

وقتی یک شار در تمام طول مسیر یکسان است مثل این است که دونه مقومت سری در مدار داریم

که یک جریان در مدار برقرار است چون در مقومت سری جریانی عبوری تغییر نمی کند

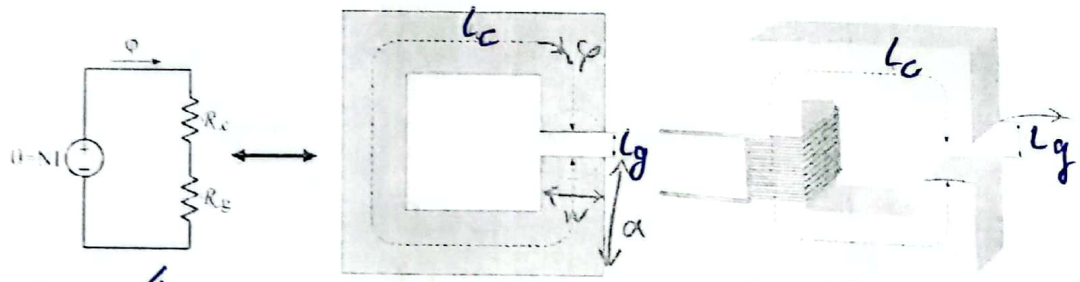
شار در تمام مسیر یکسان و از هم جدا عبور می کنند در هسته یک فاصله شکاف هوا ای در

شکل است پس باید مقومت ها باید در یک راستا باشد تا یک شار را از این مسیر عبور دهند

مبانی مهندسی برق ۲

مدارهای مغناطیسی با شکاف هوایی چون شار عبوری یکسان است پس مقومت در سری هستند

- بخشی از مسیر عبور شار مغناطیسی هوا یا خلا است. $l_c - l_g \approx l_c$
- فاصله هوایی در اغلب ماشین های دوار و ترانسفورماتورها وجود دارد. $R_c = \frac{l_c}{\mu_r \mu_0 A}$



l_g : مقومت مغناطیسی فاصله هوایی (شکاف هوایی) = طول هوایی فاصله هوایی

$l_g \ll w, \alpha$

مبانی مهندسی برق ۲

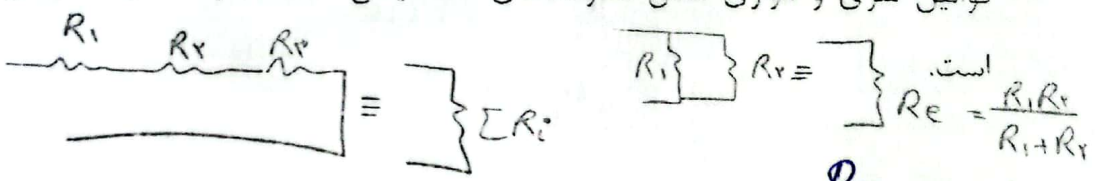
مدارهای مغناطیسی با شکاف هوایی

مقاومت مغناطیسی فاصله هوایی و هسته با هم سری هستند چرا؟ (۴) وقتی عرض کمر خنثی کوچک باشد R_g بزرگتر از R_c است

$R_c = \frac{l_c}{\mu_r \mu_0 A}$ $R_g = \frac{l_g}{\mu_0 A} \gg R_c$ $\mu_r \approx 1$ $R_g > R_c$

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

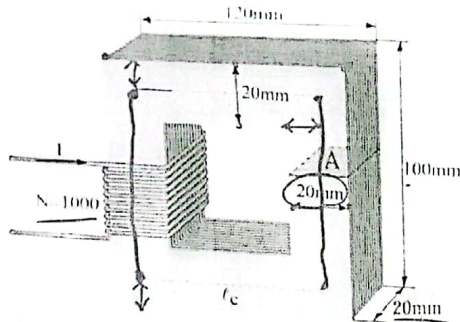
قوانین سری و موازی شدن مقومت های مغناطیسی مانند مقومت های الکتریکی



R_e equal مقومت معادل

تمرین: حل به عهده دانشجو

• اگر شار مغناطیسی مدار زیر برابر ۴ میلی وبر باشد، جریان سیم پیچ را محاسبه کنید.



$$\mu_r = 4000$$

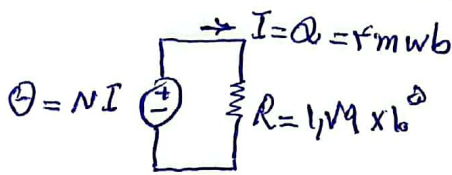
$$Q = \int m \cdot w \cdot b = 4 \times 10^{-3} w b$$

$$L_c = 2 \times (100 - 2 \times 10) + 2 \times (120 - 2 \times 10) = 140 + 120 = 260 \text{ mm}$$

$$L_c = 0.26 \text{ m}$$

$$R = \frac{L_c}{\mu_0 \mu_r A} = \frac{0.26}{4\pi \times 10^{-7} \times 4000 \times 0.02 \times 0.02}$$

$$R = \frac{0.26}{12.566 \times 10^{-7} \times 16} = \frac{0.26}{2.0106 \times 10^{-6}} = 1.293 \times 10^5 \frac{A \cdot \text{Turn}}{W}$$



$$R = \frac{\Theta}{Q} = \frac{N I}{Q} \rightarrow I = \frac{R Q}{N} = \frac{1.293 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3}}{1000} = 1.293 \times 10^{-1} = 0.1293 \text{ A}$$

تمرین: حل به عهده دانشجو

توجه: فاصله هوايي $L_g = 48 \text{ mm}$ مقدار خیلی کوچکی است

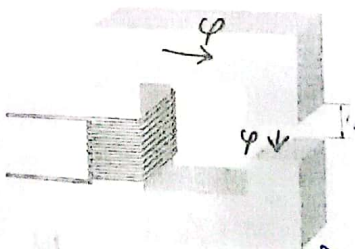
$$L_g = 48 \times 10^{-3} \text{ m}$$

• اگر در مثال قبل یک فاصله هوایی به اندازه ۰/۴۸ میلی متر ایجاد شود. با فرض

ثابت ماندن سایر پارامترها، مسئله را دوباره حل کنید.

$$\mu_r = 4000$$

$$\mu_r = 4000$$



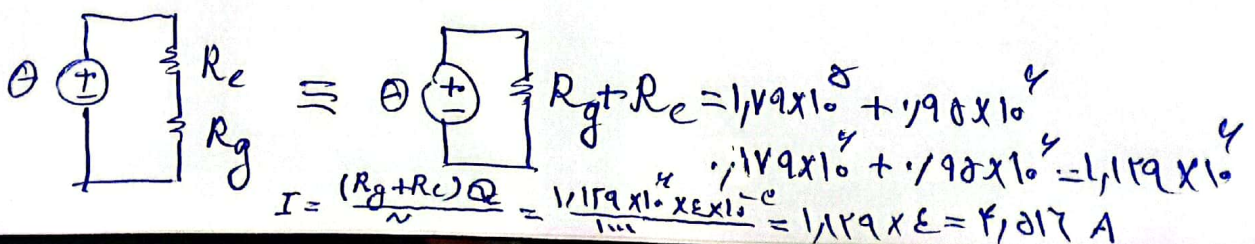
$$L_c = 0.26 \text{ m}$$

$$R_c = 1.293 \times 10^5 \frac{A \cdot \text{Turn}}{W}$$

$$\mu_r \approx 1$$

$$A = 0.02 \times 0.02 = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

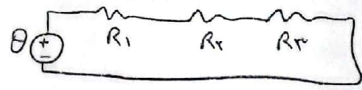
$$R_g = \frac{L_g}{\mu_0 \mu_r A} = \frac{48 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 4 \times 10^{-4}} = 9.55 \times 10^4 \frac{A \cdot \text{Turn}}{W}$$



قانون نیرو محرکه مغناطیسی (KVL)

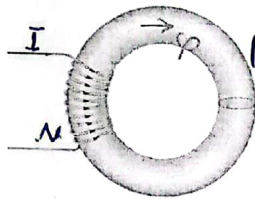
شکل مدار

• حاصل جمع جبری نیروهای محرکه مغناطیسی هسته، برابر نیروی محرکه مغناطیسی سیم پیچ است.



$$\theta = \mathcal{U}_{R_1} + \mathcal{U}_{R_2} + \mathcal{U}_{R_3}$$

$$\theta = \sum_{i=1}^n H_i l_i = H_1 l_1 + H_2 l_2 + \dots + H_n l_n$$



$$\theta = H_c l_c = N I$$

به تعداد قطعات سیم پیچ وجود دارد

مثال خود سیم پیچ، فاصله هوائی ... مقادیر جدا جدا در نوسان

نیز و محرکه θ که بایک سیم پیچ مقاومت، سیم پیچ هستند و در هر دو افت ولت را در هر کدام از قسمت های سیم پیچ و به هم جمع کنیم نیرو محرکه کل مدار بدست می آید

مثال: نیروی محرکه مغناطیسی هسته فرو رفته درون فاصله هوائی بدین شکل است

$$\theta = H_c l_c = N I$$

قانون نیرو محرکه مغناطیسی

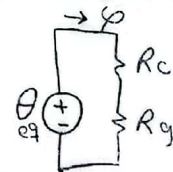
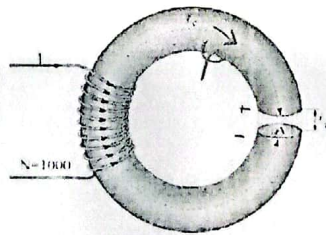
مبانی مهندسی برق ۲

نیز و محرکه به طول افت و ...
مربوط به طول هسته
Core

• حاصل جمع جبری نیروهای محرکه مغناطیسی هسته، برابر نیروی محرکه

مغناطیسی سیم پیچ است.

$$\theta = \sum_{i=1}^n H_i l_i = H_1 l_1 + H_2 l_2 + \dots + H_n l_n$$



$$\theta_{eq} = H_g l_g + H_c l_c$$

$$\theta_{eq} = (R_c \varphi + R_g \varphi) = H_c l_c + H_g l_g$$

مثال

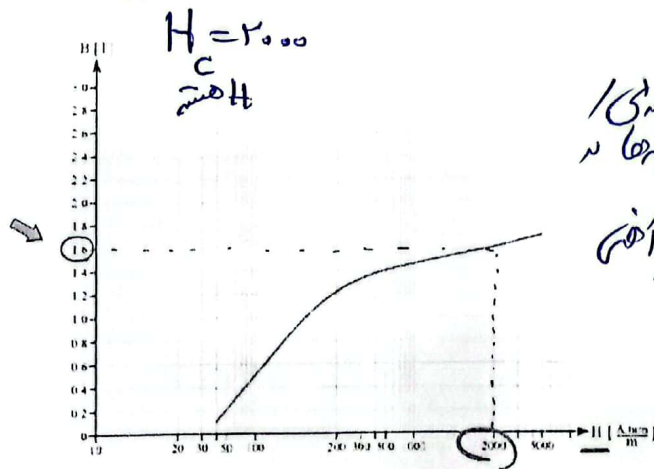
• مدار مغناطیسی شکل زیر دارای هسته از جنس فولاد مورق به طول متوسط ۵۰ سانتی متر و سطح مقطع ۶۴ سانتی متر مربع و یک فاصله هوایی به طول ۱/۱ میلی متر است. اگر سار مغناطیسی هسته برابر ۱۰/۲۴ میلی و بر باشد، جریان سیم پیچ را به کمک قانون نیروی محرکه مغناطیسی بدست آورید.



$$\Phi = 10.24 \times 10^{-3} \text{ wb}$$

$$A = 64 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \rightarrow B = \frac{\Phi}{A} = 1.6 \text{ T}$$

مقدار H را در محوطه B به حسب تست سیدکرون و به ترتیب به آن H پیدا می شود



$$H = 2000 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

نکته:
اگر هسته آهن را با هسته ای مورق که از ورقه ها نه
از ضخامت شده اند بسازیم به اندازه هسته یک ورقه آهنی
داخل نمی شود.

نکته:
در هسته ترانسفورماتور که به دین تغییرات میدان مغناطیسی جریان دارد به نام جریان فوکو جانور می شود
اگر هسته ترانسفورماتور را هسته آهنی و یک پارچه انتخاب کنیم هسته پس از مدت زمان کوتاهی
به دین وجود جریان فوکو داخل شده و باعث دزد زدن انرژی و سرانجام سوختن ترانسفورماتور می شود

نکته: جهت جهت درجه و درجه صاف هم برابرند
 $B = B_g$

مبانی مهندسی برق ۲

$$B = \frac{\varphi}{A} = \frac{1.024 \times 10^{-4}}{44 \times 10^{-6}} = \frac{1.024}{44} = 1.4 T$$

ضرب نفوذ مغناطیسی $H_g = \frac{B_g}{\mu_0}$ $H_c = 2000 \text{ A turn/m}$

$\theta = NI$ $\theta = H_c l_c + H_g l_g \Rightarrow 1000 I = 2000 \times 0.1 + \frac{B_g}{\mu_0} \times l_g$

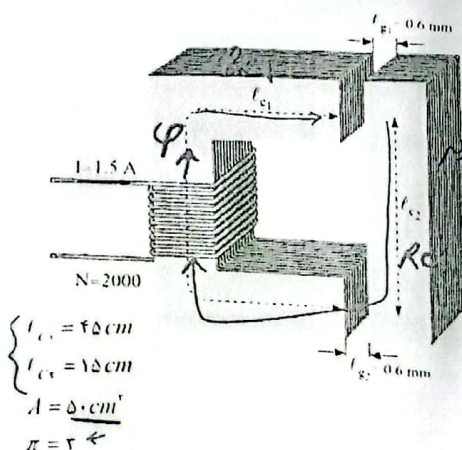
$$1000 I = 1000 + \frac{1.4}{4\pi \times 10^{-7}} \times 1.1 \times 10^{-3} = 1000 + \frac{1.4 \times 1.1 \times 10^4}{4\pi}$$

$$1000 I = 2201.27 \Rightarrow I = 2.20127 A$$

مبانی مهندسی برق ۲

مثال

• در مدار مغناطیسی زیر اگر شار مغناطیسی ۱۲ میلی وبر باشد. مقاومت مغناطیسی کل و ضریب نفوذ نسبی هسته را بیابید.



$\theta = NI = 2000 \times 12 = 24000 \text{ A turn}$

$\varphi = \frac{\theta}{R_{eq}} \Rightarrow R_{eq} = \frac{\theta}{\varphi}$

$R_{eq} = R_{c1} + R_{c2} + R_{g1} + R_{g2}$

توضیح: R_{cr} , R_{c1}

سکڑنے کے وقت، اس کے ساتھ ساتھ اس کے طول میں بھی تبدیلی آتی ہے۔
 اس میں ہر دو چیزوں کے ساتھ ساتھ R_{cr} کی تبدیلی بھی آتی ہے۔

$$R_{eq} = \frac{2000}{12 \times 10^{-4}} = 0.12 \times 10^2 = 20 \times 10^2 \frac{A \cdot \text{turn}}{Wb}$$

$$R_{c1} = \frac{l_{c1}}{\mu_0 \mu_r A} = \frac{4 \times 10^{-2}}{\mu \cdot 0.01 \times 10^{-4}} = \frac{40}{\mu}$$

توضیح
 $\rightarrow \mu = \mu_0 \mu_r$

$$* R_{cr} = \frac{l_{cr}}{l_{c1}} \times R_{c1} = \frac{10}{40} \times \frac{40}{\mu} = \frac{10}{\mu}$$

$$\therefore R_{cr} = \frac{l_{cr}}{\mu_0 \mu_r A} = \frac{10 \times 10^{-2}}{\mu \cdot 0.01 \times 10^{-4}} = \frac{20}{\mu}$$

$\mu_r = 1$ ہوتا ہے

$$R_{g1} = R_{g2} = \frac{4 \times 10^{-2}}{\mu_0 \times 0.01 \times 10^{-4}} = \frac{0.12}{\mu_0}$$

$$R_{eq} = \frac{120}{\mu} + \frac{0.12}{\mu_0} = \frac{120}{\mu_0 \mu_r} + \frac{0.12}{\mu_0} = 20 \times 10^2$$

مجموعی مقابلیت

$$R_{eq} = 20 \times 10^2$$

یہ اس کے برابر ہے

$$\frac{40}{\mu} + \frac{120}{\mu}$$

$$\frac{0.12}{\mu_0} + \frac{0.12}{\mu_r}$$

$\mu = \mu_0 \mu_r$
 (توضیح)

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

$\pi = 3.14$

$$\frac{120}{12 \times 10^{-4} \mu_r} + \frac{20 \times 10^2}{12 \times 10^{-4}} = 20 \times 10^2$$

$$\frac{10}{\mu_r} + 2 \times 10^2 = 20 \times 10^2$$

$$\frac{10}{\mu_r} = 18 \times 10^2 = 18 \times 10^2 \Rightarrow \mu_r = \frac{10}{18 \times 10^2}$$

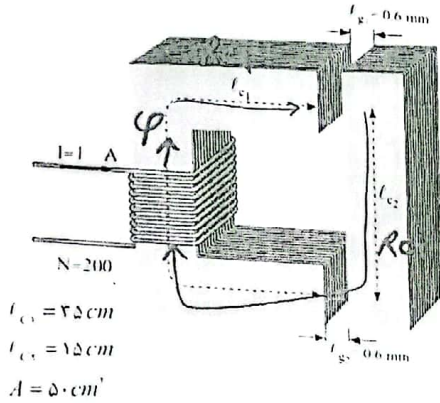
$$\mu_r = 2000$$

قریباً نفوذ نہیں

بدول واحد

تمرین : حل به عهده دانشجو

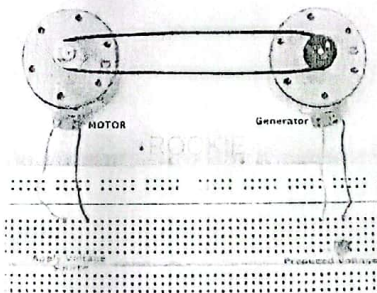
- در مدار مغناطیسی زیر اگر شار مغناطیسی 20 میلی وبر باشد. مقاومت مغناطیسی کل و ضریب نفوذ نسبی هسته را بیابید.



مؤثره جریان مستقیم
ژنراتور در جریان مستقیم

فصل دوم

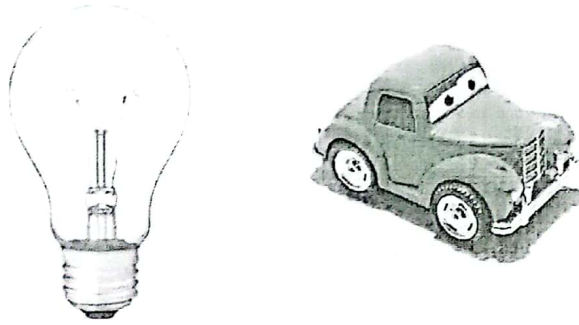
مبانی ماشین های الکتریکی جریان مستقیم



در جهت مبانی نحوه کارکرد بررسی می شود

مقدمه

- انرژی الکتریکی و انرژی مکانیکی دو شکل انرژی رایج در زندگی روزمره هستند.

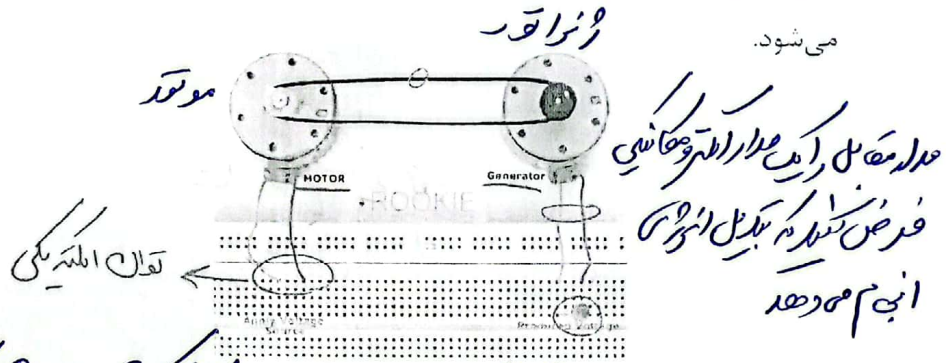


مقدمه

- انرژی الکتریکی و انرژی مکانیکی قابل تبدیل به یکدیگر هستند.
- فرایند تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی و بالعکس آن را تبدیل انرژی الکترومکانیکی می گویند.
- ماشین‌های الکتریکی واسط بین انرژی الکتریکی و مکانیکی هستند.
- ماشین‌های الکتریکی بر مبنای میدان الکترومغناطیسی تبدیل انرژی را انجام می دهند.

مقدمه (آزمایش شماره ۴)

• مدار الکتریکی یک مسیر حلقه بسته است که از اتصال چند قطعه الکتریکی ایجاد می شود.

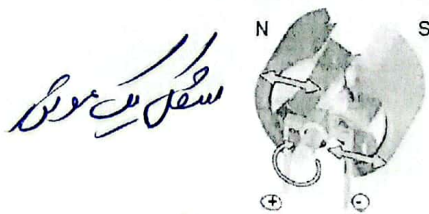


همیشه انرژی الکتریکی در موتور به انرژی مکانیکی تبدیل می شود که این انرژی مکانیکی باعث حرکت جسم می شود و انرژی مکانیکی را به ژنراتور منتقل می کند و انرژی مکانیکی در ژنراتور به انرژی الکتریکی تبدیل می شود و ولتاژ U_{EP} را روشن می کند

طبقه بندی ماشین های الکتریکی

• بر اساس نوع تبدیل انرژی

- موتور الکتریکی: تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی
- ژنراتور الکتریکی: تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی



به متصل کردن و نه اثر به قطب $+$ و $-$
 باعث چرخش و در نتیجه تولید انرژی مکانیکی می شود

جریان مستقیم: جریان كه هميشه مسير ثابت يا هميشه منفرجات و تغيير جريان ندارد

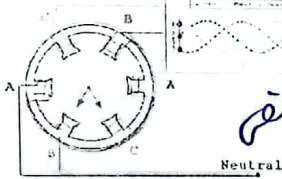
ماشين مهندسي برق ۲

طبقه بندي ماشين هاي الكتريكي

• بر اساس نوع جريان موتور

جريان مستقيم

INDUCTION MOTOR

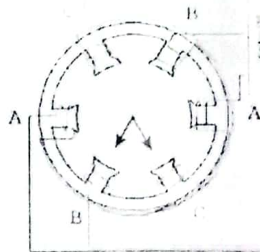


3-Phase Input



تغييرات از نوع مستقيم و
تغيير بصورت مستقيم و از جهت مستقيم

INDUCTION MOTOR



3-Phase Input



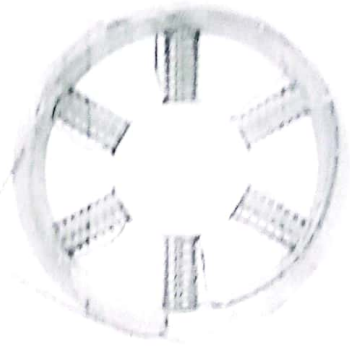
Neutral

سه خطار ساده يك موتور القائي
فازهاي جريان، فازهاي مستقيم هستند

3 Phase Motor



Phase 1

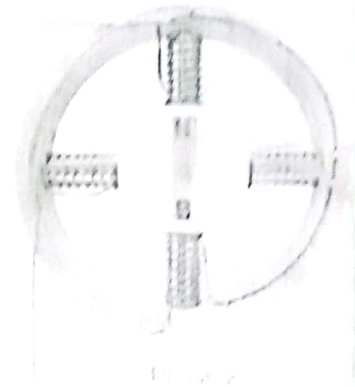


InstrumentationTools.com

2 Phase Motor



Phase 1



قانون القای فاراد، یکی از اساسی ترین قوانین که خدای از پدیده های
الکترو مغناطیسی را ایجاد می کند

قانون القای الکترومغناطیسی فاراد

- مسای کار بسیاری از ماشین های الکتریکی، قانون القای فاراد است.
- یکی از اساسی ترین قوانین الکترومغناطیسی در علوم فیزیک است.
- بر اساس این قانون، تغییر شار مغناطیسی منجر به ایجاد نیروی محرکه القایی می شود.

(*) مقدار نیروی محرکه القایی با سرعت تغییرات شار مغناطیسی متناسب است (*)

$$e \propto \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \quad e \propto \frac{d\phi}{dt} \quad e = N \frac{d\phi}{dt}$$

تغییرات شار نسبت به تغییرات طول

اگر بصورت خطی بنویسیم

بجای آنکه به هم آید و در آنجا هم بصورت تندی بنویسیم

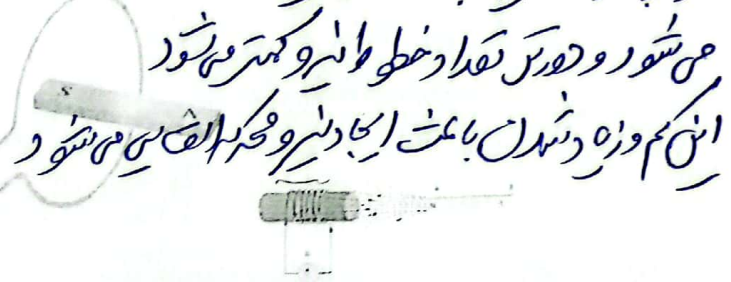
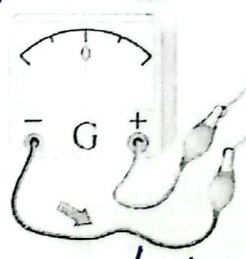
نیروی محرکه القایی = تعداد دور \times سرعت تغییر شار $\frac{d\phi}{dt}$

دلیل به وجود آمدن نیروی محرکه مغناطیسی در آهن سنجی زیر، آهنگ تغییر شار داخل باعث
 می شود گالوانومتر یا نیروی محرکه مغناطیسی مقدارش تغییر کند که این تغییر شار را
 جایی کردن آهن را در شکل زیر نشان داده می شود چون تعداد خطوط نیرو که از
 داخل این حلقه عبور می کند باعث ایجاد نیروی محرکه می شود

قانون القای الکترومغناطیس فاراده

هر حلقه آهنی با یک حلقه نزدیک تر شود تعداد خطوط نیروی بیشتر
 می شود و در نتیجه تعداد خطوط نیروی کمتر می شود

خطوط نیرو از قطب N
 خارج و به قطب S وارد
 می شوند



گالوانومتر طوری است که در آن هر بار که در آن تغییر در میدان مغناطیسی به سیم بیخ گشت در وارد
 شده و آن را به همراه عقربه مقصود به آن می بیند

مطابق شکل یک حلقه سیم به قطب N گالوانومتر وصل کرده ابتدا به آرامی قطب N آهنی را
 وارد سیم حلقه می کنیم متوجه می شویم که گالوانومتر از صفر بواش با اشاره می رود
 و برعکس اگر ابتدا قطب S آهنی را وارد حلقه می کنیم رفته رفته درجه گالوانومتر از صفر با اشاره می رود

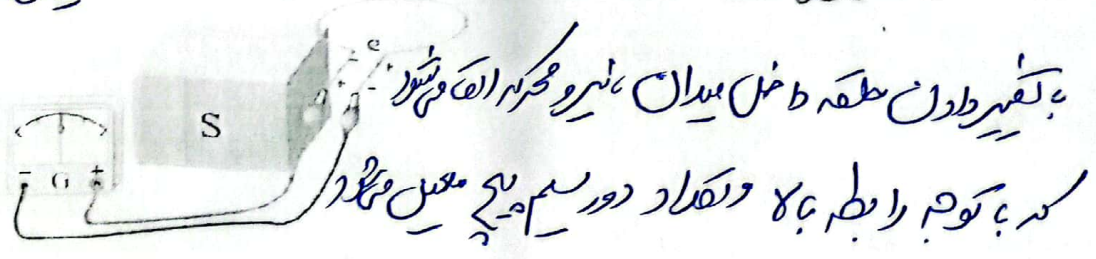
قانون القای الکترومغناطیس فاراده

ساخت

• آزمایش ۲

یک آهنی به سیم
 میدان مغناطیسی قوی

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



به تغییر درون حلقه داخل میدان نیروی محرکه القا می شود

که با توجه رابطه بالا و تعداد دور سیم بیخ معین می شود

قانون لنز

- در قانون القای فاراده جهت پلاریته ولتاژ القایی مشخص نیست.
- جهت ولتاژ القایی توسط قانون لنز تعیین می‌شود.

😊 جهت نیروی محرکه القایی بصوری است که

با عامل بوجود آورنده خود، مخالفت کند 😊

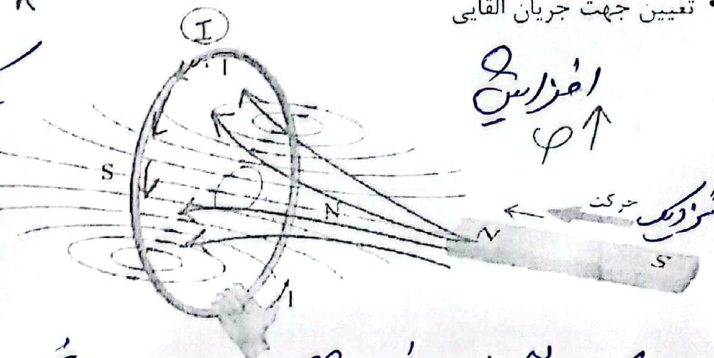
مفاتی مهندسی برق ۲

قانون لنز

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

• تعیین جهت جریان القایی

افزایش
 $\phi \uparrow$



یک حلقه سیم به خودی طراحی
جریان و میدان مغناطیسی
است
به اضافه (افزایش) در جهت راست
جهت جرم منقل است
و جهت میدان حلقه
نیز منقل است

با وارد کردن آهنربا، شدت ریزگی وارد میدان می‌شود

همانطوریکه از خطوط میدان آهنربا، و خطوط میدان حلقه منقل است

جهت نیروی محرکه القایی با عامل بوجود آورنده خود، مخالفت می‌کند

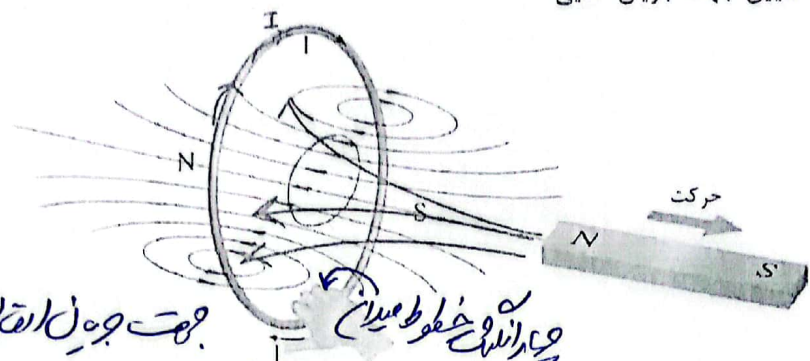
توجه بیشتر در شکل بعدی

فرق بین میدان مغناطیسی را از جمله دور که این مقدار عبور همگی از خطوط باشد خواهد بود
 جهت جریان القایی بر طبق قانون لنز باید بصورتی باشد که جهت میدان مغناطیسی
 ناشی از آن خطوط هم جهت باشد یعنی جهت شدن را حفظ کند
 و با قانون لنز همگامی جهت جریان القایی مخالف جهت بوجود آورنده آن است

مبانی مهندسی برق ۲

قانون لنز

• تعیین جهت جریان القایی



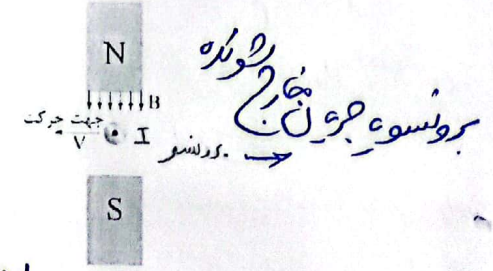
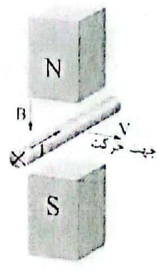
جهت میدان خطوط میدان
 جهت جریان القایی است
 جهت: فاکتور در جهت راست

مبانی مهندسی برق ۲

قانون دست راست
 جهت جریان با این جهت طور همگامی

علامت (X) یعنی جریان خارج از صفحه
 علامت (O) یعنی جریان داخل از صفحه

• تعیین جهت جریان القایی



کف دست: جهت خطوط میدان
 از به جهت از جهت N طرف همگامی
 انگشت بیست راست یعنی جهت حرکت هادی
 علامت (X) یعنی جهت میدان مغناطیسی
 (جهت جریان القایی)

کف دست: جهت خطوط میدان
 انگشت بیست راست یعنی جهت حرکت هادی
 علامت (O) یعنی جهت میدان مغناطیسی
 (جهت جریان القایی)