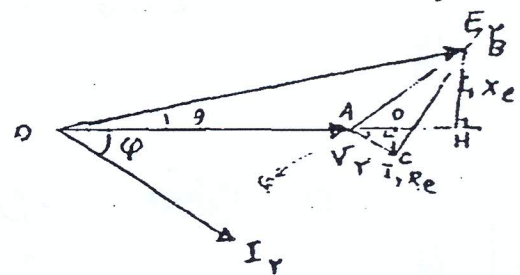
در ترانسفورماتور در اتصال انرژی از مداری به مدار دیگر مقداری است توان و مقداری افت ولتاژ دارد.

تفاوت مقدار  $V_1$  با  $20$  kV: این مقدار  
افت ولتاژ است یا اگر  $V_1$  ناب  $20$  kV  
است مقداری که  $V_2$  از  $22.5$  کمتر است  
! تنظیم ولتاژ سخت می شود

تنظیم ولتاژ  
پس: راندن  
پس: راندن

$$\epsilon = \frac{|E_r| - |V_r|}{|V_r|}$$

که کوچک است. بهین دلیل  $E_r$  را با  $OH$  تقریب  
می زنیم



$$E_r \approx OH$$

$$E_r = V_r + AH = V_r + AD + DH$$

$$= V_r + I_r R_e \cos \varphi + I_r X_e \sin \varphi$$

$$\epsilon = \frac{I_r R_e \cos \varphi + I_r X_e \sin \varphi}{V_r}$$

تعداد pu  
است

$$\epsilon = \frac{I_r R_e}{V_r} \cos \varphi + \frac{I_r X_e}{V_r} \sin \varphi$$

$$= E_r \cos \varphi \pm E_x \sin \varphi$$

تنظیم ولتاژ  
رایجانی

$$I_r = I_{rn}$$

در بار رانایی باشیم:

$$\epsilon_r = \frac{R_e}{V_r / I_r} = \frac{R_e}{Z_b} = R_e(Pu)$$

$$\epsilon_x = X_e(Pu)$$

اندر در ولتاژی از بار رانایی داریم  $\epsilon$  است و در بار رانایی عدد در عدد فرس تنظیم ولتاژ را بدست می دهد

ولتاژ ۱۱.۵ KV و فرکانس ۵۰ Hz محاسب کنید.

۱. اصل مهم در برقراری این است که درجه حرارت هر فاشینی همیشه مقدار نامی باشد. تحت اثرات بار با تلفات می رسانند یعنی باید تلفات را ثابت نگه داشت پس باید قدرت بیشتری از قدرت نامی از آن گرفت که مفروضه آن کم شدن عمر است.

$$\begin{cases} P_h = K_h B_m^n f \\ P_e = K_e B_m^2 f^2 \end{cases} \quad B_m \propto \frac{V}{f}$$

$$\begin{cases} P_h \propto V^{1.7} f^{-0.7} \\ P_e \propto V^2 \end{cases}$$

حالت اول  $\begin{cases} V = 10 KV, I = 200 KVA \text{ و } 50 Hz \\ P_{h1} = P_{e1} = \frac{940}{\gamma} = 480 W \end{cases}$   
تولید بار

حالت دوم  $\frac{P_{h1}}{P_{hr}} = \frac{V_1^{1.7}}{V_r^{1.7}} \cdot \frac{f_r^{0.7}}{f_1^{0.7}} \Rightarrow \begin{cases} \frac{P_{hr}}{P_{h1}} = \left(\frac{11.5}{10}\right)^{1.7} \left(\frac{50}{60}\right)^{0.7} = 1.12 \\ P_{hr} = 1.12 \times 480 = 537 W \end{cases}$

$$\begin{cases} \frac{P_{er}}{P_{e1}} = \left(\frac{V_r}{V_1}\right)^2 = \left(\frac{11.5}{10}\right)^2 = 1.323 \\ P_{er} = 1.323 \times 480 = 635 W \end{cases} \quad \begin{aligned} P_{Fe} &= P_{hr} + P_{er} \\ &= 537 + 635 = 1171 W \end{aligned}$$

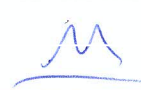
در آزمایش دوم چون جریان نامی است تلفات حاصله تلفات سرنامی است.

$$\Delta P = \underbrace{1040}_{Cu} + \underbrace{940}_{Fe} = 1980 W$$

$$\begin{cases} S = VI \\ I \propto \sqrt{P_{cu}} \end{cases}$$

$$P_{cur} = 1980 - 1171 = 809 W$$

$$S_{Fe \text{ و } Cu, 11.5KV} = 200 \times \frac{11.5}{10} \sqrt{\frac{809}{1040}} = 214 KVA$$





$$V_i = E + I_r Z_1 = 1.034 \angle 7.18^\circ + 1.03 \angle -27.1^\circ (0.02 + j0.05) \\ = 1.08 + j0.0728 = 1.0825 \angle 3.85^\circ$$

$$\epsilon = \frac{1.0825 - 1}{1} \times 100 = 8.25\%$$

$$P_o = V_r I_r \cos \phi_r \\ = 1 \times 1 \times 0.9 = 0.9 \text{ Pu}$$

$$P_i = V_i I_i \cos \phi_i = 1.0825 \times 1.03 \cos (-3.85^\circ + 27.1^\circ) \\ = 0.954 \text{ Pu}$$

$$\eta = \frac{P_i}{P_o} = \frac{0.9}{0.954} \times 100 = 94\%$$

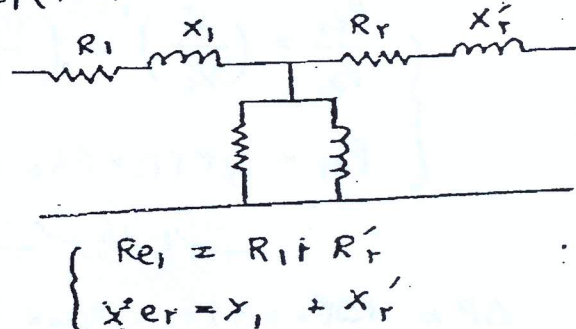
ثبت کنید مقادیر  $Z_e$ ,  $X_e$  و  $R_e$  در دو طرف ترانسفورماتور برابرند.

اثبات:  $(\text{Pu}) R_{e1} = \frac{R_{e1}}{Z_{b1}}$

$$\Rightarrow R_{e1} (\text{Pu}) = R_{er} \left( \frac{N_i}{N_r} \right)^2 \frac{1}{Z_{b1}} = \frac{R_{er}}{Z_{b1} \left( \frac{N_r}{N_i} \right)^2} = \frac{R_{er}}{Z_{br}}$$

$$= R_{er} (\text{Pu})$$

$$\begin{cases} R_{e1} = R_{er} (\text{Pu}) \\ X_{e1} = X_{er} (\text{Pu}) \\ Z_{e1} = Z_{er} (\text{Pu}) \end{cases}$$



نیایم آرایش یک ترانسفورماتور ۲۰۰ kVA و ۱۰ kV نسبت به ولتاژ:

۹۶ W، ۵۰ Hz، فرکانس

۱۵۴ W، ۵۰ Hz، جریان نامی

تفاوت هسته در فرکانس ۵۰ Hz نسبت به پایانه و فرکانس تقسیم می شوند. ولتاژ نامی را برای



$$V_r = V_l \frac{V_{bl}}{V_{br}}$$

$$I_r = I_l \frac{V_{br}}{V_{bl}} \cdot \frac{VA_{bl}}{VA_{br}}$$

$$\triangleright (P, Q, S)_{rph} = 3 VA_{bl/ph}$$

$$\triangleright V_{bl} = \sqrt{3} V_{bph} \quad V_{ph}: \text{ولتاژ سرافاز نسبت به زمین (Null)}$$

$$\triangleright I_{b\Delta} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{by}$$

$$\triangleright Z_{b\Delta} = 3 Z_{b\Delta y}$$

4. با تعیین مقادیر بزرگ p.u. و ضریب توان بار، هم بدلت را در می شود. تعیین مقدار  
الماناتی در نمودار طراحی سیستم ماشین هم بدلت را در می شود.

$Z_{pu} \rightarrow$  در اینجا مجروری قرار می گیرد برای پرمایش  
برای ترانسفورماتور  $Z: 1\% - 5\%$  کمترین حالت

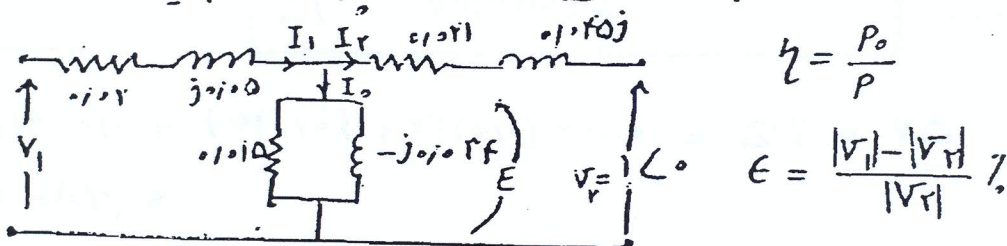
0. با فرضهای زنی یک ترانسفورماتور عبارتند از:

$$R_l = 0.102 \quad X_l = 0.105$$

$$R_r = 0.021 \quad X_r = 0.045$$

$$G_o = 0.015 \quad B_o = -0.024$$

ماژده تنظیم ولتاژ ترانسفورماتور را در بدنه می با ضریب توان 0.9 در نظر بگیرید.



$$\eta = \frac{P_o}{P}$$

$$\epsilon = \frac{|V_l| - |V_r|}{|V_r|} \%$$

$$V_r = 1 \angle 0 \text{ p.u.} \quad \cos \phi = 0.9 \quad \phi = 25.98^\circ \quad \text{نسبت } I_r \text{ نسبت به } V_r$$

$$I_r = 1 \angle -25.98^\circ \text{ p.u.} \quad 1 \text{ p.u.} = \sqrt{V_b I_b}$$

$$E = V_r + I_r Z_r = 1 \angle 0 + (0.021 + j0.045)(1 \angle -25.98^\circ) \\ = 1.0285 + j0.0394 = 1.039 \angle 2.18^\circ$$

$$I_o = E Y_o = 1.039 \angle 2.18^\circ (0.015 - j0.024) = 0.0384 \angle -44^\circ$$

$$I_l = I_o + I_r = 0.0384 \angle -44^\circ + 1 \angle -25.98^\circ = 1.03 \angle -27.14^\circ$$



ظاهری را نسبت به حقیقی

$$P_b, Q_b, S_b = V_b I_b$$

$$R_b, X_b, Z_b = \frac{V_b}{I_b}$$

$$G_b, B_b, Y_b = \frac{I_b}{V_b}$$

مقاومت ظاهری معادل یک ترانزفورماتور ۲۴۰۰ ولت و ۱۰۰ KVA.  $Z = ۰.۰۱۷۰۸ + j۰.۰۹۲۵ \Omega$ .  
 قدری معاد ظاهری و انت ولت ترانزفورماتور را در بار ۵٪ حساب کنید.

$$V_b = 2400 \text{ V}$$

$$S_b = 100 \text{ KVA}$$

$$I_b = \frac{S_b}{V_b} = \frac{100000}{2400} = 41.7 \text{ A}$$

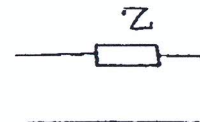
$$R_b = \frac{2400}{41.7} = 57.55 \Omega$$

$$Z(\text{pu}) = \frac{۰.۰۱۷۰۸ + j۰.۰۹۲۵}{57.55 \Omega} = ۰.۰۰۱۲۳ + j۰.۰۱۰۱۴ \text{ P.u.}$$

$$= ۱.۲۳ + j۱.۰۱ \%$$

درجه سانتیگراد  
 به چهار رقم  
 عدد اعشاری به نایده خط شود

$$\% = 100 \times \text{P.u.} \quad \text{P.u.} = \frac{\%}{100}$$



مدار معادل:

$$\Delta V = IZ = ۰.۰۵ \times (۰.۰۰۱۲۳ + j۰.۰۱۰۱۴) = ۰.۰۰۰۶۱۵ + j۰.۰۰۵۰۷$$

$$= ۰.۰۰۱۰۱ \text{ pu} \approx ۱.۰۱ \%$$

$$\Delta V = ۰.۰۰۱۰۱ \times 2400 = 2.424 \text{ V}$$

نمای سیستم P.u.  
 ۱- برای سیستم های متصل از چند ترانزفورماتور قدرت بنا (محول) ۱۰۰ MVA) انتخاب می کنند و بیان  
 و بنا را (محول ۱۰۰ KV) به عنوان و بنا می مشترک تعیین می کنند.

$$(P, Q, S)_Y = (P, Q, S)_I \times \frac{V_{AbI}}{V_{AbI}}$$

$$(R, X, Z)_Y = (R, X, Z)_I \times \frac{V_{bI}^2}{V_{bI}^2} \times \frac{V_{AbI}}{V_{AbI}}$$

به این دلیل که معمولاً فریب  $k$  معلوم نیست از تناسب استفاده می‌کنیم:

$$\frac{P_{h1}}{P_{h2}} = \frac{V_1^{1/2}}{V_2^{1/2}} \cdot \frac{f_2^{3/2}}{f_1^{3/2}}$$

و با معلوم بودن  $P_h$  در یک حالت برای حالت بعدی به دست می‌آید.

تغیلات فرکانس و البته فرکانس نیست

$$P_e = K'' \left( \frac{V}{f} \right)^2 f^2 = K'' V^2$$

$$\frac{P_{e1}}{P_{e2}} = \frac{V_1^2}{V_2^2}$$

Per Unit

مقادیر یک P.u. (سیستم‌های نسبی)

$$V = IR$$

در این سیستم کمی، مقداری را به عنوان پایه و سپس در نظر می‌گیریم.

$$V = 1A \times 100 \Omega = 100V$$

پس کمیتها را نسبت به آن مقدار مبنای بگیریم (اغلب این تدریس مقدار مبنای هستند).

و واحد ندارد. انتخاب مبنای گاه اختیاری است.

$$\frac{V}{V_b} \% \text{ P.u.}, \frac{I}{I_b} \% \text{ P.u.}, \frac{Z}{Z_b} \% \text{ P.u.}, \dots$$

فریب‌دهنده      فریب‌دهنده      فریب‌دهنده

$$V_b = 220V$$

$$110V \equiv 0.5 \text{ P.u.}$$

$$P_b = 1 \text{ kW}$$

$$500W \equiv 0.5 \text{ P.u.} = 50\%$$

$$1100W \equiv 1.1 \text{ P.u.}$$

$$V = IR$$

$$V_b = I_b R_b$$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_b} = \frac{I}{I_b} \cdot \frac{R}{R_b}$$

$$V = I \cdot R \text{ (P.u.)}$$

P.u. کردن معادلات و روابط

در معادلات معمولی توان مقدار P.u.

را قرار داد.

کمیت‌ها نیز از هم مستقل نیستند و باید کمیت مستقل را که عموماً ولتاژ و قدرت است را در نظر گرفته و بقیه کمیت‌ها را از روی آنها تعیین کنیم.

$$P = VI$$

$$V = IR$$

$$\boxed{I_b = \frac{P_b}{V_b} \quad R_b = \frac{V_b}{I_b} = \frac{V_b^2}{P_b}}$$





ماتریس معادلات

$R_{ld} = R_{rd}$  بر سیم بی اندازند و در تقطیع: - تقطیع در جهات

- تقطیع اثر روستی

نیز حالت این است که در حافی که ماتریس در حال کار از منبع جدا شود و با حفظ شرایط زمانی اندازند  
مقاومت

$$R_{ac} = (1.2 \rightarrow 1.4) R_{dc}$$

اثر روستی

$$R'_1 + R'_r = R_{eq} \rightarrow$$

می توان به بابت  $R_{dc}$  جدا کنیم

این سر را بهیچ وجه نمی توان جدا کرد

$$\begin{cases} R_1 = R'_1 = \frac{R_{eq}}{2} \\ X_1 = X'_1 = \frac{R_{eq}}{2} \end{cases}$$

تقریب معمول

$$\begin{cases} P_h = K_h B_m^n f \\ P_e = K_e B_m^r f^r \end{cases}$$

$$P_{Fe} = P_h + P_e$$

مقدار ضرایب

ضرایب ضرایب

برای تعیین ضرایب باید در دو مکان مختلف آزمایش بود  
انجام دهم

$$\triangleright B_m \propto \frac{v}{f}$$

در سردار

تغییری

اگر  $v$  و  $f$  تغییر  
بسیار کمی دارند

$$E_1 = 4.44 f \Phi_m N_1 \Rightarrow E \propto f B_m$$

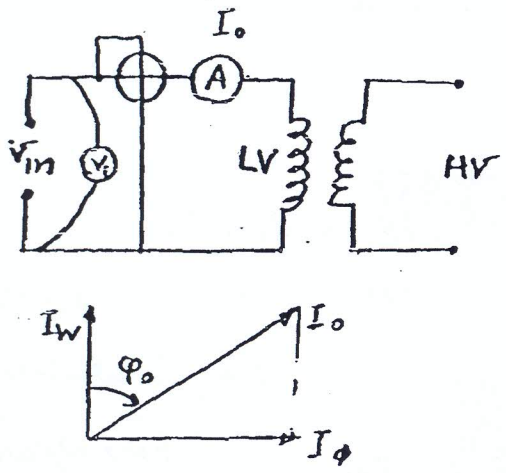
$$\frac{v}{f} = \text{cte} \Rightarrow \begin{cases} P_h = a f \\ P_e = b f^r \end{cases} \quad \frac{v_1}{f_1} = \frac{v_r}{f_r}$$

$$\begin{cases} a f_1 + b f_1^r = w_1 \\ a f_r + b f_r^r = w_r \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \triangleright B_m \propto \frac{v}{f} &\leadsto P_h = k' \left( \frac{v}{f} \right)^n f \\ &= k' v^n f^{1-n} \\ &= k' v^{1.7} f^{-0.7} \\ &= \frac{k' v^{1.7}}{f^{0.7}} \end{aligned}$$

مقادیر

۴ بارهای آزمایشی را با استفاده از مدارهای زیر و آزمایش اتصال کوتاه و بقیه می‌توانند.  
آزمایش مدار باز  $P_{Fe}$ ,  $R_o$  و  $X_o$



چون تلفات سیم است  $W \approx P_{Fe}$   
 و جریان نامی است

$$P_{Fe} = V_1 I_0 \cos \phi_0$$

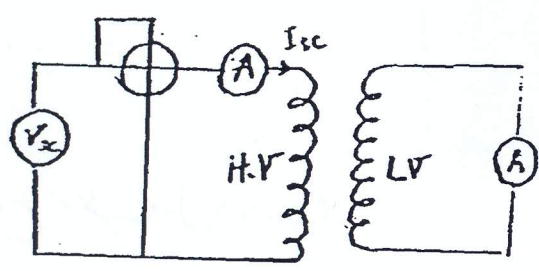
$$\cos \phi_0 = \frac{P_{Fe}}{V_1 I_0} \Rightarrow \phi_0$$

$$\begin{cases} I_w = I_0 \cos \phi_0 \\ I_\phi = I_0 \sin \phi_0 \end{cases}$$

$$R_c = \frac{V_1^2}{P_{Fe}} \quad G_o = \frac{P_{Fe}}{V_1^2}$$

$$X_\phi = \frac{V_1}{I_\phi} = \frac{V_1}{I_0 \sin \phi_0}$$

آزمایش اتصال کوتاه  $P_{cu}$ ,  $R_r$  و  $X_r$

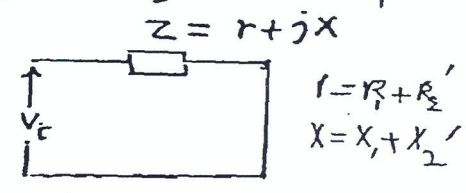


$$Z = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} \quad r = \frac{W}{I_{sc}^2}$$

$$P_{cun} = W = R_1 + R_2'$$

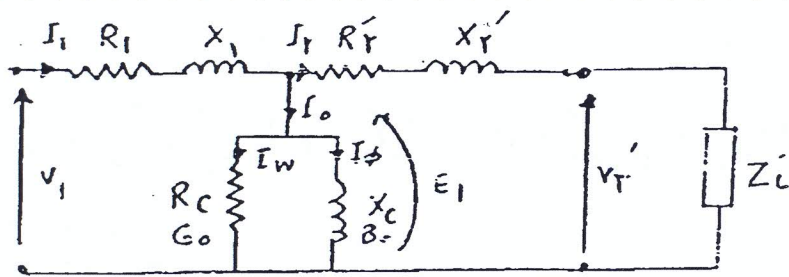
$$X = \sqrt{Z^2 - r^2} = X_1 + X_2'$$

۴  $V_{sc}$  و  $I_{sc}$  را در جدول ثبت می‌کنیم  
 ۴ چون ولتاژ نامی است از مدار تحریک صرف نظر می‌کنیم



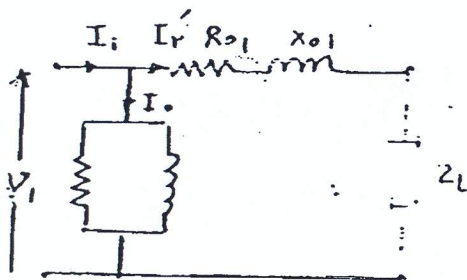
۴ دلیل وصل کردن  $V_n$  به سر LV در اتصال کوتاه  
 لتیل در آزمایش است چون نامی  $V_n$  در HV

۴  $P_{cu}$  و  $R_r$  و  $X_r$  و  $X_r'$  و  $R_1$  و  $R_2'$  و  $X_1$  و  $X_2'$  را در جدول ثبت می‌کنیم. نتایج در طراحی  
 باید طوری کار را انجام داد که مغرب باشد.  
 - تفاوت را باید برای رجه حرارت کار دانستن می‌باشد.



مدار معادل T

$$I_1 = I_0 + I_2'$$

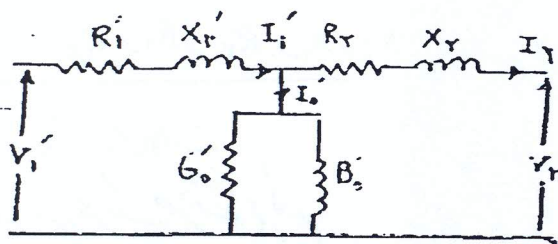
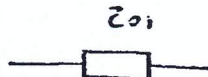
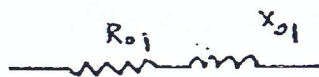


$$\begin{cases} R_{01} = R_1 + R_2' \\ X_{01} = X_1 + X_2' \end{cases}$$

مدارهای معادل تفریبی

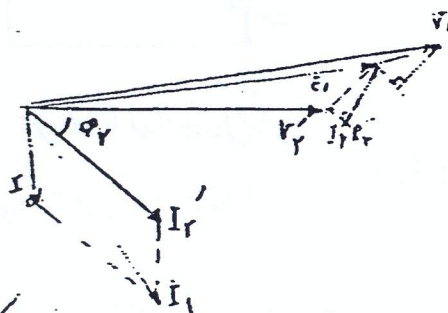
این تفریبها برای محاسبه جریان و ولتاژ است اما برای محاسبات تلفات باید از

مدار معادل اصلی استفاده کرده و نمودار دقیق را بدست آوریم.



ارجاع به طرف دوم

نمودار برداری برای ارجاع به طرف اول (مدار T):



با در نظر گرفتن بارهای ترانسفورماتور در بار حل آن خواهیم بود.

-  $R_1$  و  $R_2$  بجز بار تغییر نمی کنند و همین طوری  $X_1$  و  $X_2$  هم

استند.  $G_0$  و  $B_0$  برای ولتاژ نامی تعریف می شود و با تغییر ولتاژ ورودی شار ثابت نخواهد بود و تغییر می کند.

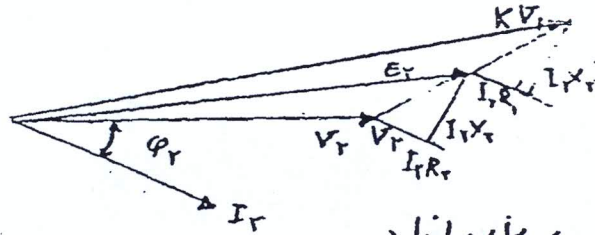
در نتیجه  $G_0$  و  $B_0$  نیز تغییر می کنند ولی با فرض ثابت بودن ولتاژ اولیه شار ثابت هستند.

۴. با توجه تلفات هسته است که در ولتاژ ثابت شار ثابت است.

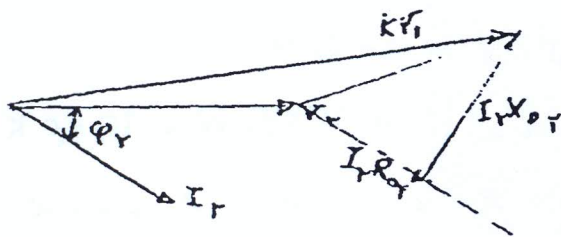


$$I_1 = I_o + I_r'$$

۴ می توانیم از  $I$  ضرب کنیم



۴ از اینجا که در این  $E_r$  ترسوزی برای ما ندارد می توانیم تنها یک سکت رسم کنیم

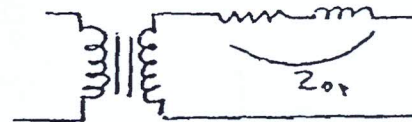
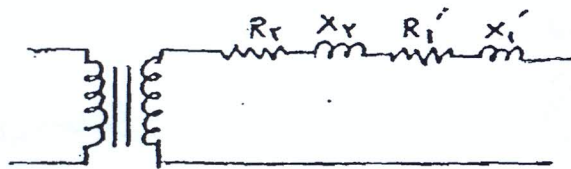


$$\begin{cases} R_{0r} = R_r + R_1' \\ X_{0r} = X_r + X_1' \end{cases}$$

در مورد ترانسفورماتورهای بزرگ این تقریب به قدری

خوبی است.

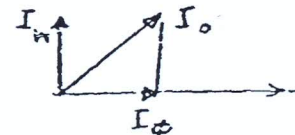
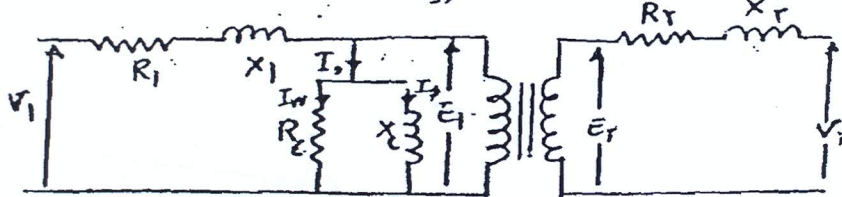
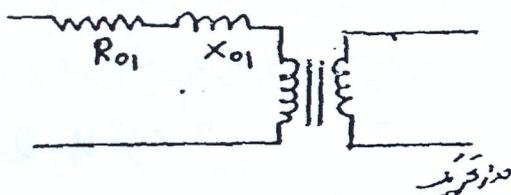
۴ می توانیم مدار معادل به این شکل نزدیک آورد:



مدار معادل ترانسفورماتور

۴ مدار همطور حالت (د مدار همطور دارد)

۴  $I_o$  خازران آن نگاه است.



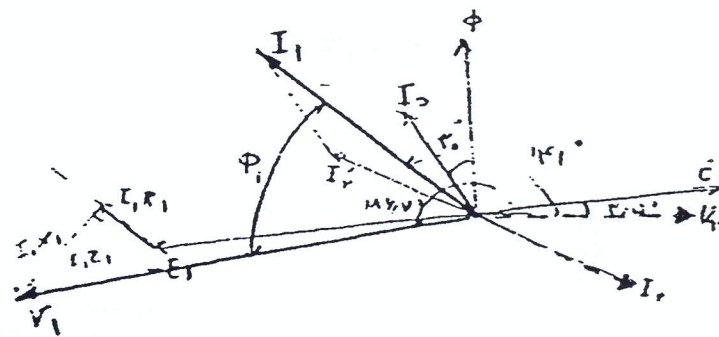
$$P_{Fe} = I_w^2 R_c \quad I_1 = I_o + I_r'$$



$$\phi_1 = 184.7^\circ - 141^\circ$$

$$= 43.7^\circ$$

$$\cos \phi_1 = \cos 43.7^\circ = 0.7241$$



در لغات سران ← توان اولیه در جهت بار

$$P_{Fe} = P_o = V_1 I_o \cos \phi_o = 11540 \times 1.25 \times \cos 43.7^\circ = 7210 \text{ W}$$

$$R_{or} = R_r + k^2 R_1 = 0.04 + \frac{20}{19.4^2} = 0.1257 \Omega$$

$$P_{cu} = I_r^2 R_{or} = 200^2 \times 0.1257 = 5020 \text{ W}$$

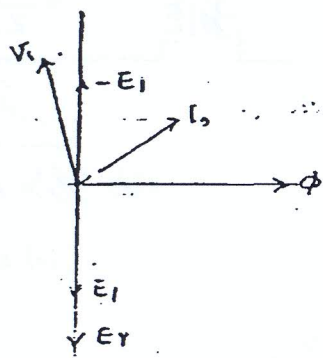
$$\Delta P = P_{Fe} + P_{cu} = 5020 + 7210 = 12230 \text{ W} = 12.23 \text{ kW}$$

$$P_o = V_r I_r \cos \phi_r = 500 \times 200 \times 0.8 = 80000 \text{ W} = 80 \text{ kW}$$

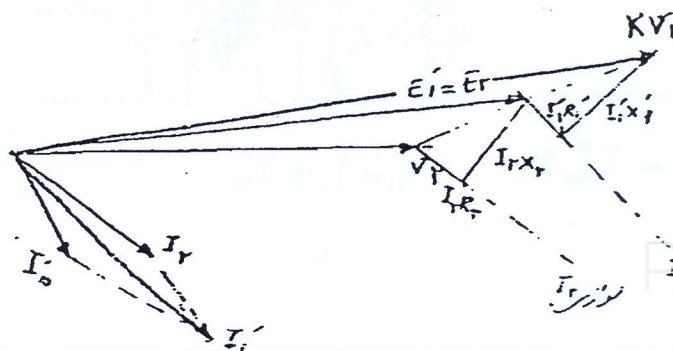
$$\eta = \frac{P_o}{P_o + \Delta P} = \frac{80000}{80000 + 12230} \times 100 = 86.74\%$$

▲

نمودار برداری استاندارد



می‌توانیم نمودار برداری نیم صفحه بالا را به نیم صفحه پایین ارجاع  
سیم تحریک و دینامو را در k ضرب کنیم و در بارها را در  $\frac{1}{k}$  ضرب  
نیم. مثلاً از سیم تحریک  $V_r$  قرار می‌دهیم.

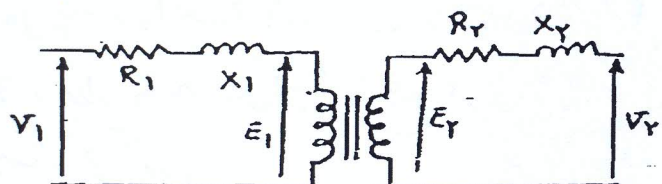


○ در ترانزفورماتور با ضریب تبدیل ۱:۱۹/۵ (یعنی تران ضریب تبدیل را با نسبت ولتاژهای نامی بهم نشان دار  $(220.7/220.7)$  ،  $R_1=25\Omega$  ،  $X_1=100\Omega$  ،  $R_2=0.06\Omega$  ،  $X_2=0.125\Omega$  جریان پرایم  $I_o=1.25A$  که نسبت به پرایم فاردار .  
 ثانویه  $200A$  را با ولتاژ  $220V$  و  $\cos\phi=0.8$  پس فاز کوئیل می دهند . بار هم نمودار برداری ، ولتاژ اولیه و ضریب توان اولیه در اندون را بدست آورید .

در ضریب توان معادل  $0.8$  و  $\sin\phi=0.6$  است .  
 نسبت به عنوان بنیادی رسم نمودار قابل دسترسی نیست . به دنبال از میان کمیات معلوم انتخاب کرد .  
 در اینجا  $V_2$  را به عنوان بنیاد نظر می گیریم .  
  $V_2 = 500 \angle 0^\circ$

$$I_2 = 200 (0.8 - j0.6) = 160 - j120 A$$

$$K = \frac{1}{19.5}$$



از روی  $V_2$  با اضافه کردن  $I_2 R_2$  و  $I_2 X_2$  به ولتاژ  $V_2$  به دست می آید .  
  $E_2$  و  $V_2$  به هم می آید .

$$Z_2 = (0.06 + j0.125)$$

$$E_2 = V_2 + I_2 Z_2$$

$$= 500 + (160 - j120)(0.06 + j0.125)$$

$$= 539.4 + j32.8$$

$$= 541 \angle 3.5^\circ$$

$$E_1 = \frac{E_2}{K} = 19.5 E_2 = 10520 + j440 = 10540 \angle 3.5^\circ$$

$$-E_1 = 10540 \angle 183.5^\circ$$

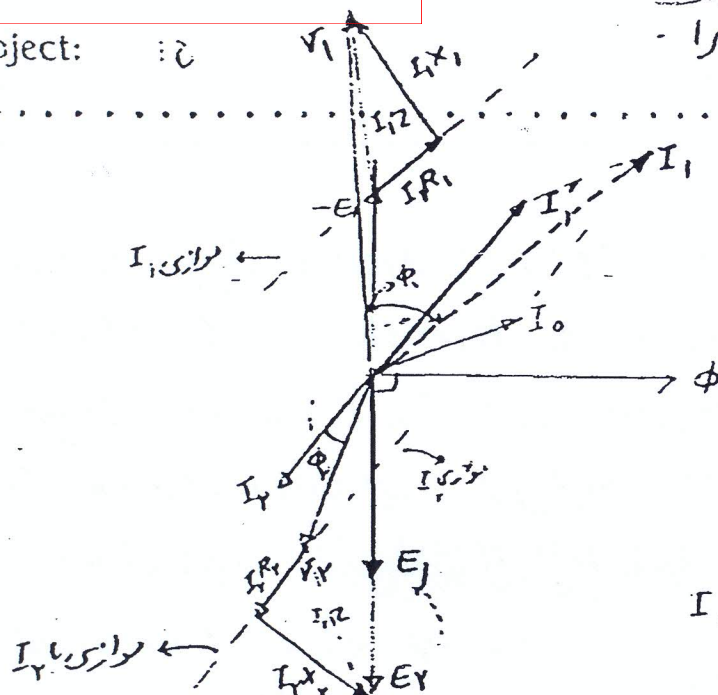
$$I_2' = -K I_2 = (-160 + j120) \times \frac{1}{19.5} = -8.21 + j6.15 A$$

$$I_o = 1.25 \angle 90^\circ = -0.49 + j1.04 A$$

$$I_1 = I_o + I_2' = -8.7 + j7.2 A = 11.45 \angle 141^\circ$$

$$V_1 = -E_1 + I_1 Z_1 = -10520 - j440 + (-8.7 + j7.2)(25 + j100) = -11462 - j1450 = 11540 \angle 186.7^\circ$$





۱. مار الفای: از مار کرم میگویند.

---

۲. مار  $E_2$  باید برسم غرض است ایند.

$\frac{E_r}{E_l} = k \rightarrow E_l$  در حال  
استاد  $E_r$  و با اندازه  
تغییر مدلت می‌آیند.

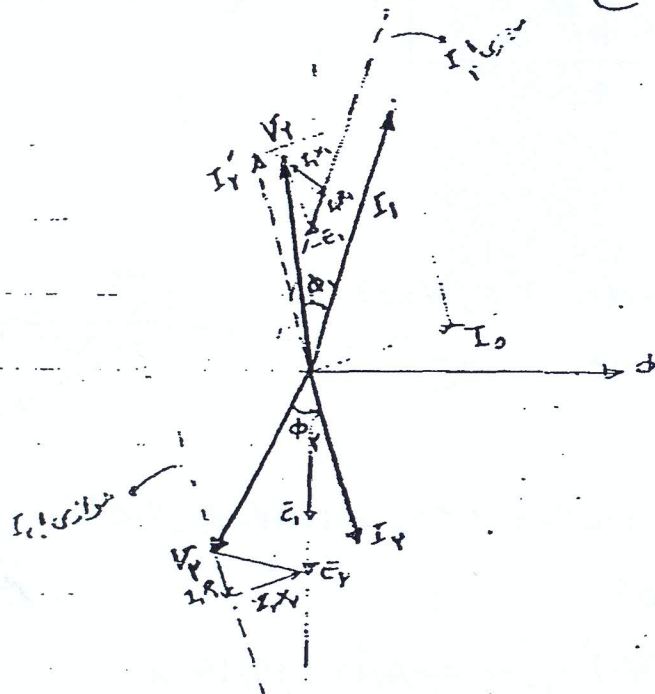
4. در طرف اول داریم:

$$I_1 = I'_1 + I_2$$

مقابل، جریان، طرف دوم

$$I'_1 = -k I_2$$

ضرب قرآن ادریک میسر لزم تا نوبه است چون الفای است خرد تر انفعول با نور.  
از روی  $\eta_2$  با انتقال  $\phi_2$ ،  $I_2$  بدست می آید. پس با رسم مسقط روی  $\eta_2$ ،  $E_2$  و متعاقب آن  $E_1$  و  $E_0$  را می بینیم.  
با انتقال  $180^\circ$ ،  $I_2$ ، برقرار  $I_1'$  بدست می آید که با جمع با  $I_0$ ،  $I_1$  را می سازند. حال با رسم مسقط روی  
 $E_1$ ،  $\eta_1$  را بدست می آوریم.



۵. رخنه‌ها

۴۰ در اینجی کوه پیر از تمامت در  
حالی که در القای بر عکس بود یعنی در  
نیافتن لذت منفی (فناوری) داریم .  
۴۱ پس خانم می توانست لذت را اصل بزند .  
لذت را بر خنثی ندازیم و تنها بعنوان چیز دیگر  
آن استفاده می شود . مصدق بود و بر سنی  
... نحواً القای است .

ضربِ توانِ اوشه سرفراز است دلی که جگر است به بار حازنی با لب نصیح طرب توانم

« خائن وقتی با بار مولای خود هم ضرر نبرد که انت و انت را جلالت می کند.

اندازه‌های رانندگی

$$X_{L1} = X_1 = \omega L_1$$

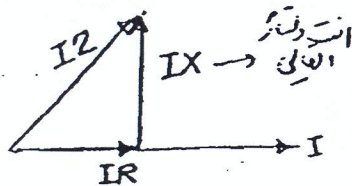
$$X_2 = \omega L_2$$

• رانندگی برآیندی

$$E_{L1} = j X_1 I_1$$

$$E_{L2} = j X_2 I_2$$

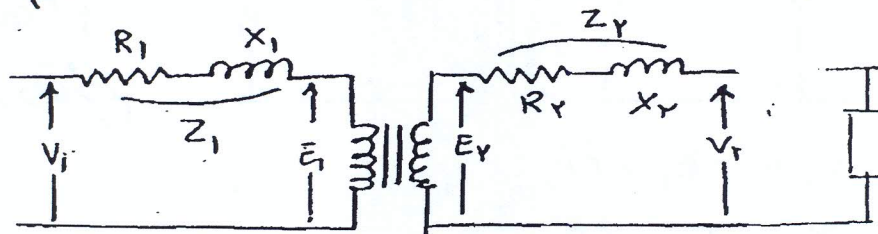
انت رانندگی و رانندگی ۱۹۰۰  
ماژ دارد.



$$\Delta V_1 = I_1 R_1 + j I_1 X_1$$

$$\Delta V_2 = I_2 R_2 + j I_2 X_2$$

• مجموعی تفاوت سیستم سیم، اضافه‌ای بر رانندگی، صورت دو میدان نشان داده می‌شوند.  
• ترانسفورماتور واقعی را بصورت یک ترانسفورماتور ایده‌آل و دو اندازش سیم‌بندی می‌کنیم. (دو بار)

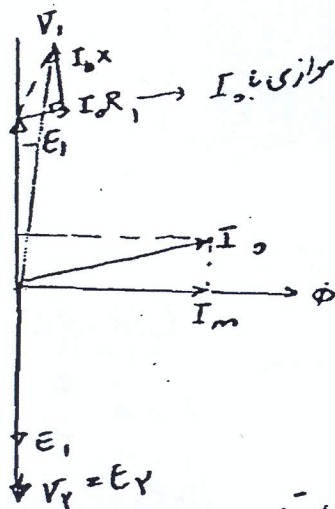


نوع بار  
تعیین می‌کند

$$V_1 = -E_1 + I_1 Z_1$$

$$V_2 = E_2 - I_2 Z_2$$

• مورد حالت  
ی بار



• در حالت بی بار

• در حالت مشخص ال مورد دارا رسم می‌کنیم:  
(از نظر مصرف)

$$\cos \phi_2 = 1 \quad \text{۱- اهمی}$$

۲- القایی:  $\cos \phi_2$  پس فاز بت جریان بخت برابر لند

۳- خازنی:  $\cos \phi_2$  پس فاز بت جریان جبر برابر لند

معمولاً ترکیب این سه حالت را داریم یعنی ترکیب اهمی - القایی

و اهمی - خازنی است. پس در واقع ادوا اصطلاح بار القایی، در بار خازنی، است که تعریف می‌شود.

$$E_2 = V_2 + I_2 Z_2$$

• در حالت بی بار:

•  $E_1$  و  $E_2$  را نداریم و فقط این صورت فرض می‌کنیم.

نقطه  $V_2$  و  $V_1$  را می‌توانیم اندازه بگیریم.

۹۸



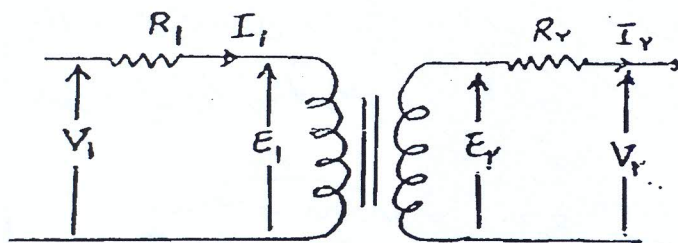
تلفات نروانفوزیال در آهن به نسبت دگرگونی به بار ندارد.  $P_{Fe} = cte.$

✓ مس به تناسب  $I^2$   $P_{cu} \propto I^2$

زان نامی برخطی به ضریب توان ندارد. ضریب توان بار نیز متغیر است.

زان نامی برابر با  $VA$  بیان می شود  $\Rightarrow$  (۱) اسات تلفات دگرگونی ضریب توان ندارد. (۲) ضریب توان نیز متغیر است.

A



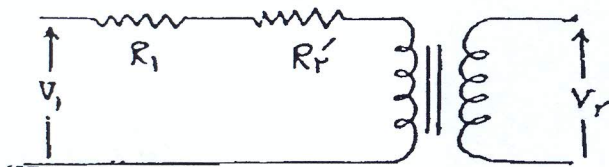
$$V_1 = -E_1 + I_1 R_1$$

$$V_2 = E_2 - I_2 R_2$$

$$\begin{cases} P_{cu1} = I_1^2 R_1 \\ P_{cu2} = I_2^2 R_2 \end{cases}$$

مقادیر ساده به تلفات است و تلفات را می توانیم ایجاد می کنند.

با انجام ارجاع



$$P_{cu2} = I_1^2 R_2' = I_2^2 R_2$$

$$\rightarrow R_2' = \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 R_2 = \frac{R_2}{K^2}$$



Likage:

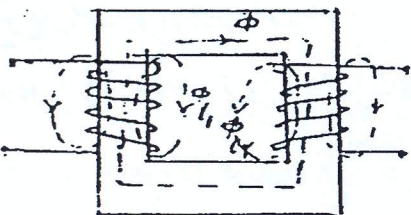
پدیده نروانفوزی (نسبی) است:

$$K_L = \frac{\Phi_t}{\Phi} = \frac{\Phi + \Phi_L}{\Phi}$$

شاید بگویید: خودسیم بچپا خواهد بود. شریف است و فعال

ست که هر دو سیم یکی را در بر می گیرد.

نروانفوزی در خود اولیه و ثانویه طبق نروانفوزی اتفاق می افتد.



$$e_{L1} = -N_1 \frac{d\Phi_{L1}}{dt}$$

$$e_{L2} = -N_2 \frac{d\Phi_{L2}}{dt}$$

اما  $e_{L1}$  و  $e_{L2}$  با ولتاژ اصلی منفرجه می کنند و این برای یافت و تلفات هستند و تلفات را می توانیم ایجاد می کنند. در اینجا هستند.



$$\triangleright \eta_{max} \leftrightarrow P_{cu} = P_{fe}$$

Date: ۱۲

Subject:

POWEREN.IR  
PowerEn.ir

$\phi_1' = \phi_r$  افزایش یافته  $\phi_1'$  را ایجاد می‌شود :

۴. حد اکثر بزرگ جریان نامی است یعنی بار درون هسته ؛ این جریان کم بوجود می‌آید و ثابت

نی‌باشد

۵. به علت ثابت ماندن  $\phi$  جریان تحریک همیشه ثابت است و بنا بر این تلفات آهن در ترانسفورماتور

در بارهای مختلف ثابت است.  $P_{تلف} = I_w V_1 = \text{const.}$

$$P_{cu1} = R_1 I_1^2 \quad \text{و} \quad P_{cu2} = R_2 I_2^2 \quad P_{cu} = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2$$

• ارجاع کمیات : معادل قرار دادن کمیات طرز اولیه و ثانویه را ارجاع کمیات می‌گویند.

$$\triangleright I_1 \approx I_1' \Rightarrow I_1 = k I_2 \quad \text{ارجاع جریان} \quad (I_1 = I_1' + I_2)$$

$$\triangleright \frac{V_2}{V_1} \approx \frac{E_2}{E_1} = k = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow V_1 = \frac{V_2}{k} \quad \text{ارجاع ولتاژ}$$

$$\triangleright Z_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2/k}{k I_2} = \frac{V_2/I_2}{k^2} = \frac{Z_2}{k^2} \quad \text{ارجاع امپدانس}$$

مقادیر نامی

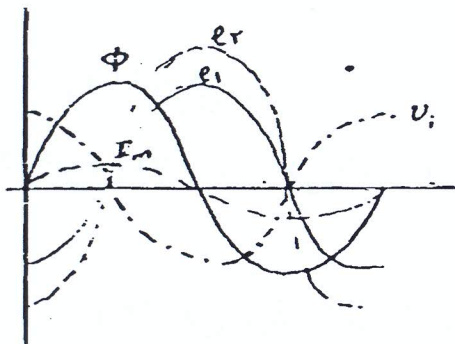
• مقادیر نامی : مقادیر فیزیکی که بیشترین براساس آنها طراحی ساخته شده نباید با آنها کار کنند.  
در ترانسفورماتور  $V_{1n}, I_{1n}$  و  $V_{2n}, I_{2n}$  (در قدرت نامی  $S_n$  و فرکانس نامی  $f_n$  را داریم.  
و  $\cos \phi_{1n}$  و  $\cos \phi_{2n}$  را داریم.

۵. بیشترین با مقادیر نامی کار کنند عمر نامی را دارد.

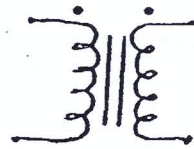
• مقادیر نامی به‌کار می‌روند که روی تابلو مشخصات حک شده‌اند. در مورد ترانسفورماتور کدوی  
تصاویر اولیه و ثانویه هم روی تابلو درج می‌شود.

۶. توان نامی ترانسفورماتور به توان ظاهری « است و به کیلو وات بیان نمی‌شود و بر حسب  
 $VA, KVA$  و  $MVA$  بیان می‌شود.

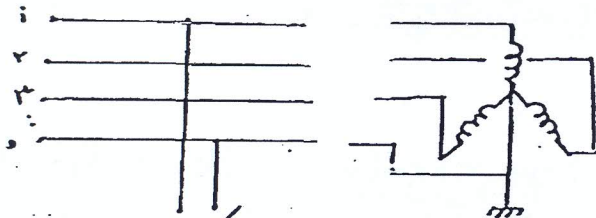
۷. ترانسفورماتور محدودیت توان ندارد (برچهار ورودی می‌دهد از طرفی می‌گیرد) آنچه که توان را  
مورد می‌نند تلفات است. در ترانسفورماتور اصطلاح « ظرفیت » (توان نامی) به‌کار می‌رود.



فایده‌ی نقطه گذاری: مرتفع دار سربا بتانیل مایه ترا

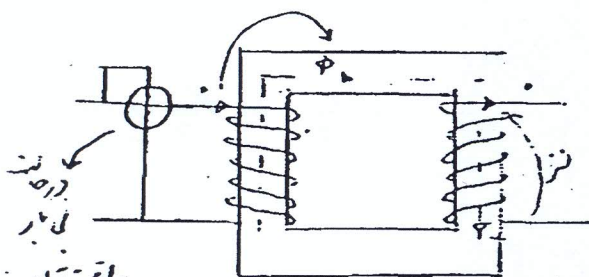


ترانسفورماتورهای توزیع سه فاز به شکل مثلث نیستند و به شکل ستاره هستند.



صفر مطلق وقتی است که سیم نول را به زمین وصل کنیم. (جریان متعادل صاف است به این خاطر انجام شود.)

سیم سیمی ثانویه نسبت به اولیه مجزا «ایزوله» است و ارتباط الکتریکی با آن ندارد. در مورد منبع جریان از مدار خارج می شود و در مورد مصرف کننده به مدار وارد می شود.

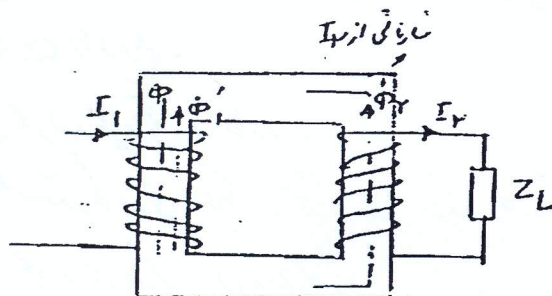


واحد توان تلف شده را  $P = V_1 I_w$  نشان می دهد

اصل ثابت ولتاژ شار: از حالت بی بار تا حالت باردار

در تمام حالتها شار مدار مغناطیسی ثابت است.

(رولتار ثابت - نالی)



$$I_1 = I_0 + I_1'$$

$$v_1 - e_1 = i_1 r_1$$

$$i_1 = \frac{v_1 - e_1}{r_1}$$

حالت گذرای بنام

ثابت «جریان هجومی»

وصل کردن ترانسفورماتور

به منبع ایجاد می آید.

در حالت گذرای ثانویه

باستاد  $i_1 \rightarrow$  کمتر می شود  $\rightarrow \phi_{eq} = \phi - \phi_r$  آکسردر زیاد می شود

$$N_1 I_1' = N_2 I_2$$

$$\rightarrow I_1' = \frac{N_2}{N_1} I_2 = K I_2$$

۳- برای کندی صفر  
 این مفروضات است، جریان و دشاریم سینوسی هستند در حالی که مدخل این ولتاژها بعضی از این یکپارچگی  
 سینوسی نیستند

$$\phi = \phi_m \sin \omega t$$

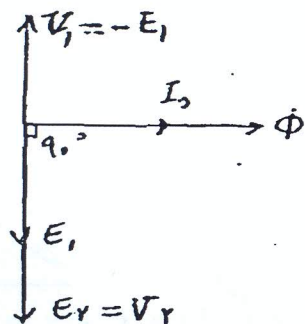
$$I_o = I_{om} \sin \omega t$$

$$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt} = -N_1 \omega \phi_m \cos \omega t \\ = N_1 \omega \phi_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

$$e_2 = N_2 \omega \phi_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

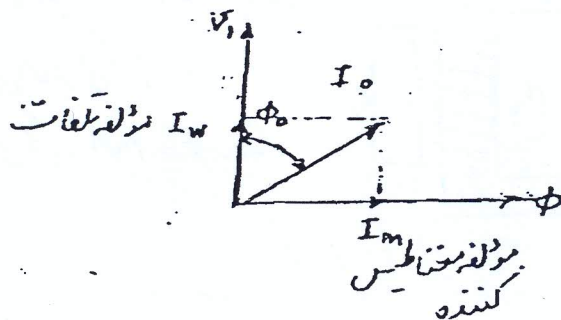
$$E_1 = \frac{N_1 \omega \phi_m}{\sqrt{2}}, E_2 = \frac{N_2 \omega \phi_m}{\sqrt{2}} \\ = 4.44 f \phi_m N_1 = 4.44 f \phi_m N_2$$

$\Delta \frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1} = K \text{ تبدیل} = \frac{V_2}{V_1}$ 
 $V_2 = E_2, V_1 = E_1$



$E_1$  و  $E_2$  نسبت به  $\phi$  پس از  $\frac{\pi}{2}$  دارند.

۴- جریان تحریک هم فاز باست رتبه

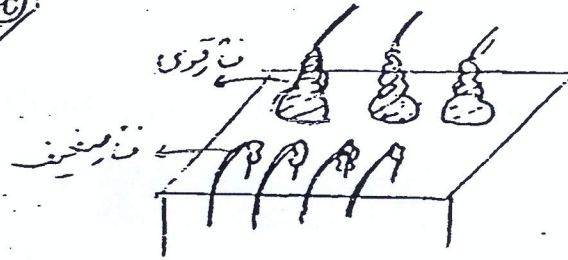
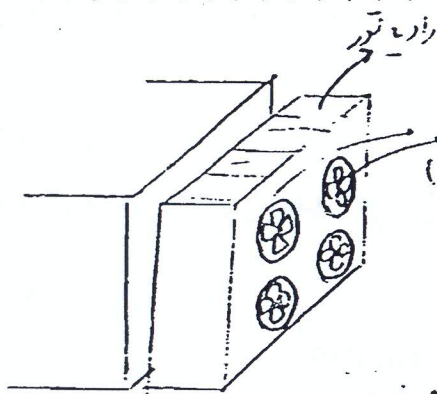


$$P_{Fe} = V_1 I_w$$

$$I_o = \sqrt{I_m^2 + I_w^2}$$

۴- سیم پیچ اولیه L دارد ۲ دارد برابر این  
 $I_o$  و  $V_1$  هم فاز نیست. علاوه بر آن تلفات فوکو و هیستریزیم هم خود را در  $I_w$  ظاهر می کنند.

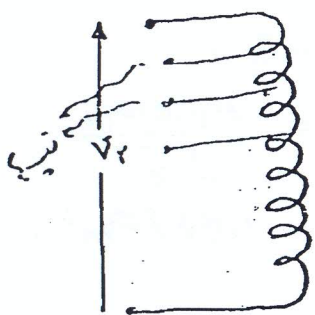




مقده‌ها

عائق‌گرفتن در پهنای باند

رابطه به‌ظرف

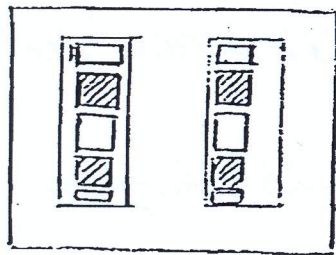
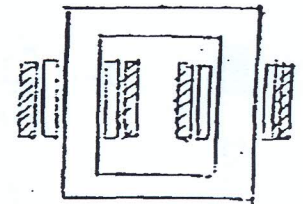


Tap Changer : وظیفه این سیستم تغییر دادن تپ (tap) های است که ولتاژ را می‌تواند تغییر دهد تا می‌دهند.

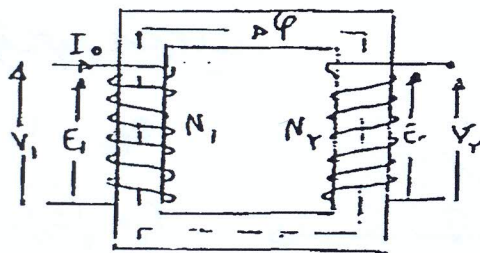
در واقع وظیفه آن تنظیم ولتاژ است.

با تقسیم سیم به سیم‌های بزرگ‌تر و کوچک‌تر

سیم‌های ساندویچی



اصول کار ترانسفورماتور



در هر حالت بی بار جریان  $I_0$  از اولیه گذشته و سیم‌های رادار

هسته ایجاد می‌کنند و سیم‌های مغناطیسی ایجاد می‌کنند.

در این سیستم سیم‌های اولیه و ثانویه سیم‌های تحریک‌دهنده  $E_1$  و  $E_2$  القایی می‌شوند.

اصل ثابت کردن شار

ترانسفورماتور ایده آل (بدون تلفات)

۱-  $\mu_r = \infty$  یا یعنی  $B-H$  خطی (تلفات پس‌انداز و هدر خورد ندارد)

۲- تلفات همفرات  $r=0$



$$\frac{S_a}{S_b} = \frac{Z_b}{Z_a}$$

$$Z_a \propto \frac{1}{S_{na}} \quad Z_b \propto \frac{1}{S_{nb}}$$

اگر توان نامی نسبت یکسان باشد

$$Z_a' = \frac{Z_a}{Z_B} = \frac{Z_a S_{nb}}{V_B^2}$$

برای هر دو سرب

$$S_a = S \frac{k/S_{nb}}{k/S_{na} + k/S_{nb}}$$

حالت نامی  $Z_a' = Z_b'$   
ضریب تقسیم سربها  
برای سرب K می گیریم

$$S_b = S \frac{S_{nb}}{S_{na} + S_{nb}}$$

$$S_a = S \frac{S_{na}}{S_{na} + S_{nb}}$$

با به نسبت ظرفیت نامی تقسیم می شود - بهترین حالت و حالت ایده آل

اگر توان نامی  $S_{na} = 500 \text{ MVA}$  و  $S_{nb} = 100 \text{ MVA}$  باشد:

$$S_a = \frac{5}{6} \times 500 \text{ MVA}$$

$$S_b = \frac{1}{6} \times 500 \text{ MVA} = \frac{500}{6} \text{ MVA}$$

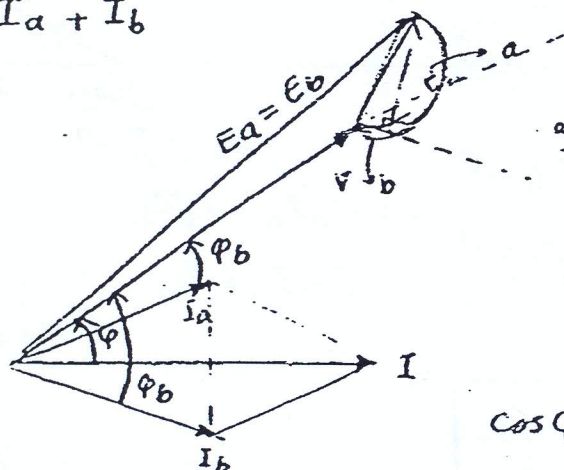
ضریب تقسیم در این حالت یک است.

$$\frac{R_a}{X_a} \neq \frac{R_b}{X_b}$$

$$Z_a' = Z_b'$$

$$E_a = E_b \quad (r)$$

$$\vec{I} = \vec{I}_a + \vec{I}_b$$



هر دو سرب  
در یک مدار  
مستقیم

$$I_a Z_a = I_b Z_b$$

$$S_a = S \frac{Z_b}{Z_a + Z_b}$$

$$S_b = S \frac{Z_a}{Z_a + Z_b}$$

ضریب تقسیم سربها با نسبت  $\cos \varphi_a \neq \cos \varphi_b$

$$Z_a = Z_b \Rightarrow I = r I_a \cos(\varphi_b - \varphi_a)$$

$$I_a = \frac{I}{r \cos(\varphi_b - \varphi_a)}$$

$$S_{fl} < S_{na} + S_{nb}$$

am



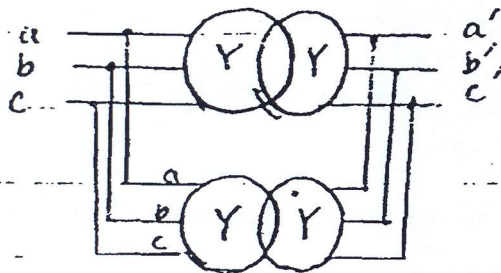
سیم مس

در شرط احتمالی برای ترانسفورماتورهای سه فاز: ۱- عدم وجود اختلاف فاز بین سیم‌های

معمولاً بین اولیه و اختلاف فاز نسبت به نوع اتصال احتمال اختلاف فاز وجود دارد. روش اتصال ستاره - مثلث و در این ترانسفورماتور ستاره ستاره

موازی است (تأثیر اولیه اختلاف فاز دارد) زیرا در این اتصال کوتاه بوجود نمی‌آید. این شرط اساسی است.

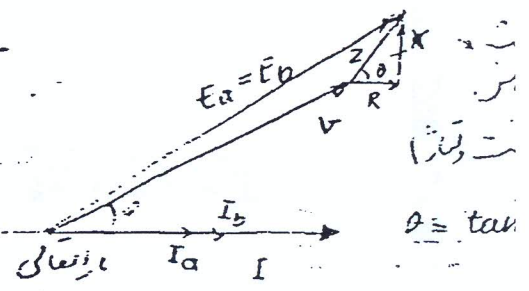
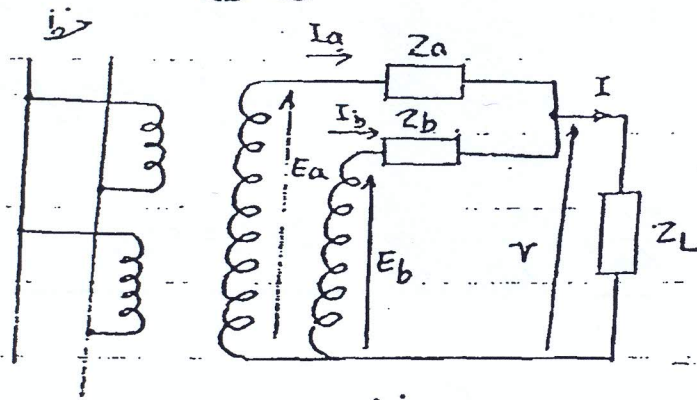
۲- معادل بودن ترادف فاز (توالی فاز) در خروجی abc و acb ممکن است.



بسیار است  $Z_a \neq Z_b$

رابطه ایده آل:

$$\frac{R_a}{X_a} = \frac{R_b}{X_b}, Z_a\% = Z_b\% \neq E_a =$$



$$\begin{cases} E_a - I_a Z_a = I Z_L = V \\ E_b - I_b Z_b = I Z_L = V \end{cases} \Rightarrow I_a Z_a = I_b Z_b$$

$$I = I_a + I_b$$

$$I_a = I \frac{Z_b}{Z_a + Z_b}$$

$$I_b = I \frac{Z_a}{Z_a + Z_b}$$

$$\frac{I_a}{I_b} = \frac{Z_b}{Z_a}$$

$$S_a = S \frac{Z_b}{Z_a + Z_b}$$

$$S_b = S \frac{Z_a}{Z_a + Z_b}$$



Subject:  $\phi_b = \tan^{-1} \frac{x_b}{r_b}$ ,  $\phi_a = \tan^{-1} \frac{x_a}{r_a}$

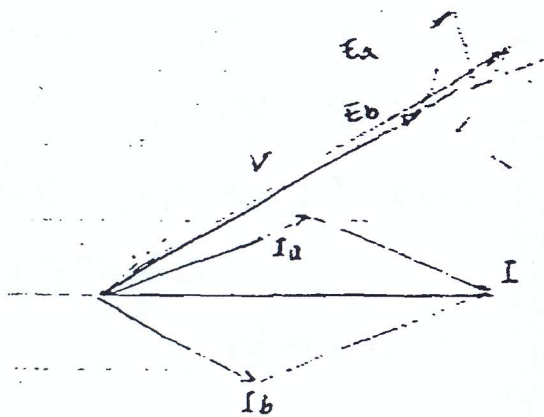
در سیستم فارسی گسیل (  $\phi_b - \phi_a$  ) ماژیم تران رادیتی داریم که

$\cos \phi_a \neq \cos \phi_b$

۵ اثر در این حالت در  $S_{nb} = 100 \text{ MVA}$  و  $S_{na} = 400 \text{ MVA}$  و  $500 \text{ MVA}$  باشد ، دیدنی شود که یک ترانس یا اعصابه بار کار خواهد کرد.

$E_a \neq E_b$  (۳)

در اینجا لیت دریده جریان ترشی  $I_c$  رخ می دهد که  
ماژیم شدن ترانس ها می شود .  
در اینجا لیت قسیم بار - نسبت توان ها نیست .



$E_a = I_a Z_a + V$        $E_b = I_b Z_b + V$

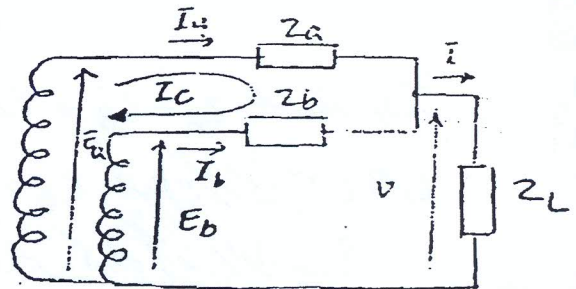
$I = I_a + I_b$        $V = I Z_L$

$I_a = \frac{E_a}{Z_a + Z_L + \frac{Z_L Z_b}{Z_b}} + \frac{E_a - E_b}{Z_a + Z_b + \frac{Z_a Z_b}{Z_L}}$

$I_b = \frac{E_b}{Z_b + Z_L + \frac{Z_L Z_a}{Z_a}} - \frac{E_a - E_b}{Z_a + Z_b + \frac{Z_a Z_b}{Z_L}}$

$I_a = \frac{E_a Z_b + (E_a - E_b) Z_L}{Z_a Z_b + Z_L (Z_a + Z_b)}$

$I_b = \frac{E_b Z_a - (E_a - E_b) Z_L}{Z_a Z_b + Z_L (Z_a + Z_b)}$



$I_a = \frac{E_a Z_b}{Z_L (a + b)} + \frac{E_a - E_b}{Z_a + Z_b}$

$I_c = \frac{E_a - E_b}{Z_a + Z_b}$

$I_b = \frac{E_b Z_a}{Z_L (Z_a + Z_b)} - \frac{E_a - E_b}{Z_a + Z_b}$

$Z_a Z_b \ll Z_L (Z_a + Z_b)$

حون تر افندر بالدر

صعرتت اتصال لکانه  
نزدیک می شود

$Z_a Z_b \ll Z_L$

Topic

$$I_c = \frac{E_a - E_b}{Z_a + Z_b}$$

در حالت بی بار هم جریان گزران داریم :

اگر بار اتصال کوتاه، نشود (  $Z_L = 0$  ) می توان از شرط فوق استفاده کرد.  
 ○ تعداد ترانسفورماتور  $B$ ،  $k$  برابر ترانس  $A$  می باشد. تعداد دورسیم نمی آنها برابر است؟ ترانسها را از یک منبع ولتاژ و یک فرکانس تغذیه کنیم کدام مورد صحیح است؟ در ضمن هتد بیان است.

(۱) تعداد ترانس  $B$ ،  $k$  برابر  $A$  است.

(۲) تلفات هتد  $A$ ،  $k$  برابر  $B$  است.

(۳) تعداد ترانسوریل بی بار  $A$ ،  $k$  برابر  $B$  است.

(۴) موارد ۲ و ۳ صحیح است.

$$V_1 = E_1 = \frac{4.44 f B_m A N_1}{k^2} \rightarrow B_m \propto \frac{1}{k^2}$$

$$P_{Fe} \propto (B^2 \times \text{حجم}) \propto \frac{1}{k^4} \times k^2 = \frac{1}{k}$$

$$I_o \propto P_{Fe} \propto \frac{1}{k}$$

گزینه ۴ صحیح است.

○ دو ترانس  $A$  و  $B$  دارای اسیدانس اتصال کوتاه  $Z_A - Z_B = 4 \angle 75^\circ$  هتد ولتاژ

بی بار آنها  $E_a = 1105 \angle 15^\circ$ ،  $E_b = 0.195 \angle -15^\circ$  جریان گردش بین این

دو ترانس موازی همسر است. نسبت جریان عبوری از دو ترانس کدام گزینه برابر است؟

(۱) ۱ (۲) نسبت ولتاژهای بی بار آنها (۳) نسبت توانهای ظاهری دو ترانس

(۴) در حالت سولونی وقوع چنین حالتی ممکن نیست.

$$I_c = \frac{E_A - E_B}{Z_A + Z_B} \rightarrow Z_L \text{ بزرگ} \rightarrow \text{رابطه تقریبی}$$

$$I_c = \pm \frac{Z_L}{Z_A Z_B + Z_L Z_A + Z_L Z_B} (E_A - E_B)$$



رابطه دیتونر  $Z_L = \infty \Rightarrow I_C = \frac{E_A - E_B}{Z_A + Z_B}$  (در حالت بی بار)

هرچه بار کمتر باشد، اختلاف بار بیشتر است. (در حالت بی بار، اختلاف بار  $\infty$  است.)

اتصال کوتاه  $Z_L = 0 \rightarrow I_C = 0$  (در حالت اتصال کوتاه)  $E_A \neq E_B$

در اتصال کوتاه  $I_C$  همواره صفر است (مستقل از  $E_A$  و  $E_B$ )

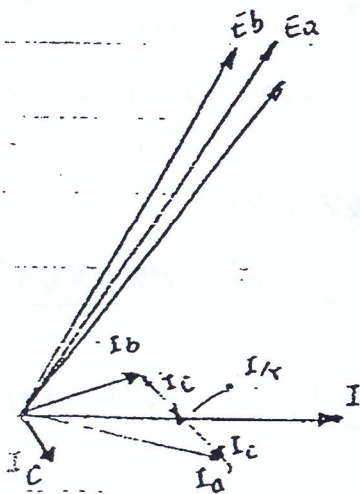
$$\begin{aligned} I_A &= \frac{Z_B E_A}{Z_A Z_B + Z_L (Z_A + Z_B)} = \frac{E_A}{Z_A} \\ I_B &= \frac{E_B}{Z_B} \end{aligned} \Rightarrow \frac{I_A}{I_B} = \frac{E_A}{E_B}$$

گزینه ی ۲

موازی کردن نترانس

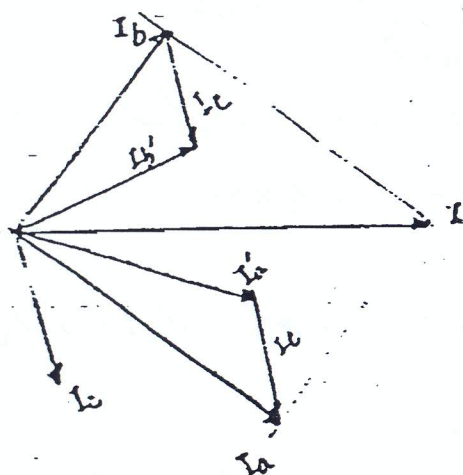
$$E_A = E_B = \dots$$

$S_k = S \frac{1}{Z_k \cdot \sum_{k=1}^n \frac{1}{Z_k}}$   $Z$  ها بر حسب p.u. نیست.



$Z_a \% = Z_b \% \rightarrow \begin{cases} \bar{I}_a = \frac{\bar{I}}{3} + \bar{I}_c \\ \bar{I}_b = \frac{\bar{I}}{3} - \bar{I}_c \end{cases} \rightarrow \bar{I}_c = \frac{\bar{I}_a - \bar{I}_b}{2}$





$$Z_a \% \neq Z_b \% \Rightarrow$$

$$\begin{cases} I_a = I_a' + I_c \\ I_b = I_b' + I_c \end{cases}$$

۰ دو ترانس A و B با قدرت ۵۰۰ KVA و ۲۵۰ KVA و ۷۵۰ KVA با فریب توان ۸۰٪ و ۷۵٪  
 را به یکدیگر موازی می‌کنند. ولتاژ مدار باز آنها به ترتیب ۴۰۵ V و ۴۱۵ V است.  
 ترانس را پیدا کنید.  $Z_a = 1 + j5\%$  و  $Z_b = 1.5 + j4\%$ . جریان برداشتی در حالت بی بار و تقسیم بار بین دو

$$\begin{cases} E_a = 405 V \\ E_b = 415 V \end{cases} \quad \text{در ترمینال} \rightarrow 400 V$$

$$I_a = \frac{500 \text{ KVA}}{400} = 1250 \text{ A} \rightarrow R_a = \frac{1}{100} \times \frac{400}{1250} = 0.0032 \Omega$$

$$X_a = \frac{5}{100} \times \frac{400}{1250} = 0.016 \Omega$$

$$\Rightarrow Z_a = 0.0032 + j0.016 = 0.0164 \angle 78.1^\circ$$

$$\begin{cases} R_b = 0.0094 \\ X_b = 0.0204 \end{cases}$$

$$Z_b = 0.0207 \angle 64.1^\circ$$

$$\rightarrow Z_a + Z_b = 0.0164 \angle 78.1^\circ$$

$$Z_L = \frac{400^2}{75 \times 10^3 \angle -34.9^\circ} = 0.214 \angle 34.9^\circ = 0.171 + j0.128$$

$$\xrightarrow{\text{ب.ا.ا.}} I_c = \frac{E_a - E_b}{Z_a + Z_b} = \frac{405 - 415}{0.0164 \angle 78.1^\circ} = -230 \angle -78.1^\circ$$

$$I_A = \frac{410 \times 0.143 \angle 78.1^\circ - (400 - 410) \times 0.214 \angle 34.1^\circ}{0.143 \angle 78.1^\circ \times 0.232 \angle 44.4^\circ + 0.214 \angle 34.1^\circ \times 0.434 \angle 72.9^\circ}$$

$$= 187.5 \angle -32^\circ \quad I_B = 97.0 \angle -30^\circ$$

$$S_A = 400 \times 97.0 \angle -30^\circ = 388 \text{ KVA} \angle -30^\circ \rightarrow \cos \phi_A = \cos 30^\circ = 0.866$$

$$S_B = 400 \times 187.5 \angle -32.4^\circ = 750 \text{ KVA} \angle -32.4^\circ \rightarrow \cos \phi_B = \cos 32.4^\circ = 0.844$$

$$\Rightarrow S_A = S_L \left( \frac{S_B}{S_A + S_B} \right)^* \quad \begin{cases} \frac{S_A}{S_B} = \left( \frac{Z_B}{Z_A} \right)^* \\ S_A + S_B = S \end{cases}$$

دو ترانسفورماتور به نامز با برده اتصال مشابه و توانهای ۷۵۰ و ۵۰۰ KVA در سده و کنار اتصال گرداد  
و ۴٪ و ۳٪ ضرایب کاهش مشابه به طور مشابه کاری کنند حد اکثر توان ظاهری که می توان از آنها اخذ  
ر به طوری که هیچ کدام متحمل اضافه بار نشوند؟  
بنابراین قدرت را قدرت ترانسیتی که بیشتر است در نظر می گیریم.  
 $U_{kr} = 3 \times \frac{750}{500} = 4.5\%$

$$1) S_T = S_{nT} = 500 \text{ KVA} \quad \frac{S_1}{S_2} = \frac{U_{kr}}{U_{k1}} \quad S_1 = 542.5 \text{ KVA} < 750 \text{ K}$$

$$S_1 + S_2 = 500 + 542.5 = 1042.5 \text{ KVA}$$

$$2) S_1 = S_{n1} = 750 \text{ KVA} \quad \frac{S_1}{S_2} = \frac{U_{kr}}{U_{k1}} \quad S_2 = 444.47 \text{ KVA} > 500$$

$$S_1 + S_2 = 750 + 444.47 = 1194.47 \text{ KVA} \quad \text{امتیاز: غنای متن}$$

## اصول ماشین های نردان (a.c)

dc - ۱  
ac - ۲  
سفر کردن  
استفادن

$$T_{av} \neq 0 \quad \omega_m = \frac{\gamma}{p} (\omega_s \pm \omega_r) \quad \text{شرط وجود استاتور}$$

۱)  $\omega_s = 0, \omega_r \neq 0 \Rightarrow \omega_m = \frac{\gamma}{p} \omega_r$  ماشین dc  
تخمین استاتور  
با جریان dc  
محدودیتی برای سرعت روتور نداریم  
در ماشین های dc قطب های استاتور بر حسب دقت های روتور صاف است.

۲)  $\omega_s \neq 0, \omega_r = 0 \Rightarrow \omega_m = \frac{\gamma}{p} \omega_s$  ماشین سنکرون  
اگر تعداد قطب  $\gamma$  باشد،  $\omega_m = \omega_s$  خواهد بود و محتمل برای هر چرخش روتور با فرکانس استاتور  
در سن می شود.

$$f_s = 50 \text{ Hz} \rightarrow f_m = 50 \text{ Hz}$$

در ماشین های سنکرون قطب های استاتور صاف و قطب های روتور بر حسب یا صاف است.

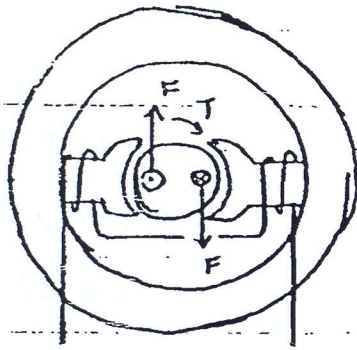
$$۳) \omega_s \neq 0, \omega_r \neq 0 \Rightarrow \omega_m = \frac{\gamma}{p} (\omega_s \pm \omega_r) \quad \text{ماشین استندرون}$$

سرعت حرکت روتور با فرکانس های استاتور در روتور می نیت. (غیر همزمان است).  
همه حالات بالا ممکن است تولیدی باشد. در حالت روتور گشتاور الکتریکی و مغناطیسی  
 $T_{av} \neq 0$  محرز است در حالت مولدی مخادم است.

$$T = \frac{1}{\gamma} i_s^2 \frac{dL_{ss}}{d\beta} + i_s i_r \frac{dL_{sr}}{d\beta} + \frac{1}{\gamma} i_r^2 \frac{dL_{rr}}{d\beta}$$

مغناطیسی  
تغیارت متغیاتی  
تغیارت متغیاتی  
تغیارت متغیاتی  
برلدام از استاتور یا روتور د قطب صاف باشد گشتاور دیگری صفراست.

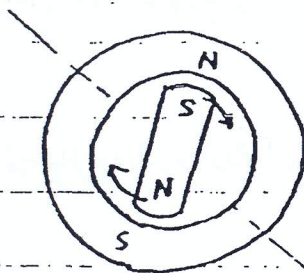




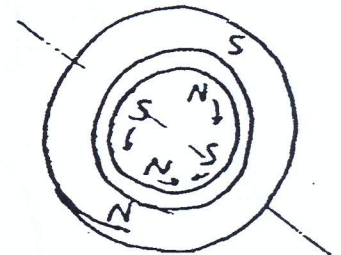
دو حرکت: کشنده (تغالبی) و تعادلی (مغالب) است.

انرژی در جهت جریان  
میدان به قدرت و در جهت  
جهت نیرو

تعداد قطب های روتور و استاتور مساوی نباشد، کشنده و مغرابت  
را ماشین جریان مستقیم و چه در جریان متناوب  
نذار فاز های روتور و استاتور لاثر کم نیست می باشد.



$T_{av} \neq 0$



$T_{av} = 0$

تعداد قطب های روتور و استاتور مساوی  
در حالت دو حرکتی قطب های روتور و استاتور  
متغیر هستند در لحظه به هم ندارند. اما در یک حرکتی  
با قرار گرفتن در میدان دیگری قطب های روتور  
به وجود می آیند.

در کشنده در خلاف جهت هم وارد می شوند  
در کشنده کل مغرابت  
روتور و استاتور در قطب

یک موتور جریان مستقیم ۰.۰۲ ولت با جریان نامی  $10^4$  در استاتور دو قطب وجود دارد و از هر  
یکی از این ساره با ۴ انتخاب دارد کشنده و کشنده است ؟

روتور  $a = p = f$

۲۰

استاتور  $p = r$

۱۵

$p_r \neq p_s$

۱۰۱

POWEREN.ir

### انواع میدانها

۱- ساکن و ثابت (d.c)

۲- ساکن و متغیر (ترانسفورماتور)

۳- میدان دوار (a.c)

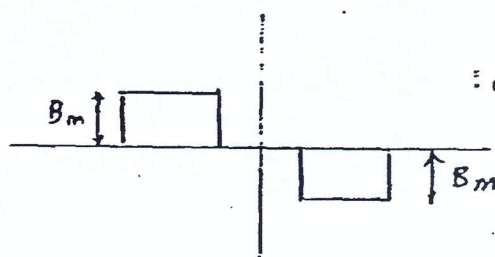
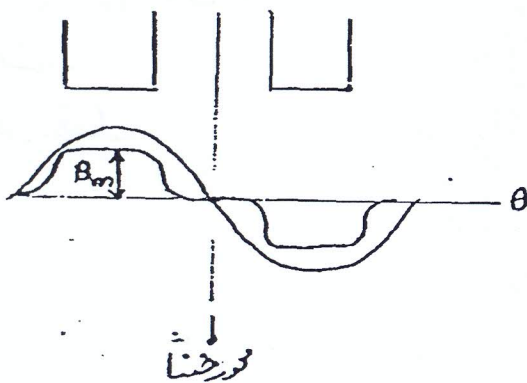
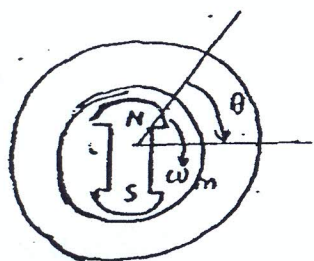
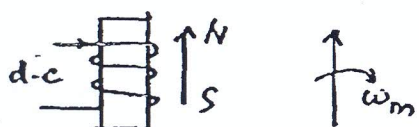
میدان ساکن و ثابت توسط حرکت d.c بوجود می آید.

در ماشین d.c میدانهای برآورد و استاتور ثابت ساکن است. روتور غیرمغناطیسی است و میدان ساکن است.

در ماشین سنکرون، روتور در حال چرخش و دارای میدان ساکن است.

ولی دقتی مرسوم به هر چرخش می کند میدان دوار بوجود می آید.

توزیع میدان دوار در فضای سینوسی است.



حالت ایده آل:

به شکل موج غیر ایده آل به صورت سری قرار می دهیم:

$$B = B_1 \sin \theta + B_3 \sin 3\theta + B_5 \sin 5\theta + \dots$$

برای نزدیک کردن شکل موج چگانی به شکل موج سینوسی از شکل دادن کفهای استفاده می شود.



به نزدیک شدن به نور کف قطب نامرئی برای بیشتر شده و منحنی سینوسی بیشتر به شکل مطلوب نزدیک می شود.

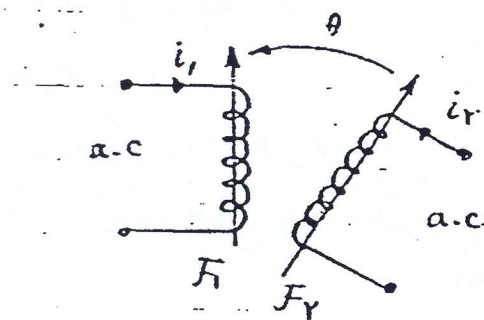


اگر ردتور را کمر خاییم به عنوان ناظر رزی ردتور در نقطه که هستیم میدان سگنی را می بینیم ولی به عنوان ناظر در استاتور میدان متغیر می بینیم.  
بنابرین توزیع میدان در در فاصله ی هوایی سنوسی است.  
وقتی که ردتور می چرخد در حقیقت مثل این است که شکل موج سنوسی فوق در فضائی می چرخد بنابرین توزیع میدان در در فاصله هوایی سنوسی است.  
۵. قضیه ی میدان دوار: از ترکیب چند میدان حاصل می شود:

(۱) محورهای میدان آنها با هم مختلف باشند.

(۲) شاخه های با هم مختلف باشند.

یا و یا با هم اختلاف فاز داشته باشند.



شرط (۱) بدون این که حرکتی لازم است.

شرط (۲) این است که شاخه های این دو سیم با هم اختلاف فاز داشته باشند.

در این صورت ترکیب میدان این دو سیم سیمی یک میدان دوار به وجود می آید.

$$i_l = I_m \sin \omega t$$

$$i_r = I_m \sin (\omega t - \varphi)$$

$$F_l = F_m \sin \omega t$$

$$F_r = F_m \sin (\omega t - \varphi)$$

اختلاف فاز زمانی →

۴ اگر  $m$  تا سیم سیمی  $m$  تا میدان وجود داشته باشد

شرط داشتن میدان دوار این است که بین هیچ کدام از آنها اختلاف زمانی در زمانی صفر نباشد.

۵ شرط بهینه این است که  $\varphi = \theta$  باشد تا دانه میدان دوار حداکثر است. (دانه سگنی دوار می نامیم)



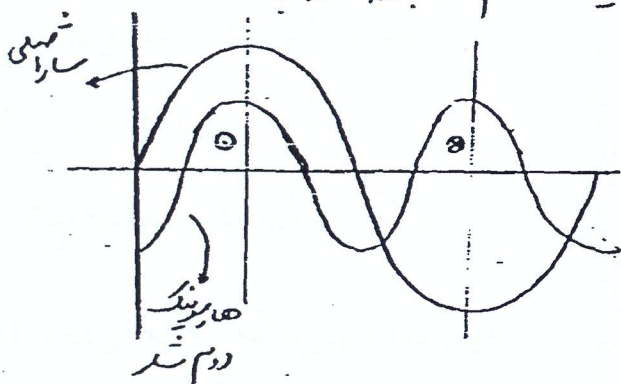
سیدان دوار: در موج شار به علت تفاوت نسبت بجزر قائم هارمونیک زوج وجود ندارد.

$$B = B_1 \sin \theta + B_3 \sin 3\theta + \dots$$

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

$$E = E_1 \sin \omega t + E_3 \sin 3\omega t + E_5 \sin 5\omega t$$

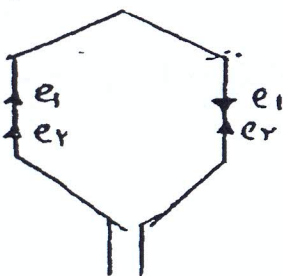
حتی اگر هارمونیک های زوج در موج شار وجود داشته باشد، در نیروی محرکه، هارمونیک های زوج وجود نخواهد داشت. فرض می کنیم در موج شار هارمونیک دوم وجود داشته باشد:



همه ها در بازو دارند که یکی زیر یک مثبت و یکی زیر یک منفی است.

اما همه ها نسبت به هارمونیک دوم بازرزانی زیر یک مثبت دارند در نتیجه ولتاژها تکل نبود، دیکتیر را خنثی می کنند.

$$y = \tau$$



اگر در سیم پیج خدینار اختلاف فاز مکانی با اختلاف فاز زمانی با اختلاف فاز سیدان ها برابر باشد، دانسته است می ماند و بهترین سیدان بدست می آید.

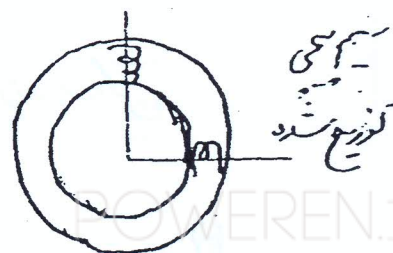
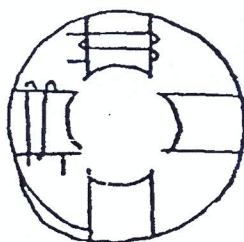
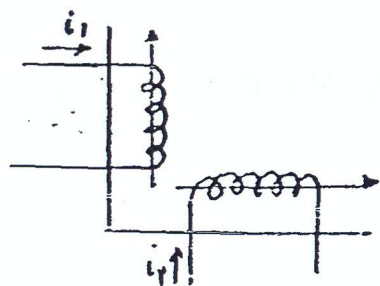
اختلاف فاز بین صربانها و ولتاژها در m فاز:

$$\alpha = \varphi = \frac{2\pi}{m}$$

استثنای حالت دوفاز  $\alpha = 90^\circ$  (بین دوفاز متعادل)

$$\alpha = \frac{2\pi}{3} = 120^\circ \quad \text{در سه فاز}$$

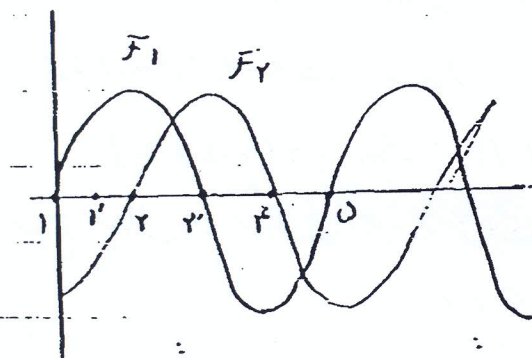
$$\begin{cases} i_1 = I_m \sin \omega t \\ i_2 = I_m \sin (\omega t - 90^\circ) \end{cases}$$



سیم پیچی  
کنزیم شد

به شیوه می توان استات کرده در رسم میچای ها با هم میدان دوار می سازند.

۱- ترکیبی برداری



$$F_1 = F_m \sin \omega t$$

$$F_2 = F_m \sin (\omega t - 90^\circ)$$

بردارهای میدان را در چند نقطه ی مختلف با هم جمع می کنیم.

$$(1) \begin{cases} F_1 = 0 \\ F_2 = -F_m \end{cases}$$

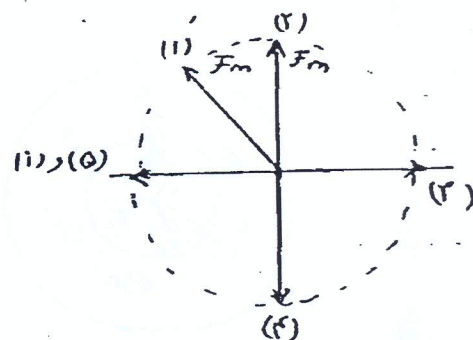
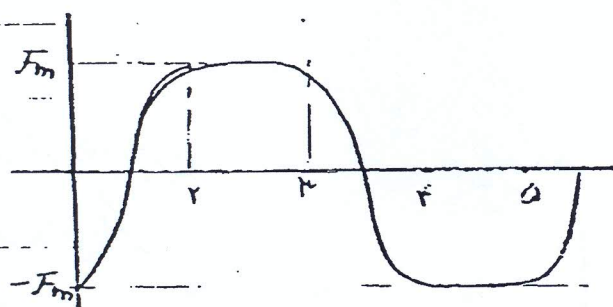
$$(2) \begin{cases} F_1 = F_m \\ F_2 = 0 \end{cases}$$

$$(1)' \begin{cases} F_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} F_m \\ F_2 = -\frac{\sqrt{2}}{2} F_m \end{cases}$$

$$(3) \begin{cases} F_1 = 0 \\ F_2 = F_m \end{cases}$$

$$(4) \begin{cases} F_1 = -F_m \\ F_2 = 0 \end{cases}$$

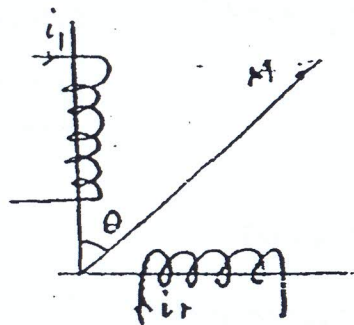
$$(5) \begin{cases} F_1 = 0 \\ F_2 = -F_m \end{cases}$$



میدان ثابت و دوار ای در می شود.

این روش تولید میدان را می دهد. اگر خازن  $C$  باشد دوار در ثانیه  $f$  دور می زند.  
 اگر اختلاف فازها یکی نباشد شکل کلی (درش) بعضی می شود یعنی میدان دوار متغیر.  
 اگر اختلاف فازها برابر و مخالف  $\frac{\pi}{2}$  باشد، باز هم شکل دایره ای خواهد بود اما دانه از دانه  
 نرم تر و کوچکتر خواهد بود.

۲- کلی



$$\begin{cases} F_l = F_m \sin \omega t \cos \theta \\ F_r = F_m \sin (\omega t - 90^\circ) \cos (90^\circ - \theta) \end{cases}$$

$$F_l + F_r = F_m \sin (\omega t - \theta)$$

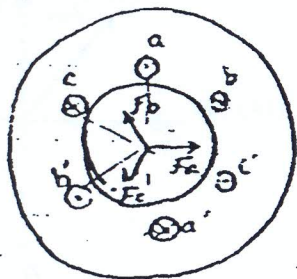
این دو کمیت تریس میدان را نشان می دهد که سینوسی است.

$$F_m \sin \theta \quad \leftarrow t=0$$

$$F_m \sin \omega t \quad \leftarrow \theta = \omega t$$

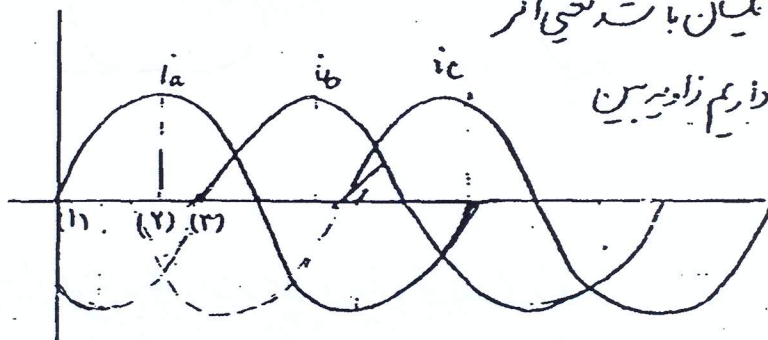
$$i = I_m \sin (\omega t - \theta)$$

میدان دوار   
 سیم پیچی سه فاز



سیم پیچی سه فاز بصورت   
 تقویم شده

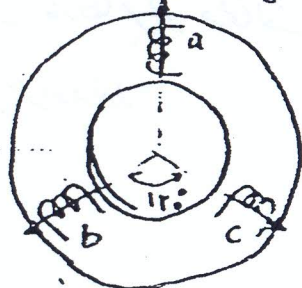
سیستم متغیر دقتی است که زاویه بین   
 سیم پیچی ها یکسان باشد یعنی اگر   
 سیم پیچی داریم زاویه بین   
 آنها



۲π / m

خواهد بود.

$$F_a + F_b + F_c = 0$$



در اینجا سیم پیچی ها بصورت   
 متغیر نشان داده   
 شده اند.

$$\begin{cases} i_a = I_m \sin \omega t \\ i_b = I_m \sin (\omega t - 120^\circ) \\ i_c = I_m \sin (\omega t - 240^\circ) \end{cases}$$



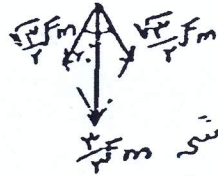


روش ۱:

$$\begin{cases} F_a = F_m \sin \omega t \\ F_b = F_m \sin (\omega t - 120^\circ) \\ F_c = F_m \sin (\omega t - 240^\circ) \end{cases}$$

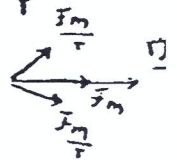
$$(1) \begin{cases} F_a = 0 \\ F_b = -\frac{\sqrt{3}}{2} F_m \\ F_c = \frac{\sqrt{3}}{2} F_m \end{cases}$$

$$\omega t = 0$$

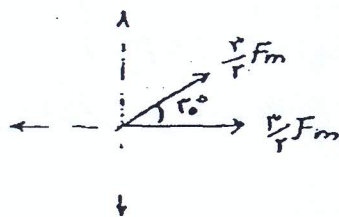
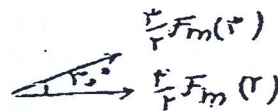


$$(2) \begin{cases} F_a = F_m \\ F_b = \frac{F_m}{2} \\ F_c = -\frac{F_m}{2} \end{cases}$$

$$\omega t = 90^\circ$$



$$(3) \begin{cases} F_a = \frac{\sqrt{3}}{2} F_m \\ F_b = 0 \\ F_c = -\frac{\sqrt{3}}{2} F_m \end{cases}$$



در تمامی فاز عوض شود راستگرد به چپ گرد تبدیل می شود.

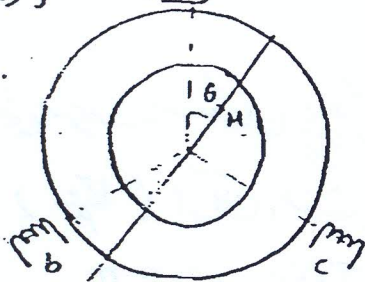
در حالت ۱ فاز دانه میدان دوار  $\frac{\sqrt{3}}{2} F_m$  بود، در حالت ۲  $\frac{F_m}{2}$  و در حالت ۳  $\frac{F_m}{2}$  کلی  $m$  فاز  $\frac{m}{2} F_m$  خواهد بود \*

$$P = v_a i_a + v_b i_b + v_c i_c \quad \text{در حالت کلی}$$

اگر سیستم متعادل باشد  
به از نظر زمانی

$$P = \sqrt{3} V I \cos \varphi$$

$$\begin{cases} v_a = V_m \sin (\omega t - \varphi) \\ v_b = V_m \sin (\omega t - 120^\circ - \varphi) \\ v_c = V_m \sin (\omega t - 240^\circ - \varphi) \end{cases}$$



روش ۲:

$$\begin{cases} F_a = F_m \sin \omega t \cos \theta \\ F_b = F_m \sin (\omega t - 120^\circ) \cos (120^\circ - \theta) \\ F_c = F_m \sin (\omega t - 240^\circ) \cos (240^\circ - \theta) \end{cases}$$

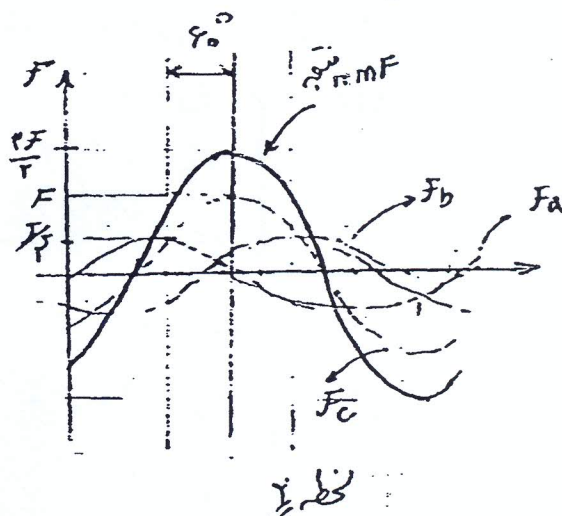
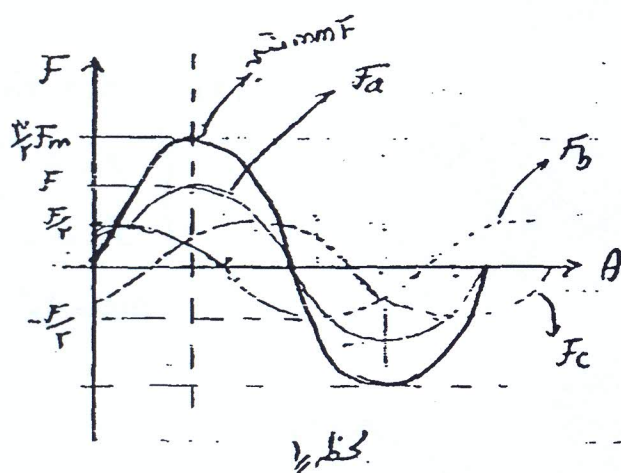
$$\vec{F}_a + \vec{F}_b + \vec{F}_c = \frac{\sqrt{3}}{2} F_m \sin (\omega t - \theta)$$

$$\text{در حالت دوازده} \quad \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = F_m \sin (\omega t - \theta)$$



تعداد نام

نظر کلی با افزایش تعداد قطبیت میدان تحریکی نمی‌تواند ولی دامنه آن متناسب با  $\frac{m}{p}$  است.  
 روش ۳: در این روش شکل زمانی نقطه نقطه شکل موجها را با هم جمع می‌کنیم.



$$F_a + F_b + F_c = 0$$

جمع زمانی آمپردوردها صفر است  
 جمع زمانی ولتاژهای آمپردوردها سینوسی است

می‌توان در نظر گرفت که میدان دوار مثل یک آهنربا است که با سرعت  $\omega$  می‌چرخد.

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega \text{ rad/s} \\ f \text{ r.p.s} \\ 60f \text{ r.p.m} \end{array} \right\} \xrightarrow[\text{سنترون}]{\text{سرعت}}$$

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

$$N_s = f \text{ r.p.s} = 60f \text{ r.p.m}$$

در حالت در قطبی

در حالت  $p$  قطبی

$$N_s = \frac{120f}{p} \text{ r.p.m}$$

سرعت سنترون  
 ماشین جریان مستقیم

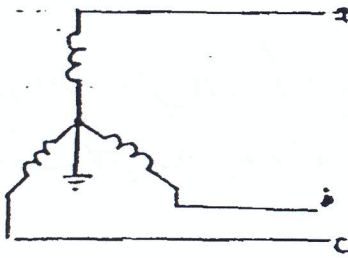
در حالت کلی چند قطبی سرعت سنترون با فرکانس جریان تحریک برابر  
 معنی سرعت میدان دوار  
 نیست. مضر (  $\frac{120}{p}$  ) از آن است.

$$f = 50 \text{ Hz} \quad \xrightarrow{p=2} \quad N_s = 3000 \text{ r.p.m}$$

$$p=4 \quad N_s = 1500 \text{ r.p.m}$$

$$p=6 \quad N_s = 1000 \text{ r.p.m}$$

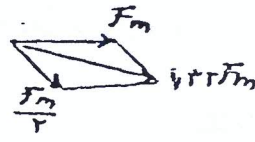
ماشین سنترون: روند با سرعتی معادل سرعت میدان دوار می‌چرخد.



میدان دراز خازیم درشت دلی دانسی آن ثابت نخواهد بود.

$$F_a = F_m$$

$$F_b = -\frac{F_m}{2}$$



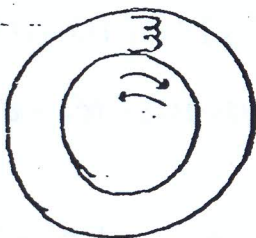
دو فاز می شود ولی

نامعادل است.

• ثابت کنید که یک میدان ضربانی لای توان به دو میدان دراز معکوس هم بخیزد نکرد. (بارانه نصف)

$$F = F_m \sin \omega t \cos \alpha$$

• میدان ساکن دستگیر متغیر  $\equiv$  میدان ضربانی  
تغایر متغیر



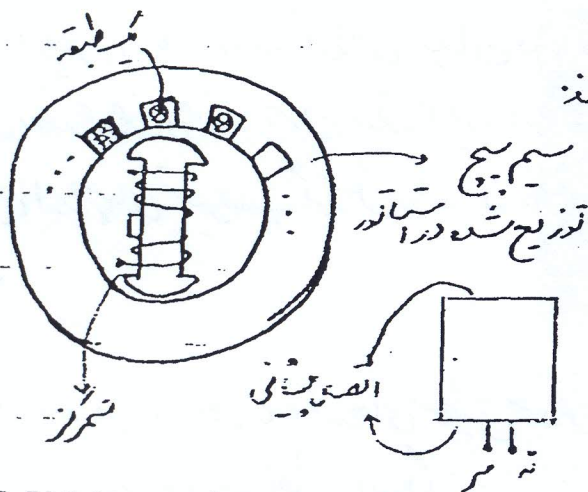
$$F_m = \frac{F_m}{2} [\sin(\omega t - \alpha) + \sin(\omega t + \alpha)]$$

$$= \frac{F_m}{2} \sin(\omega t - \alpha) + \frac{F_m}{2} \sin(\omega t + \alpha) = F_f + F_b$$

چیدر  
ماستدر

سیم سیمی از یک پیکر ماشینهای جریان متغیر

رودر ماشین سنگرین با استنکرون خونی کند



بجادی سیم که به صورت سیمی یا مولزی

با ترکیب آنها اتصال پیدا کرده اند.



۱- یک طبقه  
۲- دو طبقه در هم

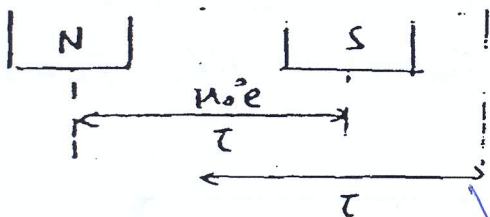
یک طبقه  $\rightarrow$  هم مرکز  
به ازای قطب

به ازای جفت قطب

جریان a.c  $\rightarrow$  هم یک طبقه هم دو طبقه

هر جفت قطب ۳۳ الکتریکی  $\rightarrow \alpha_e = \frac{P}{2} \alpha_m$  زاویه الکتریکی

$$T = a \cdot i = 1.8 \cdot e = \tau$$





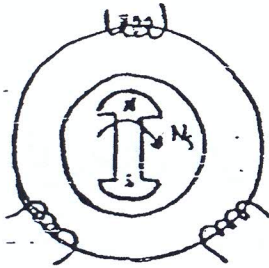


در ماشین متحرک

$$N_s = N_r$$

سرعت میدان دوار

شرط ثابت ماندن این است که میدانهای روتور در یک جهت نسبت به هم ساکن باشند. در اینجا:

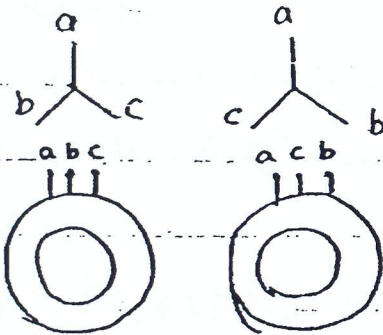


و ثابت کنند در صورت تقوین دو فاز جهت میدان دوار معکوس می شود.

$$F_a = F_m \sin \omega t \cos \theta$$

$$F_b = F_m \sin(\omega t - 120^\circ) \cos(120^\circ - \theta)$$

$$F_c = F_m \sin(\omega t - 240^\circ) \cos(240^\circ - \theta)$$

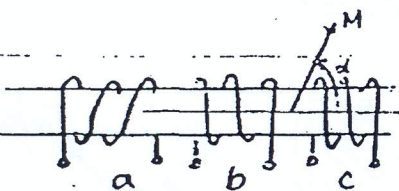


$$F_a + F_b + F_c = \frac{3}{2} F_m \sin(\omega t + \theta)$$

بنابر این با تقوین دو فاز جهت گردش میدان دوار در رتبه

جهت گردش روتور معکوس می شود، چون روتور همواره در جهت میدان دوار می چرخد.

بنابر این یکی از راههای تخریب جهت گردش روتور در ماشینهای جریان متناوب تقوین حبابی در آن است.



سه سیم سیم فاز a، b و c با محورهای منطبق عرضی است. برآیند نیروی محرکه مغناطیسی را پیدا کنید.

$$F_a = F_m \sin \omega t \cos \alpha$$

$$F_b = F_m \sin(\omega t - 120^\circ) \cos \alpha$$

$$F_c = F_m \sin(\omega t - 240^\circ) \cos \alpha$$

$$F_a + F_b + F_c = 0$$

یعنی اختلاف فاز مکانی میدان دوار نداریم.

در یک سیم سیم فاز و با اتصال ستاره در صورتی که یک فاز قطع شود به اتفاقی می افتد!

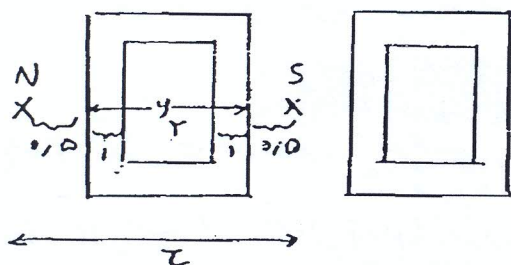
$$F_a = F_m \sin \omega t \quad F_b = F_m \sin(\omega t - 120^\circ) \quad F_c = F_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

مخاسبہ نامہ ایک ما :

$$(I) \begin{cases} y_1 = \tau - 1 \\ y_r = \tau + 1 \end{cases}$$

$$(II) \quad \begin{cases} y_1 = \tau - r \\ y_r = \tau \\ y_n = \tau + r \end{cases}$$

ہے از آسای حنّتِ قصب



به ازای قطب : رستم نمی به ازای قطب

حون او کرده سیم سخی ۲ قطب باید ای را کنند  
لذا می برد هم هستند

درسم بسی به ازای حقیقت عجب از هر چه ماضیه دارند.

مقدار قطب  $\frac{1}{2}$  شد  $\begin{cases} y_1 = \tau - 3 \\ y_2 = \tau - 1 \end{cases}$

بعد از فاز قطب  
 ↓  
 S, P,  $\Phi$

$$\dot{w}_r - q = \frac{s}{p\theta}$$

در قصبه در نماز (بر حسب شمار)

بائید عدد صحیح

$G = P$  به ازای  $\forall$

$$G = \frac{P}{Y}$$

اسم ہی یک طبقہ اسم مرکز

درسم سخی، از ای قط :

$$n = \frac{f}{2} \text{ تعداد میانی ها می باشد}$$

(سم سجی شایری)

در قسم سطحی به ازای حقیقت قطعی:  $n = q$  تعداد بیشترین حلقه های گره در

$n = q$  تعداد سیم های لرزه

۵ گام فاز: فاصله ی بین دو فاز است زیرا هر  $۱۲۰^\circ$  یا  $\frac{2}{3}$  گام قطب است.

$$y_{ph} = 120^\circ e = \frac{r}{r'} \tau$$

$$\tau = \frac{s}{p}$$

نیم سخی ۲۴ شیار، ۲ قطب هم مرکز، به ازای قطب سه نماز

$$q = \frac{Y_F}{Y_X \mu} = Y^F, \quad r = \frac{Y_F}{Y} = 1r$$

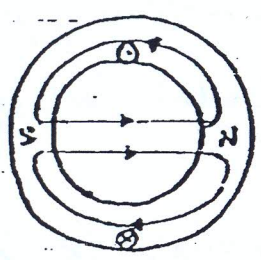
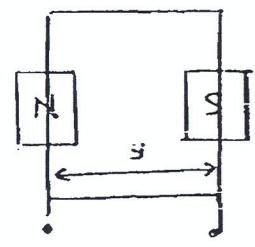
$$n = r$$

$$y_{ph} = \frac{r}{r} \times 1r = 1$$

$$G = Y$$

اسم صحابہ : خطیب - خطیب - تنہا

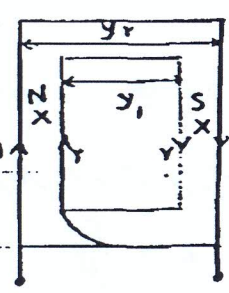
$\gamma = 180^\circ$   $\tau = 180^\circ$   
 گام کاری (کوتاه)  $\tau < 2$   
 آزمون یک بستر از  $180^\circ$  الکتریکی مابین به آن گام کوتاه گفته می شود. عموماً چند درجه کمتر است.



در هر یک که با ذری آن مقابل قطب ها هستند، با عرضش رود و  
 و ناثر آلفا می شود و اگر مدار آن بسته شود جریان ایجاد می شود. این  
 جریان، میدان ایجاد می کند و از قطب به هر دو می آرد.  
 پس هر یک از قطب ایجاد می کند.

### سیم سنجی هم کرانز

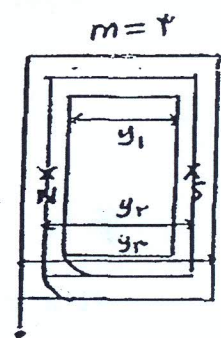
در نقشه ها قطب های ایجاد شده در یک ها را نمی کشیم. (حالت ذراتی در نظری گریم)  
 سیم سنجی هم کرانز یک طبقه است.



تعداد گره ها  
 (۲، ۳، ۴) معمولاً

رتبه:  $\tau = \frac{3}{p}$   
 $y < \frac{3}{p}$

گره یک  $m=2$

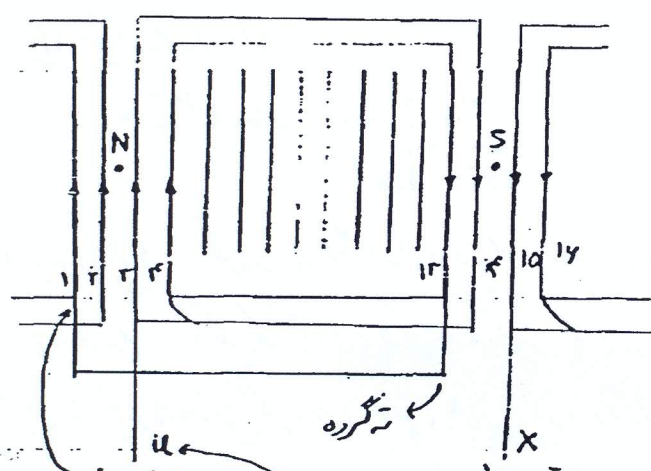


شکل II

نحوه اتصال یک ها به صورت سه به سه (کلاف)  
 در سه به سه ای است یعنی به صورت سری است تا نیروهای  
 محرکه با هم جمع شوند.

در سیم سنجی هم کرانز  
 به ازای قطب:  $G = P$  یعنی تعداد گره های سیم سنجی باز با تعداد  
 به ازای خست قطب:  $G = \frac{P}{2}$   
 قطب ها برابر است.





قطب: از وسط شیار در قطب در نماز  
رنگ: نمای سیم‌چین است  
نمای سیم‌چین: سه دسته به سه سرگرد  
ست: سه سرگرد اصل به سه سرگرد دم  
(جبرانی) (جبرانی)

سرگرد دم:  $2 + 8 = 11$   $\Leftarrow$   $\begin{cases} \text{سرگرد دم} = 3 \\ \text{کامپاز} = 8 \end{cases}$

اتصال:  $\begin{matrix} + \\ + \end{matrix}$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{اتصال} \\ \text{اتصال} \end{array} \right\}$  قرارداد

سیم‌چینی: سه سرگرد دم (سرگردانی سرگرد دم)  $\rightarrow$  سرگردانی (سرگردانی)

سیم‌چینی ۲۴ شیار، ۴ قطب هم‌گرم سرگرد به ازای حقت قطب

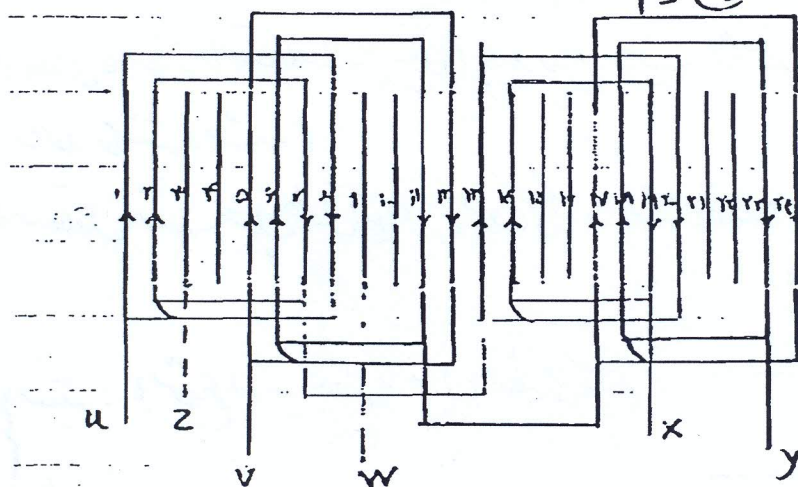
$$q = \frac{24}{4 \times 2} = 3$$

$$G = \frac{4}{2} = 2 \quad n = q = 2$$

$$\tau = \frac{24}{4} = 6$$

$$y_{ph} = \frac{2}{3} \times 6 = 4$$

در اینجا از خود شیار در قطب در نماز سرگرد کنیم.



سیم‌چینی سیم‌چین است  
نمای سیم‌چین: سه سرگرد دم (سرگردانی سرگرد دم)  $\rightarrow$  سرگردانی (سرگردانی)

برای هر شیار ۴ قطب می‌باشد که جمع آنها به ۱۶ قطب می‌گردد.  
۱۲ درجه اختلاف فاز یعنی ضرب عددی  $(3k+1)$  از کامپاز.

$$y_{ph} = 4$$

بین  $u$  و  $w$  ۱۶ شمار وجود دارد.

$$4 \rightarrow 3+1 \rightarrow 360^\circ \rightarrow 120^\circ$$

در نوع به ازای قطب ۳ نوع گروه از نظر اندازه داریم (سه رتبه)

در اینجا در نوع گروه داریم. (یکی کوچک و دیگری بزرگ)

در این نوع سیم سیمی با تغییر اتصال گروهها بهم می توان تعداد قطب ها را تغییر داد. (مثلاً ۴ قطب)

(۳ در قطب)

جهت جریان در فاز سوم عکس فاز اول در دوم است.

ابتدای فاز  $u, v, w \rightarrow$   
انتهای فاز  $x, y, z \rightarrow$

چگونه می توان لامپیکه خود اتصال سیم سیمی ها درست است؟

(۱) در رسم سیم سیمی از گام یک استفاده نمی کنیم، لذا در نهایت می توان از آن به عنوان یک

نقطه مرکزی استفاده کرد.

$$\begin{cases} y_1 = 7 - 1 = 6 \\ y_2 = 7 - 3 = 4 \end{cases}$$

(۲) در رسم بین سرهای فاز به گام فاز فاصله را رعایت کردیم باید بین ته های فاز هم گام فاز فاصله

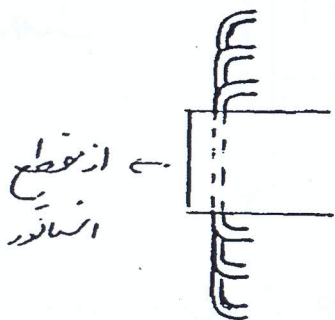
باشد.

- سر و ته سیم سیمی های فاسر فاز و اتصالات پیشانی باید در سه رتبه (همیشه) مختلف باشند. (۳ تا)

حالی برای زرد وجود داشته باشد.

- این سیم سیمی ناممکن است چون طول آنها با هم فرق می کند البته مقدار این عدم تعادل زیاد

نیست.



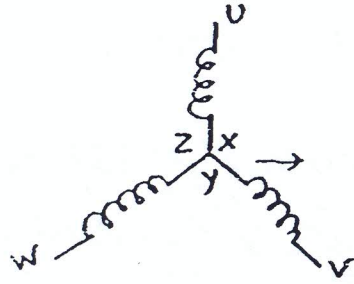
نسبت: با شروع از یک نقطه، همان قطری رسم  
انواع سیم سیمی } فاز

در این نوع سیم سیمی سر و ته با فاز است:

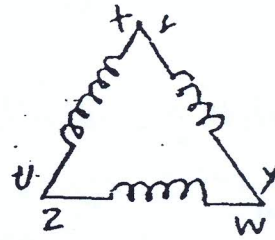
$$(w, z), (v, y), (u, x)$$



دو نوع اتصال برای وصل کردن سربته‌ها بهم داریم: ستاره‌دست

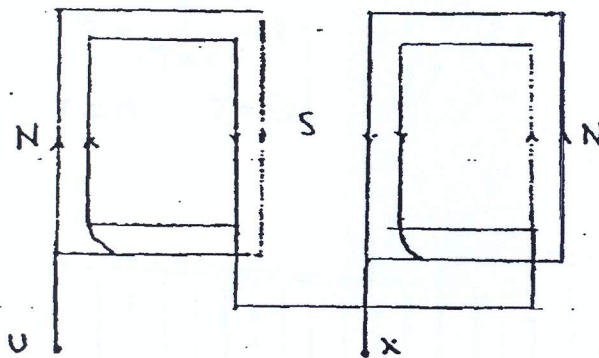
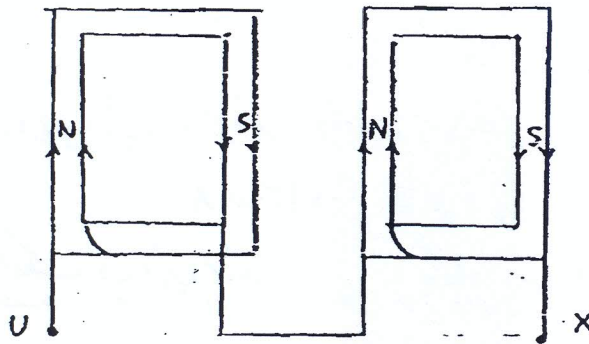


سه‌گانه



در اینجا هم بر یک در قطب‌های ستاره

به ازای جفت قطب



به ازای جفت

اتصال دالاندر  
برای تغییر سرعت

درش تغییر سرعت با تغییر قطب وقتی قطب

لغف شود، سرعت ۲ برابر شود.

سیم‌های زنجیری

سیم‌های یک طبقه که به یک یک ها مسدود باشند سیم‌های زنجیری است. از لحاظ نقشه یک ها را به صورت دوزنقه‌ای رسم می‌کنند و به یک یک ها در یک گروه قرار می‌گیرند. در این نوع سیم‌های تمام یک ها یکسان است و چون یک ها بصورت حلقه‌ای زنجیر در داخل هم قرار می‌گیرند به این نام معروف است.





۴- سیم سنجی هم مرکز: به ازای قطب ۲: ۲ رانیه به معادل  
به ازای قطب ۳: ۳ رانیه به معادل

در مورد ماشینهای گریز حین سیم سنجی ها روی سیم می توانید (اتصالات دستی آنها) ۲ یا ۳ رانیه لودنی لهم نیست اما در مورد ماشینهای بزرگ اهمیت دارد و بهتر است سیم سنجی به صورت ۲ رانیه معادل باشد. (به خاطر ضخامت زیاد عایق در ماشینهای بزرگ)

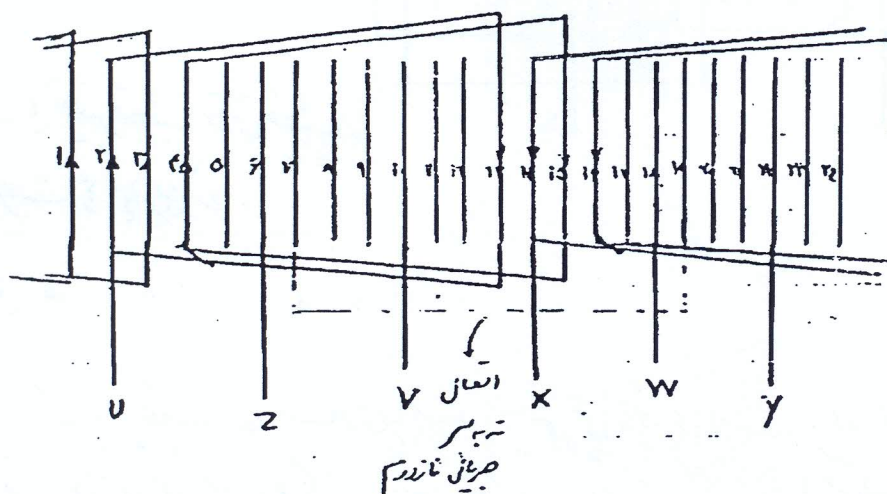
۵- سیم سنجی زنجیری: به ازای قطب ۲، فاز ۲، شمار ۲، قطب ۲

$$y_{ph} = \frac{1}{1} \times 12 = 1 \quad \tau = \frac{24}{2} = 12 \quad \text{گام قطب}$$

در سیم سنجی زنجیری گام سیمک باید فرد باشد:  $y = 12 - 1 = 11 \rightarrow$  گام کوتاه

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau = 12 \\ y = 11 \end{array} \right. \quad \text{گام کوتاه تمام کاس}$$

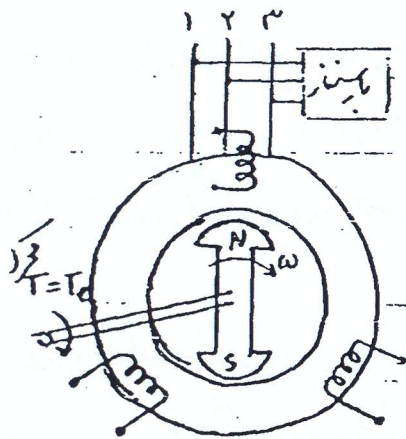
$$\left\{ \begin{array}{l} q = \frac{24}{2 \times 3} = 4 \\ G = 2 \quad n = 2 \end{array} \right.$$



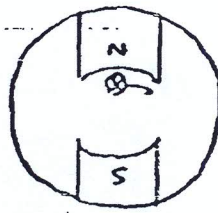
در بعضی نقشه ها برای فازهای درم و درم فقط سر رشته فاز را مشخص می کنند نحوه اتصال مشابه است.



## ماشین سنکرون



نیروی محرکه الکتریکی  
 ۴ مانده است  
 چپ باز  
 کندرت در قطب شمال، چهار انگشتان  
 شست حسب جریان القایی حثی حرکت نشان می دهد



در ماشین سنکرون جهت جریان القایی بر  
 عکس است.

در هر صورت مانده است زیرا نشان دهنده جهت جریان باشد. (مغنی نمی کند که میدان  
 بچرخد یا هادی)

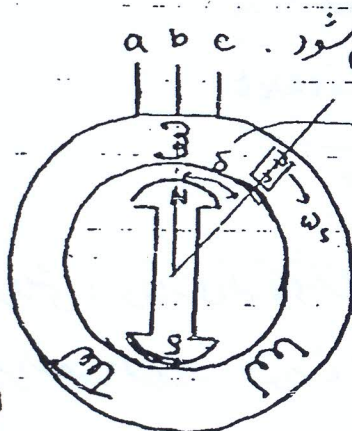
در حالت دوطبقی سرعت دوار با فرکانس دوار برابر است. (سرعت سنکرون) در حالت خنثی :

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

ماشین سنکرون در حالت ژنراتوری :

در حالت ژنراتوری محرک T اعمال می شود که باعث القای تساور  $E_a$  می شود.

$$T_{\text{محرک}} = T_e$$



چه در حالت مولد و چه ژنراتوری سیم سنجی دوار ۱ جریان dc تحریک می شود.

زاویه بار = زاویه بین میدانهای دوار و تساور

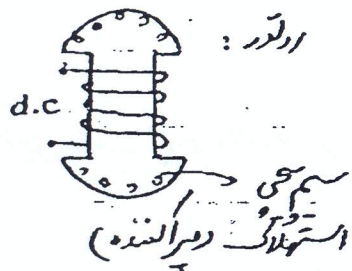
ترجیح شود که مولد تساور راه اندازی ندارد. ( $T_s = 0$ )

خط ای (تساور) های مخالف و لحظی مولد. (دوار در شان نمی کند)  
 ماکر دوار به سرعت سنکرون رسیده باشد، به حرکت خود ادامه



می دهد یعنی مولد فوتو ژنراتور راه اندازی ندارد. سه حلقه وقتی قطب S میدان دوار مقابل قطب N رولر قرار می گیرد در جهت ساعتگرد گسترده ای می شود، وقتی قطب S میدان دوار به N تبدیل می شود حلقه رولر می صرخد دیگر قطب N (رولر) مقابل S نیست بلکه قطب S در مقابل N است و گسترده در همان جهت خواهد بود.

۴ در مولد سنکرون گسترده بی بار صفر نیست. (فاصله غلبه بر اصطکاک حرا)  $T_{nl} \neq 0$



راه اندازی مولد سنکرون به روش الکتریکی است نه مکانیکی. راه اندازی مولد سنکرون به روش استاتور است. تعدادی سیم آهنی در نقش قطب های رولر قرار می دهند. یا تعدادی سیم آهنی و یا به صورت سیم پیچی، که با آنها سیم پیچی استوارک (دیراکتند) یا سیم پیچی راه انداز می گیرند.

وقتی مولد به سرعت سنکرون رسیده  $(N = N_s)$  رولر الفان خود حجم دارست و گسترده تولید نخواهد شد. پس فقط انشعاب راه اندازی دارد.

علت این که به این سیم پیچی میراکنده می گویند مربوط به حالت رولر آهنی است. در حالت گذرای که سرعت رولر از سرعت سنکرون کمی فاصله گرفته در این سیم پیچی القای صورت می گیرد که طبق قانون انرژ در آن دشارژی اتفاق می افتد که با رسانات رولر می افتد می کشد. نیروی محرکه الکتریکی

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

$$\phi = \phi_m \cos \omega_s t \rightarrow \phi_m \text{ ممکن است تابع زمان باشد}$$

$$e = + Nph \phi_m \sin \omega_s t - Nph \frac{d\phi_m}{dt} \cos \omega_s t$$

ولتاژ گذرشی                      ولتاژ تراستور مالتوری

۴ ولتاژ گذرشی: دشارژی که ناشی از حرکت میدان یا حرکت های باشد در آن ژنر دشارژی نام دارد.

۴ ولتاژ تراستور مالتوری: خودش تغییر است دشارژی به حرکت ندارد.





مقدار مؤثر نیروی  
حرکت الکتریکی

$$E_{ph} = 4.44 N_{ph} f \Phi_m$$

در ماشین سنکرون فوقه  
دشارتگرشی وجود دارد.

$$E_{ph} = 4.44 N_{ph} f \Phi_m K_w$$

ضریب توزیع:

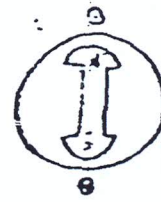
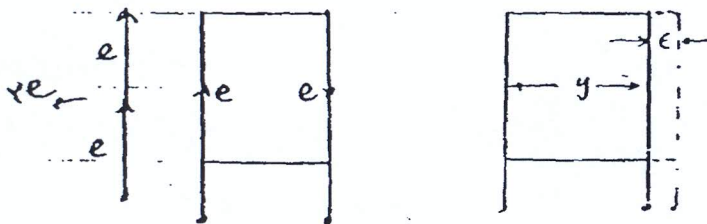
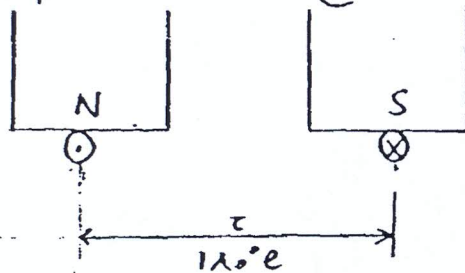
در سیم سخی همگروهی زمانی انداخته میمانند ضریب سیم سخی

جمع جبری می شوند ولی در توزیع شده اختلاف فاصه عمل  
دارند.

$$K_w = K_p K_d$$

ضریب گام

ضریب توزیع



ضریب گام:

دشارتگرشی در کلاف

به هم گویا و کمتر از گام

کامل است.



$$E = r e \cos \frac{\epsilon}{2}$$

دشارتگرشی در کلاف

$$K_p = \frac{\text{دشارتگرشی در کلاف}}{\text{دشارتگرشی در کلاف}}$$

$$K_p = \frac{r e \cos \frac{\epsilon}{2}}{r e} = \cos \frac{\epsilon}{2}$$

ضریب گام برای برج اصلی

$$K_{pn} = \cos \frac{n \epsilon}{2}$$

ضریب گام برای  
هائبریت نام

$$K_d = \frac{\text{جمع فازهای سارک}}{\text{جمع جبری دشارتگرشی کلاف}}$$

$$E_1 = 4.44 N_{ph} f \Phi_{m1} K_{w1}$$

همین ترتیب:

$$E_n = 4.44 N_{ph} (n f) \Phi_{mn} K_{wn}$$

$$K_{wn} = K_{pn} \cdot K_{dn}$$

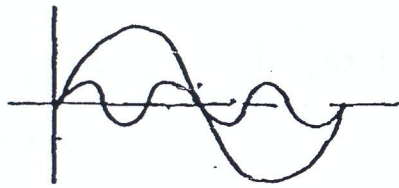
(با فرض اینکه مقدار  $K_d$  نداریم)

کوتاهی گام  $\leftarrow K_{wn}$  کم می شود  $\leftarrow E_n$  کاهش می یابد

این ترتیب کوتاهی گام باعث کاهش هارمونیک می شود.

بنابراین دلائل مختلفی اگر دشارتگرشی باشد، جریان سینوسی نیست و لذا ریسیدوسی نیست.

بنابراین دشارتگرشی در سیم سخی دیگر سینوسی نخواهد بود.



به ازای هر سیکل هارمونیک اول برای هارمونیک  $n$  ام،  $n$  سیکل وجود دارد.

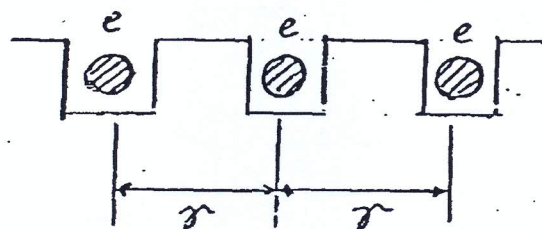
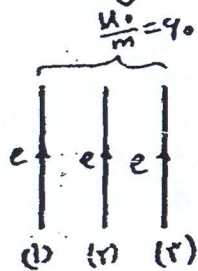
برای هارمونیک  $n$  ام زاویه الکتریکی  $n\theta$  است.

• ضرب توزیع: چون سیم سخی ها توزیع شده اند، باعث می شود که نیروی محرکه الکتریکی نسبت به حالت غیر موزون کاهش یابد.

$\epsilon$  زاویه گوناگونی گام به گام نسبت به گام قطب

• مانتن با  $p$  قطب برای هارمونیک  $n$  ام زاویه الکتریکی آن برابر می شود (مثل حالت  $n\theta$  قطب می شود).

$$q = \frac{3}{p \times m} = 3 \text{ در قطب در فاز}$$



نیروی محرکه الکتریکی القا شده در رشته های مجاور از جمع عددی آنها الکترانت

$$E = \frac{1 \times 10^{-8} \times P}{3} \times e$$

درجه الکتریکی

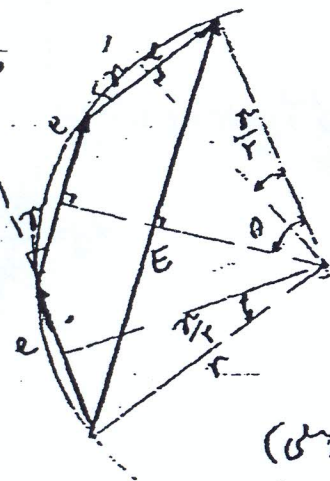
زیرا که به صورت برداری جمع می شوند و نسبت این مقدار به جمع عددی آنها را ضرب توزیع سیم سخی می گویند.

$$E = 2r \sin \frac{q\pi}{2}$$

$$e = 2r \sin \frac{\pi}{2} \rightarrow qe = 2rq \sin \frac{\pi}{2}$$

$$q = \frac{q\pi}{2}$$

جمع برداری  
مانند جمع  
برای  $q$   
بردار  $E$  شود



ضرب توزیع  
برای هارمونیک  
اول (موج اصلی)

$$K_{d1} = \frac{\sin q \frac{\pi}{2}}{q \sin \frac{\pi}{2}}$$

$$K_{dn} = \frac{\sin qn \frac{\pi}{2}}{q \sin n \frac{\pi}{2}}$$

برای هارمونیک  $n$  ام زاویه الکتریکی  $n$  برابر می شود:

$$nq = 180^\circ$$

• اگر بخواهیم شدت هارمونیک  $n$  ام را کاهش دهیم و روش عبارتند از: ۱) گوناگونی گام

۲) سیم سخی توزیع شده

$$q\pi = 60^\circ$$



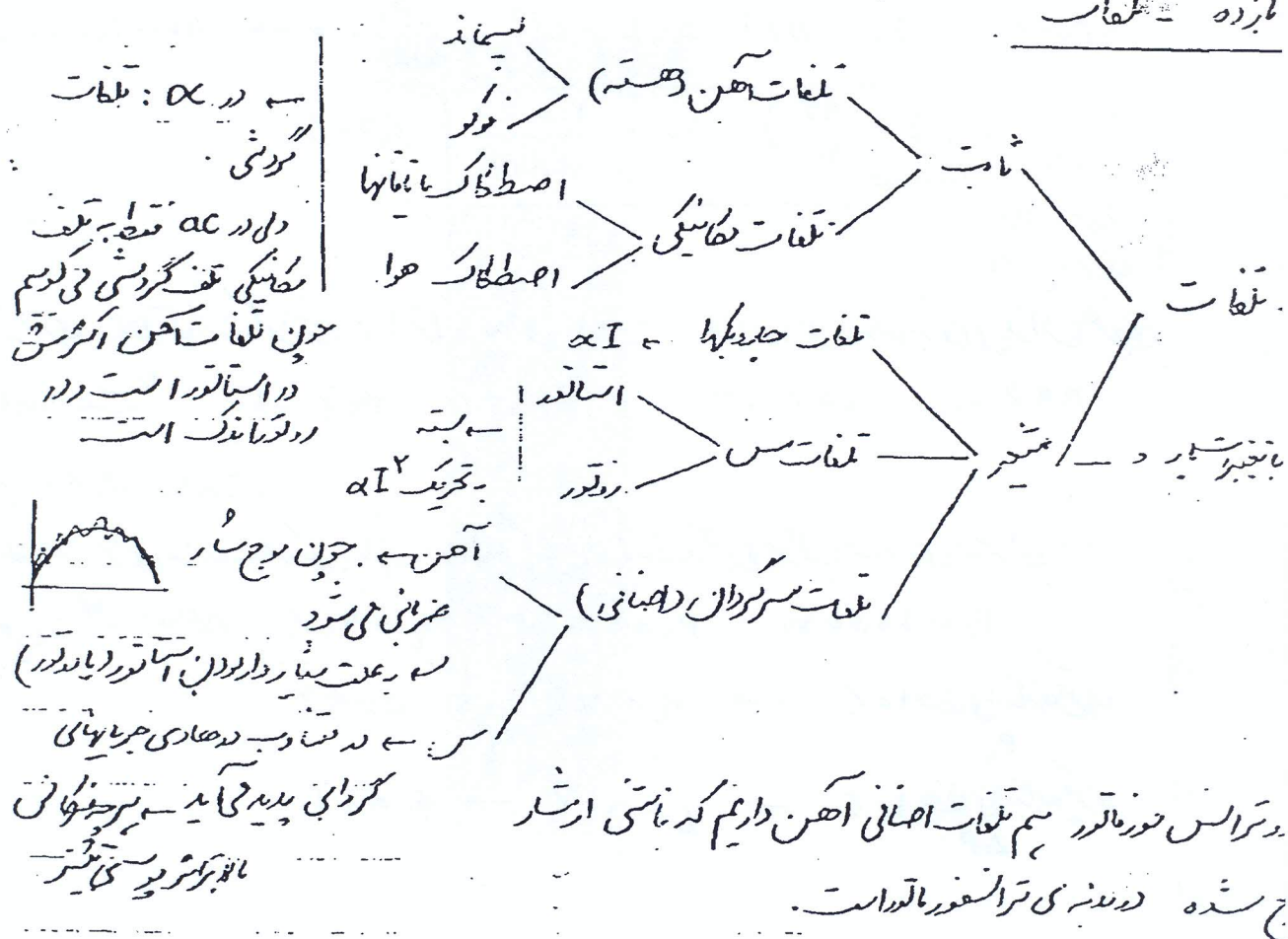
$$K_{wn} = K_{pn} K_{dn}$$

نمودی که هر یک از اینها  
نام  
 $E_n \propto K_{wn}$   
ضریب سیم پیچی

$$E = 4.44 K_w f \Phi_m$$

با افزایش  $K_{wn}$ ،  $n$  کاهش پیدا می کند

بازده - تلفات



$$\eta = \frac{P_o}{P_o + \Delta P} = \frac{P_i - \Delta P}{P_i}$$

$$\frac{d\eta}{dI} = 0$$

به حداکثر  
در تمام بارهای  
 $\rightarrow$  تلفات متغیر = تلفات ثابت (مس)

$\rightarrow \eta_{max}$

تا در حد اکثر توان خروجی حداکثر

به در تلفات با باره حداکثر

سوروی

$$P_i = AVI \quad \Delta P = a + bI + cI^2$$

مس  $\rightarrow$  جابجایی ثابت

$$\eta = \frac{AVI - a - bI - cI^2}{AVI}$$





$$\frac{d\eta}{dI} = 0 \Rightarrow \boxed{a = CI^2}$$

موردی:

$$P_o = AVI$$

$$\eta = \frac{AVI}{AVI + a + bI + CI^2}$$

$$\frac{d\eta}{dI} = 0 \Rightarrow \boxed{a = CI^2}$$

موردی:

$$P_o = AVI - a - bI - CI^2$$

$$\frac{dP_o}{dI} = 0 \Rightarrow AV - 2CI = 0 \Rightarrow \boxed{I = \frac{AV}{2C}}$$

$$\eta(I = \frac{AV}{2C}) = 50 - \frac{2000AC}{(AV)^2} < 50\%$$

 $P_{o max}$ 

توان خروجی

بازده

در یک موتور سری DC تلفات گرمایی ۱٪ توان ورودی است. بازده این موتور به ازای توان خروجی  
 ماژیم چند درصد است؟ ۴۹٪ - ۱ ۴۹٪ - ۲ ۷۹٪ - ۳ ۸۹٪ - ۴

طبق این نتایج به ۴۹ درصد وارد است.

اندازه گیری تلفات برای بدست آوردن بازده خطای کتری از اندازه گیری توان ورودی و خروجی دارد.

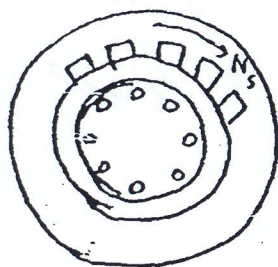
$$P_i = 1000 \text{ W} \quad P_o = 900 \text{ W} \quad \eta = 90\% \quad \Delta P = 100 \text{ W}$$

$$10\% \text{ خطای اندازه گیری} \rightarrow \eta = 81\% \rightarrow \epsilon = 9\%$$

$$10\% \text{ خطای اندازه گیری} \rightarrow \eta = 91\% \rightarrow \epsilon = 1\%$$



## مولد القای سه فاز (سنکرون)



۹۹ مولدهای القایی هستند و ۹۰٪ آنها مولدهای القایی قفسی هستند.  
چون شبکه‌های قدرت متراکم تر شوند و ترانسفورماتورها هم به استای سنکرون شده.

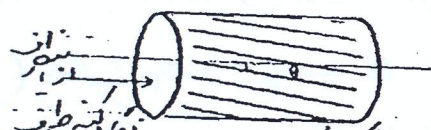
دولت - سدای سله (معمولاً از جنس مس) که روی خود س الصال کوتاه شده است.



در مولدهای ترحک سله‌ها از جنس آلومینیوم است به سله‌های  
از آن به محکم و استفاده خردان ندارند.

تعداد قطبهای رولر خود بخود از طریق اتصال بر لبه  
استانده است. ساختار ساده‌ای دارند و بسیار کم هستند.

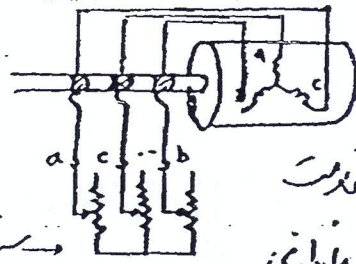
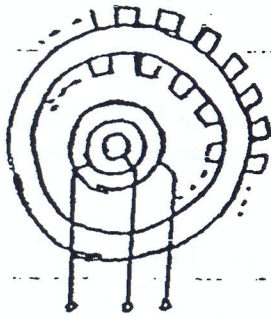
سله‌ها را داخل شیارها قرار می‌دهند (در دمای بالا که بعداً سرد شده و یکپوشه) پس حلقه‌ها را در  
رجوش می‌دهند. در مولدهای بزرگتر قطع سیم‌ها گرداننده و مستحالی است و از طریق رولر معدی  
پای می‌آید و حالت پره‌های بادبزن با آن‌ها به آن می‌دهند. (که خنک کردن بهین شکل انجام  
در بادبزن اضافی نیز دارند.)



سله‌ها معمولاً مورد ساخته می‌شوند و سله‌ها در راستای محور می‌نهند.  
۱- کام کوتاه - ضربه‌ها برای جابجایی‌های بالا بزرگتر می‌شود - هم مرکز و بزرگتر از آن‌ها  
۲- توزیع سیم‌های  
۳- مورد کردن شیارها - قطب برای یک عنصر است و در رولر  
مولد دارای  
هسته‌های سرد و دمای زیادی دارد به درجه‌های  
که لازم است به سداظر کنند، باید هارونیک‌ها را تا حد ممکن از بین ببریم.

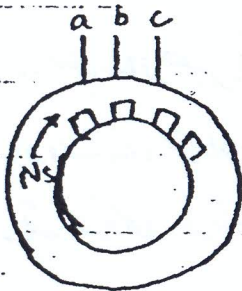
رولر سیم‌های شده - مشابه است و شیار دارند.  
به گران - به حلقه لغزان برای اتصال سه فاز مدار خارج





تعداد فاز مهم نیست ولی تعداد قطب مهم است که برابر تعداد قطب استاتور باشد.  
۴ مدار روتور معمولاً به دو ستاره وصل می شود و تعداد سیم پیچی در مدار روتور قرار می گیرد. در پای راه اندازی (کنترل سرعت)

برای این که جابدها در یک نام دقت کمترین داشته باشند و اصطلاحاً و سیم پیچی ایجاد کنند بعد از راه اندازی جابدها برآشته شده و سه حلقه اتصال کوتاه می شوند.



$$N_s = \frac{120f}{P} \text{ (r.p.m)}$$

• سرعت سنکرون

(سرعت حوض میدان دوار)

۴ مولد القایی یک ترانسفورماتور اتصال کوتاه است (در حالت سکون)

روتور اتصال کوتاه و استاتور به منبع سلف و وصل است به میدان دوار و روتور القای ولتاژ در سیم ها → راد بر می خورد

۴ در هادی های روتور جریان ایجاد می شود که عکس العمل طبق قانون انرژ، میدان متقابل ایجاد می شود. به صورت گردش در همان جهت میدان برای مخالفت با عامل بوجود آورنده که دوران میدان باشد. (شان می دهد با سرعت  $N$ )

$$\omega_p = \frac{\gamma}{P} (\omega_s - \omega_r) \quad N < N_s \text{ به سرعت زیر سنکرون}$$

۴ مولد خود راه انداز است.  $T_s \neq 0$

فرض کنیم به سرعت سنکرون رسیده باشیم (در حالت گذرا)، استاتور ضفر شده و سرعت افت می کند و به یک حالت دائمی زیر سنکرون می رسد. در طی این سرعت حتی اختلاف ندارد با سرعت سنکرون

$$N_s = \frac{120 \times 50}{6} = 1500 \text{ r.p.m}$$

$$N = 1400 \text{ r.p.m}$$

در روتور جریان های القایی میدان دوار می کند که در جهت حوضش روتور می گردد. سرعت گردش میدان دوار نسبت به استاتور همان سرعت سنکرون است.





تفاوت سنی میدان دراد و سرعت دراد را به لغزش می گویند.

$$S = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100 \quad (\text{p.u.})$$

↓  
دراد

$$S = \frac{1500 - 1400}{1500} \times 100 = 6.67\% \quad S = 0.0667 \text{ p.u.}$$

$$N = (1 - S) N_s$$

لغزش از راه اندازی

بار کامل = بار نامی

$$S_{fl} = S_n$$

$$N_{fl} = N_n$$

لغزش تا حالت عالی برابر با است.  $S=1 \leftarrow$  حالت سکون

در حال سکون فرکانس القایی در دراد معادل استاندارد است.

$$\left. \begin{array}{l} N=0 \\ S=1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{در حالت برداشتی} \\ f' = S f \\ N = N_s (1 - S) \end{array}$$

در دراد فرکانس  
جریان القایی

$$f' = \frac{P(N_s - N)}{120}$$

$$\left. \begin{array}{l} S = 0.105 \\ f = 50 \text{ Hz} \end{array} \right\}$$

$$f' = 0.105 \times 50 = 5.25 \text{ Hz}$$

لغزش سرعت (r.p.m) • لغزش  $\equiv$  لغزش سرعت سنی

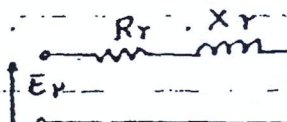
در سبب استاندارد

به دو طریق تقریبی در بین

مدار معادل مانده دراد

مدار سرباز

$$\left. \begin{array}{l} R_r \quad \Omega / \text{ph} \\ X_r \quad \Omega / \text{ph} \end{array} \right\}$$



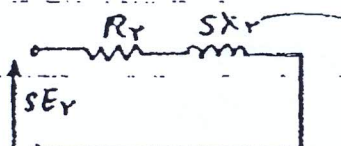
$$\left\{ \begin{array}{l} V_L = \sqrt{3} V_{ph} \\ V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \end{array} \right.$$

راگتانی برانگیخته سرباز  
دراد

نیروی محرکه القایی  $E_r$   
در سرباز در حال سکون

اولیه = استاندارد  
ثانویه = دراد

$$f' = S f$$



جریان فرکانس  
دراد S برابر شده

$$E_1 = 4.44 f \phi_m K_{w1} N_1 \quad \text{استاتور تعداد دور به ضریب سیم پیچی}$$

$$E_r = 4.44 f \phi_m K_{w2} N_2 \quad \text{رودر تعداد دور به ضریب سیم پیچی} \rightarrow \text{در حالت سکون} \rightarrow \text{بزرگ‌های مجزیه}$$

مثل ترانسفورماتور نسبت تبدیل در حالت سکون تعریف می‌شود.

$$\frac{E_r}{E_1} = \frac{K_{w2} N_2}{K_{w1} N_1}$$

با افتاد ضریب سیم پیچی

$$K = \frac{N_2}{N_1'}$$

در شرایطی که مشخص نباشد ضرایب  $\rightarrow$  تعداد دورهای معادل نزدیک به را

$$N_r = \frac{\text{تعداد سیم پیچ}}{\gamma \times 3} \quad \text{رودر تقسیمی} \quad \text{تعداد حلقه}$$

$$I_r = \frac{E_r}{\sqrt{R_r^2 + X_r^2}} \quad \text{جریان سکون}$$

$$I_r' = \frac{s E_r}{\sqrt{R_r^2 + (s X_r)^2}} \quad \text{جریان در حالت}$$

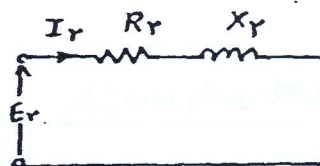
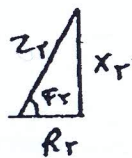
$$T_e = K \phi I_r \cos \varphi_r \quad \text{گشتاور الکتریکی تولید شده در رودر گشتاور الکتریکی}$$

$$T_e = K' E_r I_r \cos \varphi_r \quad \text{به بار داده می‌شود به طاقات رودر دارد} \quad \text{توان مفید}$$

به گشتاور تبدیل می‌شود.

$$T_o = \frac{P_o}{\omega} \quad \text{گشتاور خالص = گشتاور محور = گشتاور ضرر} \quad \text{بارهای استاتور}$$

$$I_r = \frac{E_r}{\sqrt{R_r^2 + X_r^2}}$$



$$\cos \varphi_r = \frac{R_r}{Z_r} = \frac{R_r}{\sqrt{R_r^2 + X_r^2}}$$

$$T_s = \frac{K \phi E_r R_r}{R_r^2 + X_r^2} = \frac{K E_r^2 R_r}{R_r^2 + X_r^2}$$

در حالت سکون

$$E_r \propto E_1 \approx V_1$$

$$T_s = \frac{k' V_1^2 R_r}{R_r^2 + X_r^2}$$

مکانده حتما رودر  
 $R_2: \Omega/ph$   
 $X_2: \Omega/ph$   
 $V_1$  ولتاژ استاتور



and

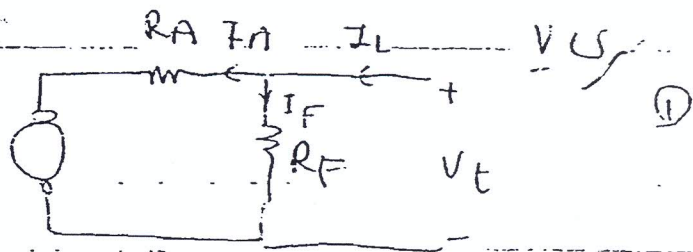
$$P = \varepsilon$$

$$V_t = 2 \text{ V}$$

$$n = 1000 \text{ rpm}$$

$$R_A = 2 \text{ m}\Omega$$

$$V_b = 1 \text{ V}$$



$$P = 10 \text{ W}$$

$$I_A = 2 \text{ A}$$

$$I_f = 1 \text{ A}$$

$$Z = 8 \text{ }\Omega$$

$$E_A = V_t - R_A I_A - V_b = 2 - 2 \times 2 - 1 = -1 \text{ V}$$

$$E_A = \frac{Z P - \omega \phi}{a} = \frac{8 \times 10 - 1000 \times 1}{1} = -1000 \text{ V}$$

$$\phi = 1 \text{ mWb}$$

$$T = \frac{E_A I_A}{\omega_m} = \frac{-1000 \times 2}{1000} = -2 \text{ Nm}$$

$$T = \frac{P_{out}}{\omega_m}$$

$$T = \frac{10 \text{ W}}{1000 \text{ rpm}} = 0.01 \text{ Nm}$$

$$T = \frac{P_{out}}{\omega_m} = \frac{10 \text{ W}}{1000 \text{ rpm}} = 0.01 \text{ Nm}$$

$$P_{tot} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{10 \text{ W}}{0.9} = 11.11 \text{ W}$$



$$E_A = R_a I_a + V_t$$

$$I_a = \frac{P_a}{V_t}$$

$$I_f = 2A$$

$$R_f = \frac{V_f}{I_f} = 20 \Omega$$

$$V_t = 120V$$

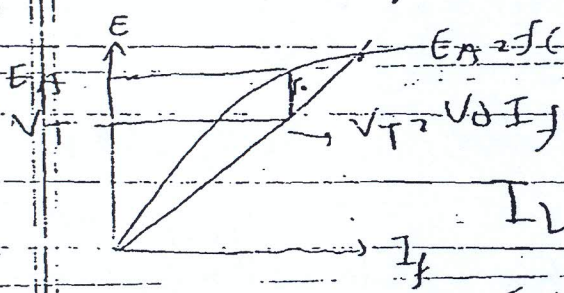
$$E_A = 120V$$

$$E_A = 120V$$

$$1200 \text{ RPM}$$

$$R_a = 2 \Omega$$

$$N_f = 1000 \text{ turns}$$



$$I_L = 250A$$

$$V_t = 250V$$

$$V_R = \frac{V_t - V_L}{I_L} = 1 \Omega$$

$$V_R = \frac{V_t - V_L}{I_L} = 1 \Omega$$

$$V_R = \frac{V_t - V_L}{I_L} = 1 \Omega$$

$$F_{ar} = 0.1 \text{ (c)}$$

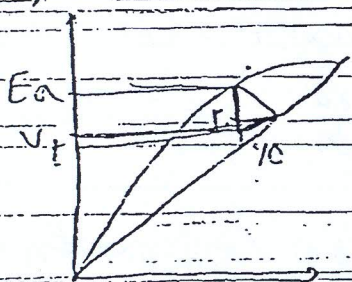
$$I_{ar} = \frac{P_{ar}}{V_t} = 10A$$

$$I_{ar} = \frac{P_{ar}}{V_t} = 10A$$

$$E_A = 200V$$

$$V_t = 200V$$

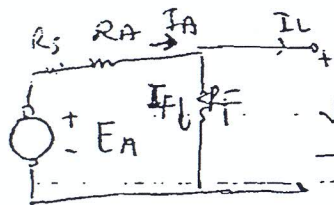
$$V_R = 11 \Omega$$



تفان

# فرقین سری

1. kW 200V



$\Delta F = k \cdot \text{خبران سولر} = F_s$

$$N_{sl} C I_f = I_A \times N_s$$

$$100 \times 2 = 60 N_s$$

$$N_s = 20$$

$$N_L \rightarrow F_L$$

$$F_{sl} = N_s I_f$$

$$F_{sl} = N_s I_f$$

$$D D F_s$$

$$I_{sl} < I_f$$

$$W_m$$

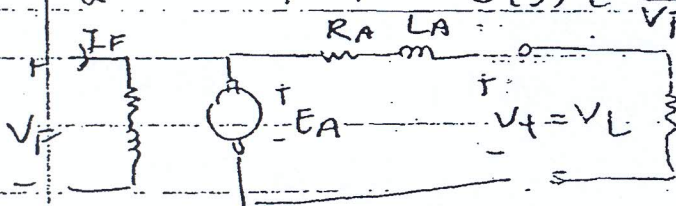
$$E_a = M W_m I_f$$

$$P$$

$$R_L = 10 \quad R_F = 10 \quad R_A = 1 \quad M W_m = 10 \text{ A}$$

$$L_A = 1 \text{ mH} \quad L_F = 1 \text{ H}$$

$$G(s) = \frac{V_L(s)}{V_F(s)}$$



$$R_L V_F = (R_F + s L_F) I_f$$

$$V_L(s) = E_A - (R_A + s L_A) I_A$$

$$V_L(s) = M W_m I_f - (R_A + s L_A) I_A$$

$$V_L = R_L I_A$$

$$V_F(s) = V_L(s) + (R_F + s L_F) I_f$$

$$G = \frac{\partial I_f}{(1 + s L_F)(1 + s L_A)}$$

$$\frac{\partial I_f}{\partial V_F} = \frac{P_L}{P_F} \quad V_F = 10$$

$$I_f = \frac{V_F}{R_F} = \frac{10}{10} = 1$$

$$P_F = \frac{V_F^2}{R_F} = \frac{10^2}{10} = 10$$

$$P_L = R_L I_A^2$$

$$E_A = M W_m I_f = 10 \times 10 = 100 \text{ V}$$

$$I_A = \frac{E_A}{R_A + R_L} = \frac{100}{1 + 10} = 9.09$$

$$G_p = \frac{P_L}{P_F} = \frac{8.18}{10} = 0.818$$

Gdc, shunt

$$N = 1000 \text{ rpm} \quad E_A = \frac{E \cdot I_f}{\partial I_f}$$

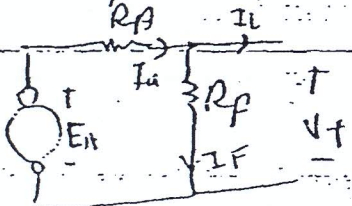
$$R_A = 1 \quad R_F = 10$$

$$N = 1000 \text{ rpm}$$

$$I_A = 100 \text{ A}$$

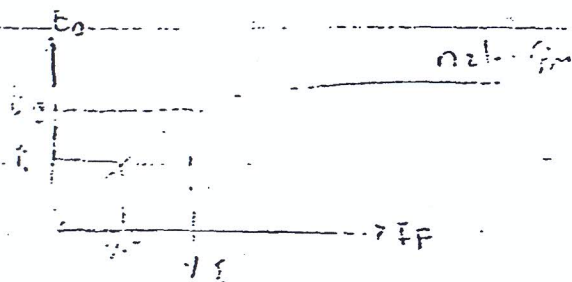
$$V_F = 10 \text{ volt}$$

$$R_F = ?$$

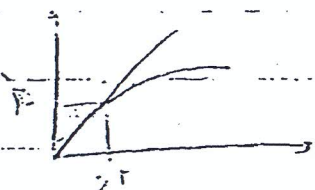


$$\frac{E_A}{R_A + R_L} = \frac{V_t}{R_A} \rightarrow E_A = \frac{V_t}{R_A} \cdot \frac{R_A + R_L}{R_A}$$

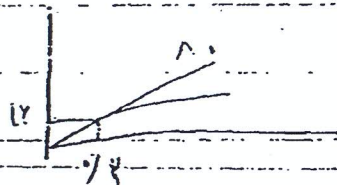




$$\frac{E_0 A_1}{E_0 A_2} = \frac{A_1}{A_2}$$



$$R_F = \frac{E_0}{1/2} = 10. \Omega$$



$$\frac{E_0}{1/2} = \frac{10.}{1/2} \quad \eta_1 = \frac{10.}{1/2}$$



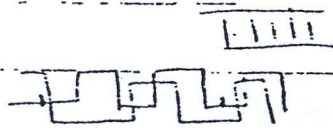
برای سیم کشی با  
در نظر گرفتن

وایت سرب

سیم کشی

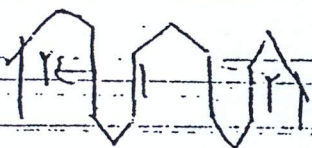
در نظر گرفتن

فصل ۵۰ A ی فصل ۵۱  
در نظر گرفتن



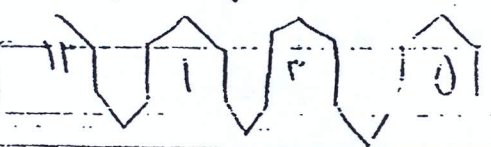
سیم کشی در نظر گرفتن: در نظر گرفتن سیم کشی \*  
سیم کشی

سیم کشی



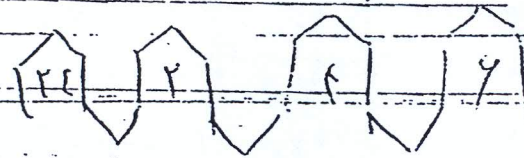
سیم کشی

سیم کشی



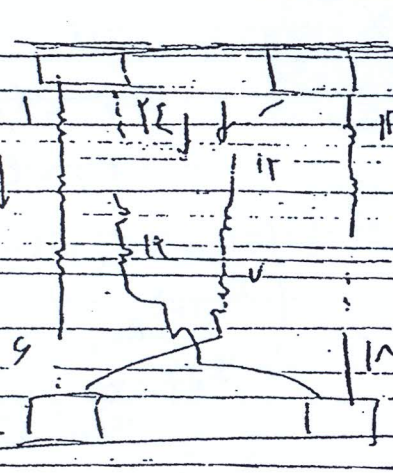
سیم کشی

سیم کشی



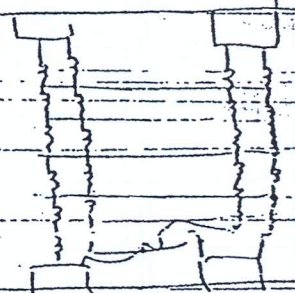
سیم کشی

سیم کشی

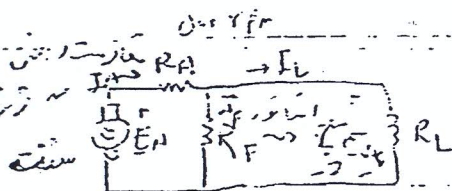


سیم کشی

سیم کشی



$$P = A \quad 0.122 \text{ VVA}$$



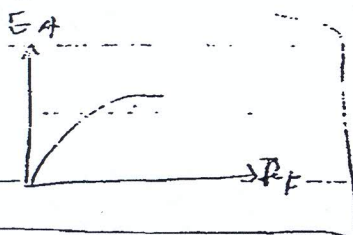
$$I_A = I_L$$

$$R_A = 1 \Omega$$

$$V_t = 20 \text{ V}$$

$$R_L = 10 \Omega$$

$$R_F = 10 \Omega$$



$$I_A = I_L + I_F$$

$$I_L = V_t / R_L$$

$$I_F = \frac{E_A}{R_F} = \frac{V_t}{R_F} = 2 \text{ A}$$

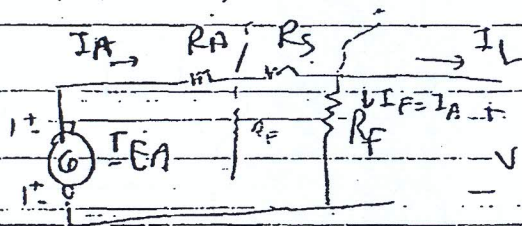
$$E_A = V_t + R_A I_A = 20 + 1 \cdot I_A$$

$$E_A = \frac{P_2}{I_A} \quad \phi \omega = \frac{V_A \times A}{r \times r} \quad \frac{10 \times 0.122}{0.01 \times 0.01} = 147.8 \text{ V}$$

$R_A = 1 \Omega$ ,  $I_A = 2 \text{ A}$ ,  $V_t = 20 \text{ V}$  است پس  $P = 4 \text{ W}$  - محاسبه توان

$$V_b = 2 \text{ V}$$

$$E_A = R_F I_F + R_S I_S$$

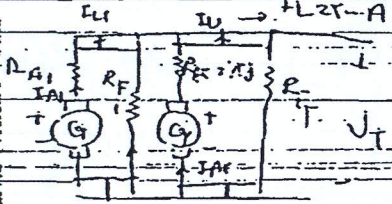


$$E_A = V_t + (R_A + R_S) I_A$$

$$V_t = I_A R_F + I_L R_L = 1 + \frac{0.122}{1} = 1.122 \text{ V}$$

$$E_A = 20 + (1 + 1) \cdot 1.122 = 22.244 \text{ V}$$

$$E_A = 20 + 1.122 = 21.122 \text{ V}$$



$$R_F = 10 \Omega$$

$$E_A = 20 \text{ V}$$

$$I_L + I_F = 1.122 \text{ A}$$

$$I_F = \frac{V_t}{R_F} = \frac{1.122}{10} = 0.1122 \text{ A}$$

$$I_L = \frac{V_t}{R_L} = \frac{1.122}{10} = 0.1122 \text{ A}$$

$$I_A = \frac{E_A - V_t}{R_A} = \frac{20 - 1.122}{1} = 18.878 \text{ A}$$

$$\frac{E_A - V_t}{R_A} = I_L + \frac{V_t}{R_F}$$

$$\frac{E_A - V_t}{R_A} + \frac{E_A - V_t}{R_F} = \frac{V_t}{R_L} + \frac{V_t}{R_F}$$

$$V_t = 1.122 \text{ V}, I_L = 0.1122 \text{ A}, I_F = 0.1122 \text{ A}$$

$$P_1 = V_t I_L$$

$$P_2 = V_t I_F$$





$$x[n]$$

$$f_k = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{jk \frac{2\pi}{N} n}$$

$$W_N = e^{-j \frac{2\pi}{N}}$$

$$F_k$$

$$a_k = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{jk \frac{2\pi}{N} n}$$

$$F_k = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] W_N^{kn}$$

$$W_2 = e^{-j \frac{2\pi}{2}} = e^{-j\pi} = -1$$

$$F = f_0 + f_1$$

$$F_1 = f_0 + f_1(-1) = f_0 - f_1$$

$$F_k = f_0 + f_1 + f_2$$

$$F_1 = f_0 + f_1(e^{j2\pi/3}) + f_2(e^{j4\pi/3})$$

$$F_2 = f_0 + f_1(e^{j4\pi/3}) + f_2(e^{j8\pi/3})$$

$$F_k = \sum_{n=0}^{N-1} W_N^{kn} f_n = \sum_{n=0}^{N/2-1} f_{2n} W_N^{k2n} + \sum_{n=0}^{N/2-1} f_{(2n+1)} W_N^{k(2n+1)}$$

$$= \sum_{n=0}^{N/2-1} f_{2n} W_N^{k2n} + W_N^{k2n} \sum_{n=0}^{N/2-1} f_{(2n+1)} W_N^{k2n}$$

$$W_N = e^{-j \frac{2\pi}{N}}$$

$$W_{N/2} = e^{-j \frac{2\pi}{N/2}} = W_N^2$$

$$H_{k+(N/2)} = \sum_{n=0}^{N/2-1} f_{(2n+1)} W_N^{n(k+N/2)}$$



به مدار تحریک (بدون پسماند) اعمال می شود و پس از طی شدن حالت گذرا در  $t=0$  کلید وصل مدار آرمیچر بسته میشود.

$$T_a = M_{\text{load}}, e_a = M_{\text{load}} \omega$$

(الف) معادله جریان تحریک را بصورت گذرا بدست آورید. قبل از:  $t=0$  (ب) جریان آرمیچر و سرعت موتور را برای  $t>0$  (وصل کلید در  $t=0$  بدست آورید) (گذرا)

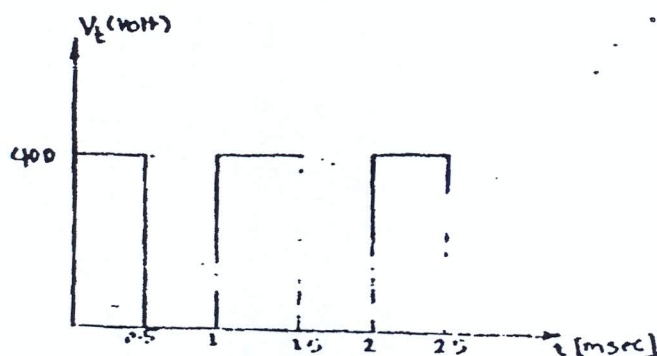
۷-۲- در یک موتور شنت ۲۰۰ ولتی بقدرت ۵ اسب (۳/۷۳kw) حداکثر جریان خط در دو برابر جریان بار کامل محدود شده است و کل تلفات مسی نصف تلفات کل است. اگر جریان میدان در این محدوده روی ۰/۶۸ ثابت بماند و ضریب بهره موتور ۸۸٪ باشد، برای این موتور یک راه انداز ۶ مرحله ای طراحی نمایید.

۷-۵- یک موتور شنت ۲۵۰ ولتی دارای آرمیچری به مقاومت ۲۵۰ و میدان تحریکی به مقاومت ۲۵۰ می باشد. این موتور الکتریکی به یک ماشین صنعتی با گشتاور ثابت کوپل شده و وقتی سرعتش ۶۰۰ RPM است جریان آرمیچر ۲۰A می باشد. اگر بخواهیم تحت همین گشتاور سرعت به ۸۰۰ RPM افزایش یابد چه مقاومتی را باید در میدان تحریک قرار بدهیم؟ مدار مغناطیسی را اشباع نشده فرض کنید.

$$P_{\text{out}} = \sum_{k=1}^n P_k = P_{\text{mech}} + P_{\text{fe}} + P_{\text{cu}} + P_{\text{stator}} + P_{\text{rotor}} + P_{\text{exc}} + P_{\text{field}}$$

### تکالیف سری هفتم ماشینهای الکتریکی ۱

۱-۷- یک موتور شنت با سیم بندی موجی ۴ قطبی و ولتاژ ۲۴۰.۷ در سرعت  $1000 \text{ RPM}$  توان  $15/22$  اسب بخار می دهد و آرمیچر و میدان تحریک بترتیب جریان ۵۰ و ۱ آمپر می کشند. آرمیچر دارای  $520$  مادی و مقاومت  $0/1$  می باشد و افت ولتاژ هر جارویک  $1$  ولت است. مطلوبست: (الف) شار مؤثر هر قطب (ب) گشتاور الکترومغناطیسی کل (ج) گشتاور مفید (د) تلفات گردشی (ه) راندمان (بازده) (از تلفات اضافی *additional* صرف نظر کنید).



۲-۷- یک موتور تحریک مستقل با ولتاژ تحریک ثابت و این مشخصات مفروض است:

$$R_a = 2, T = K_t i_a, K_t = 1 \frac{\text{N.m}}{\text{A}}$$

$$E = K_e \omega, K_e = 1 \frac{\text{V}}{\text{rad/sec}}$$

به پایانه های (ترمینال) آرمیچر موتور ولتاژ  $V_1$  اعمال می شود و موتور با سرعت  $\omega = 150 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$  می چرخد. در صورتیکه  $\omega$  همیشه غیر صفر باشد و بتواند از لختی سلفی آن صرف نظر نماید گشتاور متوسط موتور را بدست آورید.

۳-۷- یک موتور شنت ۵ اسب بخار ۲۴۰ ولت با این مشخصات:  $R_F = 240, R_a = 0/6$

$$\frac{\text{N.m.sec}}{\text{rad}^2}, J = 1/2 \frac{\text{Kg.m}^2}{\text{rad}^2}, (خطی شده), M_d = L_a f = 1/18 \text{ H}, L_F = 120 \text{ H}, L_a = 12 \text{ mH}$$

$B = 0/25$  به یک موتور صنعتی با گشتاور  $T_L = B \cdot \omega$  (جفت) شده. ولتاژ ۲۴۰ ولت ابتدا

### تکالیف سری ششم ماشینهای الکتریکی ۱

۶-۱- در یک ژنراتور  $dc$   $10kw$ ،  $250V$  شنت از بی باری تا بار کامل جریان تحریک شنت بمقدار  $I_F = 2A$  کاهش می یابد. اگر بخواهیم ژنراتور را با اضافه کردن تحریک سری بصورت کمپوند صاف (Flat) در آوریم (در بار نامی) در صورتیکه تعداد دور سیم پیچ تحریک شنت دور  $N_F = 100$  باشد برای مدار مغناطیسی خطی تعداد دور سیم پیچ سری چند دور باید باشد؟

۶-۲- یک ژنراتور تحریک مستقل با سرعت ثابت  $\omega_m$  بعنوان تقویت کننده بکار گرفته میشود. برای حالت خطی شده تحریک که در آن  $e_a = M\omega_m i_F$  است و  $R_a = 0.1$  و  $R_F = 10$  و  $R_L = 0.5$  (مقاومت بار با ولتاژ  $V_L$ )  $M\omega_m = 65 \frac{V}{A}$  و  $L_a = 12mH$  و  $L_F = 2H$  بهره ولتاژ  $G(s) = \frac{V_L(s)}{V_F(s)}$  را بدست آورید. اگر به میدان ولتاژ  $25$  اعمال شود بهره توان چند است؟

۶-۳- ولتاژی بی باری یک ژنراتور  $dc$  شنت با سرعت  $500$  دور در دقیقه از رابطه  $E_a = \frac{400 \cdot I_F}{0.5 + I_F}$  بدست می آید، که  $I_F$  جریان تحریک است. مقاومت آرمیچر  $0.3$  اهم و مقاومت میدان تحریک شنت  $40$  اهم بوده از عکس العمل مغناطیسی آرمیچر صرف نظر می شود. این ژنراتور در سرعت  $700$  دور در دقیقه با جریان آرمیچر  $100$  آمپر و ولتاژ ترمینال  $250$  ولت باری را تغذیه می نماید. در این حالت مقاومت میدان تحریک چند است؟

۶-۴- یک ژنراتور (مولد)  $dc$  شنت  $172kw$ ،  $230V$ ،  $400A$ ،  $1800RPM$  در شکل صفحه بعد ملاحظه می شود و منحنی مغناطیسی آن نیز ضمیمه می باشد. این ماشین توسط یک پیشگردان (Prime mover) با سرعت  $1800RPM$  گردانده می شود و این مشخصات را دارا

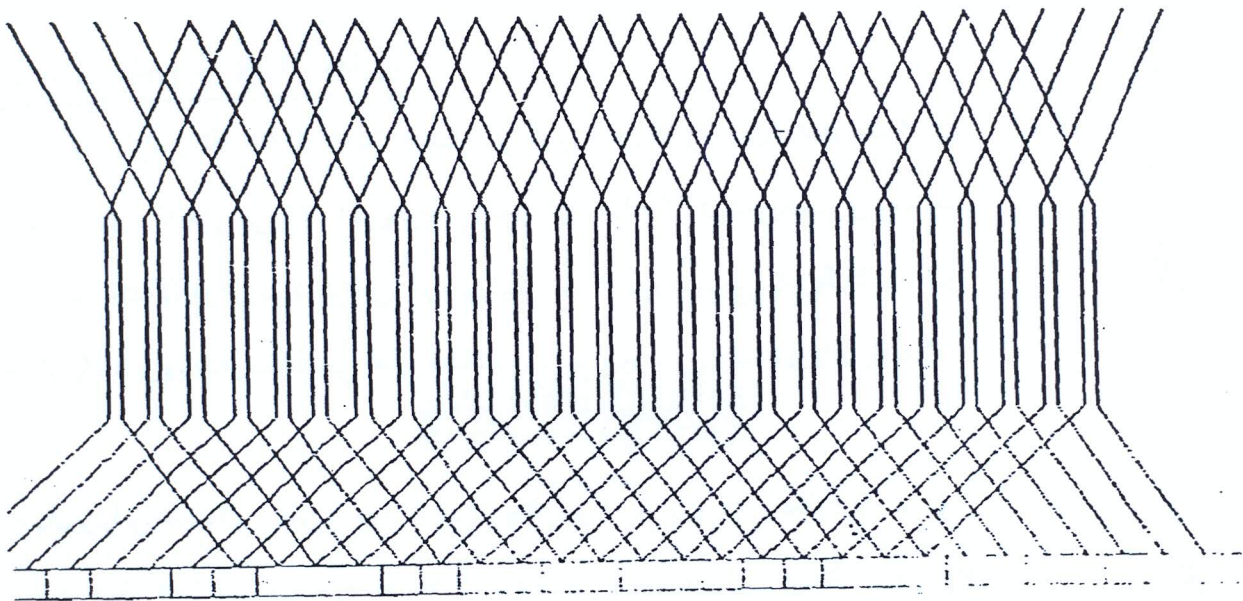
می باشد:  $N_F = 1000 \frac{Turn}{Pole}$  و  $R_{adj} = 55$  و  $R_F = 20$  و  $R_a = 0.05$

الف) ولتاژ ترمینال آن در حالت بی باری چند است؟

ب) اگر ژنراتور برای جریان عکس العمل آرمیچر سیم پیچی جبران ساز داشته باشد ولتاژ ترمینال و گولاسیون را در بار کامل ( $400A$ ) محاسبه نماید.

ج) اگر ژنراتور فائده سیم پیچی جبران ساز باشد و نیروی محرکه مغناطیسی عکس العمل



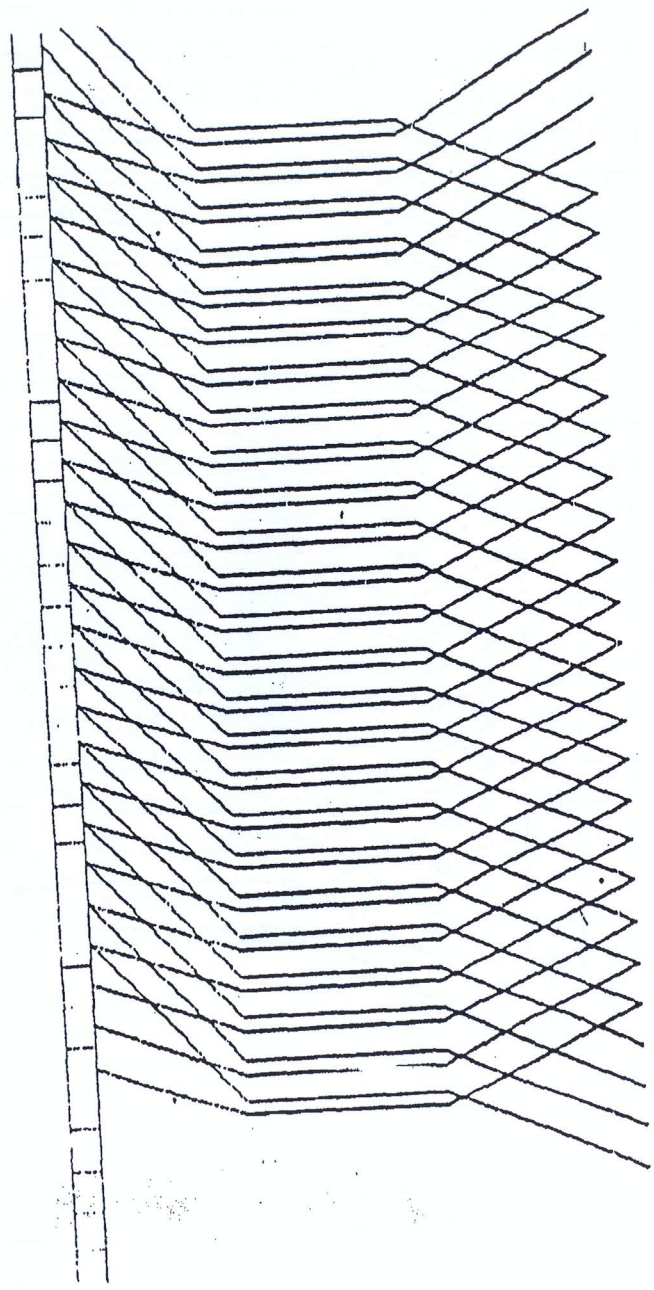


Wave

$Z = \rho A$

$P = \gamma$

$m \leq \omega$

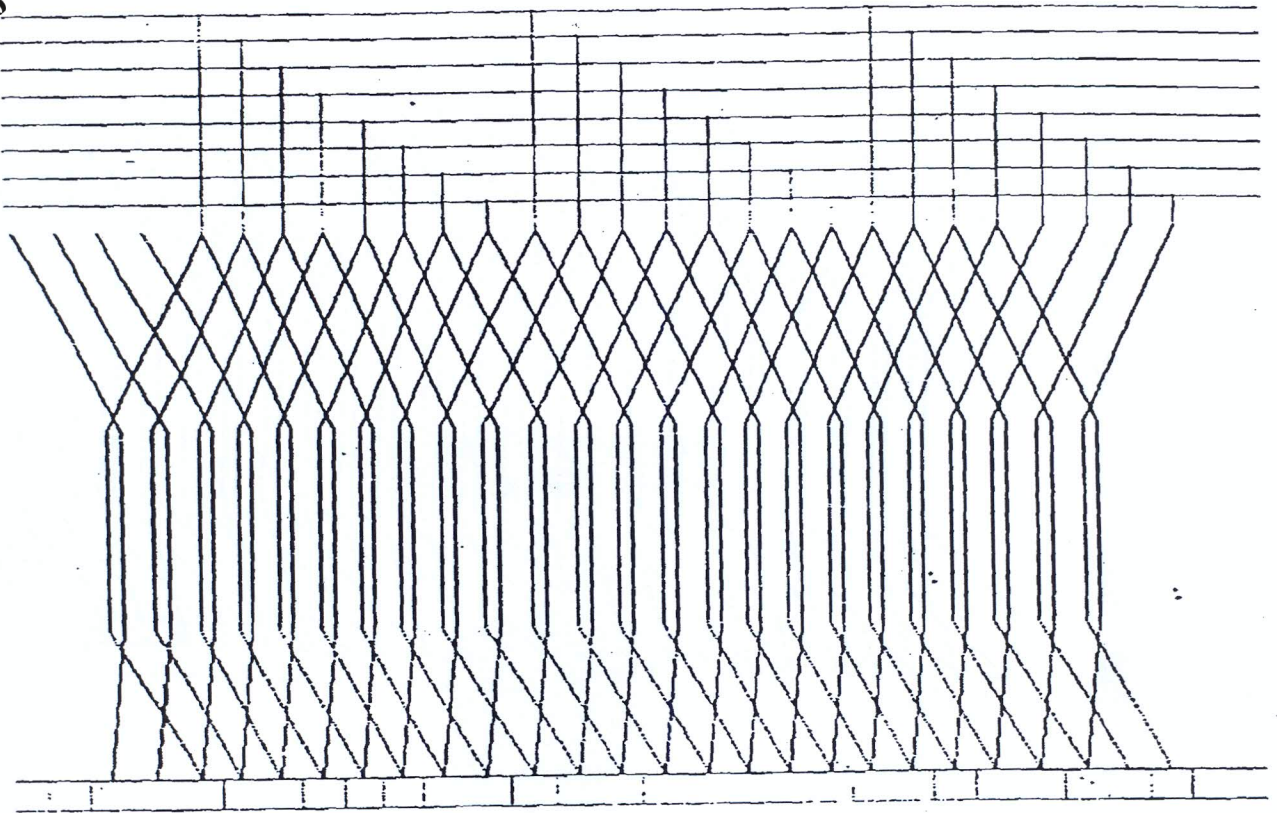


Wave  
 $z = 10$   
 $P = 4$   
 $m = 1$

111



POWEREN.IR  
PowerEn.ir



lap

$z = rf$

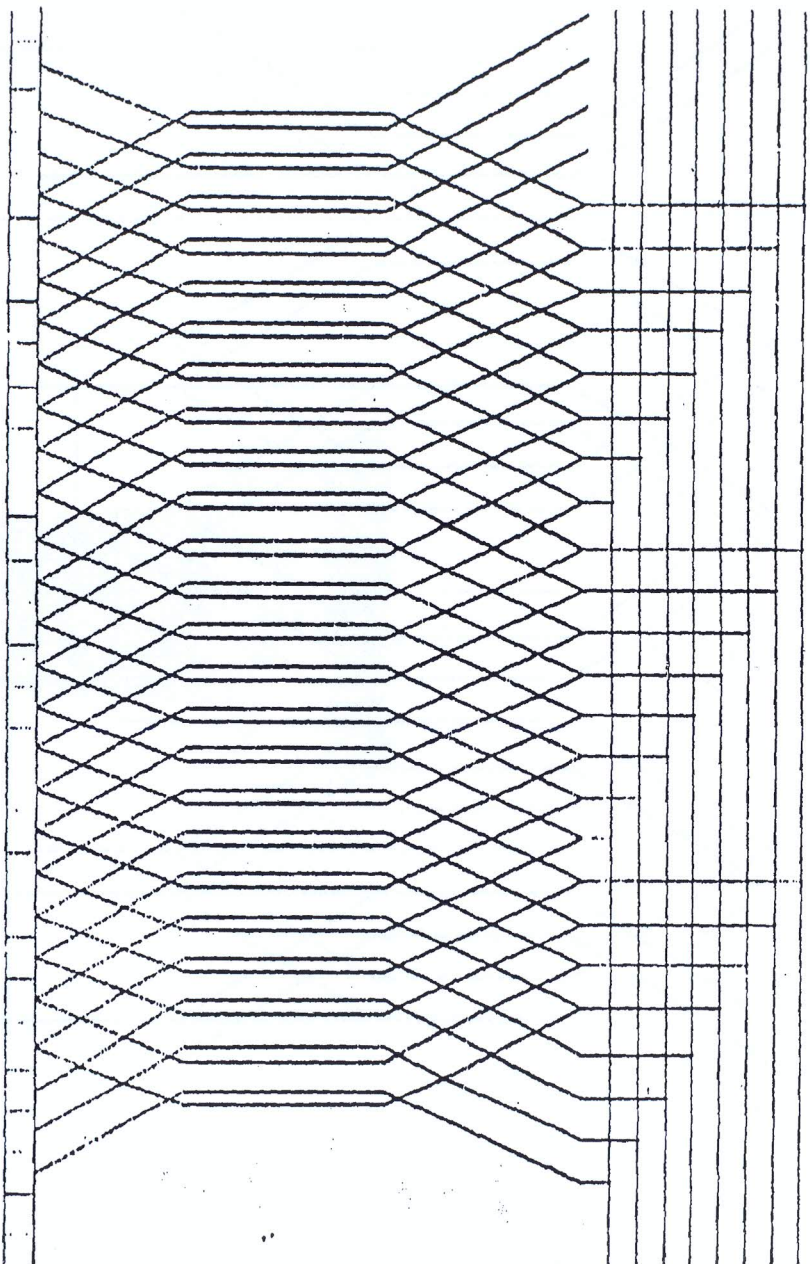
$p = y$

$m = r$

$q = 1$

POWEREN.IR





$$Z = r^k$$

$$p = y$$

$$m = 1$$

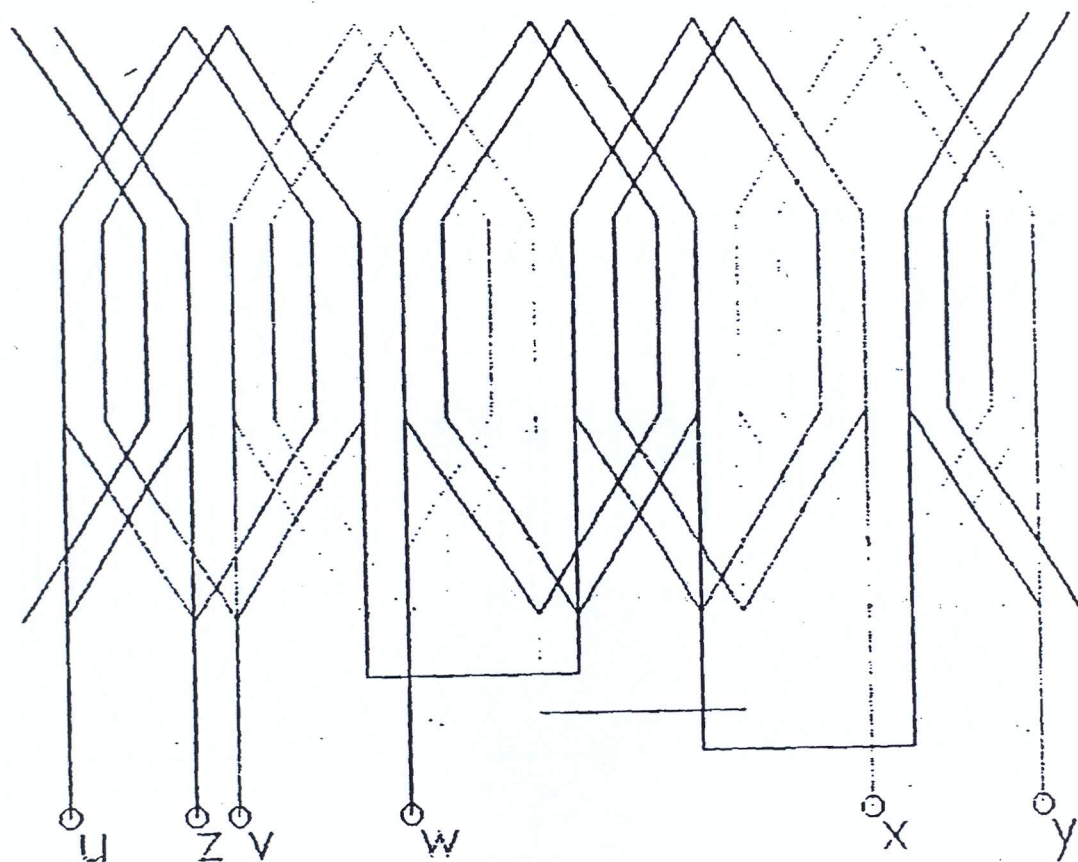
$$a_9 = 1$$

$$lap$$

142



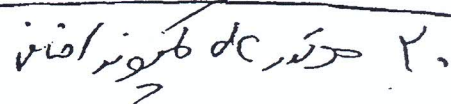
PowerEn.ir



$z = r_f$   
(به صورت)  $p = r$


$$R_A = 0.14 \Omega \quad R_S = 0.04 \Omega \quad R_F = 200 \Omega \quad R_{adj} = 0 \text{ to } 300 \Omega \text{ } \overset{\text{or}}{\text{previous}}$$

لکھنؤ میں مقیم رہا۔



$$V_f = 23 \text{ p.u.}$$

$$I_L = 100A \text{ 6.5.7}$$

$R_{odj} = 0.200 \text{ s}$  من "55" مع

$$N_{SC} = 12 \text{ turns}$$

$$V_m = 1500 \text{ eV/m}$$



### تکالیف سری پنجم ماشین الکتریکی /

۱-۵- یک مولد شنت ۸ قطبی با ۷۷۸ مادی و سیم بندی موجی ساده در سرعت ۵۰۰ دور در دقیقه یک بار ۱۲/۵ اهمی را تحت ولتاژ ۲۵۰۷ تغذیه می کند. مقاومت آرمیچر ۰/۲۲ و مقاومت میدان ۲۵۰ اهم است. جریان آرمیچر، نیروی محرکه الکتریکی القاء شده و شار هر قطب را با صرف نظر از عکس العمل آرمیچر حساب کنید.

۲-۵- مولد کمبوند ۴ قطبی با شنت بلند تحت ولتاژ ۵۰۰ ولت ۱۰۰ آمپر را تغذیه می کند. اگر مقاومت آرمیچر ۰/۰۲ اهم، مقاومت سری میدان ۰/۰۴ اهم و مقاومت شنت میدان ۱۰۰ اهم باشد، نیروی محرکه الکتریکی تولید شده را حساب کنید. افت ولتاژ در هر جارویک را ۱ ولت در نظر بگیرید و از عکس العمل آرمیچر صرف نظر کنید.

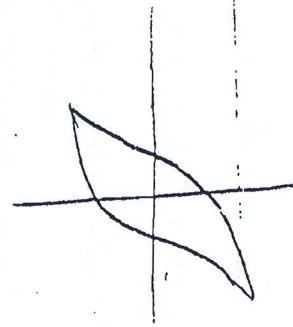
۳-۵- دو مولد جریان مستقیم برای تغذیه بار ۲۰۰۰ آمپری بصورت موازی بسته شده اند. موئدها بترتیب دارای مقاومت های آرمیچر ۰/۰۴ اهم و ۰/۰۲۵ اهم، مقاومت های میدان ۲۵ اهم و ۲۰ اهم و نیروهای محرکه الکتریکی ۲۴۰۷ و ۴۲۰۷ می باشند. جریان و قدرت خروجی هریک از ماشینها را تعیین کنید.

۴-۵- مشخصه یی یاری یک مولد جریان مستقیم با تحریک، مستقل در سرعت ۱۰۰۰ rpm بصورت زیر است. اگر ماشین بصورت شنت بسته شده با سرعت ۱۰۰۰ rpm حرکت کند حد اکثر مقاومت میدانی را که با آن ژنراتور قادر به ولتاژ سازی می باشد بیابید. حداقل تقریبی سرعت *Prime mover*، برای اینکه ژنراتور تحت مقاومت میدان ۸۰ اهم ولتاژ سازی نماید چقدر است؟

$i_F$	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۱/۲	۱/۴	۱/۶	(آمپر)
$E_2$	۳۰	۵۵	۷۵	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۱۵	۱۲۰	(ولت)

100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000

1/2



بدین شکل، شار را شرح دهید و نحوه تأثیر آن بر مدارهای مغناطیسی بیان کنید. (۲۲)

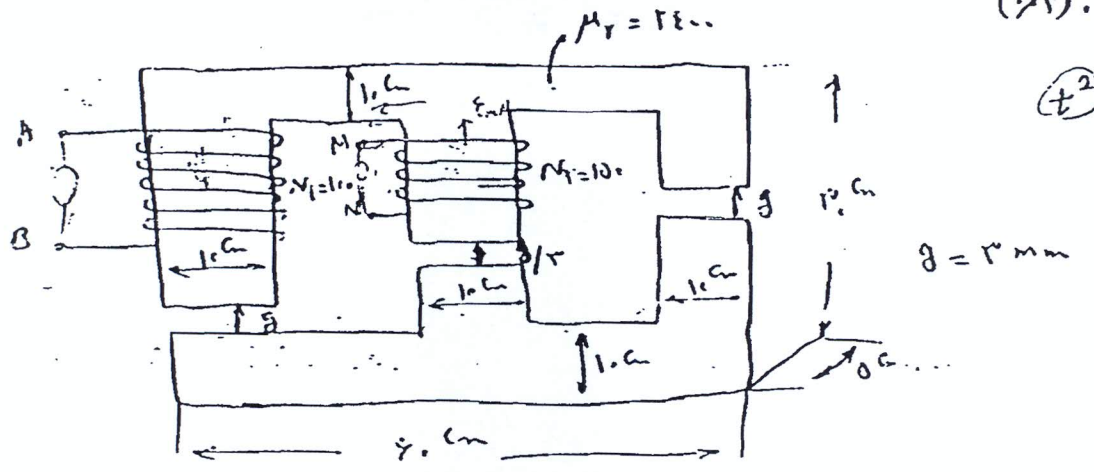
چرا جریان تحریک سیم پیچی های مدار مغناطیسی هرگز سیر ندارد؟ (۲۳)

شیم انرژی چیست؟ و کاربرد آن چیست؟ رابطه انرژی و شیم انرژی در مدار حلقه، غیر حلقه ایست. (۲۴)

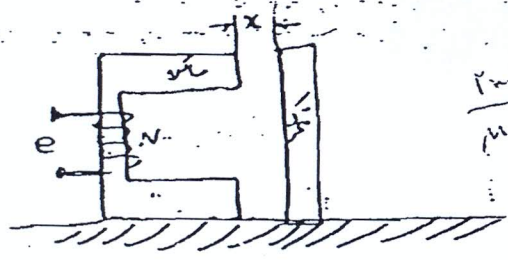
تلفات دو کو را شرح دهید. علاوه بر فرکانس چه عواملی در تلفات دو کو تأثیر دارد؟ برای کاهش آن چه اندازه ای ضرورت می یابد؟ (۲۵)

در مدار مغناطیسی متشکل از سیم پیچ، اندوکتانس، سیم پیچ دومسیم یعنی  $AB \rightarrow MN$  را بدست آورید

ب: اگر این دو سیم پیچی را با هم موازی کردیم مسج دلتا  $\rightarrow C_0 (1 + \frac{1}{2}) = C_0$  و کل این  $I_{MN} = I_{AB}$  را بیاورید. (۲۶)



متشکل از یک مدل انرژی الکترومغناطیسی را نشان می دهد. اگر دلتا زمانی به سیم پیچ  $e(t) = E_m \cos \omega t$  باشد رابطه ای برای نیروی وارده بر قسمت متحرک بدست آورید. فرض کنید که شار بین مانده اولیه صفر است. مقطع فاصله جریانی  $\alpha$  را فرض کنید. (۲۷)



$$\frac{1}{\mu_0} \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \frac{1}{\mu_0} \frac{d\Phi}{dt}$$

تلفات دو کو و پس ماند یک ترانسفر ماژور و تلفات دو کو کانس نامی ترتیب ۲۵۰، ۲۰۰، ۱۰۰ است

است در صورتی که تلفات دو کو کانس تلفات آگهی ترانسفر ماژور چند برابر حالت

قبل تر شد؟ (۲۸)

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_1 = \theta L_1^2 + (1 - \cos \theta) L_1 L_2 \\ \lambda_2 = 2 \sqrt{\theta} L_1 L_2 \end{array} \right.$$

مغناطیسی استاندارد (۲۹)

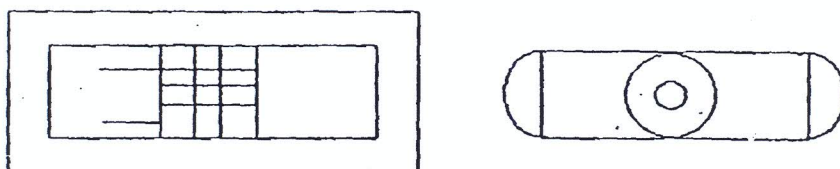
$$\vec{U} = \vec{U}_1 + \vec{U}_2$$



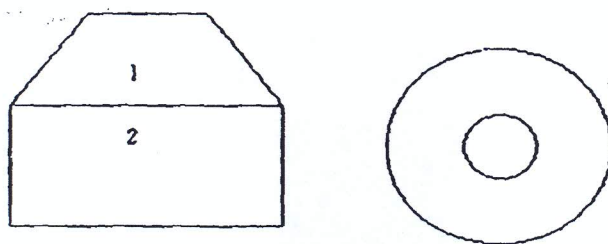
بسمه تعالی

سوالات ماشینهای انکتریکی

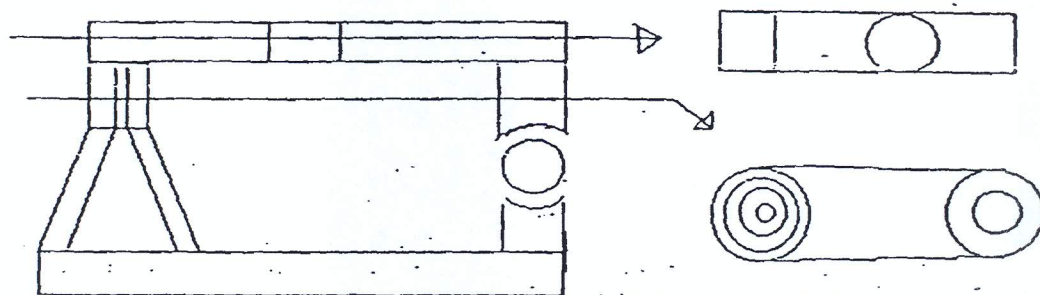
۱- انرژی ذخیره شده در فاصله هوائ را بیابید.



۲- مطلوب است محاسبه نیرو در نقاط ۱ و ۲ اگر شار ورودی به مجموعه  $q$  باشد. جنس درون محفظه از هوائ باشد.



۳- انرژی ذخیره شده در فاصله هوائ را بیابید.



۴- سوال کویز ذوم را برای دو حالت زیر حل کنید:

الف) اگر ماده خطی باشد.

ب) اگر ماده غیر خطی با رابطه داده شده در کویز باشد.

د- حل سوالات مشخص شده از کتابهای سن - سلون - بیمپارا.

۱۲۵



$$L_{sr} = 37.9 \mu \times 10^{-3} \text{ mH}$$

$$\beta = \omega_n t + \beta_0$$

$$V(N_2)$$

$$i) v_1 = v_2 = \omega_A$$

$$ii) v_2 = 5\sqrt{2} \cos(500t + 60^\circ)$$

$$v_5 = 5\sqrt{2} \cos(1200t + 30^\circ)$$

$$iii) v_5 = 5, v_1 = 5\sqrt{2} \cos(500t + 60^\circ)$$

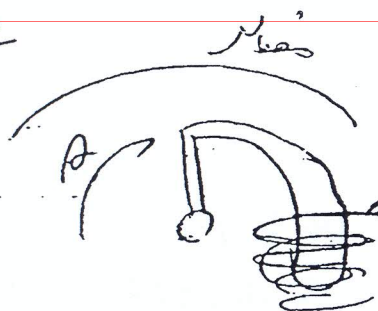
$\phi$

$$\tan \beta = 30^\circ (\omega)$$

$$\omega = 1$$

$$\tan \beta_{max} = 2$$

12a



$$L = 5 + 20\theta \text{ [NH]}$$

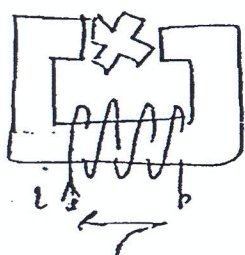
$$r = 0.01 \quad k = 7 \times 10^4 \frac{\text{N.m}}{\text{rad}}$$

$$\bar{\theta} = k \bar{I}^2 \quad \bar{\theta} = \frac{\bar{I}}{k}$$

$$T = \frac{1}{2} r^2 \frac{dL}{d\theta} = 10 r^2 \times 10^6 \rightarrow \bar{T} = 10 \bar{I}^2$$

$$\bar{\theta} = \frac{\bar{I}}{k} = \frac{\bar{I}}{7 \times 10^4} \rightarrow \bar{\theta} = \frac{1}{7} \times 10^5 \bar{I}^2 \text{ N} = \frac{1}{70} \bar{I}^2$$

$$\bar{\theta} = \frac{10}{70} = \frac{10}{7}$$



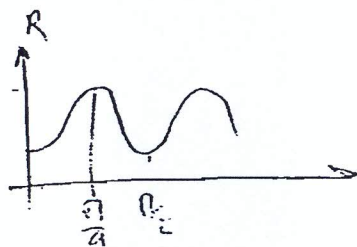
$$R = \frac{l}{\mu_0 \mu_r N^2}$$

$$N = 150$$

$$: 90^\circ$$

$$V = 115 \text{ rms}$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$



$$R = R_0 - R_m \cos 4\beta$$

$$\begin{cases} R_0 + R_m = 5 \times 10^3 \\ R_0 - R_m = 10^3 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} R_0 = 3 \times 10^3 \\ R_m = 2 \times 10^3 \end{cases}$$

$$V = 115\sqrt{2} \cos(2 \times 60\pi t) = 115\sqrt{2} \cos \omega_s t, \quad \omega_s = 377 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$\Phi = \frac{1}{N} \int V dt = \frac{1}{150} \int 115\sqrt{2} \cos 377 t = \Phi_m \sin 377 t$$

$$\Phi_m = 2.88 \times 10^{-3}$$

$$T = -\frac{1}{2} \Phi^2 \frac{dR}{d\beta} = -\frac{1}{2} \Phi_m^2 \sin^2 \omega_s t \cdot 4R_m \sin 4(\omega_m t + \beta_0)$$

$$T = R_m \Phi_m^2 \left[ \frac{1}{2} \sin [2(2\omega_m + \omega_s)t + 4\beta_0] + \frac{1}{2} \sin [2(2\omega_m - \omega_s)t + 4\beta_0] - \sin 4(\omega_m t + \beta_0) \right]$$

$$\omega_m = \frac{1}{2} \omega_s \rightarrow T_{av} = 0$$

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

$$T_{av} = \frac{1}{2} R_m \Phi_m^2 \sin 4\beta_0 = 0.829 \sin 4\beta_0$$

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



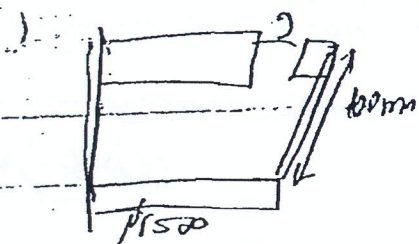
$w_f = \sqrt[3]{2\theta_m} \quad i(t) = 1A \quad \theta_m = 2i \quad T = \frac{11}{12} \text{ Nm}$  1 POU

$\frac{\partial \lambda}{\partial \theta_m} = ? \quad T = \frac{\partial w_f'}{\partial \theta} = -\frac{\partial w_f}{\partial \theta}$

$w_f' = \lambda i - w_f \rightarrow T = \frac{\partial w_f'}{\partial \theta} = \frac{\partial(\lambda i)}{\partial \theta} = -\frac{\partial w_f}{\partial \theta} = i \frac{\partial \lambda}{\partial \theta} = i \frac{\partial^3 \theta}{\partial \theta^3} = \frac{i}{3}$

$A_g = 30 \times 30 \text{ mm}^2$  1 POU

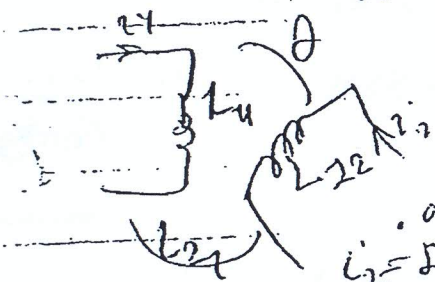
$N = 1000, \quad \mu_r = \infty \quad F = ? \quad 2G = 0.5 \quad \theta = 2$   
 $F = -\frac{1}{2} g^2 \frac{dR}{d\theta} \quad g = r\theta = 100 \times 10^{-3} \frac{2\pi}{180} = 3.5 \times 10^{-3}$



$R_g = \frac{g}{N_0 A} = 3.095 \times 10^6 \Rightarrow \frac{dR}{d\theta} = \frac{dR}{dg} = \frac{1}{10\theta}$

$g = \frac{N}{R_g} = \frac{300}{3.095 \times 10^6} = 162 \mu\text{Wb}$

$F = -\frac{1}{2} g^2 \frac{dR}{d\theta} = -11.6 \text{ N}$



$L_{11} = A \quad L_{22} = B \quad L_{12} = L_{21} = C \cos \theta$  1 POU

$T = ?$

$i_1 = I_0 \sin \omega t$   
 $i_2 = I_0$

$i_1 = I_m \sin \omega t$  1 POU

$w_f = \frac{1}{2} L_{11} i_1^2 + \frac{1}{2} L_{22} i_2^2 + L_{12} i_1 i_2$

$T = \frac{\partial w_f}{\partial \theta} = -L_{12} i_1 i_2 \frac{\partial \cos \theta}{\partial \theta} = L_{12} i_1 i_2 \sin \theta$

a)  $T = 0$  1 POU

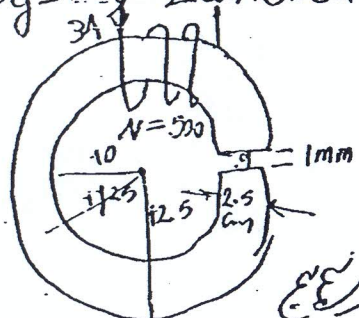
b)  $\frac{d}{dt} (L_{11} i_1 + L_{12} i_2) = 0 \rightarrow L_{11} i_1 + L_{12} i_2 = k \rightarrow i_1 = \frac{k - L_{12} i_2}{L_{11}}$

$w_f = \frac{1}{2} L_{11} \left( \frac{k - L_{12} i_2}{L_{11}} \right)^2 + L_{12} i_1 i_2 + \frac{1}{2} L_{22} i_2^2$

$T = \frac{\partial w_f}{\partial \theta} = \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \frac{1}{2} L_{11} \frac{(k - C \cos \theta I_0)^2}{L_{11}^2} + \frac{1}{2} L_{22} I_0^2 \right)$

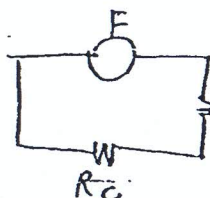
1 POU

مثال: یک حلقه از کربن فیلیم با عرض مقطع  $2 \text{ cm}$  و طول  $2 \text{ m}$  و یک سیم مسی با عرض مقطع  $1 \text{ mm}$  و طول  $2 \text{ cm}$  و  $N=500$  دور.  $B_g = 1.2 \text{ T}$



$$B_g = \frac{\Phi}{A} \quad A_g = A_{\text{core}} \quad A_N = (1.1)^2 A$$

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{N\Phi}{I} = \frac{500 \times 1.2 \times 2.5 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-2}}{3}$$

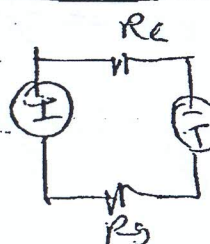


$$R_c = \frac{F - R_g \Phi}{\Phi} = \frac{2\pi \times (11.25)}{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 10^4} \Rightarrow \mu_r = 1238.57$$

$$R_c = 0.91 \times 10^6 \frac{\text{AT}}{\text{wb}}$$

$$R_g = 1.59 \times 10^6 \frac{\text{AT}}{\text{wb}}$$

در اینجا چون خط خطی داریم و یک خط داریم و یک خط داریم



$$N_1 = 1000$$

$$A_c = (0.1)^2 = 0.01$$

$$A_g = (0.1 + 0.05)^2 = 0.0225$$

$$R_c = \frac{l}{\mu_0 \mu_r A_c} = \frac{4 \times 0.9}{4\pi \times 10^{-7} \times 1000 \times 0.1} = 127324 \frac{\text{AT}}{\text{wb}}$$

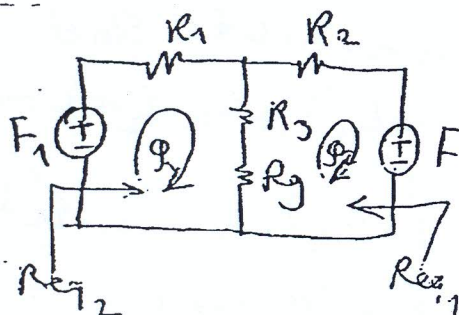
$$R_g = \frac{l}{N_1 A_g} = 1768388$$

$$\Phi = \frac{F_1 + F_2}{R_c + R_g} = 369 \text{ mwb}$$

$$R = R_0 + R_1 \theta$$

$$\Phi = \frac{F}{R} = \frac{N_1 I}{R_0 + R_1 \theta}$$

$$V_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = -N_2 \frac{d\Phi}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = \frac{N_2 N_1 I}{(R_0 + R_1 \theta)^2} R_1 \omega_m$$



$$F_1 = 100 \times 10 = 1000 \text{ AT}$$

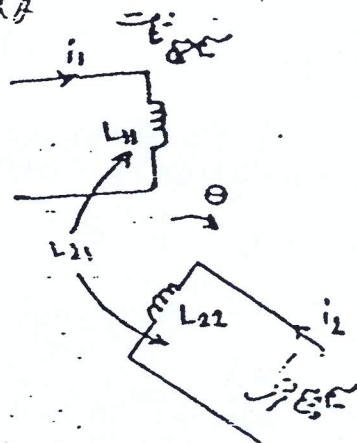
$$F_2 = 200 \times 8 = 1600 \text{ AT}$$

۳-۲ در شکل مقابل  $L_{11} = A$  و  $L_{22} = B$  و  $L_{12} = L_{21} = C \cos \phi$  گشتاور را برای حالتی زیر محاسبه کنید:

(الف)  $i_2 = 0, i_1 = I_0$  (ب)  $i_2 = I_0, i_1 = I_m \sin \omega t$

(ج) سیم پیچ اتصال کوتاه و  $i_2 = I_0$

$$W = \frac{1}{2} i_1^2 \frac{dL_{11}}{d\theta} + i_1 i_2 \frac{dL_{12}}{d\theta} + \frac{1}{2} i_2^2 \frac{dL_{22}}{d\theta}$$



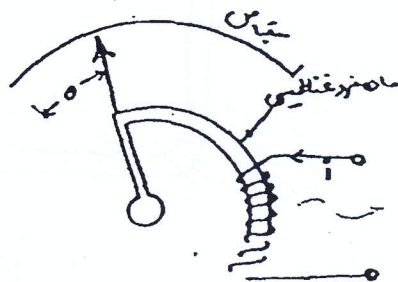
۵-۲ شکل مقابل یک آمپر متر با آهن نرم گردان و نشان می دهد. ضریب القاء سیم پیچ (پیچک)

$L = 0.02 + j0.05 \text{ [mH]}$  است که در آن زاویه انحراف بر حسب رادیان می باشد. مقاومت سیم

پیچی  $0.1 \text{ } \Omega$  و ثابت فتر مقاوم  $10^{-2} \frac{\text{N.m}}{\text{rad}}$  است.

(الف) نشان دهید دستگاه مقدار مؤثر جریان را می شنود

(ب) انحراف کامل دستگاه در صورتیکه جریان نامی (مؤثر)  $10 \text{ A}$  باشد چقدر است؟



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

$$\theta = \frac{T}{K}$$

۱۲۷



## تکالیف مری چهارم ماشینهای الکتریکی ۱

۱-۲- در مدار مغناطیسی یک سیستم الکترومغناطیسی معین، شار در دره جریان و تغییر مکان بین اجزاء ثابت و متحرک ( $x$ ) بصورت رابطه زیر با یکدیگر ارتباط دارند. نیروی الکترومغناطیسی را در  $x=0$  [m] و  $i=6A$  [A] محاسبه نمایید:

$$W_p = \int i d\lambda = \int i \frac{d\lambda}{di} di \quad \lambda = \frac{2\phi^{1/2} + i^{1/2}}{x+1}$$

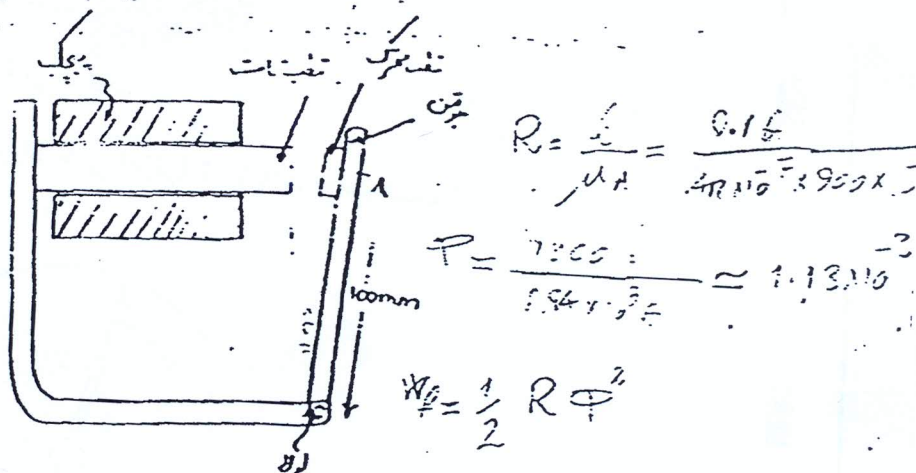
۲-۲- در یک سیستم الکترومکانیکی تک تحرک در رانسی بدون تلفات، رابطه انرژی الکترومغناطیسی بدین ترتیب است:

$$C_p = \int i d\lambda = \int i \frac{d\lambda}{di} di = \frac{\theta_m}{5} = \frac{d\lambda}{di} \Rightarrow \frac{d\lambda}{di} = \frac{3}{5} i^{-2/5}$$

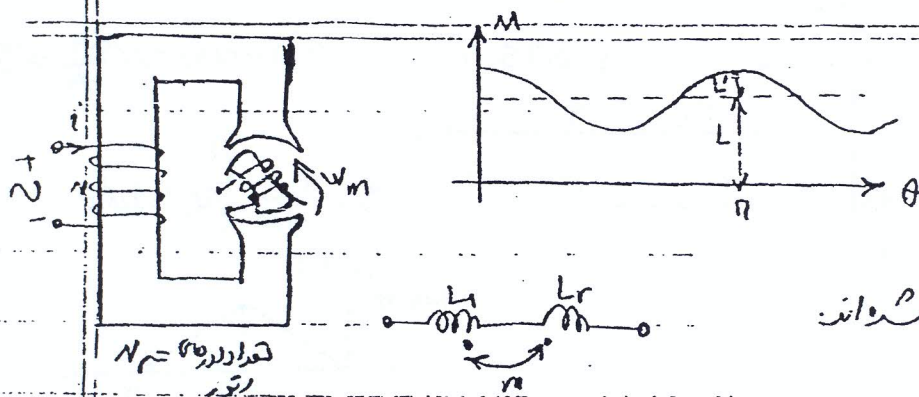
$$\lambda = -\frac{5}{2} i^{-2/5} \Rightarrow \frac{\partial \lambda}{\partial i} = -\frac{1}{5} i^{-7/5} \Rightarrow w_m(i, \theta_m) = \sqrt[3]{i \theta_m}$$

در زمان  $t=1$  [s] و درجه  $m=8$  مقدار عددی  $F = \frac{\partial \lambda}{\partial \theta_m}$  محاسبه کنید. چند راست؟

۳-۲- در مکثیم رله که از فولاد ساخته شده، سطح مقطع دو قطب، هر یک  $30$  [mm]  $\times$   $30$  [mm] بوده و وقتی بهم می چسبند خط مرکزی جوشن عمودی است. سیم پیچ دارای  $1000$  دور است. فرض کنید ضریب نفوذ مغناطیسی فولاد بی نهایت باشد و نیروی وارده بر جوشن را وقتی جریان  $10$  [A] از سیم پیچ عبور می کند و جوشن  $2^\circ$  از حالت قائم زاویه دارد، پیدا کنید (از اثر شکستگی در فاصله هوابی و پراکندگی صرف نظر می شود).



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



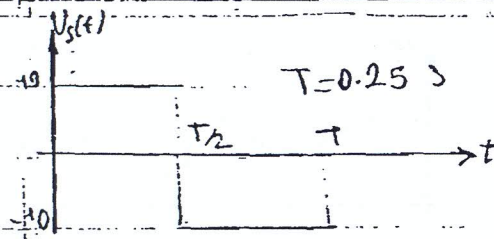
دو سلف با هم سری شده‌اند

$$M = L + L' \cos 2\theta = L + L' \cos 2\omega_m t$$

$$\Phi_r = L_r I_r + M I_{dc} = M I_{dc} = I_{dc} (L + L' \cos 2\omega_m t)$$

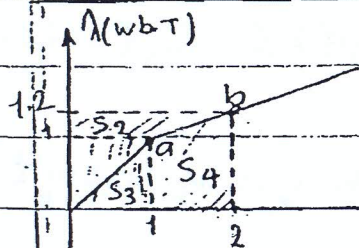
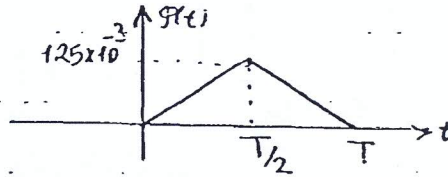
$$e_r = N_r \frac{d\Phi_r}{dt} = -2 N_r I_{dc} L' \omega_m \sin 2\omega_m t$$

\* \* \* \* \*



$$v_s(t) = e(t) = N \frac{d\phi}{dt} \Rightarrow \phi = \frac{1}{N} \int v_s(t) dt$$

$$\phi = \frac{1}{1000} \int_0^t v_s(t) dt$$



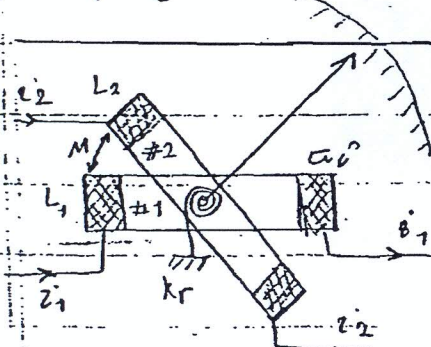
$$W_p = \int_0^{1.2} i d\lambda = S_1 + S_2 = \frac{1}{2} + \frac{(1+2) \times 0.2}{2} = 0.8 \text{ J}$$

$$W_p' = \int_0^2 \lambda di = S_3 + S_4 = \frac{1}{2} + \frac{(1+2) \times 1}{2} = 1.6 \text{ J}$$

$$\lambda = N\phi = 0.75 i^{1/3} \quad i = 2.4 \text{ A}$$

$$W_p = \int_0^1 i d\lambda \quad d\lambda = 0.25 i^{-2/3} di$$

$$\Rightarrow W_p = \int_0^{2.4} 0.25 i \cdot i^{-2/3} di = \int_0^{2.4} 0.25 i^{1/3} di = \frac{3}{4} i^{4/3} \Big|_0^{2.4} = 0.602 \text{ J}$$



$$W_p = \frac{1}{2} [z_1 \ z_2] \begin{bmatrix} L_1 & M \\ M & L_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{2} L_1 z_1^2 + \frac{1}{2} L_2 z_2^2 + m L_1 z_1 z_2$$

$$T = \frac{dw_t}{d\theta} = z_1 z_2 \frac{dm}{d\theta}$$

$$L_1 \text{ و } L_2 \text{ ثابت و } m \text{ متغیر است}$$

$$T_r = k_r \theta$$

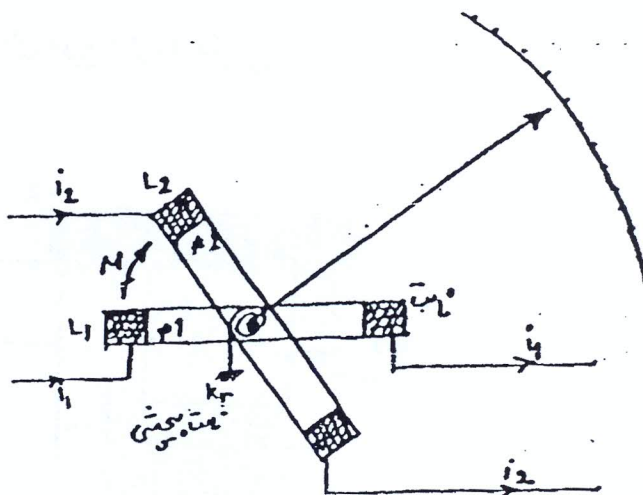
$$\Rightarrow \theta = \frac{1}{k_r} \frac{dm}{d\theta} \cdot z_1 z_2$$

$$\Rightarrow \theta = k L_1 z_2$$

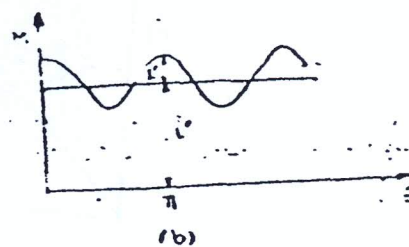
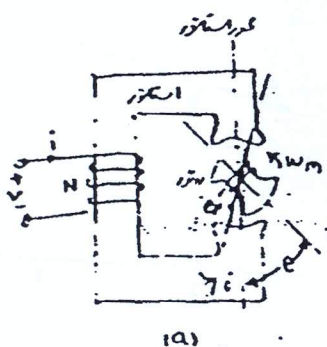
این سیستم یک سیستم مکانیکی است که شامل یک میله افقی و یک میله عمودی است. میله افقی دارای یک فنر و یک جرم است. میله عمودی دارای یک جرم است. زاویه بین میله افقی و میله عمودی  $\theta$  است.



۲-۲- ثابت کنید سیستم الکترو مغناطیسی شکل روبرو می تواند به عنوان وانتر جریان مستقیم بکار رود.



۲-۵- در یک سیستم مکانیکی مطابق شکل  $a$  رتور با سرعت زاویه ای  $\omega_m$  می چرخد. سیم پیچ  $N_1$  حامل جریان مستقیم  $i_{dc}$  است. تغییرات اندوکتانس متقابل بین سیم پیچ استاتور و سیم پیچ رتور در حین گردش رتور نیز در شکل  $b$  نشان داده شده است. ولتاژ القاء شده مدار باز بر روی سیم پیچی رتور چقدر است؟

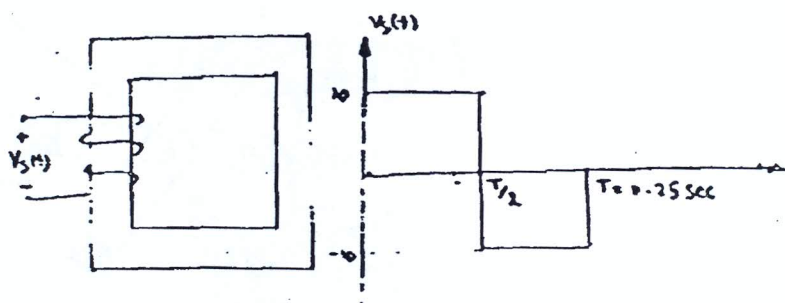


۶۴۰۶ -

۱-۳ - ولتاژ  $V_s(i)$  به سیم پیچی مدار روپرو اعمال می شود.

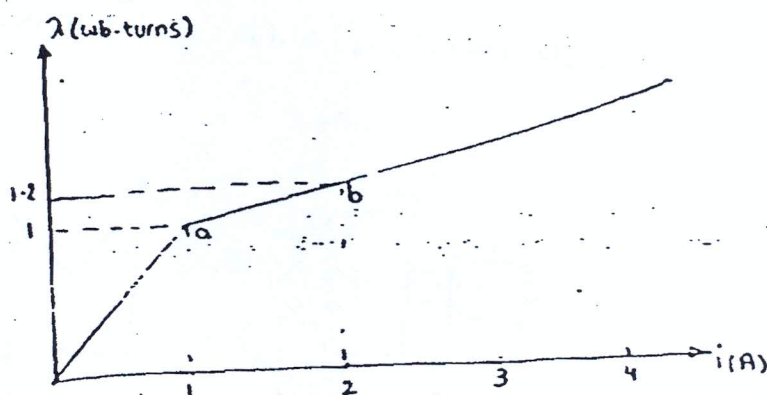
بفرض  $\mu_r \rightarrow \infty$ ,  $N=1000$  turns شکل موج شار مغناطیسی

ایجاد شده را رسم نمایید.



۲-۳ - منحنی  $(\lambda - i)$  یک مدار مغناطیسی مطابق شکل روپروست.

برای نقطه b انرژی  $W_f$  و انرژی همزاد  $W_c$  (Coenergy) را محاسبه نمایید.



۳-۳ - در یک هسته فرو مغناطیسی رابطه شار دور جریان بصورت تجربی به شکل

$\lambda = N\phi = 0.75(i) - \frac{1}{3}$  بدست آمده است. که  $N$  تعداد حلقه های سیم هادی پیچیده شده روی

هسته و  $i$  جریان عبوری از هادی ها می باشد. مطلوبست تعیین انرژی ذخیره شده در سیستم

مغناطیسی برای جریان  $i=2.4A$



$$T_s \propto V_1^2$$

دلتا اثرات

رابطه‌های روتور را ثابت در نظر بگیریم (در روتور تقسیمی):  
 دلتا در حقیقت دلتا اثر حساس است و کاهش آن در دلتا  
 عین فوق العاده ای در دلتا اثر ایجاد می‌کند.  
 از لحاظ دلتا در مجاز در دلتا اثر نامی است.

اگر معادله سیستم سیم سیم روتور متغیر باشد (در روتور سیم سیم شده) از طریق حلقه‌ای بخیران:

$$\frac{dT_s}{dR_r} = 0 \Rightarrow R_r = X_r \Rightarrow T_{smax}$$

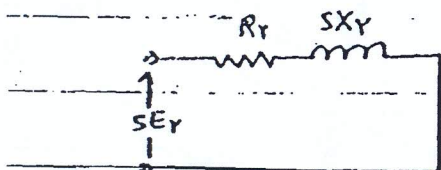
در حقیقت سیم سیم همیشه X از R بزرگتر است و مجبوری از روتورهای ۲ در روتور استفاده

$$R_r + r = X_r \rightarrow r = X_r - R_r$$

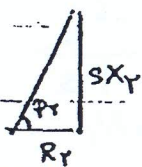
مقدار سیم سیم روتور است که  
 دلتا در راه اندازی مانع از راه اندازی می‌کند.  
 در اینجا سیم سیم روتور تقسیمی در معادله برای کنترل  
 دلتا در راه اندازی داریم.

$$T_{smax} = \frac{k' V_1^2 R_r}{2 R_r^2} = \frac{k' V_1^2}{2(R_r + r)} = \frac{k' V_1^2}{2 X_r}$$

در حالت گردش



$$I_r = \frac{sE_r}{\sqrt{R_r^2 + (sX_r)^2}} \quad \cos \phi_r = \frac{R_r}{\sqrt{R_r^2 + (sX_r)^2}}$$



$$T = k E_r I_r \cos \phi_r = K \phi I_r \cos \phi_r$$

$$= K \phi \frac{sE_r}{\sqrt{R_r^2 + (sX_r)^2}} \cdot \frac{R_r}{\sqrt{R_r^2 + (sX_r)^2}} = \frac{K \phi sE_r R_r}{R_r^2 + (sX_r)^2}$$

$$= \frac{k' V_1^2 s R_r}{R_r^2 + (sX_r)^2} \rightarrow T \propto V_1^2$$

دلتا در حالت  
 رتبه دلتا

سک است.

$$\frac{dT}{ds} = 0 \Rightarrow R_r = sX_r \Rightarrow T_{smax}$$



4. چون  $R_T < X_T$  و  $s < 1$  است، این شرایط تحقق پذیر است. (سیم برای ردتور قفسی

سیم برای سیم پیچ شده)

یعنی برخلاف گسترده راه اندازی باید مقاومت ردتور کم باشد. پس اگر محدود سیم هم در حالت گسترده راه اندازی در سیم حالت کار گسترده مانعیم را بگیریم فقط در ردتور سیم پیچ شده (که می توان بار ردتور مقاومت آن را تغییر داد) ممکن است.

4. نحوه گسترده تر شدن

$$T_{max} = \frac{K' V_1^2 s^2 X_T}{Y (s X_T)^2}$$

$$= \frac{K' V_1^2}{Y X_T} = T_{smax}$$

→ مقدار مانعیم ثابت است.

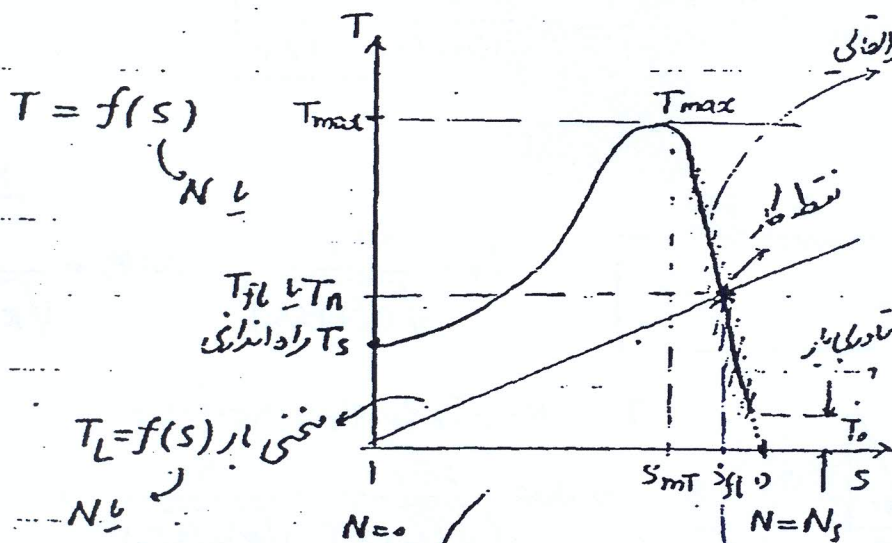
4. در ردتور که می مثل مقاومت

تغییری در ردتورهای جریان

متناسب است گسترده تر شدن

(و قدرت نیز محدود مانعیم) دارد و مقدار گسترده مانعیم به مقاومت ردتور بستگی ندارد. مثلاً در تبدیل

ساید می ردتور قفسی از بس به آکسیدیم که فقط مقاومت تغییر می کند، گسترده مانعیم تغییر نمی کند.



$$T = \frac{SR_T}{R_T^2 + (sX_T)^2}$$

$$s = 1 \Rightarrow T_s$$

$$s = 0 \Rightarrow T = 0$$

$$s = \frac{R_T}{X_T} = s_{mT}$$

نفرش مانعیم گسترده

$$T \propto \frac{SR_T}{R_T^2 + s^2 X_T^2} \propto \frac{1}{s}$$

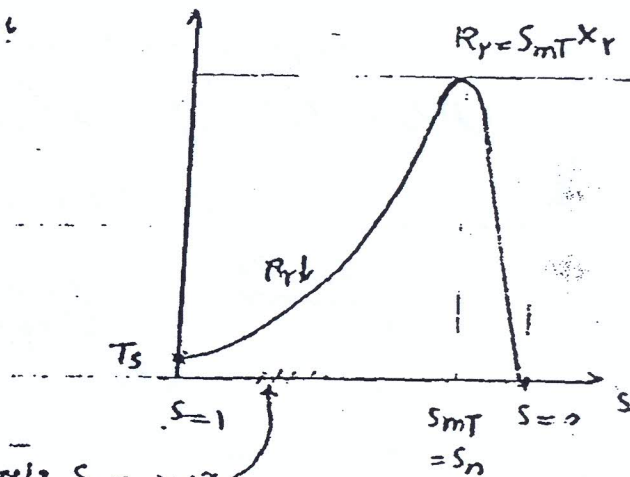
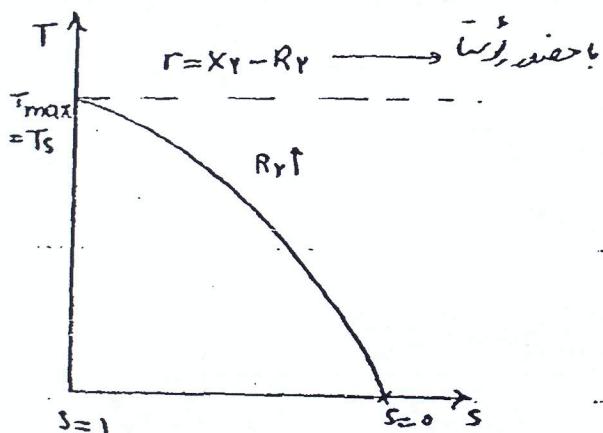
درخش اول

$$T \propto \frac{SR_T}{R_T^2 + s^2 X_T^2} \propto s$$

درخش دوم

4. در حالت نامی  $T = T_L$

4. نقطه کار در ساختاری نزدیک به نشتی درخش تقریباً حفظ است و از تقاطع نشتی با درخش گسترده



مقدار بزرگی دارد معنی در سرعتهای پهن اتفاقی است  $(X = 2.2R)$   $S_{MT} = \frac{R_T}{X_T}$   
 بل تحقق خندان نیست. بدین طریقی حاضری انجام داد تا  $R_T$  نسبت به  $X_T$  حاضری را حساب کند.  
 حدود ۱۵ تا ۱۰ درصد

بشخص‌های مرغوب‌تر

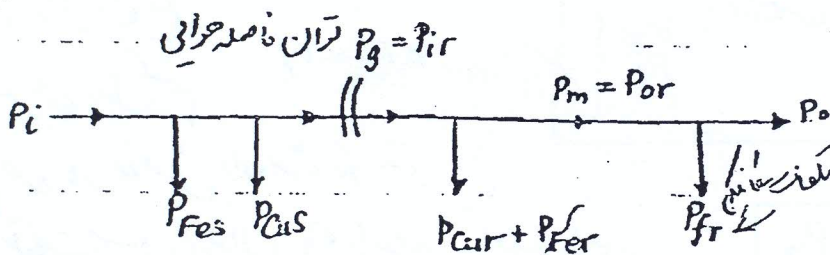
$$\bullet \frac{T_s}{T_{max}} > \frac{T_{fl}}{T_{max}}$$

$$\frac{T_s}{T_{max}} = \frac{\frac{R_r}{R_r^T + X_r^T}}{\frac{1}{X_r}} = \frac{Y R_r X_r}{(R_r^T + X_r^T)} = \frac{Y \frac{R_r}{X_r}}{1 + \frac{R_r^T}{X_r^T}} = \frac{Y S_{mT}}{1 + S_{mT}^T}$$

$$\frac{T_{fl}}{T_{max}} = \frac{Y S_{fl} S_{mT}}{S_{mT}^r + S_{fl}^r}$$

هر چه این نسخه بزرگتر باشد مولود مرغ بزرگتر است.

بیش توان در مولد الفای



Pi توان وردی  
به استناد

تلفات سے بچنے کے لیے  $P_{res}, P_{cus}$  استعمال کریں

۲۔ عموماً غریب تفریحی سرگرمیوں سے فراوان ہوا میں ہے۔

آزمایشات روشنی نیست

تغیبات عن اردو

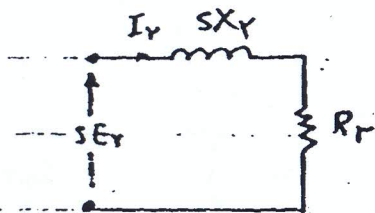
۹۰ قرآن مجید عربی و قرآن در روزی بار آورده

$P_{or}, P_{in}$  تان صرعي رتد (پران به سكي ليدى ليد)

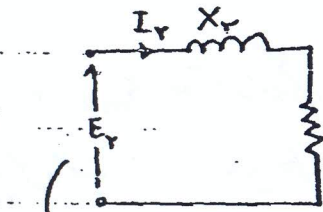




توان خروجی برآورد (توان مفید)  $P_o = P_{sh}$  (بر حسب اسب بخار) ← اگر بزرگتر توان  
خروجی برآورد برآورد  $P_o$  در نظر گرفته می شود.  
 $P_{fr}$  تلف مکانیکی  
یعنی برآوردی که در بازه نامی خط آن ۳۸.۷ در آن  
خروجی ۵ h.p دارد



$$I_r = \frac{sE_r}{\sqrt{R_r^2 + s^2 X_r^2}} = \frac{E_r}{\sqrt{(\frac{R_r}{s})^2 + X_r^2}}$$



دارای معادل قاری جدید:

$$P_g = E_r I_r \cos \varphi_r \quad \text{برای هر فاز}$$

$$P_g = 3 E_r I_r \cos \varphi_r \quad \text{توان در سه فاز کامل روتور}$$

۴ جی جی هم مثل توان برآورد  
با  $E_r$  منطبق قرار گیرد

$$\cos \varphi_r = \frac{\frac{R_r}{s}}{\sqrt{(\frac{R_r}{s})^2 + X_r^2}}$$

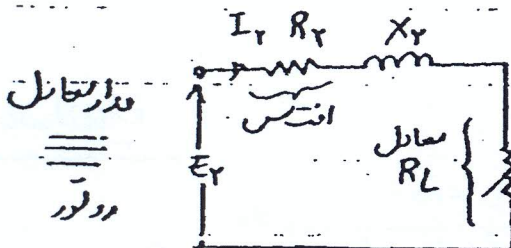
$$P_g = 3 E_r I_r \frac{\frac{R_r}{s}}{\sqrt{(\frac{R_r}{s})^2 + X_r^2}} = \frac{I_r^2 R_r}{s} = I_r^2 R_r + I_r^2 R_r (\frac{1}{s} - 1)$$

$$P_{cur} = 3 I_r^2 R_r \quad \text{تلفات در سیم روتور}$$

$$P_{cus} = 3 I_r^2 R_r \quad \text{تلفات در سیم سازه روتور}$$

$$\Rightarrow P_g = P_{cur} + P_m$$

$$P_m = P_{or} = I_r^2 R_r (\frac{1}{s} - 1)$$



$$R_m = R_r (\frac{1}{s} - 1)$$

۴ توان مهم توان مکانیکی  
را به صورت الکتریکی مدل کنیم

تلفات هم جزو بار نمایش داده شده است

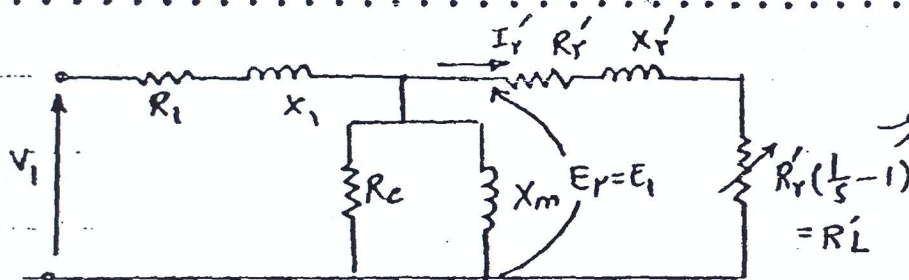
۴ از روی تلفات نسبی توان  $P_g$  را بدست آوردیم  
همین طور  $P_m$

$$P_{cur} = s P_g$$

$$P_m = (1 - s) P_g$$

$$P_m = \frac{1 - s}{s} P_{cur}$$





مدار کامل (ارجاع غده لغز)  
استاندر

$I_0$  جریان خازن

$$K = \frac{N_2 K_{w2}}{N_1 K_{w1}} = \frac{N_2'}{N_1'} \quad \text{"مدار معادل T"}$$

$$P_i \approx 3 I_1 V_1 \cos \phi_1 \quad \text{ضریب توان برآورد}$$

$$P_m = R_2' I_2'^2 \left( \frac{1}{5} - 1 \right) \quad \text{مدار بار در اینجا فقط همین است ولی در ترانسفورماتور}$$

هم اینجا و هم در ترانسفورماتور یک بار است یعنی استاتی است.  
جریان بی بار در ترانسفورماتور خیلی کوچک است. (حدود ۵٪) اما در ترانسفورماتورهای بزرگ حدود ۳۰ الی ۴۰ درصد جریان نامی می رسد. اگر بار روی موتور باشد تفاوت اصطلاحات همچنان روی برآورد هست و "مدار بار" نیست. (در حالت مدار بار ترانسفورماتور متفاوت است و با حالت بی بار یکی است)

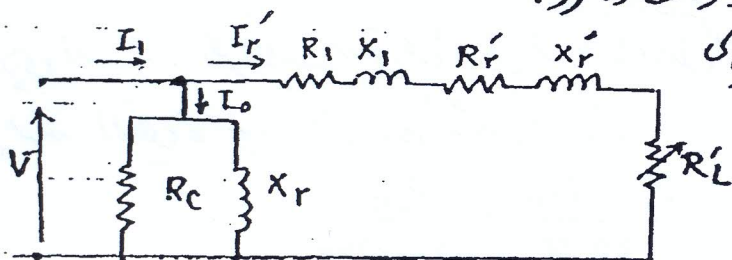
$$\vec{I}_1 = \vec{I}_0 + \vec{I}_2'$$

$$I_0 = 5\% I_n$$

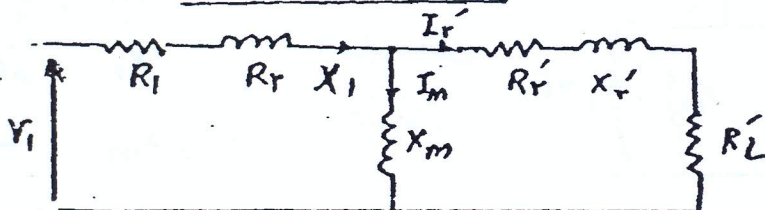
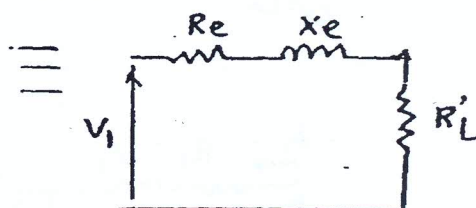
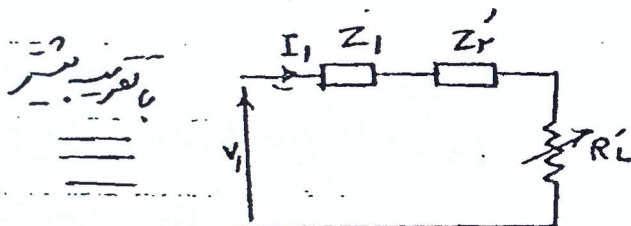
$$I_{h1} = (30 - 40\%) I_n$$

مدار ترانسفورماتور خیلی ساده می توان مدار ساده کرد.

در ترانسفورماتورهای بزرگ دلایل بالا استفا ده از مدل های معادل تقریبی در حقیقت نمی شود



$$\begin{cases} R_e = R_1 + R_2' \\ X_e = X_1 + X_2' \end{cases}$$

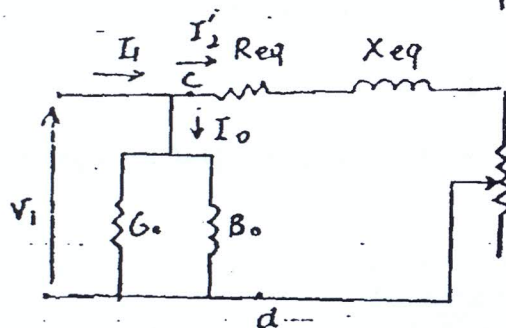


۴ مدل IEEE

مقاومت را در مدار معادل منتظر می کنیم



لی تلف آهن باید محاسب شود. (قطر از جریانش صرف نظر می کنیم.)



یک مولد توانایی سه فاز شش قطب  $f = 50 \text{ Hz}$  اتصال  
 زده با اطلاعات  $Z_1 = 0.107 + j0.13 \Omega/\text{ph}$   
 بل زیر احتیاط  $Z_2' = 0.108 + j0.13 \Omega/\text{ph}$

$$G_0 = 0.022 \text{ S} \quad B_0 = 0.151 \text{ S}$$

$$s = 2\% \quad I_2' = ? \quad I_1 = ? \quad \cos \phi_1 = ? \quad \text{ضریب توان استاندارد} \Rightarrow \text{فرضیه}$$

$$T_0 = ? \quad P_0 = ? \quad \eta = ? \quad \text{توان موتور}$$

مطلوب مدار خواسته شده در ضریب لغزش ۰.۰۱۰۲ (مولد ۱۱۵ ولت است.)  
 دقت از بین رفته

$$V_1 = \frac{115}{\sqrt{3}} = 66.15 \text{ V}$$

$$R_L' = R_2' \left( \frac{1}{s} - 1 \right) = 0.108 \times 49 = 5.292 \Omega/\text{ph}$$

$$Z_{cd} = R_{eq} + X_{eq} j + R_L'$$

$$Z_{cd} = 0.107 + 0.108 + (0.13 + 0.13)j + 5.292$$

$$Z_{cd} = 4.11 / 17.4^\circ \Omega/\text{ph}$$

$$I_2' = \frac{-V_1}{Z_{cd}} = \frac{66.15}{4.11 / 17.4^\circ} = 16.1 / -17.4^\circ = 14 - j2.34$$

چه شود که جریان هار و لثا رفا عقب برند. (مولد آلمانی)

$$I_0 = V_1 (G_0 - jB_0)$$

$$= 66.15 (0.022 - j0.151) = 1.44 - j10.15 \text{ A}$$

$$I_1 = I_0 + I_2' = 21.7 / -22.5^\circ$$

$$\cos \phi_1 = \cos 22.5^\circ = 0.924$$

$$P_o = 3 I_r'^2 R_L' = 3 \times (18.2)^2 \times 3.92 = 3080 \text{ W}$$

$$N_s = \frac{12 \times 40}{4} = 1200 \text{ r.p.m}$$

$$N = (1-s) N_s = (1-0.02) \times 1200 = 1176 \text{ rpm}$$

$$T_o = \frac{3080}{2\pi \frac{1176}{60}} = 24.97 \text{ N.m}$$

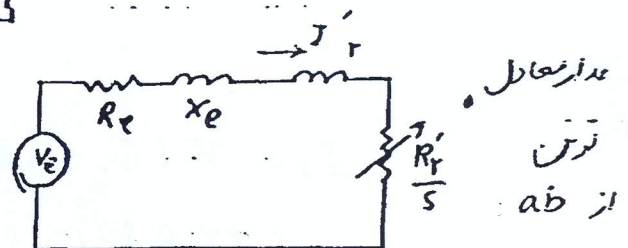
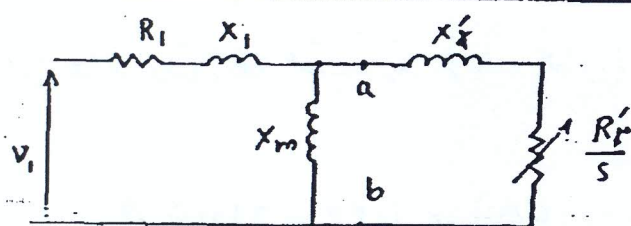
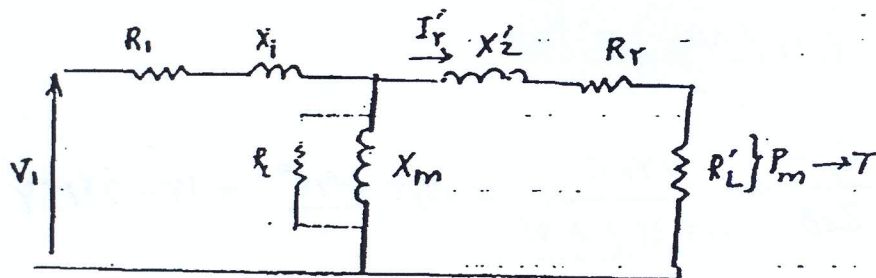
$$T_o = T = \frac{3080 + 3 I_r'^2 R_r'}{2\pi N_s} \rightarrow \text{مکانیس}$$

$$P_i = \sqrt{3} V_L I_1 \cos \phi_1 = 3 V_1 I_1 \cos \phi_1$$

$$= \sqrt{3} \times 115 \times 21.7 \times 0.804 = 3450 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{3080}{3450} \times 100 = 89.5\%$$

این مدار را با استفاده از مدار کامل بدست می آوریم. معمولاً مدل IEEE را انتخاب می کنیم.



$$V_e = V_1 \frac{X_m}{X_1 + X_m}$$

از آنجا که برابر  $X_m$  صفر نمی شود:

$$Z_e = R_e + jX_e$$

$$Z_e = \frac{R_1 X_m}{X_1 + X_m} + j \frac{X_1 X_m}{X_1 + X_m}$$



$$X_r = X_i + X_m$$

$$Z_e = \underbrace{\frac{R_i X_m}{X_r}}_{R_e} + j \underbrace{\frac{X_i X_m}{X_r}}_{X_e} = \frac{X_m}{X_r} \bar{Z}_i$$

$$I_r' = \frac{V_e}{(R_e + \frac{R_r'}{s}) + j(X_r' + X_e)}$$

$$T = \frac{3 I_r'^2 R_r' / s}{\omega_s}$$

$$T = \frac{3}{\omega_s} \frac{V_e^2}{(R_e + \frac{R_r'}{s})^2 + (X_r' + X_e)^2} \frac{R_r'}{s} \quad \text{با توجه به } V_e$$

$$T = \frac{K}{(R_e + \frac{R_r'}{s})^2 + X_r'^2} \frac{R_r'}{s} \quad T \propto V_1^2$$

$$T \text{ دقیق} = \frac{K R_r' s}{(s R_e + R_r')^2 + (s X_r')^2} \quad \text{اگر } R_e = X_e \text{ باشد همان رابطه قبلی می شود.}$$

$$T \text{ تقریبی} = \frac{K R_r' s}{R_r'^2 + (s X_r')^2}$$

نقطه سمار  
نمی شود  
لغزش از روی  $T$  دقیق بدست نمی آید که تقریباً مانند حالت تقریبی

$$\frac{dT}{ds} = 0 \Rightarrow \frac{R_r'}{s_{mT}} = \sqrt{R_e^2 + (X_r' + X_e)^2} = \sqrt{R_e^2 + X_r'^2}$$

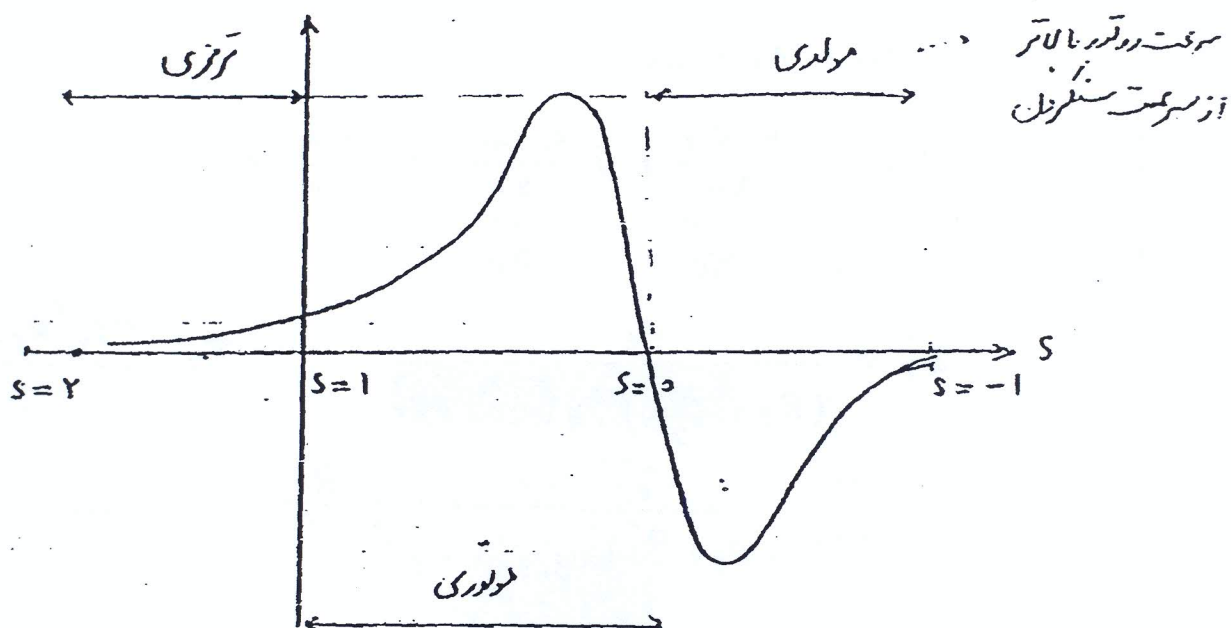
$$s_{mT} = \frac{R_r'}{\sqrt{R_e^2 + X_r'^2}}$$

$$T_{em} = \frac{K}{3(R_e + \sqrt{R_e^2 + X_r'^2})}$$

$$s = 0 \rightarrow T = 0$$

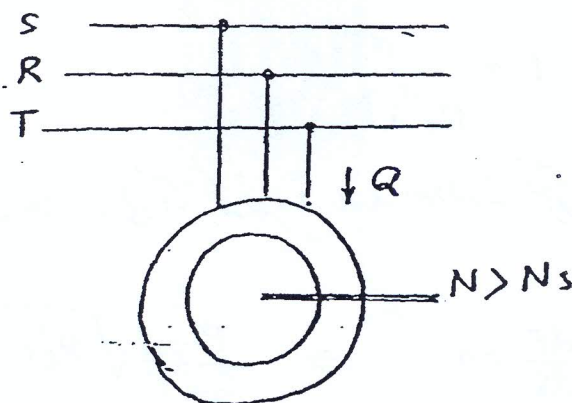
$$s = 1 \rightarrow T = T_s$$

$$T_s = \frac{K R_r'}{(R_e + R_r')^2 + X_r'^2}$$

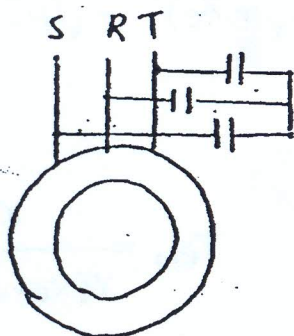


در حالت مولدی  $s < 0$  است چون  $N > N_s$

برای مولد آسنکرون نیاز به تحریک داریم. از این دو مولد آسنکرون هفتای کار می کند که استاندارد به شبکه وصل باشد. در این حالت توان الکتریکی دهد و توان را الکتریکی گیرد. (در این مدار آسنکرون مولدی است.)



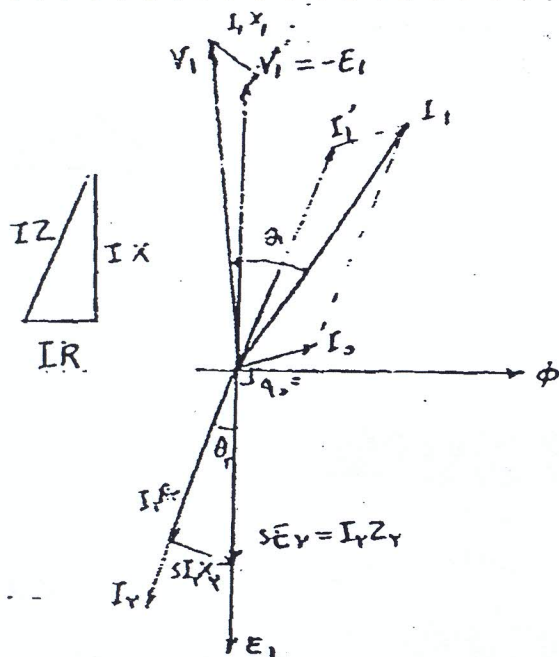
از رانندگی به شبکه



اگر شبکه نباشد می توان از خازن استفاده کرد:

از رانندگی

۴ در حالت کرنی حبابی دوشاخه برای مدتی غرض می شود تا گسار در به صفر برسد.



غفور، رحیم، مودت، العالی

$$\frac{T_s}{T_{max}} = \frac{r_{S_{mT}}}{S_{mT}^r + 1}$$

نسخہ کی توثیق و تصدیق

$$\frac{T_{fl}}{T_{max}} = \frac{r_{SmT} S_{fl}}{S_{mT}^r + S_{fl}^r}$$

$$\frac{R_r}{S_{mT}} = \sqrt{R_e^2 + (X_e + X_r')^2}$$

$$T \propto (I_r')^r \frac{R_r'}{s}$$

$$T \propto I_1^r \frac{R_r}{S}$$

$$\frac{T_s}{T_{fl}} = \left( \frac{I_s}{I_{fl}} \right)^r S_{fl}$$

۴ شصتی که سرجه کمر باشد بهتر است

$$\Rightarrow T \propto V_1^{\gamma}$$

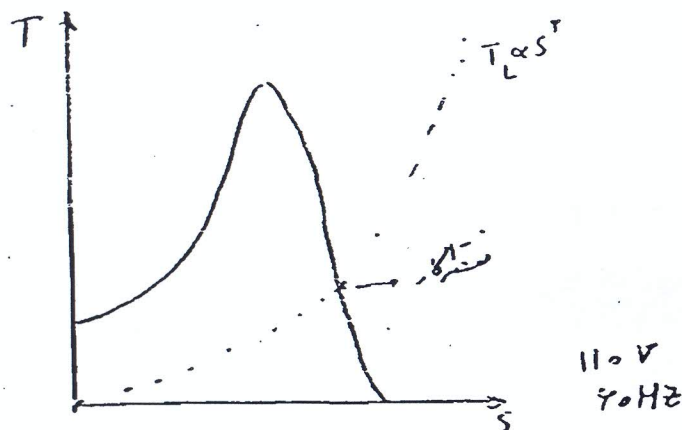
$$V_1 \propto E_1 = \mu_1 \mu_2 f \Phi_m \rightarrow B_m \propto \frac{v}{f}$$

اگر ولتاژ نخواهد تغییر کند، و ا در حد مقدار نامی می باشد، در غیر این صورت  $B_m$  کم  
تر قرار می گیرد و نمی شود. تنها راه ممکن تغییر با استراتژی  $ctf = \frac{v}{f}$  ممکن است. (یعنی  
سازگار تغییر کند.)

اینجا من سارہ خلیفہ کی تراشہ خوبصورتی ملاحظہ فرمائی، وہاں ہونیکا دارم (نائب سربراہ مندر)



## ۱- مشخصه گساده - لغزش



## ۴ پدیده گذشتن

موتور را به بی‌افندی به سرعت مورد نظر می‌رساند (در حالت بی‌بار) و در همان سرعت این پدیده رخ می‌دهد.

$$50 \text{ Hz} \quad P=4$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ r.p.m} \quad N = 1400 \text{ r.p.m}$$

مثلاً در اینجا با سرعتی بسیار کمتر از ۱۴۰۰ rpm به حرکت درمی‌آید (حدود ۲۰۰ rpm) در بارهای سبک رخ می‌دهد.

کم‌بار : بار موتور کم است (مثل بادبزنی)  
راه اندازی : در هنگام راه اندازی بار روی موتور نیست و بعداً بار روی آن قرار می‌گیرد (ماشین برقی)  
بایار : در هنگام راه اندازی هم بار روی موتور است و نیز آن کوپل شده است.

« پدیده گذشتن » مربوط به هارمونیک هانت.

$$\phi = \phi_1 \sin \omega t + \phi_2 \sin 3\omega t + \phi_3 \sin 5\omega t + \phi_4 \sin 7\omega t + \dots$$

شکل دادن قطبها - کج بودن سیم‌رشته ها - غیر از هارمونیکهای مغرب ۲ بقیه هارمونیکها میدان را دچار می‌کنند.

توزیع سیم‌چی  
سیم‌چی نام کوتاه

۴ هارمونیکها :

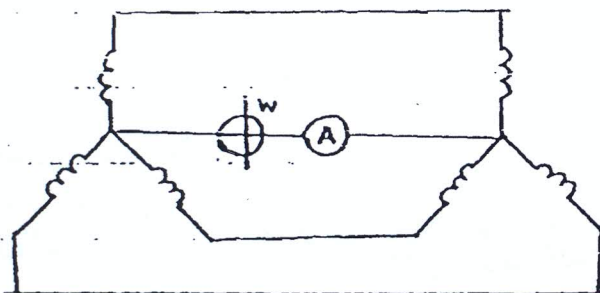
$$T_1 \rightarrow N_s \quad \text{زاویه گرد} = +120^\circ$$

$$T_5 \rightarrow \frac{N_s}{5} \quad \text{جبهه گرد} \quad 5 \times 120^\circ = 600^\circ = -120^\circ$$

سریع اصلی  
هارمونیک پنجم



$$T_V \Rightarrow \frac{N_s}{V} \quad \text{راست گرد} \quad \text{حالت هفتم} \quad \sqrt{\times 120^\circ} \equiv 120^\circ$$

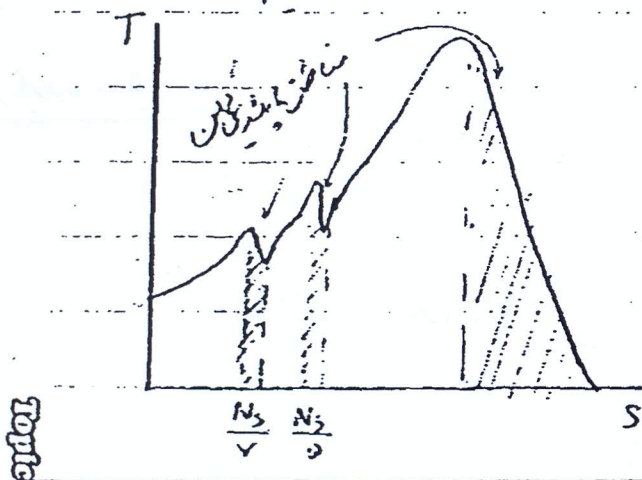


○ هارمونیسم از خطوط عبور نمی کند فقط  
در حالت متعادل در خطوط خنثی وجود دارد (عنوان)  
در شکل متعادل آفرتر A، جریان هارمونیسم  
را نشان می دهد (در حالت متعادل)  
اگر متعادل باشد از خط خنثی جریان اصلی هم  
می گذرد  
هارمونیسم در سبک در سبک بی سبک می چرخد.

هارمونیسمی پنجم هفتم هم گساورای می کنند.  
سرعت میدان در هارمونیسم  $n$  ام،  $\frac{1}{n}$  ام میدان اصلی است. چون  $n$  برابر می شود  
در ایسی انرژی آن

اگر روتور کم ایسی باشد که گساور هارمونیسم بتواند بر امپدانس غده در هارمونیسم  $\frac{N_s}{5}$  یا  
 $\frac{N}{V}$  نشان است بزرگتر به بدنه کشیدن  
چنانچه این که روی  $\frac{N_s}{5}$  بزرگتر است چون مقدار گساور آن بیشتر است.  
که عکس حالت اصلی می رود

چون سرعت کم می شود هتوز به سرعتی که گساور اصلی را تولید کند، برسدیم.



این است که در موتورهای کدچ که دهنده ی هارمونیسمها  
میباشد باشد، خروجی دهد.



## مشخصه حرکت بار

۱. مشخصه از طریق آزمایش و یا نمودار  
دایره ای لافدر القایی بدست می آید :  
→ مشخصه تقریباً خطی (مابین لافدر  
شدت

## مشخصه جریان استاتور - بار

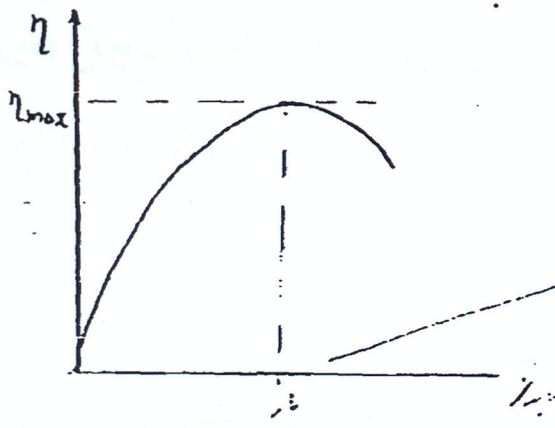
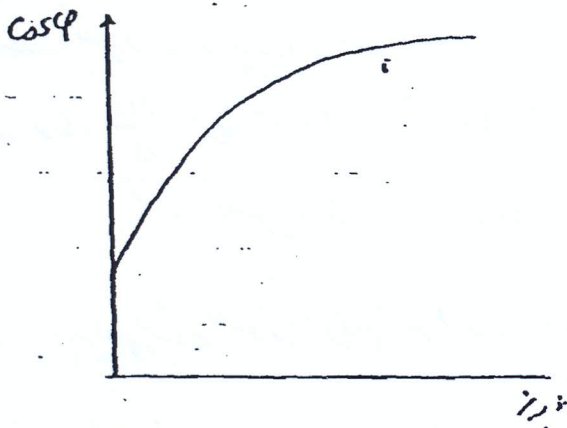
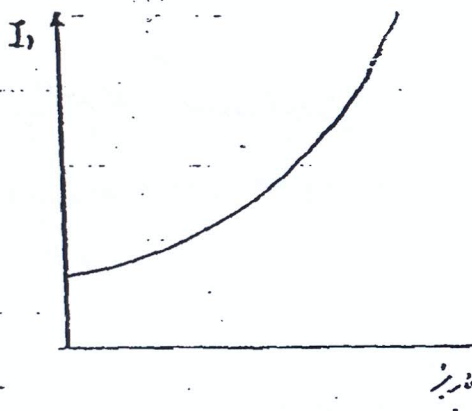
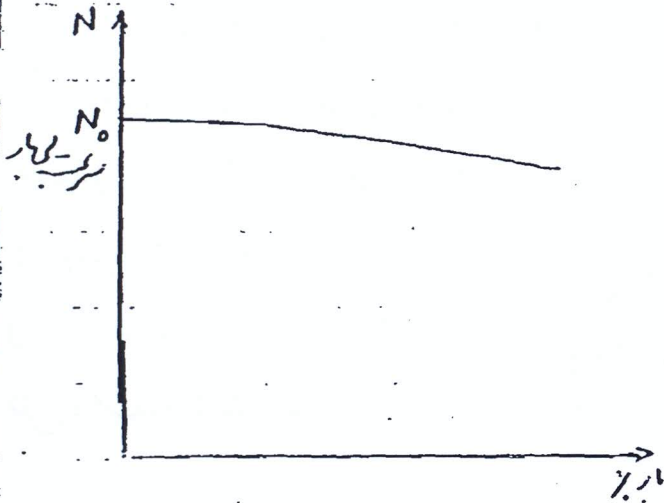
→ شبه مجذور

## مشخصه ضریب توان - بار

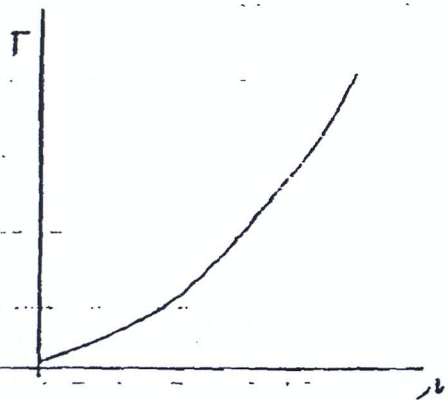
در اصل بار تقریباً ثابت می ماند

## مشخصه بازده - بار

تلفات متغیر = تلفات ثابت







متغیر کُتله-بار

کُتله های یونیک

۴ کُتله های یونیک معمولاً متغیر-های یونیکهای مرتبه‌ی سوم می‌شود. (در دلتا همیشه وجود دارد)  
در اتصال شماره ندین شدن مرتبه، سری برای عبور جریانهای یونیکهای مرتبه‌ی سوم وجود ندارد.

اگر زمین شود یا سیستم چهارسیمه باشد، جریان های یونیک سوم از سیم خنثا عبور می‌کند. (دلتا از خط نمی‌کند)

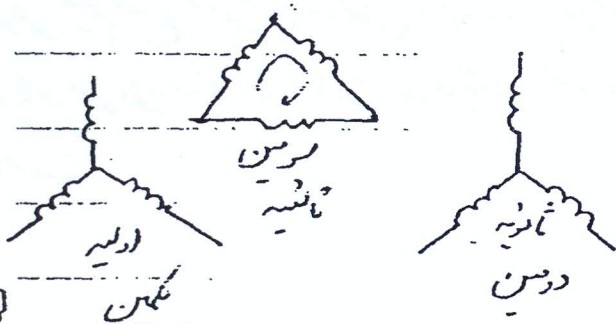
۴ های یونیک سوم جریان خنثا و دلتا از خط نمی‌گذرد. (خنثا در دلتا)  
در دلتا جریان های یونیک سوم در حلقه گردش می‌کند.

۴ اتصالات ترانفورماتوری :

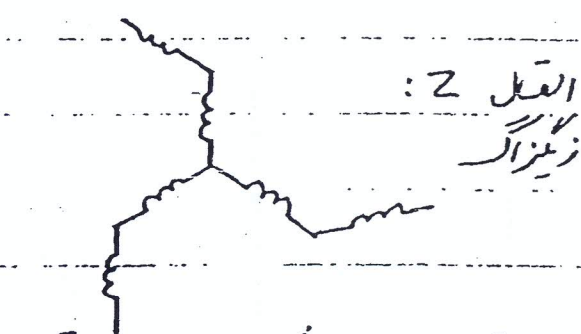
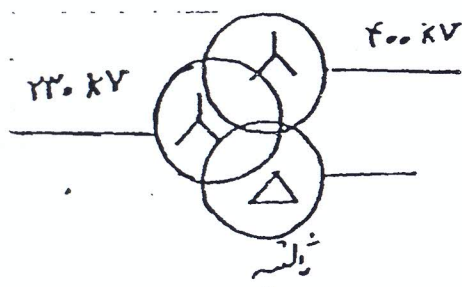
$\Delta - \Delta$     $\Delta - Y$

۴ در اتصالات  $Y - Y$  که جریان های یونیک سوم به دلیل نبود سیم خنثا ظاهر نمی‌شود، از ناگفته استفا دو می‌بینیم.

پیر | ۱۲ بار نامستادل در اتصال  $Y - Y$  باعث نامستادل شدن سیستم می‌شود  
عزل | ۲ اگر سیم خنثا نداشته باشیم، یا ناگفته نباشد، در یونیک سوم سیستم را نامستادل می‌کند.  
Y



۴ به علت این که دلتا اثر روی هر سیم هیچ در اتصال  
شماره  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  است، عایق بندی کمتری دارند.  
در ترانفورماتور  $Y$  بیشتر اتصاف دهی شود.



محاسبه بارهای الکتریکی در شبکه های انتقال

دو دسته بار در شبکه در شبکه های انتقال داریم:

- ۱- بارهای الکتریکی زمانی: بارهای الکتریکی که در جریان سیستم به وجود می آیند یا از منبع می گیریم.
- ۲- بارهای الکتریکی فضایی: شار فاصله هوایی برداری از بارهای الکتریکی است.

اگر از ترانس و مدار سیم پیچی مدار مصرف کننده که در شبکه بارهای الکتریکی ایجاد می کنند که مدارهای معیشتی غیر خطی، عناصر الکتریکی قدرت لامپهای کم مصرف، ...

۱- بارهای الکتریکی بی سوم و چهارم در مدار ایجاد نمی کنند ولی جریانهای آنها جاری می شوند.

۲- بارهای الکتریکی پنجم و ششم در مدار ایجاد نمی کنند.

۳- فرکانس بارهای الکتریکی  $n$  برابر  $n\omega$  است.

۴- در فاصله هوایی فقط موج شار اصلی را داریم ولی این بارهای الکتریکی در مدار دارند:

$$T \propto \phi I_n \rightarrow \text{بارهای } n\omega$$

گزاره بارهای الکتریکی  
بارهای الکتریکی  
شار اصلی

۵- حال اگر فرض کنیم منبع سیم پیچی خالص باشد علی موج شار در فاصله هوایی سیم پیچی نیست در فاصله هوایی به تبار دو جریان شار با یک بارهای الکتریکی می شوند. یعنی  $\phi$  شار فاصله هوایی دارای بارهای الکتریکی است.



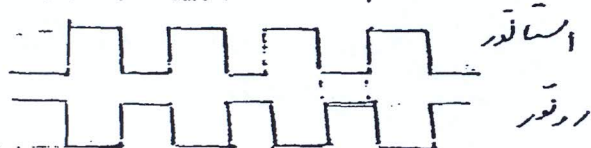
رکت	های یونیک فضایی	سرعت	های یونیک زمانی
$N_s$	$\phi_1$	$N_s \rightarrow T_1'$	$I_1$
$\frac{N_s}{5}$	$\phi_5$	$5N_s \rightarrow T_5'$	$I_5$
$\frac{N_s}{V}$	$\phi_V$	$VN_s \rightarrow T_V'$	$I_V$

ترکیب بین های یونیک استاندارد برای ترکیبی ایجاد می کنند.

گسترده در سرعت  $\frac{5}{V} N_s \rightarrow$  های یونیک هفتم فضایی + های یونیک پنجم زمانی

تجزیه نشان می دهد که گسترده های های یونیک های زمانی با جزیره در سرعت های زیاد هستند.  
مزد شدن ناشی از تأثیر های یونیک های فضایی است به خواندن موتور زیر بار

میه قفل شدن غیر غم  $T_s$ ، موتور القایی راه نمی اندازد و یا راه می اندازد و در سرعت خیلی کمی می کنند.



مرداضی استاندارد تقریباً با قطر خارجی  
نه بیان است. اگر تعداد بسیار  
باشد، زمانی اندازد نمی می شود، در حالت

، به با به اصل معادله معادله می بینیم، موتور در این حالت می تواند

راه حل: تعداد دندان های استاندارد و در لوله باید نسبت بهم اول باشند. (مثلاً ۲۴ و ۲۳)

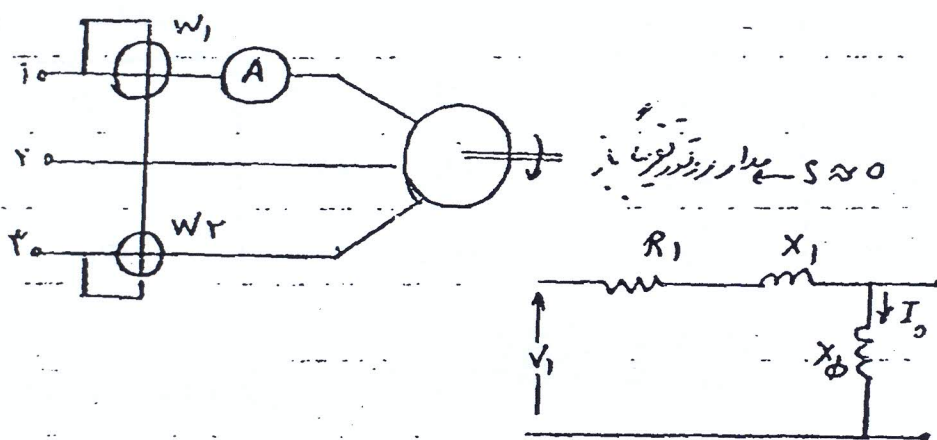
تجسین با پرمترهای مدار معادل

۱- آرایش بی بار

۲- آرایش موتور قفل شده

۳- آرایش تفاوت  $R_{idc}$



آزمایش بی بار  $n_l$ 

مقدور موتور بی بار قرار می گیرد.

تغیرش خیلی کم است

حرمان موتور ۱۳ و ۴ درصد

است در آن مختصر

می کنیم.

۴. آبیتر و آبیتر آن هستند، تلفاتی بار است. (ضریب توان از ۰.۵ که کوچکتر است پس باید

توان در آن کمتر از هم کم کنیم

$$P_{nl} = W = W_2 - W_1$$

$$= P_{cus} + P_{Fes} + P_m$$

$$= 3I_1^2 R_1 + P_{Fes} + P_m$$

از آزمایش معادلت  $R_{dc}$  →  $\Omega/ph$  ← روی موتور باغ آزمایش می کنیم

تا اثر دما بر مقاومت لحاظ شود.

$$R_{lac} = (1.1 \rightarrow 1.3) R_{dc}$$

اثر دما

به ضریب ۰.۵ (افزایش دما) را لحاظ

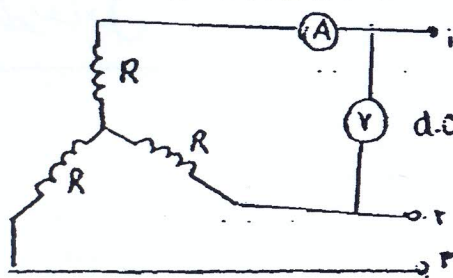
می کنیم.

اگر موتور سیم پیچی باشد،  $R_2$  را می توان اندازه گیری کرد.

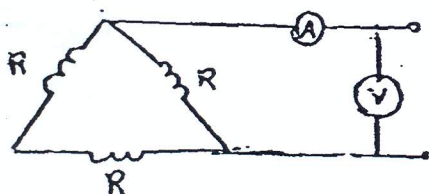
در موتور قفسی

→ تقریب

$$R_1 \approx R_2' = \frac{R_{eq}}{3}$$



$$R' = 3R$$



$$R' = \frac{3}{2} R$$

$$X_1 + X_\phi = X_{nl}$$

$$Z_{nl} = \frac{V_{nl}}{I_{nl}}$$

$$R_{nl} = \frac{P_{nl}}{I_{nl}^2}$$

مقاومت  
خاکستری بار

$$(P_{fes} + P_m) = P_{nl} - 3I_{nl}^2 R_1$$

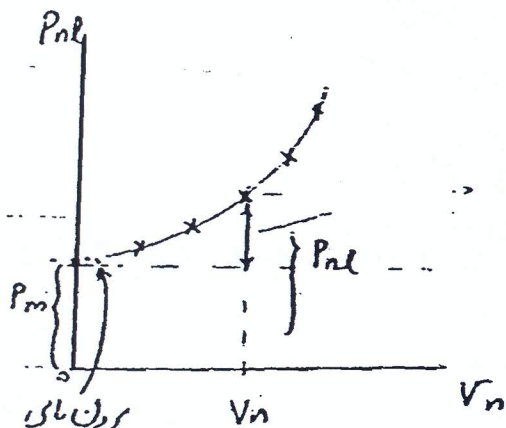
آزمایش بار را با ولت ترانسفورماتور استاندارد و سیم‌های ضخیم.

در چند نقطه اطراف ولتاژ نامی آزمایش می‌کنیم.

$P_m$  ← تلفات مکانیکی

که با کربن یا بی‌مغزات، صفر است

می‌آید.



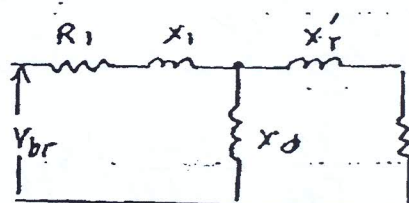
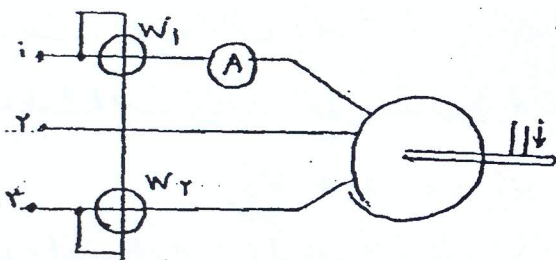
$P_{m} + P_{fes}$

آزمایش ردولدر قفل شده  $br$  Blocked Rotor  $\equiv$  اتصال کوتاه ترانسفورماتور

ردولدر را با وسیله ای نده می‌دارند.

شار نمی‌آید آن امکان می‌گردد.

$$R_L = 0$$



ولتاژ  $V_{br}$

مثل یک ترانسفورماتور با ولتاژ نامی اتصال کوتاه است.

حد دل‌آز این است که جریان، جریان نامی باشد. (معمولاً  $0.5 < \cos \phi < 1$  و  $P = W_1 + W_2$ )

$$Z_{br} = \frac{V_{br}}{I_{br}}$$

$$R_{br} = \frac{P_{br}}{I_{br}^2}$$

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

$$Z_{br} = R_1 + jX_1 + \frac{jX_\phi (R_2' + jX_2')}{R_2' + j(X_2' + X_\phi)}$$

$$= R_{br} + jX_{br}$$

$$X_{br} = X_1 + \frac{X_\phi [R_2'^2 + X_2'(X_2' + X_\phi)]}{R_2'^2 + X_2'^2}$$

$$\triangleright X_{br} = X_1 + \frac{X_\phi \left( \frac{R_r'}{X} + X_r \right)}{\frac{R_r'}{X} + X} \approx X_1 + \frac{X_\phi X_r}{X} = X_1 + \frac{X_\phi X_r}{X_r + X_\phi}$$

$$= X_1 + \frac{X_r}{1 + \frac{X_\phi}{X_r}} \approx X_1 + X_r'$$

$$X_1 = X_r' = \frac{X_{br}}{2} \quad \text{تقریب عملی}$$

$$\triangleright X_\phi = X_{nl} - X_1 \quad \triangleright R_r' = (R_{br} - R_1) \left( \frac{X}{X_\phi} \right)^2$$

$$R_{br} = R_1 + R_r \frac{X_\phi^2}{R_r^2 + X^2}$$

$$\approx R_1 + R_r \left( \frac{X_\phi}{X} \right)^2$$

$P_{br} \approx I^2 R_{s,r}$  و تلفات هسته چینی کوپل و تلفات آهنی توان بدست آرند.  $R_c$  را از تلفات آهنی توان بدست آرند.

### راه اندازی موتور القایی

جریان راه اندازی ۵ تا ۷ برابر جریان نامی می باشد (علت عدم وجود نیروی ضد محرکه) از نظر مدار معادل  $s=1$  است و طرف روتور معادل اتصال کوتاه است. در نتیجه جریان بسیار بزرگ است. این جریان بزرگ هم از دید منبع و هم از دید مصرف کننده مطلوب نیست. جریان بزرگ باعث افت می شود و چون گسارها محذور و آثار مقابله است گسار بدست کاهش می آید.

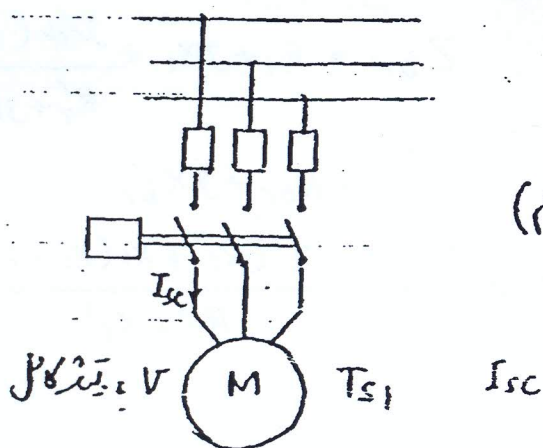
$$\frac{T_s}{T_{fl}} = \left( \frac{I_s}{I_{fl}} \right)^2 s_{fl}$$

کاهش جریان به اندازه ای است که گسار راه اندازی مناسب بدست آید.  $R_L = 0 \quad I_s \downarrow \quad V \downarrow$

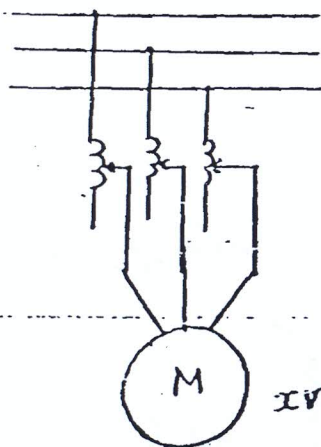
روش های رسم برای کاهش جریان راه اندازی بر اساس کاهش ولتاژ است.

۱- راه اندازی مستقیم - خط

برای تعداد کم موتور از این روش استفاده ده می شود که افزایش جریان قابل تحمل است (جریان را کاهش نمی دهیم) برای موتور

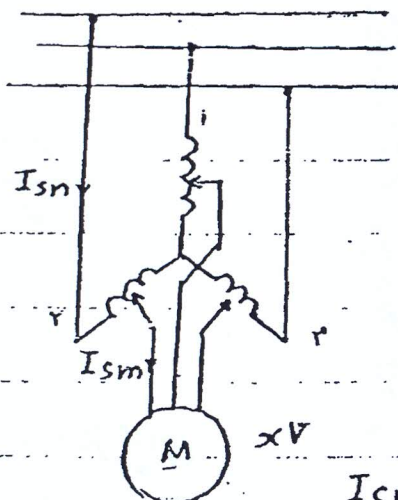






$$I_s = x I_{sc}$$

۲- راه اندازی با اکتور  
در موتورهای dc با مقاومت در برابر کاهش می دهیم اما در  
موتور القایی کاهش ولتاژ از طریق مقاومت سرکوت نیست  
حالت تلفات). لذا از راه اندازی با اکتور استفاده می شود.  
برای این منظور اکتور را به موتور اضافه می کنند.  
این باید طوری تعیین کرد که  
 $\frac{T_{sr}}{T_{s1}} = x^2$   
موتور لازم برای راه اندازی به بار  
بین شود.



$$I_{sn} = x^2 I_{sc}$$

$$\frac{T_{sr}}{T_{s1}} = x^2$$

$$I_{sm} = x I_{sc}$$

۲- راه اندازی با روش ستاره-مثلث

موتورهای سه فاز به حالت مثلث می توانند روشن شوند. اما در حالت مثلث،  
پس قابل استفاده در صنعت که به وسیله اتصال نیاز ندارد.  
راه اندازی اول موتور را ستاره می کنیم بعد به حالت مثلث می بریم. زیرا اگر در هر سه سر  
درست باشد. این کار را می توانیم انجام می دهیم.  
سک یک ترانسفورماتور که جریان را سه برابر کوچک کند

$$I_y = \frac{I_{\Delta}}{\sqrt{3}}$$

$$I_s = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{s\Delta}$$

$$x = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{T_{s\lambda}}{T_{s\Delta}} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{I_{sy}}{I_{s\Delta}} = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} \frac{V}{Z}}{\frac{1}{\sqrt{3}} \frac{V}{Z}} = \frac{1}{3}$$

نسبت جریان را در اندازی مستقیم خطها:  
(برای پرتاز)

مستقیم خط  
شکل

۵- راه اندازی با مقاومت روتور که منقض روتور رسم می شد

$$I_1 \downarrow \propto I_2' \downarrow \propto R_2' \uparrow$$

استفاده از  $R_2'$  باعث می شود که جریان کاهش یابد  
و گستره افزایش یابد که این امر در روتور مثل اتفاز

معمولاً

کنترل سرعت موتور القایی

۱- از طریق کنترل  $V$

۲-  $f$

۳-  $\phi$

۴- اتصال پلاری

۵- مقاومت روتور

← برای همه موتورهای القایی

← فقط برای روتور رسم می شد

۱- کنترل سرعت از طریق  $V$ : برای یک بجم کم قابل استفاده است و بیشتر از مالکهای است و چون تغییر ولتاژ در روش ها عملی استفاده نمی شود (زیرا گستره ولتاژ خیلی حاس است)

۲، ۳- از تغییر فرکانس قطب: توجه به این که حداقل قطب ها  $p=2$  می باشد، حداقل

سرعت بدلت آند در فرکانس صنعتی  $3000 \text{ rpm}$  است

از تغییر فرکانس باعث رسیدن به سرعت های مابین می شود که کاربردهای محدود دارند

۴- موتورهای (پلاری)  $10,000 - 14,000 \text{ rpm}$

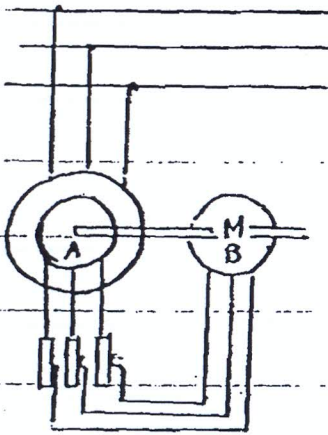


روش تغییر قطب بر کار از ترس روش در صحت است.

اگر تعداد قطبها را نهم تغییر دهیم به تعداد حرکت باید هم سعی داشته باشیم به صورت ۴ قطب می بینیم و باید یک کلید ساده به دو قطب تبدیل می کنیم.

$$\begin{cases} P=2 \\ P=4 \end{cases}$$

۴- اتصال الیتری : با اتصال لبت سریم مولد در این روش برای بدلت آوردن ۴ حرکت از دو مولد استفاده می کنیم که یکی باید حتماً در دو سریم سخی شده باشد. مجموعه ۴ حرکت بدلت می آید.



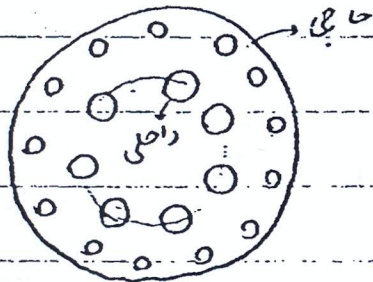
$$\begin{aligned} N_{S1} &= \frac{120f}{P_A} \\ N_{S2} &= \frac{120f}{P_B} \end{aligned}$$

$$N_{S1, S2} = \frac{120f}{P_A \pm P_B}$$

۴ حرکت از علامت مثبت و منفی به خود اتصال در مولد هم بستگی دارد (برای حالتی که در مولد تعداد قطب مساوی دارند به حرکت بدلت می آید).

اگر سه مولد داشته باشیم در مولد باید در دو سریم سخی شده باشند. ۵- تغییر تعدادت مولد : تغییر مقاومت راه اندازی که در مدارهای مانده است.

مولد دو قسمتی (دو سیم عمیق)



دو قسم داخلی و خارجی دارد :  
قسم خارجی دارای سیم های نامبر است و عمق آن کم است  
 $R_o \uparrow \quad X_o \downarrow$

$$\begin{aligned} T_s \uparrow \quad I_s \downarrow \\ T_{f2} \uparrow \end{aligned}$$

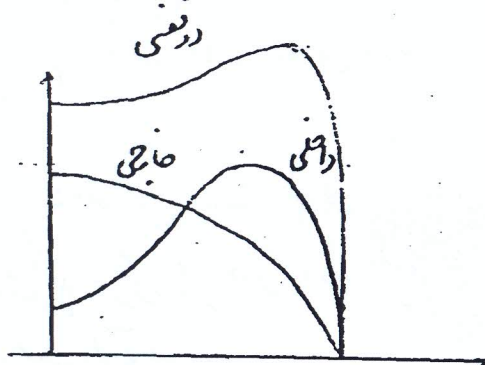
ترازی روتور  
سیم سخی شده

این مولد جایگزین مولد در دو سریم سخی شده





می تواند باشد.  
 هر کدام از این قس‌ها یک "تعداد اکابر می کنند که مجموع در کنار روی مقدار مقداری مطلوب این در  
 می کنند.



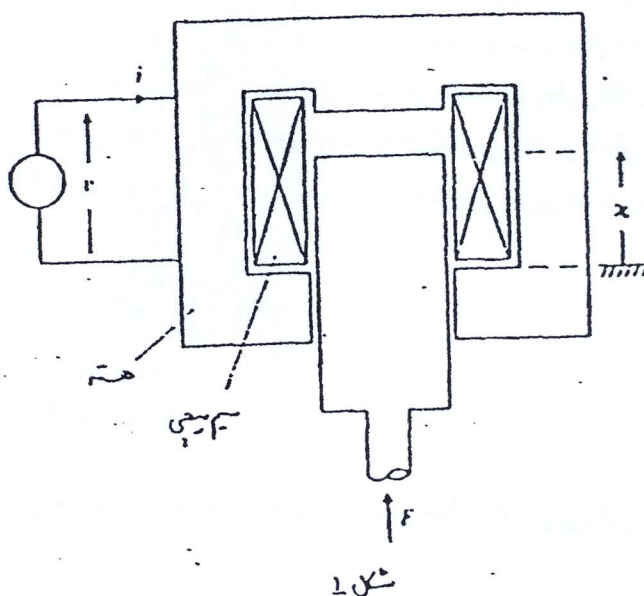
مقدار بسیار عمیق بد قس دارد که شمارهای  
 آن عمیق می باشد.

## نیرو در مدارهای مغناطیسی قابل اشباع (غیرخطی)

وسائط تبدیل انرژی الکترومکانیکی عملی جهت بدست آوردن حداکثر نیرو با حداقل مواد معمولاً در ناحیه اشباع کار می کنند که در اینصورت شار پیوندی ( $\lambda$ ) تابع غیرخطی از جریان است و برای تولید نیرو و گشتاور مفاهیم دیگری نیز باید معرفی شوند.

کارانداز استوانه ای را در شکل ۱ در نظر بگیرید. جریان  $i$  در پیچک شاری در فاصله هوایی و مسیر فرومغناطیسی ایجاد می کند. نیروی  $F$  تمایل دارد پیستون با جوشن را در جهتی حرکت دهد که فاصله هوایی را بیند. برای بررسی نیرو از اصل بقا انرژی استفاده می شود. اگر جابجایی کوچک  $\Delta x$  جوشن را در زمان  $\Delta t$  در نظر بگیریم و از تلفات پس ماند و فوکوی هسته صرف نظر کنیم همچنین تلفات مکانیکی را در بخش مکانیکی و تلفات مس را در سیستم الکتریکی ببینیم، انرژی الکتریکی ورودی به مدار مغناطیسی  $\Delta W_e$  باید به صورت انرژی مغناطیسی  $\Delta W_m$  در میدان ذخیره شود یا به صورت انرژی مکانیکی خروجی  $\Delta W_0$  درآید یعنی:

$$\Delta W_e = \Delta W_m + \Delta W_0 \quad (1)$$



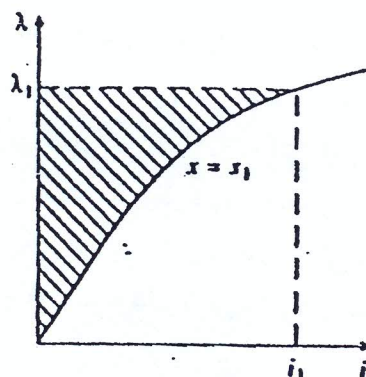
شکل (۲) رابطه غیرخطی شار در برگیرنده پیچک و جریان آنرا برای وضعیت پیستون  $x_1$  نشان می دهد. انرژی ذخیره شده در میدان را می توان از قدرت ورودی  $p$  از منبع به مدار با افزایش جریان از صفر در وضعیت  $x_1$  تعیین کرد.

$$p = vi = Ri^2 + i \frac{d\lambda}{dt} \quad W \quad (2)$$

از آنجا که انرژی ذخیره شده اولیه صفر است، انرژی ذخیره شده در میدان را می توان با انتگرال گیری توان در جمله دوم معادله (۲) بدست آورد.

$$W_m = \int_0^{\lambda} i d\lambda \quad J \quad (3)$$

مطابق شکل ۲ انرژی ذخیره شده با سطح‌ها شور خورده بین منحنی  $i-\lambda$  و محور  $\lambda$  با واحد ویر-آمپر یا ژول نمایش داده می‌شود.



شکل ۲

حال فرض کنیم که جریان در حالی که پیستون در وضعیت  $x = x_1$  قرار دارد به مقدار  $\lambda_1$  افزایش یابد. اکنون طول فاصله هوائی باندازه  $\Delta x$  به آرامی کاهش می‌یابد. با حرکت آرام میزان تغییر شار دربرگیرنده با زمان قابل اغماض است و جریان پیچک را می‌توان در  $\lambda_1$  ثابت فرض کرد. منحنی‌های  $i-\lambda$  وضعیت ابتدایی  $x_1$  و نهایی  $x_2 = x_1 + \Delta x$  در شکل ۳ نشان داده شده‌اند. در هنگام جابجایی جوشن، نقطه کار بطور قائم از نقطه ۱ روی منحنی  $x = x_1$  به نقطه ۲ روی منحنی  $x = x_2$  در جریان ثابت  $\lambda_1$  حرکت می‌کند و شار در برگیرنده از  $\lambda_1$  به  $\lambda_2$  افزایش می‌یابد. انرژی الکتریکی ورودی مدار در هنگام این جابجایی برابر است با:

$$\begin{aligned} \Delta W_e &= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i_1 d\lambda \\ &= i_1 (\lambda_2 - \lambda_1) \\ &= \text{مساحت (A + B)} \quad \text{در شکل (۵)} \end{aligned} \quad (4)$$

افزایش انرژی ذخیره شده در هنگام جابجایی معادل انرژی ذخیره شده  $W_2$  در حالت ۲ منهای انرژی ذخیره شده اولیه روی منحنی  $x = x_1$  است

$$W_1 = \int_0^{\lambda_1} i d\lambda = \text{مساحت (C + D)} \quad J \quad (5)$$



شکل ۲ بین منحنی و محور  $\lambda$  می باشد. به علت اهمیت این کمیت آنرا شبه انرژی<sup>(۱)</sup> نامیده و به صورت زیر بیان می شود:

$$W_m' = \int_0^i \lambda \, di \quad (9)$$

برای جابجائی  $\Delta x$  در جریان ثابت  $i$  انرژی مکانیکی خروجی را می توان به صورت افزایش شبه انرژی بیان کرد یعنی:

$$\Delta W_o = \Delta W_m' \quad (10)$$

برای جابجائی دیفرانسیلی  $\delta x$  انرژی مکانیکی برابر حاصلضرب نیرو در جابجائی است و نیروی  $F$  به صورت زیر بیان می شود:

$$F = \left. \frac{\partial W_m'}{\partial x} \right|_{i=\text{ثابت}} \quad N \quad (11)$$

یعنی نیرو در جهتی عمل می کند که شبه انرژی را افزایش می دهد. رابطه ۱۱ بویژه وقتی مفید است که شار پیوندی با شبه انرژی بتواند به صورت تابعی از  $i$  و جابجائی  $x$  بیان شود. اکنون حالت حدی دیگری را در نظر می گیریم که در ابتدا در وضعیت  $x_1$  جریان پیچک  $i_1 = \frac{V}{R}$  است (V ولتاژ ثابت منبع و R مقاومت پیچک است). جابجائی  $\Delta x$  پیستون بسیار سریع صورت می گیرد بطوریکه شار پیوندی در زمان کوتاه وقوع جابجائی ثابت می ماند. اگر شار در برگیرنده در حرکت سریع جوشن تغییر قابل ملاحظه ای نکند تغییر آن با زمان بزرگ خواهد بود و ولتاژ القائی متوجه در پیچک باعث کاهش جریان هنگام جابجائی طبق مکان ۱-۲ شکل (b) خواهد شد. بعد از کامل شدن جابجائی  $\Delta x$  جریان پیچک در مسیر ۲-۳ به سمت مقدار اولیه خودش یعنی  $i_1$  افزایش خواهد یافت در حالی که انرژی الکتریکی ورودی در میدان ذخیره می شود.

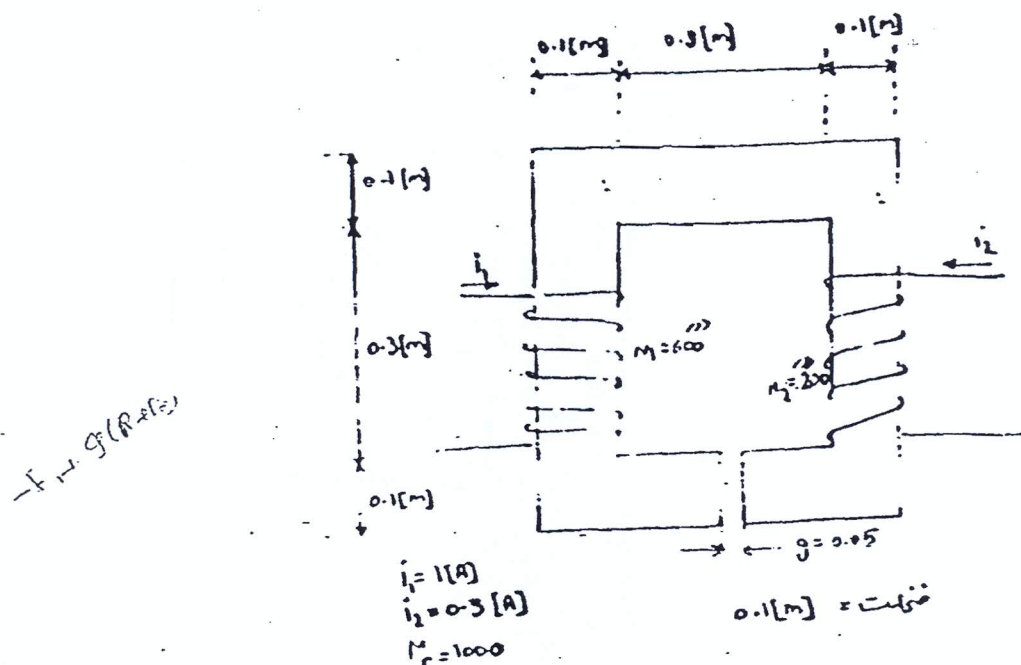
چون شار در برگیرنده  $\lambda$  در مقدار  $i_1$  در اثنای جابجائی ثابت است انرژی الکتریکی ورودی  $\Delta W_e$  در ارتباط با مکان ۱-۲ صفر است. بنابراین از معادله ۱ انرژی مکانیکی خروجی باید تنها از انرژی ذخیره شده در مدار بدست آید یعنی:

$$\begin{aligned} \Delta W_o &= -\Delta W_m \\ &= - \left[ \int_0^{i_1} i \, d\lambda \text{ میر } \infty - \int_0^{i_1} i \, d\lambda \text{ میر } 0 \right] \quad (12) \end{aligned}$$

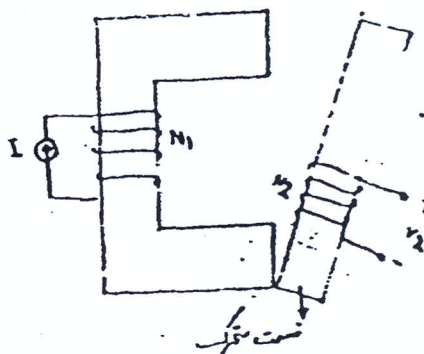
در شکل (b) انرژی مکانیکی خروجی با سطح هاشور خورده ۰-۱-۲-۰ مشخص شده است. برای یافتن نیروی بازاء جابجائی  $x$  نمبر  $\Delta x$  به بی نهایت کوچک  $\delta x$  میل می کند و نیرو را می توان به صورت

## تکالیف سری اول ماشینهای الکتریکی ۱

۱-۱- در مدار مغناطیسی شکل مقابل که مربوط به یک ترانسفورماتور تک فاز می باشد، شدت میدان مغناطیسی ( $H$ ) را بدست آورید (در هوا و در ماده مغناطیسی). از پراکندگی خطوط میدان صرف نظر کنید ولی خمیدگی ( $Fringing$ ) خطوط را در کناره های فاصله هوایی به روش تجربی در نظر بگیرید. می توانید طول متوسط هر ضلع مربع را  $0.12 \text{ m}$  در نظر بگیرید.



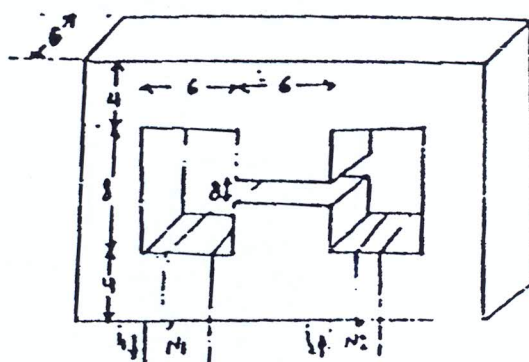
۲-۱- در مدار مغناطیسی شکل مقابل جریان در سیم پیچ  $N_1$  ثابت است و در سیم پیچ دوم باز است. قسمت متحرک با سرعت  $w_m$  حرکت می کند در حضور نیروی که مقاومت مغناطیسی مدار با رابطه زیر داده شده باشد.  $R = R_0 + R_1 \theta$  ولتاژ  $V_2$  در سیم پیچ دوم را محاسبه کنید.



۳-۱- در مدار مغناطیسی شکل مقابل میدان مغناطیسی در شاخه قنار در فاصله هوابی را بدست آورید. اندوکتانس خردی و متقابل هریک از سیم پیچ ما را محاسبه نمایید.

$$N_1 = 100, N_2 = 200, i_1 = 10[A], i_2 = 1[A]$$

$$\mu_r = 3000, g = 0.2\text{cm}$$



ابعاد به سانتی متر هستند

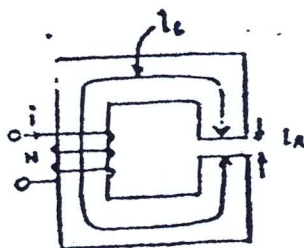
۴-۱- مدار خطاطی شکل زیر از ورق آهن (Core Plate) ساخته شده: (الف) اگر  $g = 0$  باشد

جریان لازم را برای  $B = 1[T]$  محاسبه نمایید. (ب) اگر  $g = 2[mm]$  باشد جریان را برای

همان چگالی شار محاسبه نمایید. (ج) اگر از این مدار جریان  $4A$  بگذرد چگالی شار در ماده

مغناطیسی چندراست؟

$$N = 1000, l_c = 20\text{cm}$$



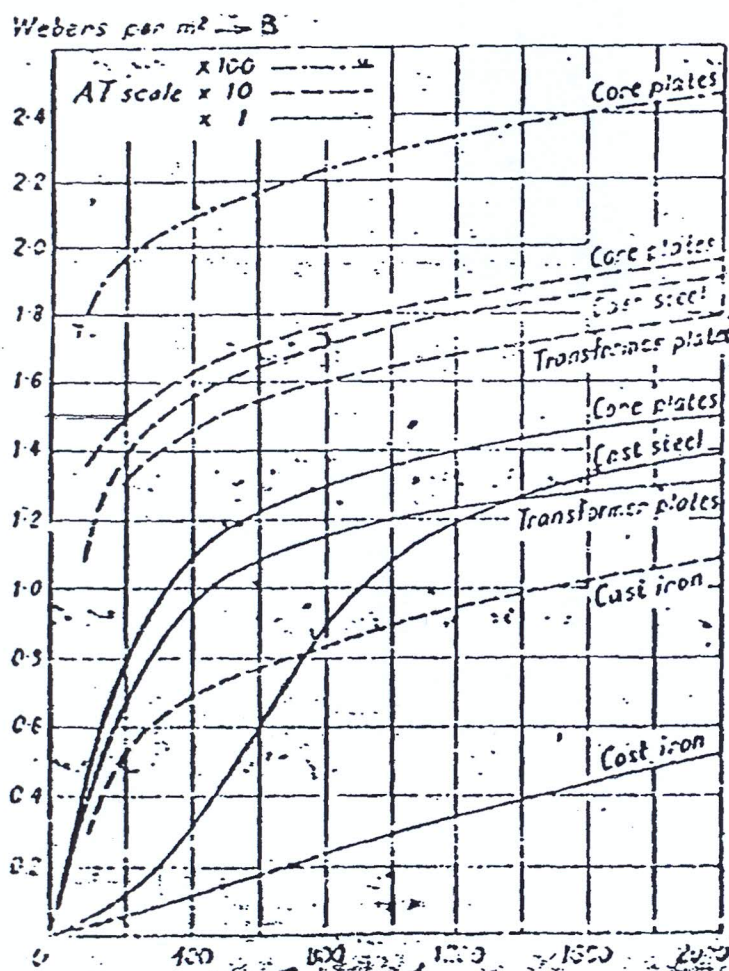
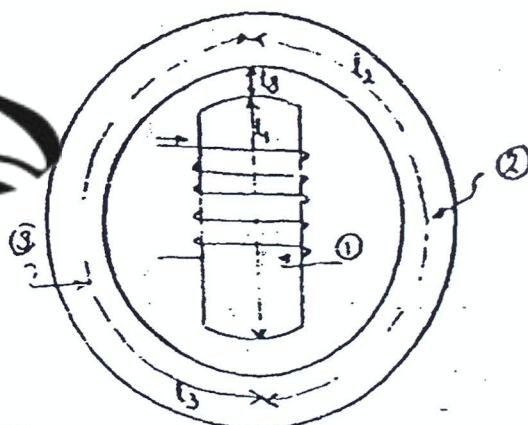


۵-۱- مدار مغناطیسی یک ماشین سنکرون قطب برحسبه از جنس فولاد ریختگی (Cast Steel)

مطابق شکل زیر است. میخواهیم چگالی شار در فاصله هوایی  $B_g = 0.8 \left[ \frac{wb}{m^2} \right]$  باشد. با صرف نظر از پراکندگی و شکستگی خطوط میدان جریان تحریک (رتور) را محاسبه نمایید.

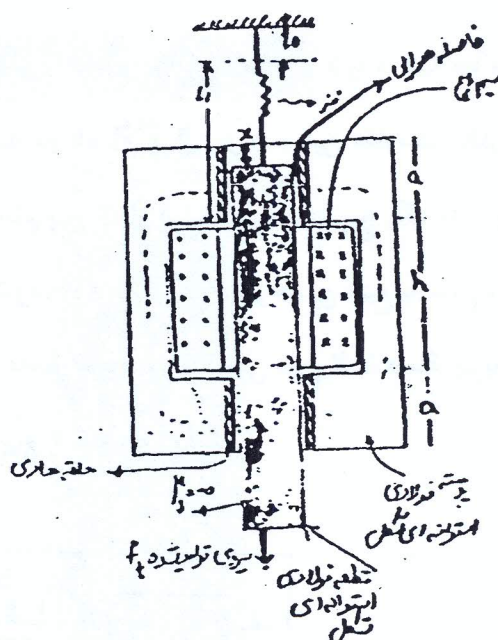
$$A_{c1} = A_g = 200 \text{ cm}^2$$

$$N = 1000 \quad A_1 = A_2 = 80 \text{ cm}^2, \quad L_1 = 20 \text{ cm}, \quad l_2 = l_3 = 30 \text{ cm}, \quad l_g = 0.5 \text{ cm}$$

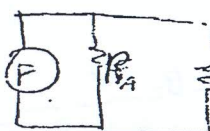


## تکالیف سری دوم ماشینهای الکتریکی

۱-۲- شکل مقابل نمایش یک رله الکترومغناطیسی است که از یک قسمت متحرک و یک قسمت ثابت با استوانه های متحدالمرکز می باشد. فاصله هوابی در همه جا یکنواخت و برابر می باشد. قطر متوسط هسته متحرک برابر  $a$  است. رلرکتانس کلیه قسمت های آهنی صفر فرض می شود. اندرکتانس این رله در وضعیت  $x=0$  چه مقداری است؟



۲-۲- در شکل مقابل، سیم پیچ دارای ۸۰۰ دور می باشد و قطر متوسط هسته های  $A$  و  $B$  به ترتیب ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی متر است. همچنین مقطع متوسط  $A$  و  $B$  که بشکل چنبره می باشند ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی متر مربع است و ضریب نفوذ نسبی هسته ها ۲۸۰۰ می باشد. جریان لازم را برای ایجاد شار در برگیرنده سیم پیچ بمقدار  $0.2 \text{ mwb}$  و مقارنهای مغناطیسی هر هسته را تعیین نماید.



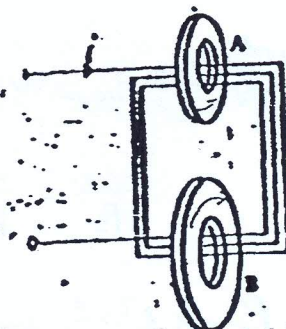
$$R_A =$$

$$R_B =$$

$$NI = F = \Phi_A R_A = \Phi_B R_B$$

$$I = N(\frac{\Phi_A}{R_A} + \frac{\Phi_B}{R_B})$$

$$12 = 800 \left( \frac{NI}{R_A} + \frac{NI}{R_B} \right) \rightarrow I = 7.91 \text{ mA}$$



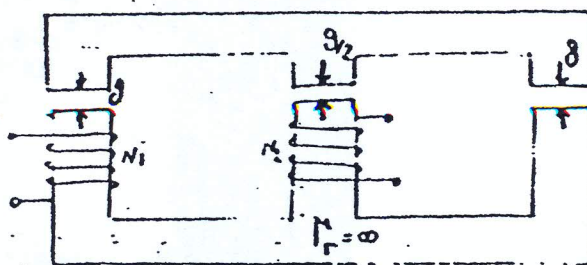


۳-۲ در یک آزمایش با یک هسته آهنی برای ولتاژ ۲۲۰ ولت و فرکانس ۵۰ Hz تلفات آهنی (مغناطیسی) کل ۲۵۰۰ W بدست آمده. همچنین برای ولتاژ ۲۲۰ ولت و فرکانس ۲۵ Hz تلفات

آهنی ۸۵۰ W بدست آمده است تلفات فرکانس ۲۲۰ ولت و فرکانس ۵۰ Hz محاسبه نمایید.

$$\begin{aligned} V &= 220 \text{ V} \\ P &= 50 \text{ Hz} \\ P_{\text{core}} &= 2500 \\ P &= 25 \text{ Hz} \\ P_{\text{core}} &= 850 \end{aligned}$$

۳-۲ در مدار مغناطیسی زیر ضریب نفوذ نسبی هسته را بی نهایت تصور کنید، همه جا سطح مقطع را یکی بگیرید و از پدیده شکستگی شار در فاصله هوایی و همچنین مقاومت الکتریکی سیم پیچ ها صرف نظر کنید. در آزمایش اول سیم پیچ ۲ باز است و به سیم پیچ یک منبع ولتاژ سینوسی با دامنه و فرکانس معین وصل می شود. در آزمایش دوم نیز همین منبع به سیم پیچ ۲ وصل شده سیم پیچ ۱ باز گذاشته می شود. دامنه جریان در آزمایش دوم ثلث دامنه جریان در آزمایش اول است. نسبت دورهای دو سیم پیچ را محاسبه نمایید.



$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -N \frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow E_{\text{max}} = N \omega \Phi_{\text{max}} = N \omega B_{\text{max}} A$$

$$\frac{E_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{T} N B_{\text{max}} A \Rightarrow E = \sqrt{2} \pi f N B$$

$$B = \frac{V}{4.44 f A} = \frac{KV}{f} \quad 3-2$$

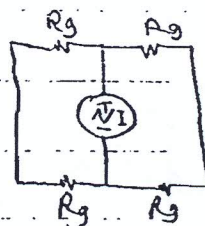
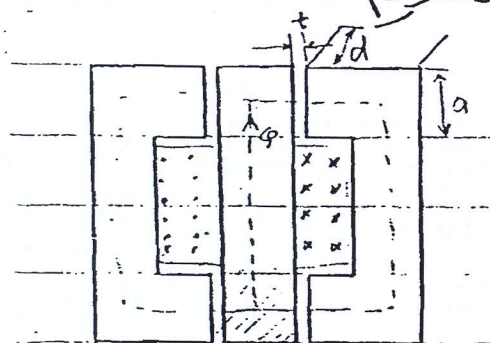
$$P_{\text{core}} = P_h + P_e = P_h + k_f B^2 = k_1 V^2$$

$$P_h = k_2 B^2 = k_2 \frac{V^2}{f}$$

$$\left\{ k_1 (4400)^2 + k_2 \left( \frac{4400}{50} \right)^2 = 2500 \right.$$

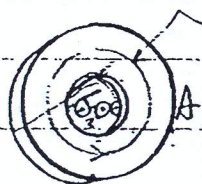
$$\Rightarrow k_1 = 8.26 \times 10^{-3}$$



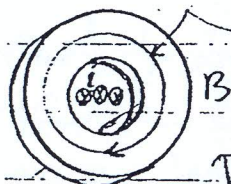


$$R_g = \frac{t}{\mu_0 \pi (t+d)} \Rightarrow \phi = \frac{\mu_0 I \mu_0 \pi (t+d)}{2t} \Rightarrow \lambda = \frac{\mu_0^2 I}{2}$$

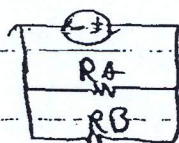
$$L = \frac{\lambda}{2} = \frac{N^2 \mu_0 \pi n(t_0 d)}{2t} \approx \frac{N^2 \mu_0 \pi n}{2t}$$



$$\text{Exem } R_A = \frac{1}{\rho_p / \rho_A} = \frac{17 \times 10^3 \times 10^{-3}}{47 \times 10^{-2} \times 2880 \times 10^{-6}} = 595238 \frac{\text{AT}}{\text{W}_0}$$



$$R_B = \frac{\pi \times 120 \times 10^{-3}}{47 \times 10^{-3} \times 2800 \times 250 \times 10^{-6}} = 42857$$



$$I = \frac{V_i}{R_{eq}} \Rightarrow i = \frac{1}{n^2} \left( \frac{R_A R_B}{R_A + R_B} \right)$$

$$= \frac{0.2}{800^2} \left( \frac{595238 \times 428571}{595238 + 428571} \right)$$

$$= 77.86 \text{ mA}$$

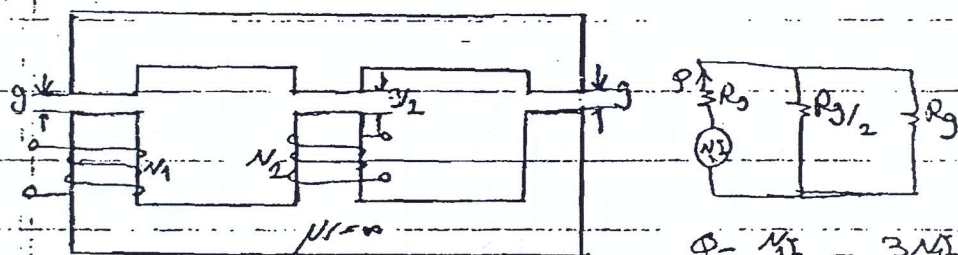
$$\frac{440}{50} = \frac{220}{25}$$

$$\rightarrow \text{в } \mu\text{В} \rightarrow p_h = aF, p_e = bF^2$$

$$\begin{cases} a \times 150 + b \times 2500 = 2500 \\ a \times 25 + b \times 625 = 850 \end{cases} \Rightarrow a = 78, b = 0.64$$

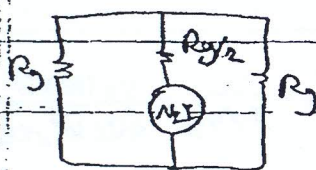
$$220,50 \text{ Hz} \xrightarrow{\text{نقل}} 440,50 \text{ Hz} \rightarrow V \rightarrow \frac{1}{2} \rightarrow B \rightarrow \frac{1}{2} \Rightarrow k'_p = \frac{1}{4} k_p$$

$$\Rightarrow P_e = \frac{1}{4} \times 0.64 \times 2500 = 400 \text{ Watt}$$



$$\Phi = \frac{N_1 I}{\frac{4}{3} R_g} = \frac{3 N_1^2 \mu_0 A}{4 g}$$

$$\Rightarrow L = \frac{\Phi}{I} = \frac{3 N_1^2 \mu_0 A}{4 g}$$



$$\Phi = \frac{N_2 I}{R_g} = \frac{N_2^2 \mu_0 A}{g}$$

$$\Rightarrow L = \frac{N_2^2 \mu_0 A}{g}$$

$$i_1 = \frac{1}{L_1} \int_0^t v_m \sin \omega t dt = I_{m1} \sin \omega t, \quad i_2 = \frac{1}{L_2} \int_0^t v_m \sin \omega t dt = I_{m2} \sin \omega t$$

$$\Rightarrow \frac{I_{m2}}{I_{m1}} = \frac{L_1}{L_2} = \frac{3 N_1^2}{4 N_2^2} = \frac{3}{4} \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 = \frac{1}{3} \Rightarrow \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 = \frac{4}{9} \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{2}{3}$$

$$F = - \frac{\partial}{\partial x} W_m \Big|_{x=0} \quad N \quad (13)$$

این شکل عبارت نیرو وقتی منفید است که جریان پیچک یا انرژی ذخیره شده را بتوان به صورت تابعی از  $\lambda$  و جابجائی  $x$  بیان کرد.

بررسی دو حالت حدی عبارات ۱۱ و ۱۳ را بدست می دهد که برای محاسبه نیرو و بازاء وضعیت معین و جریان معین یا شار دربرگیرنده معین منفید است در حالت کلی تر یافتن کار مکانیکی کلی انجام شده توسط کارانداز وقتی از حالت باز به حالت بسته می رود مطلوب می باشد. منحنی های  $\lambda$ -این دو حالت در شکل ۲(c) رسم شده ابتدا حالتی را در نظر بگیرید که ولتاژ ثابت  $V$  جریان  $V/R$  را در سیم پیچی جاری می کند در حالی که پیستون کارانداز در وضعیت باز خود است و منحنی آن ۱-۰ می باشد. اگر پیستون آزاد شود نقطه کار در طول مکان ۳-۲-۱ شکل ۲(c) حرکت می کند. سرانجام وقتی فاصله هوایی بسته شد جریان سیم پیچی  $\lambda$  به مقدار  $V/R$  خود نظیر نقطه ۳ بر می گردد اگر پیستون خیلی کند حرکت کند این مکان اساساً خط قائم است. اگر پیستون خیلی سریع حرکت کند مکان اولیه ۲-۱ تقریباً در شار پیوندی ثابت است. در هر حالت کار مکانیکی انجام شده مساوی سطح بسته هاشور خورده است. باید یادآوری کرد که این کار مکانیکی شدیداً وابسته به مکان نقطه کار است. بررسی کامل این مکان مستلزم حل همزمان سه معادله است، معادله اول رابطه سیستم الکتریکی است.

$$V = Ri + \frac{d\lambda}{dt} \quad V \quad (14)$$

معادله دوم معادله دیفرانسیل سیستم مکانیکی است و سومی عبارت نیروی رابطه ۱۱ یا ۱۳ بستگی به اینکه  $\lambda$  به صورت تابعی از  $\lambda$  بیان شود یا  $\lambda$  بر حسب  $\lambda$  دارد.

شکل ۲(d) شرایط واقعی تری را نشان می دهد که در آن ولتاژ  $V$  به سیم پیچی در حالت وضعیت باز پیستون اعمال می شود. با افزایش جریان سیم پیچی از صفر، مکان کار تقریباً در طول مکان  $\lambda$ -باز است تا اینکه نیرو برای تولید شتاب و جابجائی قابل ملاحظه کافی باشد. سرانجام مکان به نقطه ۲ روی منحنی بسته  $\lambda$  می رسد. کار مکانیکی انجام شده معادل سطح هاشور خورده بین مکان ۳-۲-۱-۰ و منحنی  $\lambda$ -این دو حالت بسته می باشد.

مثال: رابطه شار پیوندی جریان کاراندازی را می توان بین حدود  $0.5A < i < 0.0$  و  $0.02m < g < 0.1m$  به صورت زیر بیان کرد: ( $g$  طول فاصله هوایی است)

$$\lambda = \frac{0.08}{g} i^{1/2} \quad Wb$$

اگر جریان در ۲A ثابت باشد نیروی وارد بر آرمیچر را برای فاصله هوایی  $0.06m$  پیدا کنید.  
حل: برای این رابطه غیرخطی جهت یافتن نیرو میتوان از معادلات ۱۱ یا ۱۳ استفاده کرد زیرا شار در



برگیرنده بر حسب جریان معین است اما رابطه اول راحتتر است. عبارت شبه انرژی عبارت برابر است با:

$$W' = \int_0^i \frac{0.8}{g} i^{1/2} di = \frac{0.8}{g} \frac{2i^{3/2}}{3} \quad J$$

$$F = \left. \frac{\partial W'}{\partial g} \right|_{i=0.6} = \frac{-0.8}{g^2} \frac{2i^{3/2}}{3} = -119 \quad N$$

علامت منفی نماینده اینست که نیرو تمایل به کاهش  $g$  دارد.

روش انرژی

$$\lambda = \frac{0.8}{g} i^{1/2} \quad \lambda^r = \left( \frac{0.8}{g} \right)^r i^r \quad i = \left( \frac{g}{0.8} \right)^r \lambda^r$$

( $\lambda$  ثابت فرض می شود)

$$W_f = \int i d\lambda \quad W_f = \left( \frac{g}{0.8} \right)^r \int \lambda^r d\lambda = \left( \frac{g}{0.8} \right)^r \frac{\lambda^r}{r}$$

$$F = -\frac{\partial W_f}{\partial g} = -\frac{rg}{(0.8)^r} \frac{\lambda^r}{r} = -\frac{rg}{(0.8)^r} \left( \frac{0.8}{g} \right)^r i^r \frac{1}{r}$$

$$= -\frac{r}{r} \frac{0.8}{g} i^r = -\frac{r}{r} \left( \frac{0.8}{0.6} \right)^r (r) = -119 \quad N$$

