دانشگاه فنی و حرفه‌ای خراسان شمالی

آموزشکده فنی و حرفه‌ای پسران شیروان

طرح درس ماشین‌های الکتریکی سه فاز و ماشین‌های الکتریکی مقطع: کاردانی مدرس: حجت مویدی راد

برنامه درسی جلسه سوم:

ادامه‌ی تدریس فصل اول:

- بیان خواص مغناطیسی مواد و مفاهیم مربوط به انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی.

- معرفی حلقه‌ی هیسترزیس.

- بیان مباحث مربوط به اصول تبدیل انرژی و بررسی عملکرد یک رله مغناطیسی ساده.

- بیان قوانین تبدیل انرژی الکترومغناطیسی و معرفی سیستم‌های دو تحریکه.

اهداف کلی جلسه سوم:

۱- دانشجویان بایستی قادر به تعریف جامع مفاهیم مربوط به میدان مغناطیسی باشند.

۲- دانشجویان بایستی نحوه‌ی شکل گیری حلقه هیسترزیس را تشریح کنند.

۳- دانشجویان بایستی به‌خوبی قوانین تبدیل انرژی الکترومغناطیسی را تحلیل کنند.

برنامه درسی جلسه چهارم:

- معرفی سیم‌پیچ آرمیچر و تحریک و نیز نقش هسته در ماشین‌ها.

- بیان طبقه‌بندی ماشین‌های الکتریکی از نظر ساختار (پایان فصل اول)

شروع فصل دوم (ماشین‌های جریان مستقیم):

- بیان مقدمه‌ای از انواع ماشین‌های DC.

- معرفی ساختارهای رتور و استاتور و سیم‌پیچی آنها.

اهداف کلی جلسه چهارم:

۱- دانشجویان بایستی انواع ماشین‌های الکتریکی را بشناسند.

۲- دانشجویان بایستی با انواع ماشین‌های DC آشنا باشند.

۴- دانشجویان بایستی قادر باشد ساختار رتور و استاتور را تشریح کنند.

برنامه درسی جلسه پنجم:

- بیان چگونگی عملکرد ماشین‌های DC و کاربردهای این ماشین.

- معرفی جزئیات ساختمان ماشین‌های DC.

اهداف کلی جلسه پنجم:

۱- دانشجویان بایستی با جزئیات ساختار ماشین DC آشنا باشند.

۲- دانشجویان بایستی قادر باشند عملکرد یک ماشین DC را به خوبی تشریح کنند.

درس‌های: ماشین‌های الکتریکی سه فاز و ماشین‌های الکتریکی

مقطع: کاردانی

Lec.: *Hojat Moayedirad*, Ph.D. of Electrical Power Engineering, 2018, ***Email***: *hojatrad@yahoo.com*

Home pages:

https://scholar.google.com/citations?user=V28m4S4AAAAJ&hl=en

https://orcid.org/0000-0001-9803-9306

نکات مهم:

۱- با توجه به عدم برگزاری حضوری کلاس‌ها در سال ۹۸، دانشجویان بایستی مطالب درسی بارگذاری شده بر روی سایت را دانلود کرده و مطالعه نمایند و **تمرین‌ها** را انجام داده و در اولین جلسه‌ی حضوری در سال ۹۹ تحویل دهند.

۲- در دومین جلسه‌ی حضوری در سال ۹۹، از شش جلسه‌ی اول درس، کوئیزی در سطح آشنایی با مفاهیم شش جلسه‌ی اول گرفته می‌شود که نمره‌ی آن در نمره‌ی تمرین‌های تحویلی شش جلسه‌ی اول، **ضرب** می‌شود و نمره‌ی حاصل به عنوان نمره‌ی تمرین‌های تحویلی بخش اول، منظور می‌شود.

۳- با توجه به امکانات پیام رسان **Skype** (https://www.skype.com) نظیر ارتباط ویدئوی کنفرانسی، دانشجویان تا زمان برگزاری حضوری کلاس‌ها می‌توانند از جهت رفع ابهام و توضیح بیشتر مطالب درس، در روزهای جمعه و دوشنبه‌ی هر هفته از ساعت ۳ الی ۴:۳۰ بعدازظهر از طریق اسکایپ با اینجانب ارتباط برقرار کنند. در صورت سوال، دانشجویان می‌توانند از طریق ایمیل با اینجانب در ارتباط باشند.

My Skype name: hojatrad

آرم دانشگاه فنی و حرفه ای: تصویر پروفایل

مراجع:

۱– مبانی ماشین های الکتریکی، مؤلف: چاپمن

۲– ماشین های الکتریکی (تحلیل، بهره‌برداری و کنترل)، مؤلف: پ. س. سن

۳– ماشین های الکتریکی (تئوری، عملکرد و کاربردها)، مؤلف: بیم بهارا

۴– ماشین های الکتریکی، مؤلف: ال هاواری

۵– ماشین های الکتریکی، مؤلف: فیتزجراد

بارم بندی:

بارم بندی				
پایان ترم	فعالیت های کلاسی (۵ نمره)			جمع بارم
	کوئیز	تمرین‌های تحویلی	پروژه	۲۰ نمره
۱۵نمره	۲ نمره	۲ نمره	۱ نمره	

توجه: نمره‌ی کوئیز دومین جلسه‌ی حضوری در سال ۹۹، جزو ۲ نمره‌ی کویز که در جدول بالا آمده است، نیست و آن کوئیز صرفاً برای راستی آزمایی تمرین‌های پاسخ داده شده توسط دانشجویان است.

توجه: در سومین جلسه‌ی حضوری در سال ۹۹، **اولین** کوئیز رسمی برگزار می‌شود که جزو ۲ نمره‌ی کویز که در جدول بالا آمده است، می‌باشد.

توجه: یک نمره از ۵ نمره‌ی سرکلاسی اختصاص به پروژه دارد. پروژه‌ها در اولین جلسه‌ی حضوری در سال ۹۹ تعیین می‌شوند.

فهرست مطالب

جلسه اول

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

فصل دوم: ماشین‌های جریان مستقیم

فصل سوم: ماشین‌های الکتریکی سه فاز آسنکرون (القایی)

فصل چهارم: ماشین‌های الکتریکی سه فاز سنکرون

فصل پنجم: ترانسفورماتورها

جلسه اول

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

۱-۱- آشنایی با اصطلاحات:

– شار (FLUX):

❖ شار در یک مدار مغناطیسی مشابه جریان در یک مدار الکتریکی است و واحد آن وبر (wb) است. شار یک مسیر بسته را طی می کند.

– چگالی شار :

❖ مقدار شاری است که از سطحی به مساحت A که عمود بر شار است عبور می‌کند.

$$B = \frac{\phi \, \mathrm{Wb}}{\mathrm{A} \, \mathrm{m}^2} \quad [\text{or tesla (T)}]$$

– نیروی محرکه‌ی الکتریکی (EMF):

❖ عامل بوجود آورنده‌ی جریان الکتریکی را نیروی محرکه الکتریکی می گویند که معادل ولتاژ است.

– نیروی محرکه‌ی مغناطیسی(MMF):

❖ خاصیتی است که در اثر عبور جریان الکتریکی از سیم پیچ، در فضای اطراف آن ایجاد می شود و بر عقربه‌ی مغناطیسی تاثیر گذاشته و باعث انحراف آن می گردد. عامل بوجود آورنده‌ی این خاصیت را نیروی محرکه‌ی مغناطیسی گویند.

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

۱-۱- آشنایی با اصطلاحات:

– نیروی محرکه‌ی مغناطیسی(MMF):

❖ خاصیتی است که در اثر عبور جریان الکتریکی از سیم پیچ، در فضای اطراف آن ایجاد می شود و بر عقربه‌ی مغناطیسی تاثیر گذاشته و باعث انحراف آن می گردد. عامل بوجود آورنده‌ی این خاصیت را نیروی محرکه‌ی مغناطیسی گویند.

– مدار مغناطیسی:

❖ مسیر کامل و بسته خطوط شار، مدار مغناطیسی نامیده می شود.

– جریان تحریک :

❖ جریان لازم برای ایجاد شار در مدار مغناطیسی را جریان تحریک می‌نامند.

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

* در یک مدار الکتریکی جریان بعلت وجود نیروی محرکه الکتریکی (emf) عبور می‌کند.
* در مغناطیس شار مغناطیسی در مدار مغناطیسی (mmf) بوجود می‌آید. (بجای آمپرات)
* mmf با جریان عبوری از یک یا چند دور سیم، حاصل می‌شود.

$$\overrightarrow{mmf} = NI$$

شدت میدان مغناطیسی (H): mmf بر واحد طول مدار مغناطیسی H نام دارد.

$$H = \frac{mmf}{l} = \frac{NI}{l}$$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ ← ضریب نفوذپذیری مغناطیسی

چگالی مغناطیسی (B): $B = \mu_0 . H$

مقاومت مغناطیسی (رلوکتانس): $Rm = \frac{l}{\mu . A}$ $\left(\frac{AT}{wb}\right)$ $\left(\frac{\text{آمپر-دور}}{\text{وبر}}\right)$

هدایت مغناطیسی (پرمانس): $P = \frac{1}{Rm}$ (Permeance) /PɜrmIəns/

شار مغناطیسی ≡ جریان الکتریکی

$$\begin{cases} I = \frac{emf\ (\text{ولتاژ})}{R} \\ \varphi = \frac{mmf}{Rm} \end{cases}$$

شار حلقه: $\lambda = N\varphi = L.i$

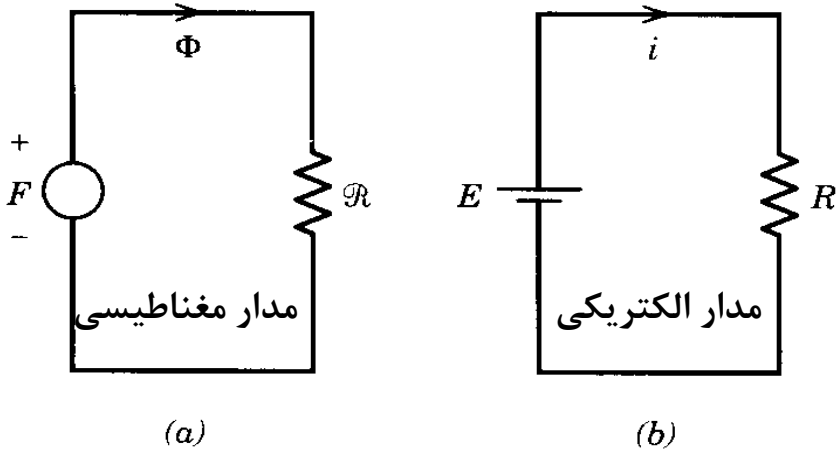
{ emf : نیروی محرکه الکتریکی واحدش ولت است.
mmf : مغناطیسی ″ ″ آمپر است. }

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

۱-۲- تحلیل مدارهای مغناطیسی:

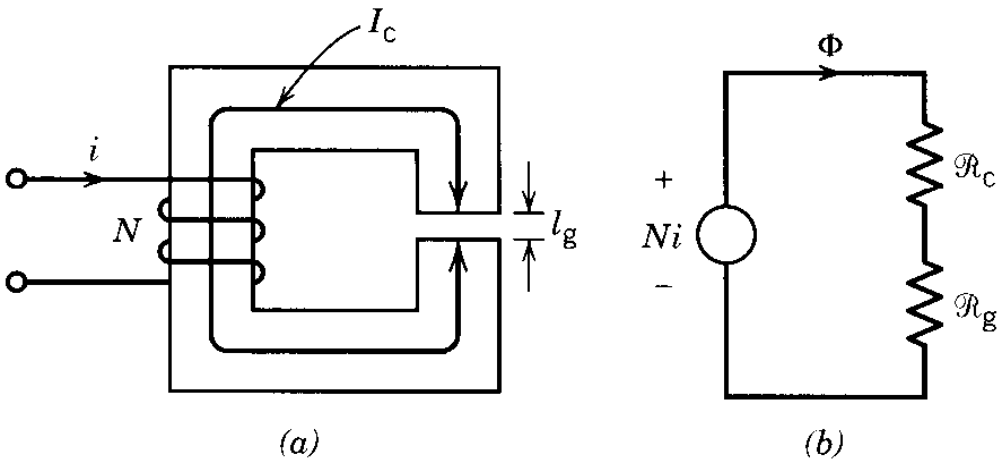
– تشابه میان مدار مغناطیسی و مدار الکتریکی:

نکته: عایق الکتریکی داریم اما عایق مغناطیسی وجود ندارد.



(a) (b)

– مدار مغناطیسی با فاصله هوایی:



(a) هسته مغناطیسی با فاصله هوایی

(b) مدار معادل مغناطیسی

- ✓ شکاف هوایی را با مقاومت مغناطیسی متناظر با آن مدل می‌کنیم.

$$\Phi = \frac{Ni}{\mathcal{R}_c + \mathcal{R}_g}$$

$$\mathcal{R}_g = \frac{l_g}{\mu_0 A_g}$$

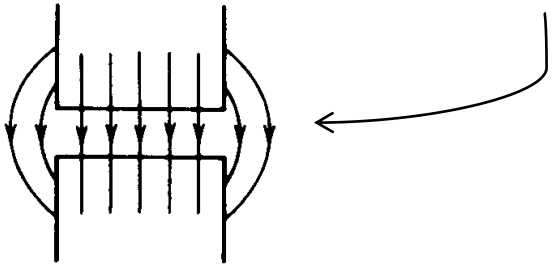
$$\mathcal{R}_c = \frac{l_c}{\mu_c A_c}$$

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

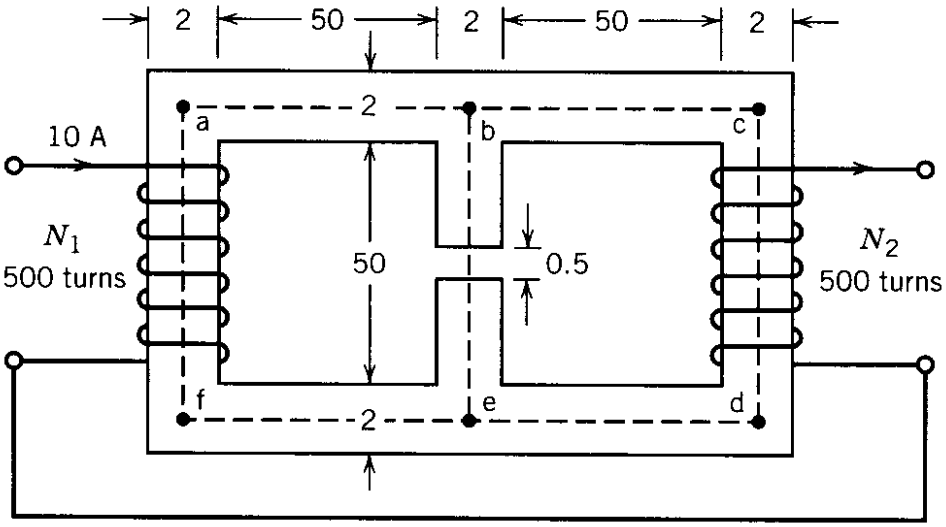
جلسه دوم

۱-۱- آشنایی با اصطلاحات:

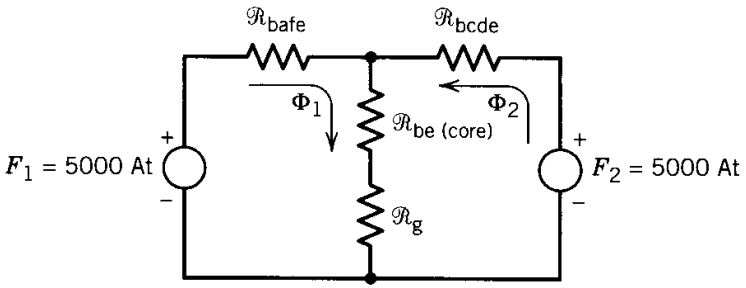
نکته: در فاصله هوایی خطوط شار اندکی به بیرون خمیده می‌شوند، این پدیده را خمیدگی شار یا نشتی شار می‌نامند.



مثال: مدار مغناطیسی شکل زیر مفروض است. مطلوب است محاسبه‌ی شار، چگالی شار و شدیت میدان مغناطیسی در فاصله هوایی. (ضریب نفوذپذیری هسته ۱۲۰۰ است.)



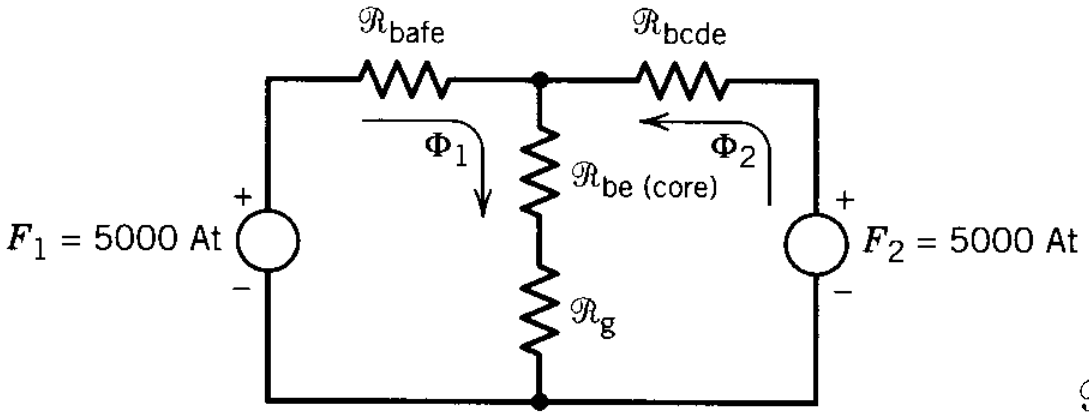
حل:



فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

۱-۲- تحلیل مدارهای مغناطیسی:

حل:



$$F_1 = N_1 I_1 = 500 \times 10 = 5000 \text{ At}$$

$$F_2 = N_2 I_2 = 500 \times 10 = 5000 \text{ At}$$

$$\mu_c = 1200\mu_0 = 1200 \times 4\pi 10^{-7}$$

$$\mathcal{R}_{bafe} = \frac{l_{bafe}}{\mu_c A_c}$$

$$= \frac{3 \times 52 \times 10^{-2}}{1200 \times 4\pi 10^{-7} \times 4 \times 10^{-4}}$$

$$= 2.58 \times 10^6 \text{ At/Wb}$$

$$\mathcal{R}_{bcde} = \mathcal{R}_{bafe}$$

$$\mathcal{R}_g = \frac{l_g}{\mu_0 A_g}$$

$$= \frac{5 \times 10^{-3}}{4\pi 10^{-7} \times 2 \times 2 \times 10^{-4}}$$

$$= 9.94 \times 10^6 \text{ At/Wb}$$

$$\mathcal{R}_{be(core)} = \frac{l_{be(core)}}{\mu_c A_c}$$

$$= \frac{51.5 \times 10^{-2}}{1200 \times 4\pi 10^{-7} \times 4 \times 10^{-4}}$$

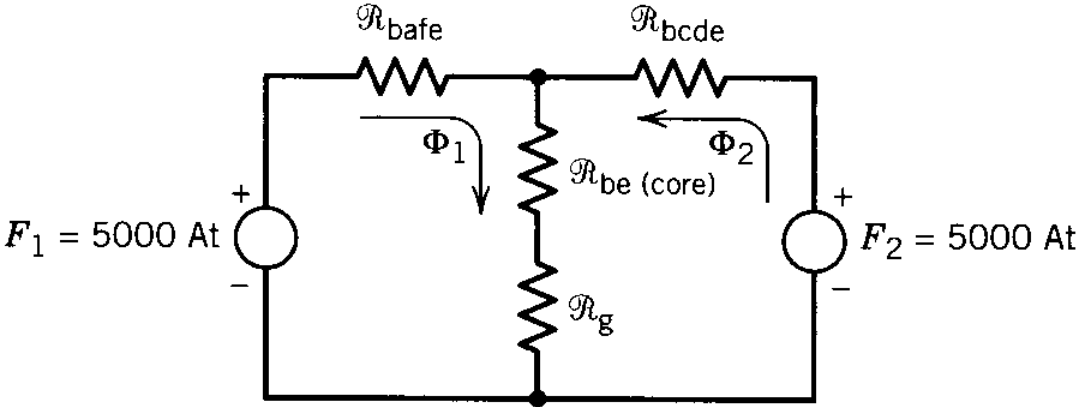
$$= 0.82 \times 10^6 \text{ At/Wb}$$

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

۱-۲- تحلیل مدارهای مغناطیسی:

حل:

معادلات حلقه را می نویسیم:



$$\Phi_1(\mathcal{R}_{bafe} + \mathcal{R}_{be} + \mathcal{R}_g) + \Phi_2(\mathcal{R}_{be} + \mathcal{R}_g) = F_1$$

$$\Phi_1(\mathcal{R}_{be} + \mathcal{R}_g) + \Phi_2(\mathcal{R}_{bcde} + \mathcal{R}_{be} + \mathcal{R}_g) = F_2$$

$$\Phi_1(13.34 \times 10^6) + \Phi_2(10.76 \times 10^6) = 5000$$

$$\Phi_1(10.76 \times 10^6) + \Phi_2(13.34 \times 10^6) = 5000$$

$$\Phi_1 = \Phi_2 = 2.067 \times 10^{-4}\ \text{Wb} \qquad \Phi_g = \Phi_1 + \Phi_2 = 4.134 \times 10^{-4}\ \text{Wb}$$

$$B_g = \frac{\Phi_g}{A_g} = \frac{4.134 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-4}} = 1.034\ \text{T}$$

$$H_g = \frac{B_g}{\mu_0} = \frac{1.034}{4\pi 10^{-7}} = 0.822 \times 10^6\ \text{At/m}$$

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

۱-۲- تحلیل مدارهای مغناطیسی:

نکته: سیم پیچ به همراه هسته می تواند نماد یک عنصر مداری ایده آل بنام اندوکتانس باشد.

$$\lambda = N\Phi = L \cdot i \xrightarrow{H = \frac{Ni}{l}} L = \frac{\lambda}{i} = \frac{N\Phi}{i} = \frac{N \cdot B \cdot A}{i} = \frac{N\mu \cdot H \cdot A}{i}$$

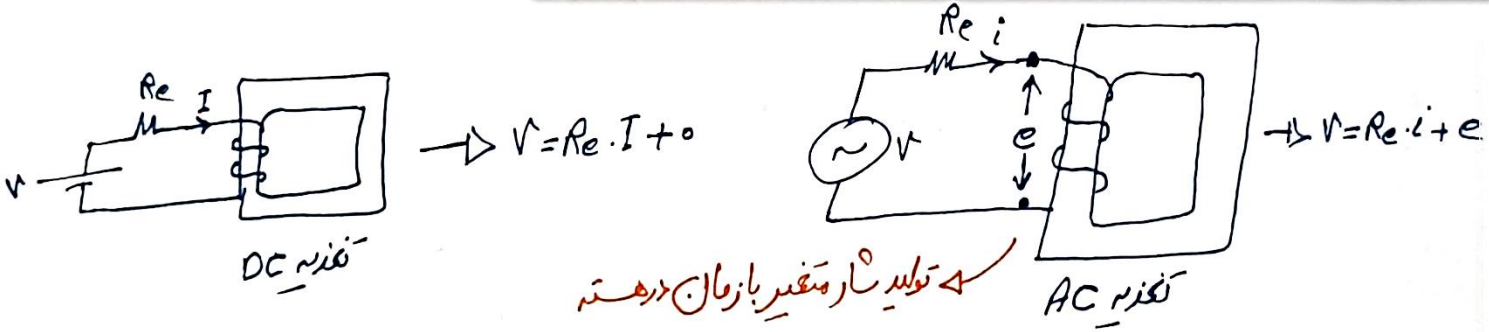
$$= \frac{N\mu H \cdot A}{H l / N} = \frac{N^2}{\frac{l}{\mu A}} = \frac{N^2}{R} \Rightarrow L = \frac{N^2}{R}$$

تمرین تحویلی ۱: شباهت ها و تفاوت های بین مدار الکتریکی و مدار مغناطیسی را بیان کنید.

مقایسه مدارهای مغناطیسی با منابع تحریک DC و AC:

- در حالت تحریک AC، حداکثر شار موجود در هسته به دامنه ولتاژ و فرکانس منبع تغذیه وابسته است.
- در حالت تحریک AC، اگر رلوکتانس هسته افزایش یابد، شار هسته ثابت باقی خواهد ماند ولی با افزایش رلوکتانس جریان سیم پیچی زیاد می شود و ممکن است بسوزد.
- در حالت تحریک DC، با افزایش رلوکتانس هسته، شار هسته کم می شود.

مقایسه مدارهای مغناطیسی با منابع تحریک DC و AC:



اگر $V = V_m \cdot \sin \omega t$ ← جریان متغیر در زمان جاری می‌شود که نتیجه‌ی آن تولید شار متغیر با زمان درهسته است. این شار در هر دور از سیم پیچ القاء می‌شود $(e = \frac{d\Phi}{dt})$ که نیروی محرکه‌ی کل در یک سیم پیچ N دور برابر است با:

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

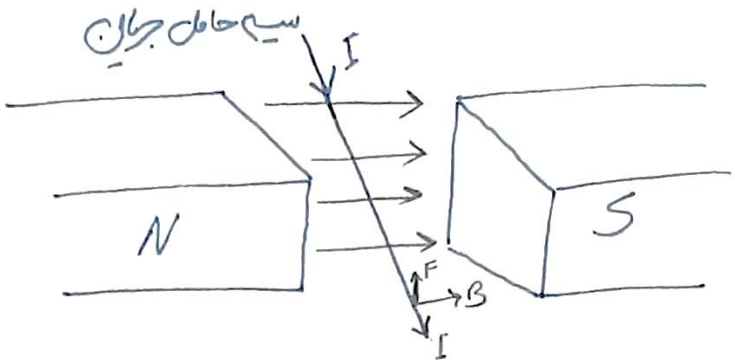
λ: شار در برگیرنده ← $\lambda = N\Phi$

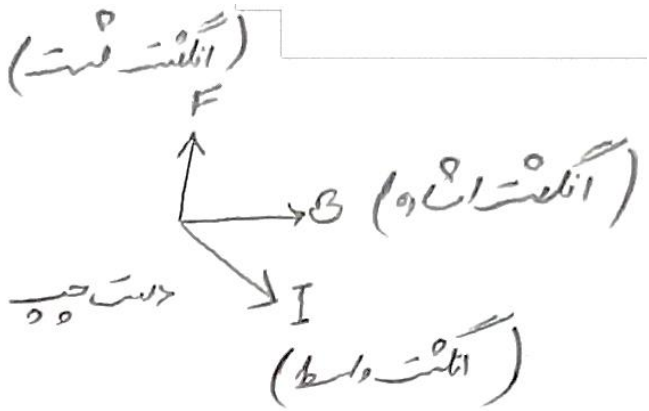
نکته: همه‌ی شار تولید شده توسط سیم پیچ از درون هسته نمی‌گذرد و مقدار جزئی آن در هوا پخش می‌شود که به آن شار پراکندگی می‌گویند.

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

۱-۳- قوانین مغناطیسی:

قانون دست چپ:





قانون القای فارادی: هرگاه سیم پیچ متحرکی در یک میدان مغناطیسی ثابت یا یک سیم پیچ ثابت در یک میدان مغناطیسی متغیر قرار گیرد، بر اساس قانون القای فارادی، در سیم پیچ ولتاژی القاء می شود.

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

قانون لنز: در قانون القای فارادی چنانچه مدار الکتریکی بسته باشد، باعث جاری شدن جریان می شود و جهت جریان القای بوجود آمده به گونه ای است که با عامل بوجودآورنده آن مخالفت می کند.

تمرین تحویلی ۲: علامت منفی در فرمول قانون القای فارادی را چگونه توجیح می کنید؟

تمرین تحویلی ۳: طبق قانون فارادی، اگر شار سینوسی باشد، ولتاژ القایی از چه نوعی است؟

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

۱-۳- خواص مغناطیسی مواد: مقدار ضریب نفوذ مغناطیسی هر ماده، تا حد زیادی خواص مغناطیسی آن را مشخص می کند.

۱- مواد فرو مغناطیسی با μی نسبی چند هزار مانند آهن بدون آلیاژ و ....

۲- مواد پارا مغناطیسی با μی نسبی بیشتر از واحد مانند هوا و ... .

۳- مواد دیا مغناطیسی با μی نسبی کمی کمتر از واحد مانند آب، نقره، جیوه و ....

* منحنی مغناطیس اجسام فرومغناطیس

در سیم پیچ با هسته آهنی بین شدت میدان مغناطیسی (H) و چگالی شار مغناطیسی (B) رابطه ساده

زیر وجود ندارد در حالیکه در سیم پیچ با هسته هوایی رابطه خطی $B=\mu_0 H$ همواره برقرار است.

رابطه بین B و H به کمک منحنی موسوم به منحنی مغناطیسی B-H نشان می دهند.

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

جلسه سوم

۱-۳- خواص مغناطیسی مواد: مقدار ضریب نفوذ مغناطیسی هر ماده، تا حد زیادی خواص مغناطیسی آن را مشخص می کند.

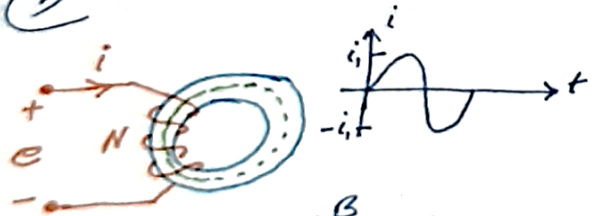
* انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی:

— به منظور ایجاد میدان مغناطیسی در یک سیم پیچ، باید جریان الکتریکی در آن برقرار شود که بتواند در مدار نهایی آن، زمان مشخص لازم است. بنابراین ایجاد این میدان مقداری کار انجام می گیرد که در میدان مغناطیسی بصورت انرژی ذخیره خواهد شد.

— انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی سیم پیچ مشابه انرژی ذخیره شده در میدان الکتریکی خازن است.

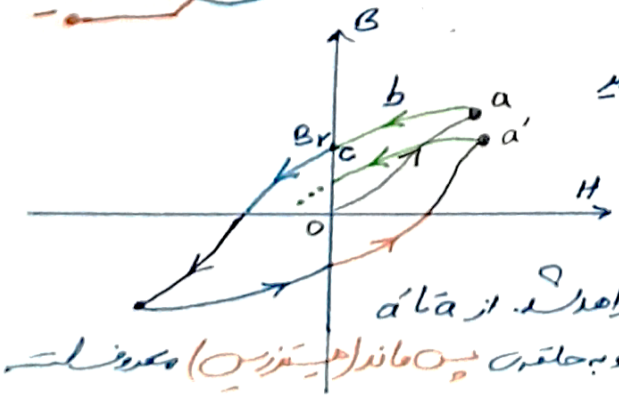
L: ضریب القایی سیم پیچ بر حسب هانری

$W = \frac{1}{2} L I^2$ (J) انرژی ذخیره شده در یک سیم پیچ بر حسب ژول



پس ماند (هیستزیس): فرض می شود هسته حلقوی در ابتدا مغناطیس نشده باشد.

* با افزایش شدت میدان مغناطیسی (H) توسط جریان i که به کویل اعمال می شود مطابق oa تا نقطه a چگالی شار (B) خواهیم داشت.
* حال اگر H به تدریج کاهش یابد مسیر برگشت متفاوت از مسیر رفت خواهد بود و مسیر جدید abc خواهد بود. این کاهش تا صفر شدن H ادامه می یابد.



با صفر شدن H، هسته Br را در خود نگه می دارد که به این Br چگالی شار پسماند می گویند.

* اگر H را به صورت ادامه دهیم Br از بین می رود و تا H ای خاص این پسماند صفر خواهد شد. از a تا a' یا سیکل کامل می شود. پس از چند سیکل حلقه (یا منحنی) پسماند (هیستزیس) معروف است.

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

تلفات هسته:

۱- تلفات پس ماند (هیسترزیس): تلفات توان هسته بخاطر پدیده پس ماند به تلفات هیسترزیس معروف است.

۲- تلفات جریان گرداب: نیروهای محرکه القایی در آهن یکپارچه تولید جریان‌هایی گردشی می‌کنند که به جریان‌های گرداب یا فوکو معروف‌اند که این جریان‌ها باعث تلفات فوکو یا گرداب می‌کنند.

راه حل: ورقه ورقه ساختن هسته که هر لایه نسبت به لایه دیگر عایق است.

۲- افزایش مقاومت با افزودن درصد ناچیزی از سیلیکون به آهن

سؤال ۷) تلفات فوکو چه رابطه‌ای با ولتاژ احتمالی دارد؟ آیا تلفات فوکو به فرکانس بستگی دارد؟

جواب) متناسب با مجذور ولتاژ احتمالی است. خیر.

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

۱-۴- تبدیل انرژی الکترومغناطیسی:

اصول تبدیل انرژی:

در هنگام تبدیل انرژی، انرژی از صورتی به صورت دیگر تبدیل می‌شود و بر طبق این اصل انرژی به خودی خود بوجود نمی‌آید و یا نابود نمی‌گردد و فقط می‌تواند از شکلی به شکل دیگر تبدیل گردد.

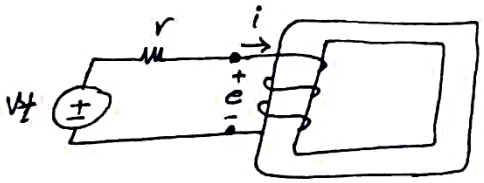
معادله موازنه انرژی:

حالت موتوری: کل انرژی تلف شده + کل انرژی ذخیره شده + انرژی مکانیکی خروجی = کل انرژی ورودی

حالت ژنراتوری: کل انرژی تلف شده + انرژی ذخیره شده + کل انرژی الکتریکی (ورودی) = کل انرژی مکانیکی (ورودی)

$$W_{elec}\ (\text{الکتریکی}) = W_{mech}\ (\text{مکانیکی}) + W_{fld}\ (\text{میدان})$$

سیستم مغناطیسی تک تحریکه:



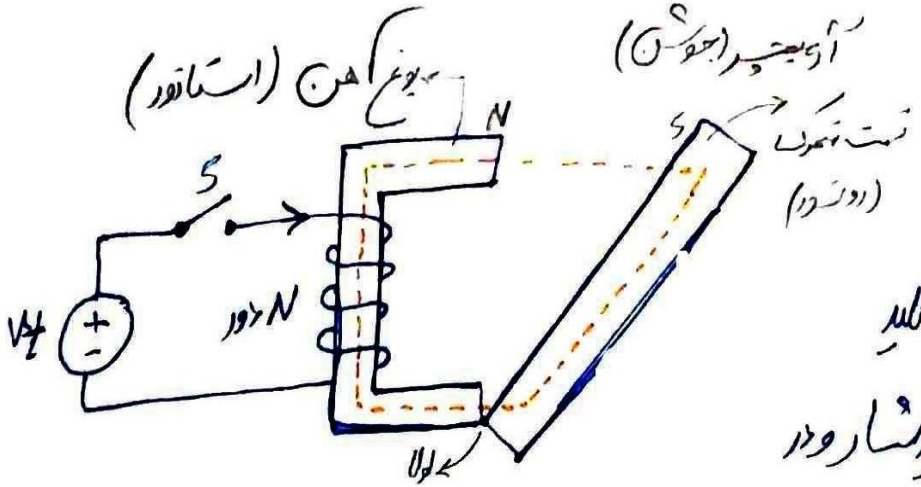
$$V_t = ri + e \qquad \lambda = N\Phi$$

$$V_t = ri + \frac{d\lambda}{dt} \qquad \lambda = Ni$$

$$W_{elec} = \int i\,d\lambda \qquad e = N\frac{d\Phi}{dt} = \frac{d\lambda}{dt}$$

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

۱-۴- تبدیل انرژی الکترومغناطیسی:



شکل مقابل یک رله مغناطیسی ساده را نشان می‌دهد.

ابتدا آرمیچر یا روتور در موقعیت باز قرار دارد. وقتی کلید S بسته می‌شود، جریان در سیم پیچ برقرار شده، تولید شار و در نهایت تولید نیروی مغناطیسی را خواهیم داشت که باعث جذب آرمیچر به یوغ آهنی خواهد شد

داریم: $W_{elec} = W_{mech} + W_{fld}$ ← از دو طرف دیفرانسیل می‌گیریم ← $dW_{elec} = dW_{mech} + dW_{fld}$

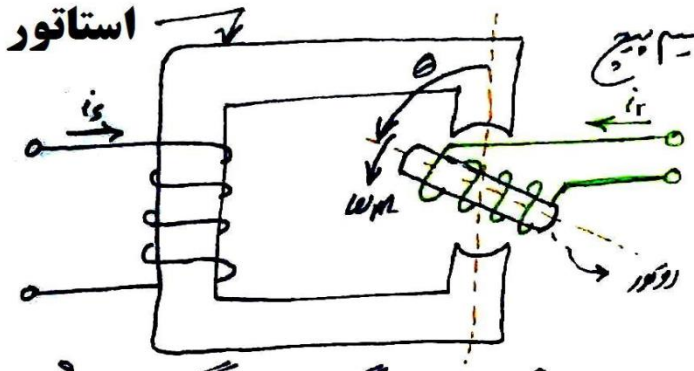
اگر آرمیچر به هر علتی حرکت نکند ← $W_{mech} = 0$ ← $dW_{elec} = dW_{fld}$ ←

* یعنی اگر در یک سری نیرویی از حرکت قسمتی که توانایی حرکت دارد جلوگیری شود، تمام **انرژی الکتریکی** ورودی در میدان مغناطیسی ذخیره می‌شود.

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

۱-۴- تبدیل انرژی الکترومغناطیسی:

نکته: غالباً انرژی ذخیره شده در میدان شکاف فاصله هوایی، به مراتب از انرژی ذخیره شده در هسته بیشتر است.



سیستم مغناطیسی دو تحریکه: استاتور و روتور هردو حاوی سیم پیچ حامل جریان هستند.

در سیستم مغناطیسی دوار روبرو هردو قسمت ساکن و متحرک دارای سیم پیچ حامل جریان می باشند. این سیستم کاربردهای متنوع و وسیعی دارد. ونلاً در دستگاههای اندازه گیری، ماشین ها... کاربرد دارد.

ششم: تبدیل الکترومغناطیسی:

دو قانون مهم بیان تبدیل الکترومغناطیسی:

قانون ۱: اگر یک هادی در میدان مغناطیسی حرکت کند، در هادی ولتاژ القاء می گردد.

قانون ۲: اگر هادی حامل جریان در یک میدان مغناطیسی قرار گیرد، به آن هادی نیروی مکانیکی وارد می شود.

توجه: هرگاه انرژی از فرم الکتریکی به مکانیکی یا بالعکس تبدیل شود، دو پدیده فوق هم زمان رخ خواهد داد.

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

۱-۴- تبدیل انرژی الکترومغناطیسی:

* تبدیل الکترومغناطیسی در موتورها: در حالت موتوری، از طریق سیم الکتریکی، جریان وارد هادی‌هایی می‌شود که در میدان مغناطیسی قرار گرفته‌اند. لذا طبق قانون (2) تبدیل الکترومغناطیسی برهم‌کنش‌هایی نیرو ایجاد می‌کنند. گشتاور حاصل شده قسمت متحرک که هادی‌ها بر روی آن قرار گرفته‌اند را تحت سرعت به حرکت درمی‌آورد. حال پس از حرکت هادی‌ها درمی‌یابیم که این هادی‌ها درون میدان مغناطیسی می‌چرخند، لذا طبق قانون (1) تبدیل الکترومغناطیسی درون آن‌ها ولتاژ القاء می‌گردد. لذا در حالت موتوری با نیرو و ولتاژ القاء شده روبرو هستیم.

* تبدیل الکترومغناطیسی در ژنراتورها: در هادی‌ها مکانیکی نسبت به موتور صورت می‌گیرد. یعنی قسمت متحرک ماشین توسط یک محرک اولیه مانند توربین به چرخش درمی‌آید. با چرخیدن قسمت متحرک که بر روی آن هادی‌های پیچیده شده است و نیز با وجود میدان مغناطیسی طبق قانون (1) تبدیل الکترومغناطیسی در هادی‌های روتور ولتاژ القاء می‌گردد. حال اگر بار الکتریکی به سیم پیچ حاصله توسط این هادی‌ها وصل گردد، جریان جاری می‌شود و توان به مصرف‌کننده تزریق می‌شود. پس از برقراری جریان طبق قانون (2) تبدیل الکترومغناطیسی گشتاور تولید می‌شود که جهت مخالف گشتاور اعمال شده توسط محرک اولیه یا توربین خواهد بود.

جلسه چهارم

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

۱-۴- تبدیل انرژی الکترومغناطیسی:

نکته: به سیم پیچ‌هایی که در آنها ولتاژ القاء می‌شود، سیم پیچ آرمیچر گویند.

" " از آنها جریان می‌گذرد تا میدان مغناطیسی و شار اصلی را پدید آورند، سیم پیچ تحریک یا سیم پیچ میدان گفته می‌شود.

نقش هسته در ماشین‌ها: پیوند مغناطیسی که ناشی از سیم پیچ‌های استاتور و روتور است تقویت می‌کند.

آهن ربای دائم: آهن ربای دائم می‌تواند بدون اینکه نیروی محرکه مغناطیسی (mmf) مدار بکار رود، میدان مغناطیسی پدید آورد.

تمرین تحویلی ۴: چگالی شدت میدان مغناطیسی در فاصله هوایی نسبت به هسته به مراتب بیشتر است؟

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

مقدمه کلی از ماشین های الکتریکی

* دستگاه‌هایی که انرژی را از یک نوع به نوع دیگری تبدیل می‌کنند، بطور کلی ترانسدیوسر (Transducer) نامیده می‌شوند.

* مبدل های انرژی که نوع انرژی را تغییر نمی‌دهند، بلکه حالت و خصوصیات آن را تغییر می‌دهند به ترانسفورماتور معروف اند.

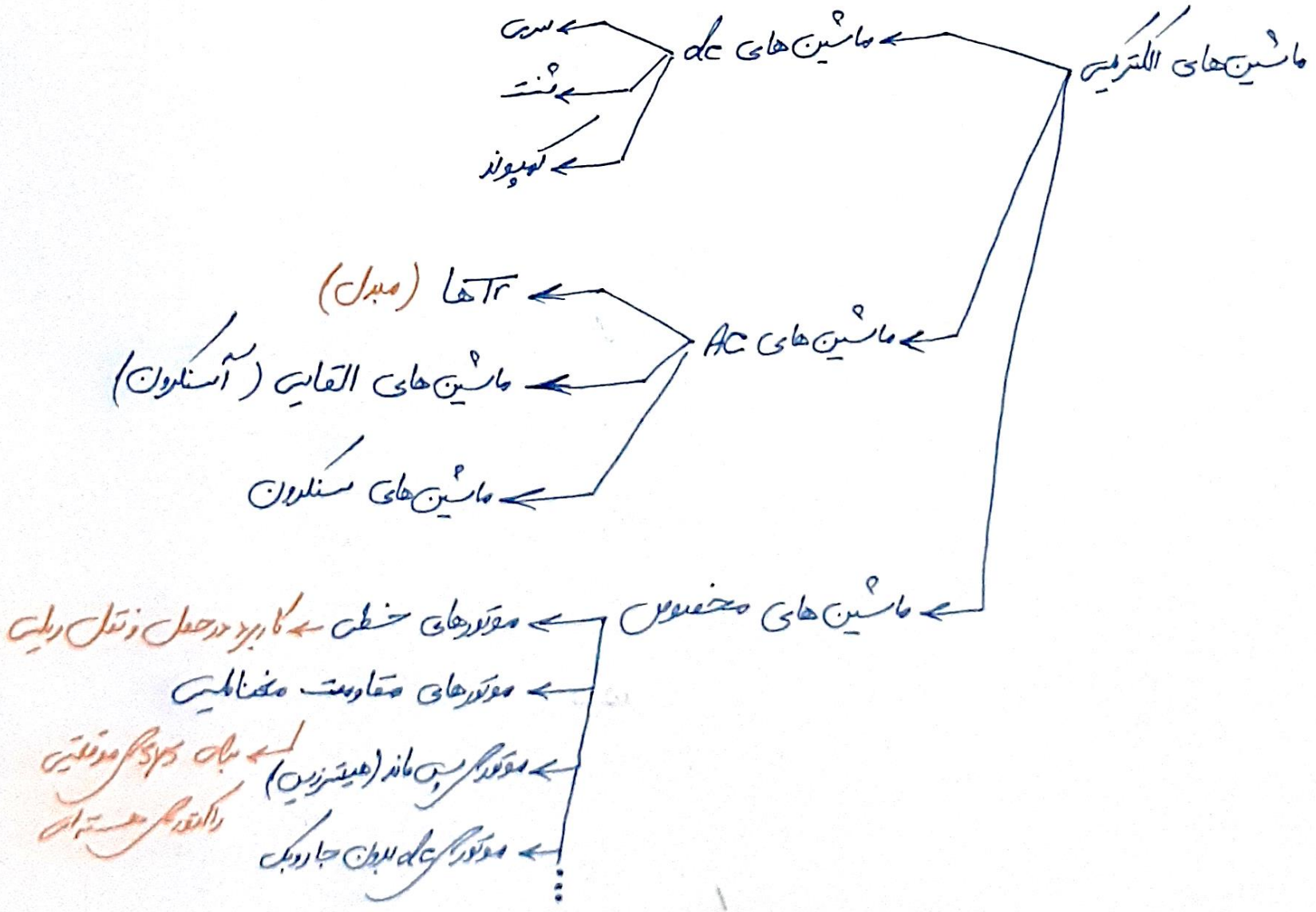
* ماشین های الکتریکی از نقطه نظر تبدیل انرژی به ۳ دسته تقسیم می‌شوند:

1- ماشین‌هایی که انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند، ژنراتور نامیده می‌شوند.
2- " " الکتریکی را به " مکانیکی " " موتور " .
3- " " تبدیل انرژی را انجام نمی‌دهند بلکه حالت و خصوصیات آن را تغییر دهند، ... نامیده می‌شوند.

راندمان: $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$ که $P_{in} = P_o +$ تلفات

فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

مقدمه کلی از ماشین های الکتریکی



فصل اول: آشنایی با مدارهای مغناطیسی

مقدمه کلی از ماشین های الکتریکی

* یکی از خواص مهم ماشین های الکتریکی معکوس پذیری می باشد. یعنی:

* در حقیقت ماشین DC وجود خارجی ندارد و از دید خروجی DC می باشد و اصولاً همگی متناوب می باشند.

* تنها محیط واسط بعنوان محیط تبدیل انرژی، میدان مغناطیسی می باشد. لذا ارتباط بین سیستم الکتریکی و مکانیکی از طریق میدان مغناطیسی صورت می گیرد.

← لذا بر ماشین روابط الکترومغناطیسی حاکم است.

* ترانسفورماتورها وسایلی هستند که انرژی الکتریکی ابتدا به انرژی الکترومغناطیسی و سپس به انرژی الکتریکی تبدیل می شود. (درگاه‌ها)

پایان فصل اول

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)

ماشینهای DC شبیه ماشینهای AC می باشند ، بدین صورت که در داخل هادیهای آنها ولتاژ و جریان AC تولید میشود و بخاطر عمل کموتاسیون این ولتاژ و جریان در خروجی بصورت DC ظاهر می شوند.

ساختار ماشین‌های الکتریکی

ماشینهای الکتریکی از دو بخش اساسی تشکیل شده‌اند :

الف : قسمت متحرک و دوار بنام رتور

ب : قسمت ساکن بنام استاتور

بایددانست‌بین‌این‌دوقسمت‌درون‌ماشین،شکاف هوائی وجوددارد

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)

که:

۱- استاتور ساکن بوده و بخش بیرونی یا خارجی ماشین را تشکیل می‌دهد.

۲- رتور آزادانه حرکت می‌کند (می‌چرخد) و بخش درونی ماشین را شامل می‌شود.

۳- استاتور و رتور از مواد فرومغناطیسی ساخته می‌شوند.

۴- در بسیاری از ماشینها محیط داخلی استاتور و محیط بیرونی[۲] رتور حاوی شیارهای متعددی است

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)

✓ در ساختمان های ماشین های الکتریکی از هسته آهن استفاده می شود.

۱- پیوند مغناطیسی بین کلافها حاصله از هادی های موجود در شیارهای روتور و استاتور را تقویت می کند.

۲- هسته آهن فرو مغناطیسی باعث می گردد که چگالی شار زیادتر شود و لذا اندازه و حجم ماشین کوچکتر می شود.

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)

جلسه پنجم

سیم پیچ آرمیچر

به سیم پیچ هایی که در آنها ولتاژ القاء می شود.

سیم پیچ تحریک (میدان)

به سیم پیچ هایی که از آنها جریان می گذرد تا میدان مغناطیسی و شار اصلی پدید آیند.

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)

سیم پیچ آرمیچر در ماشین DC

بر روی روتور قرار دارد.

سیم پیچ تحریک (میدان) DC

بر روی استاتور قرار دارد.

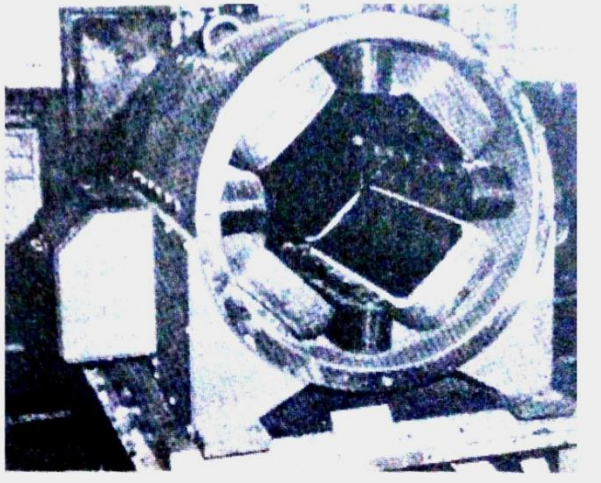
فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)

- ✓ از سیم پیچ تحریک جریان dc می گذرد تا شار درون ماشین شکل گیرد.
- ✓ ولتاژ القاء شده در سیم پیچی آرمیچر، یک ولتاژ متناوب است.
- ✓ برای یکسو کردن ولتاژ متناوب در پایانه روتور (آرمیچر) از کموتاتور و جاروبک استفاده می شود.

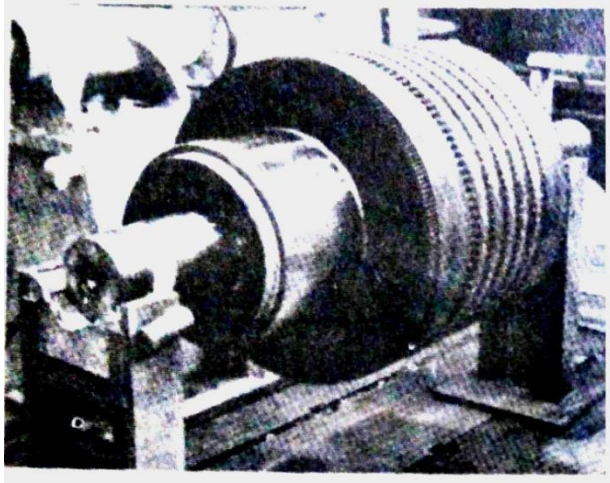
کموتاتور: تیغه های کموتاتور تیغه هایی مسی اند که با مواد عایقی از یکدیگر جدا می شوند.

تمرین تحویلی ۵: چرا ولتاژ القاء شده در سیم پیچی آرمیچر ماشین DC، یک ولتاژ متناوب است؟

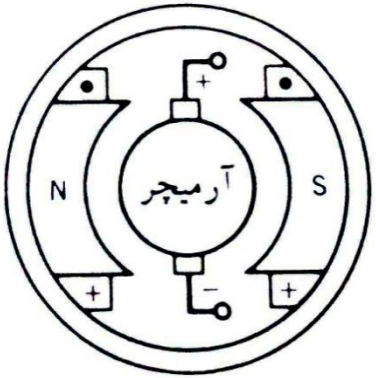
فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)



استاتور



روتور



یک شماتیک از ماشین جریان مستقیم

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)

- ✓ ماشین های DC دارای قابلیت انعطاف زیاد می باشد و در صنعت کاربرد فراوانی دارد.
- ✓ در این ماشین با اتصالات مختلف مدار تحریک (سیم پیچ میدان) می توان به مشخصه های گوناگون گشتاور سرعت و نیز ولتاژ-جریان دست یافت.
- ✓ می توان از ماشین های DC در دو حالت موتوری و ژنراتوری استفاده کرد.
- ✓ با توجه به اینکه امروزه از سیستمهای الکترونیک قدرت برای ایجاد برق DC استفاده می شود.

لذا ژنراتورهای DC رفته رفته جای خود را در صنعت از دست می دهند.

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)

- ✓ موتورهای DC برخلاف ژنراتورهای آن در صنعت کاربرد وسیعی می دارند.

بخاطر امکان کنترل سرعت راحت آنها

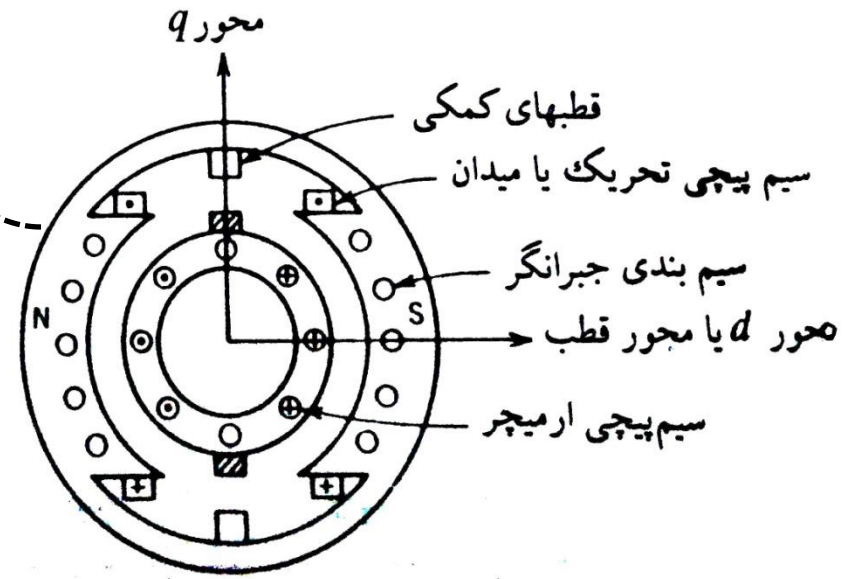
- ✓ موتورهای DC در سیستمهای حمل و نقل مانند مترو بسیار پرکاربرد است.

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)

جلسه ششم

ساختمان ماشین های DC

استاتور حاوی دو قطب برجسته است.



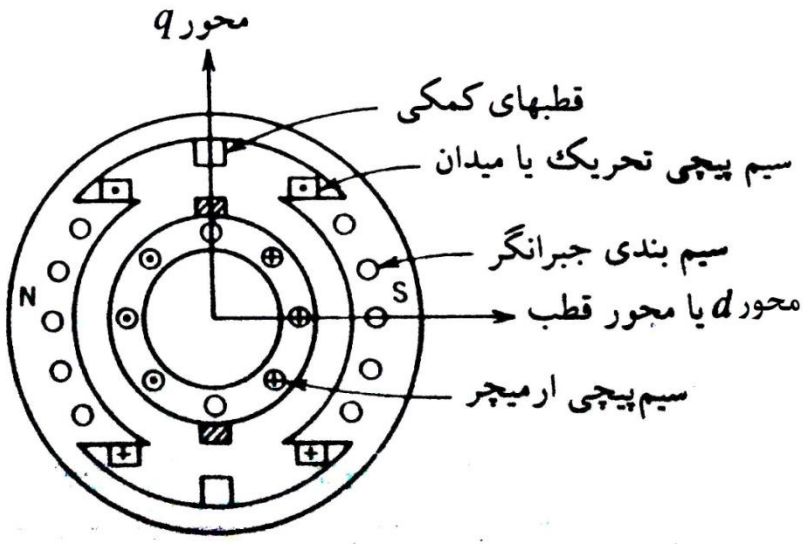
طرح واره یا شمای یک ماشین DC دو قطبی

- ✓ سیم پیچ آرمیچر ← روتور
- ✓ سیم پیچ تحریک ← استاتور

موازی (شنت) یا سری

توزیع شار در شکاف فاصله هوایی را ایجاد می کند.

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)



ساختمان ماشین های DC

- ✓ سیم پیچ آرمیچر ← روتور
- ✓ سیم پیچ تحریک ← استاتور

ماشین های DC می توانند شامل یک یا چند سیم پیچ میدان باشند.

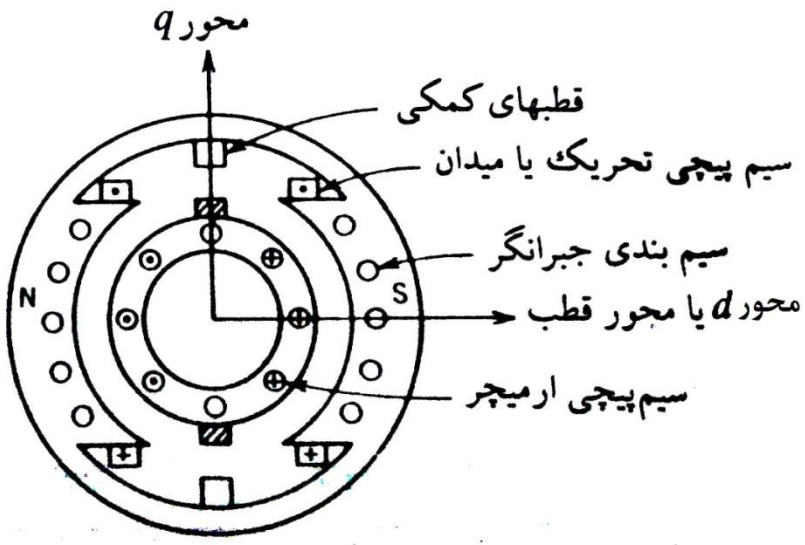
موازی (شنت) یا سری

توزیع شار در شکاف فاصله هوایی را ایجاد می کند.

نسبت به محور قطب متقارن است.

نامهای رایج محور قطب: ۱- محور میدان، ۲- محور مستقیم و ۳- محور d

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)



ساختمان ماشین های DC

- ✓ سیم پیچ آرمیچر ⟵ روتور
- ✓ سیم پیچ تحریک ⟵ استاتور

➢ ولتاژ القاء شده در حلقه های سیم پیچی آرمیچر ولتاژی متناوب است.

برای یکسو کردن ولتاژ، از کموتاتور و جاروبک استفاده می شود. (یکسوساز مکانیکی)

یکسوساز مکانیکی، موج mmf ناشی از جریان آرمیچر را نیز در فضا تثبیت می کند.

فرآیند کموتاسیون: معکوس شدن جریان در پیچک آرمیچر توسط جاروبک و تیغه های کموتاتور را فرآیند کموتاسیون گویند.

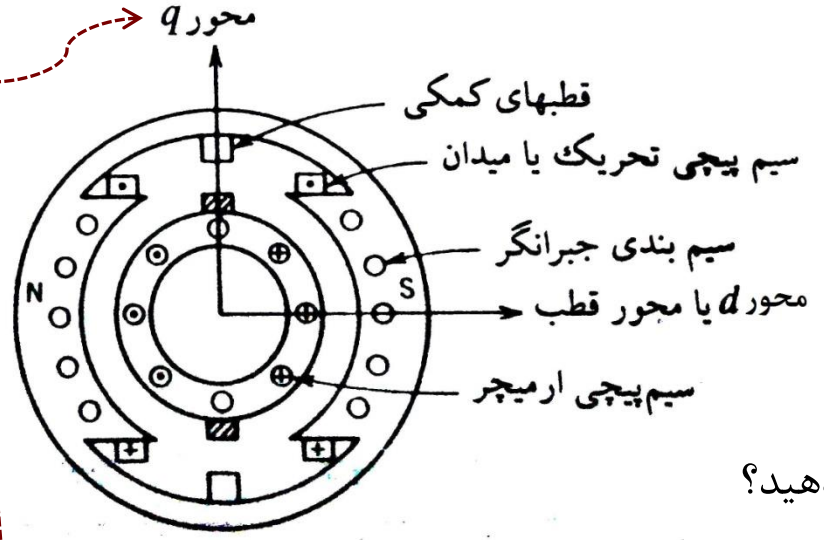
کموتاسیون خوب: در مدت کار دائم ماشین DC، هیچ جرقه ای در جاروبکها مشاهده نشد.

کموتاسیون بد: در مدت کار دائم ماشین DC، جرقه در جاروبکها مشاهده شود.

باعث می شود سطح کموتاتور آسیب ببیند.

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)

ساختمان ماشین های DC



سوال: کموتاسیون بد تحت چه شرایطی بوجود می آید؟

سوال: انواع کموتاسیون را نام برده و بطور مختصر شرح دهید؟

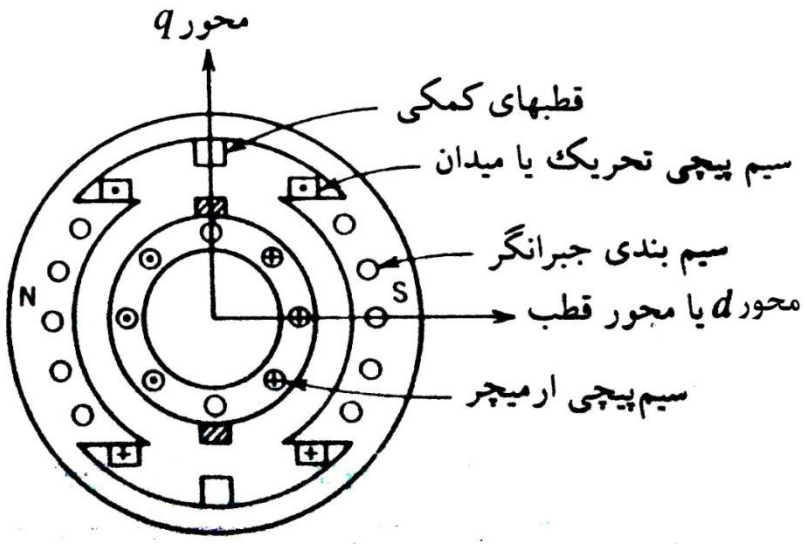
❖ جاروبکها برروی تیغه های کموتاتور به گونه ای قرار می گیرند تا جریان درون آنها به هنگام عبور لبه های یک حلقه آرمیچر از منطقه ی میان قطبها تغییر جهت دهد.

❖ این کار سبب می شود تا همگی هادیهای زیر یک قطب، حامل جریانی در یک جهت باشند.

نتیجه‌ی آن این است که نیروی محرکه ی مغناطیسی (mmf) حاصله از جریان آرمیچر، در راستای محور میانی دو قطب مجاور قرار گیرد.

محور متعامد یا محور q

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)



ساختمان ماشین های DC

- ✓ سیم پیچ آرمیچر ⟵ روتور
- ✓ سیم پیچ تحریک ⟵ استاتور

- جاروبکها بر روی محور q قرار می گیرند.

نیروی محرکه مغناطیسی (mmf) آرمیچر ⟵ در راستای محور q

نیروی محرکه مغناطیسی (mmf) میدان ⟵ در راستای محور d

نتیجه‌ی آن تولید گشتاور بیشتر است.

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)

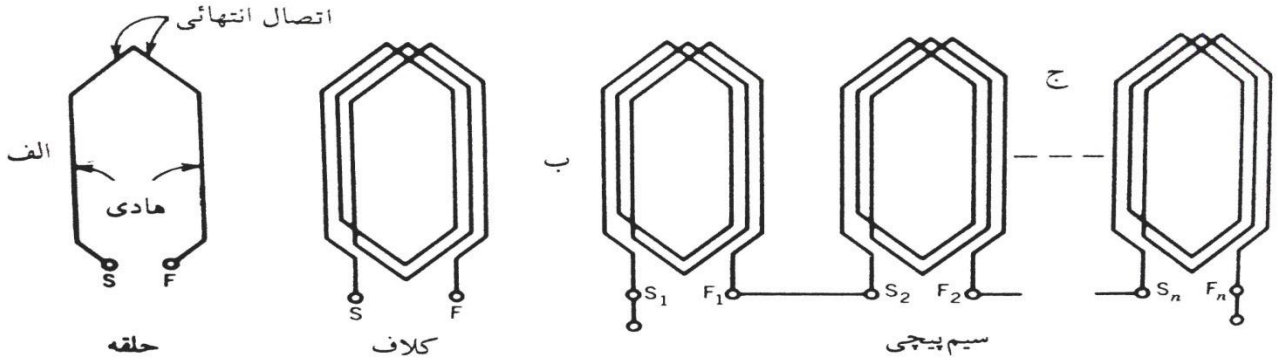
تعریف چند اصطلاح:

حلقه (Turn) ⟵ شامل دو هادی است که یک سر هادیها به کمک یک اتصال انتهایی بهم پیوسته اند.

کلاف یا پیچک (Coil) ⟵ از اتصال چندین حلقه بطور سری تشکیل می شود.

سیم پیچی (Winding) ⟵ از اتصال چندین کلاف بطور سری تشکیل می شود.

✓ آغاز یک حلقه یا یک کلاف با S و پایان آنها با علامت F مشخص شده است.



حلقه، کلاف، سیم پیچ الف : **حلقه از دو هادی تشکیل شده است.** ب : **کلاف از چند حلقه سری شده تشکیل می‌گردد.** ج: **سیم‌پیچی از چندین کلاف تشکیل می‌شود.**

فصل دوم: ماشین های جریان مستقیم (DC)

تعریف چند اصطلاح:

گام قطبی (دهانه قطب) ← فاصله میان مراکز دو قطب مجاور را گویند.

گام کلاف ← فاصله بین دو لبه هر کلاف را گویند.

دو لبه هر کلاف در دو شیار که در سطح خارجی روتور قرار دارند جاسازی می شود.

اگر گام کلاف = یک گام قطبی، آنگاه کلاف را کلاف با گام کامل می نامند. ← در ماشین های ac کاربرد دارد.

اگر گام کلاف < یک گام قطبی، آنگاه کلاف را کلاف با گام کوتاه یا گام کسری می نامند.

در ماشین های dc کاربرد دارد.