

مبانی مهندسی برق

دکتر پدram پیوندی

۱-۲- ولتاژ القاء شده در یک هادی:

2-1 VOLTAGE INDUCED IN A CONDUCTOR

حدود ۱۵۰ سال پیش فاراده^(۴) پدیده بسیار ارزنده‌ای را کشف نمود. او دریافت که اگر یک سیم^(۵) (هادی) درون میدان مغناطیسی طوری حرکت کند که خطوط شار را قطع نماید، در این صورت در سیم (هادی)^(۶) ولتاژ القاء خواهد شد. عبارت ساده‌تر در سیم ولتاژ تولید میگردد. همچنین فاراده دریافت که اگر سیم در مدت یک ثانیه، شاری معادل یک وبر یا 100 million lines را قطع نماید، ولتاژ القاء شده^(۷) (ولتاژ تولید شده^(۸)) معادل یک ولت خواهد بود. قانون فاراده در قالب ریاضی اینچنین بیان میگردد. در سیستم (SI) داریم:

$$E = Blv(\sin \theta)$$

$$E = Blv(\sin \theta)$$

۱ - (E) - ولتاژ لحظه‌ای (۱) القاء شده در سیم

۲ - (B) - چگالی شار

۳ - (l) - طول موثر سیم متحرک در میدان مغناطیسی

۴ - (U) - سرعت (۲) حرکت سیم

۵ - (θ) - زاویه (۳) بین سیم و خطوط شار

لازم به تذکر است:

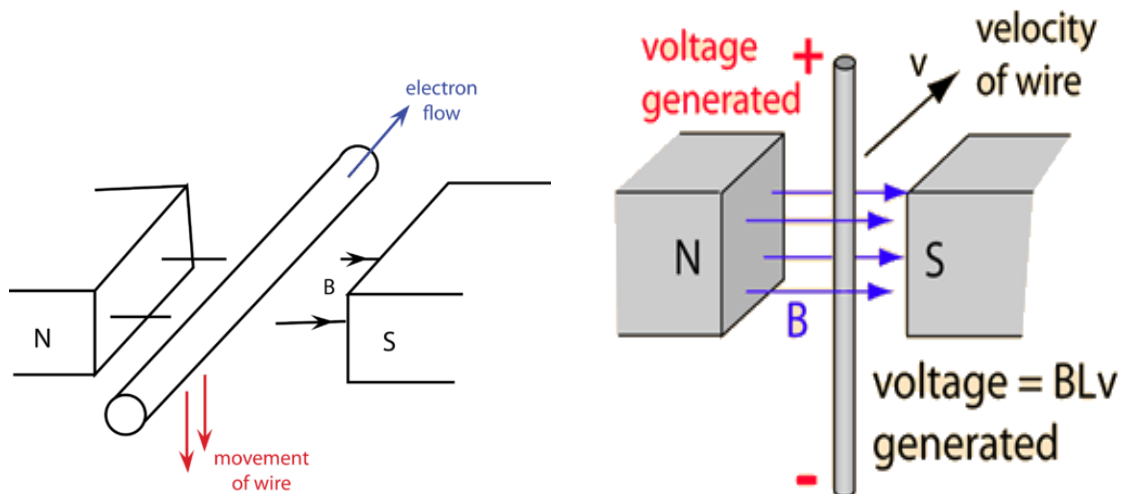
الف: اگر سیم موازی (۴) میدان حرکت کند زاویه θ صفر خواهد بود.

ب: اگر سیم عمود (۵) بر میدان حرکت کند زاویه θ مساوی ۹۰ درجه خواهد

بود.

www.pedram-payvandy.com

3



www.pedram-payvandy.com

4

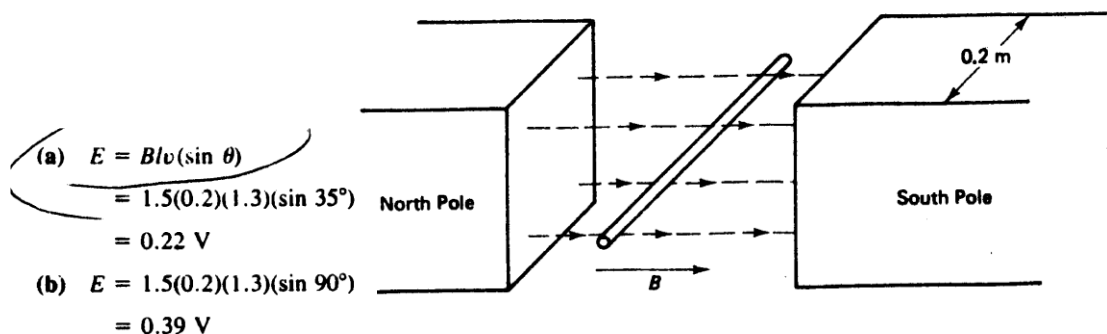
مثال ۲-۲ (سیستم SI):

Example 2-2 (SI)

شکل (۲-۳) را در نظر میگیریم. اگر طول سیم 0.5 متر باشد و چگالی شار 1.5 تسلا در نظر گرفته شود، مطلوبست محاسبه ولتاژ القاء شده در سیم، مشروط بر آنکه سرعت حرکت سیم 1.3 متر بر ثانیه باشد. این مثال را برای دو حالت زیر حساب کنید.

(a) $\theta = 35^\circ$

(b) $\theta = 90^\circ$ (maximum voltage)

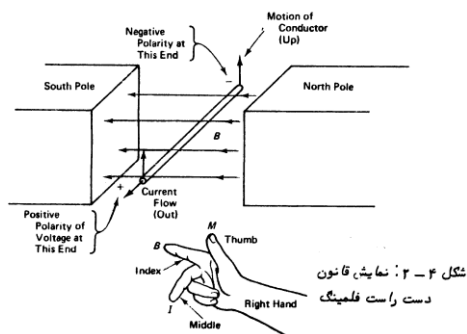


شکل ۲-۳: دیاگرام مربوط به مثال ۲-۲

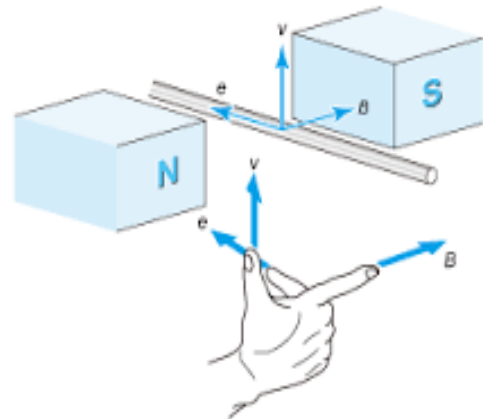
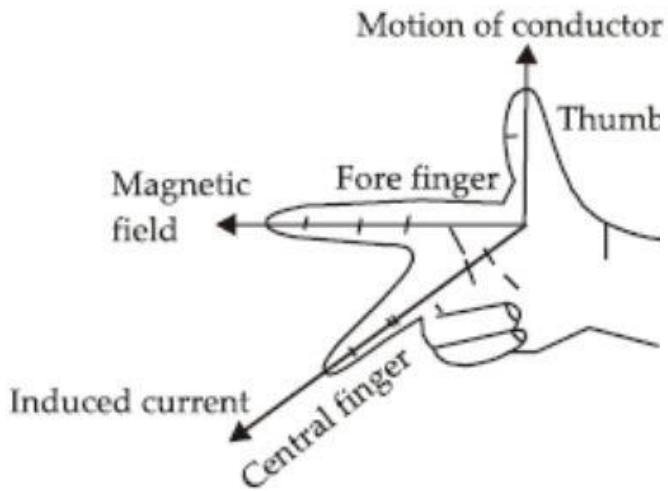
۱-۱-۲ پلار تیه (۱) ولتاژ القاء شده (ولتاژ تولید شده):

2-1.1 Polarity of the Induced Voltage

از بحث قبل دریافتیم که چگونه در یک سیم (هادی) ولتاژ القاء میگردد. اما باید به نکات مهمتری درباره این ولتاژ توجه کرد. فرض میکنیم که بدوسر سیم مورد بحث یک مدار بسته متصل میسازیم، در اینصورت اگر در سیم ولتاژ القاء شود، در این مدار بسته نیز جریان برقرار میگردد. همچنین باید متذکر شد که جهت این جریان به جهت شار و جهت حرکت سیم (هادی) بستگی دارد، آقای فلمینگ توسط قانون خود مشهور به قانون دست راست فلمینگ (۲) جهت این جریان را مشخص نمود.



Fleming's Right Hand Rule



www.pedram-payvandi.com

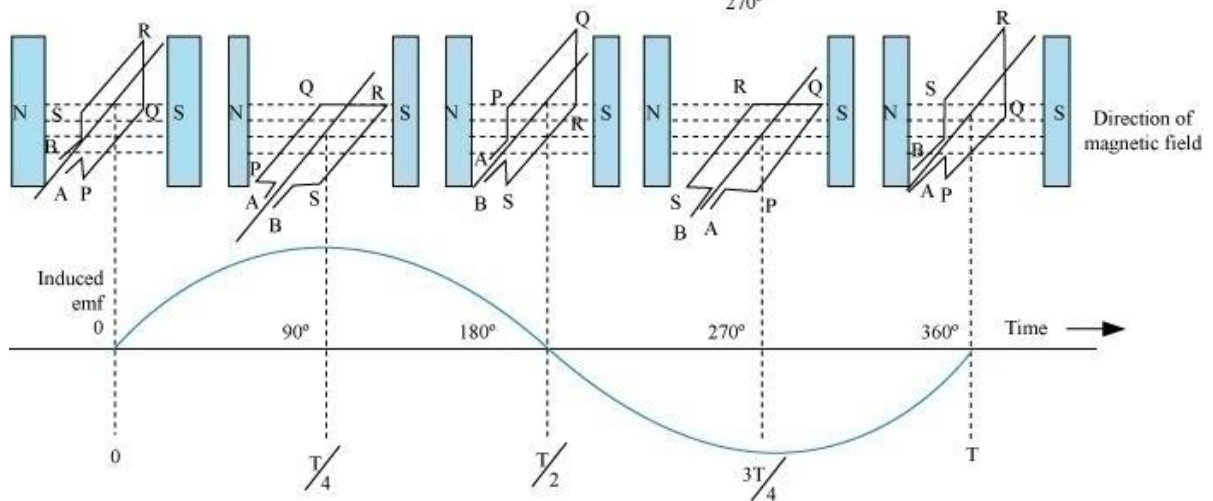
Stage 1
The plane of the armature is perpendicular to the magnetic field

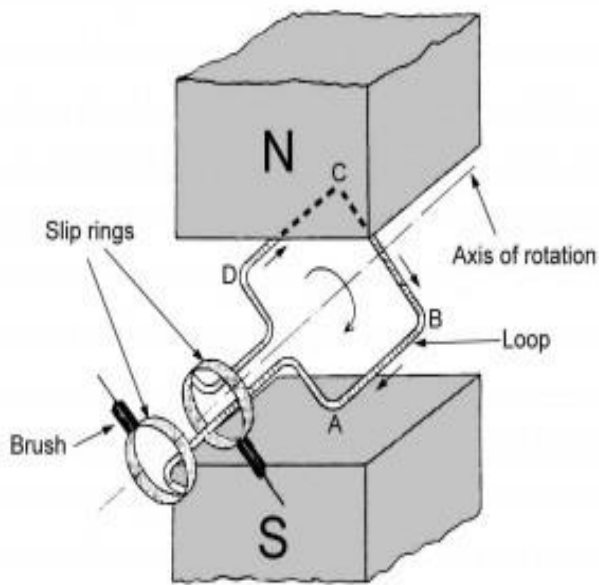
Stage 2
When the armature rotates through 90° the plane of the armature is parallel to magnetic field

Stage 3
Armature after a rotation of 180°

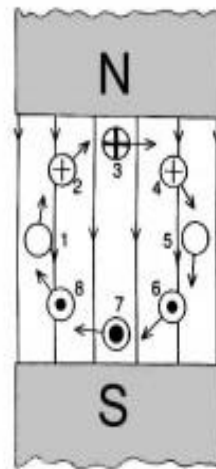
Stage 4
Armature after a rotation of 270°

Stage 5
Armature after rotating through 360°

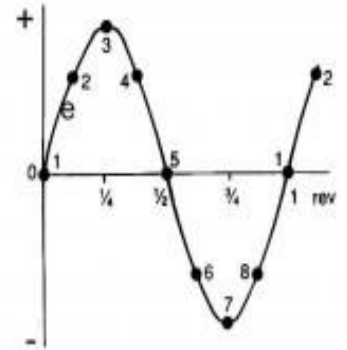




(a)



(b)



(c)

www.pedram-payvandy.com

9

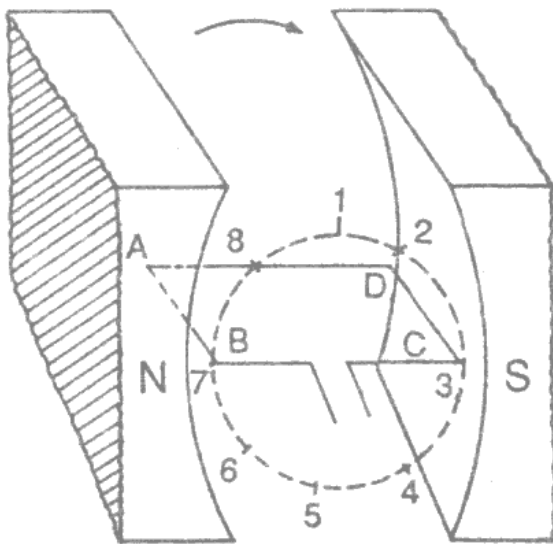


fig. (a)

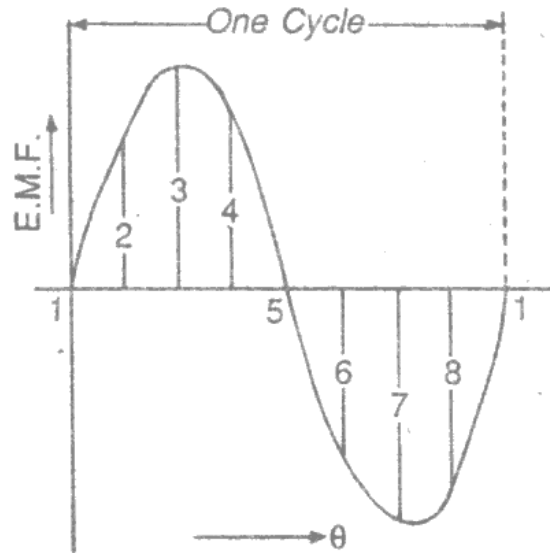
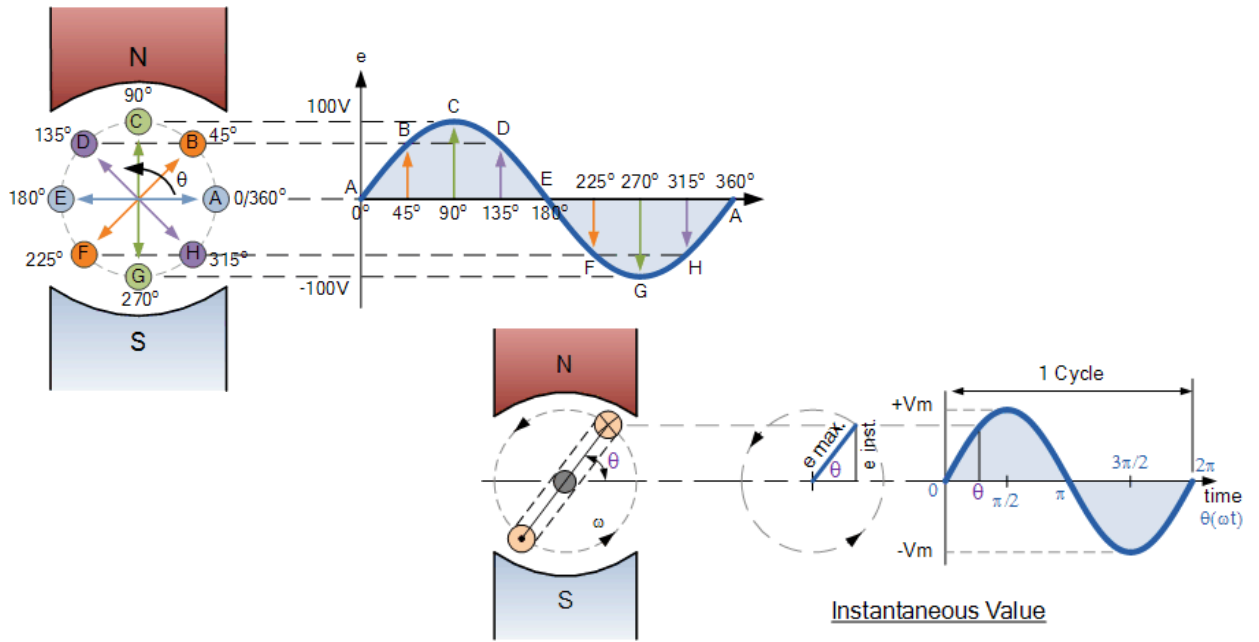
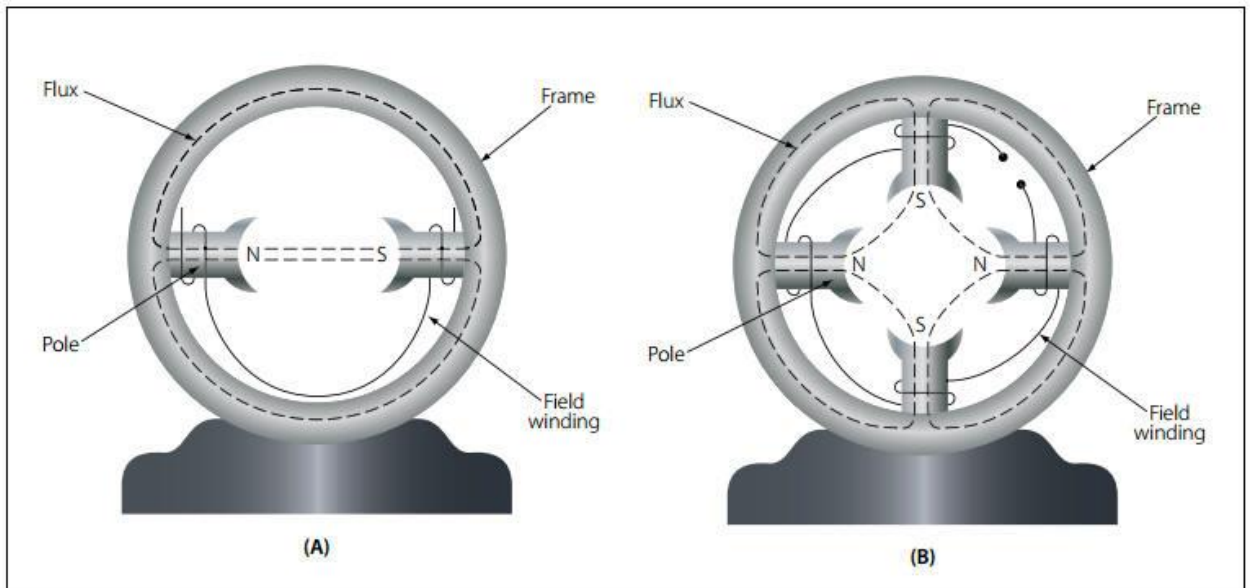


fig. (b)



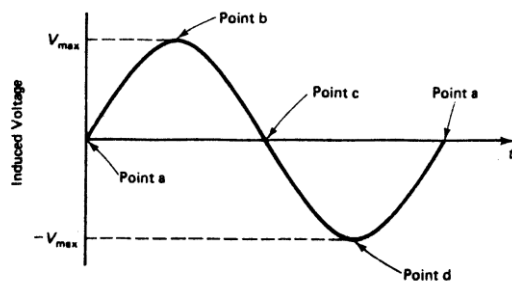
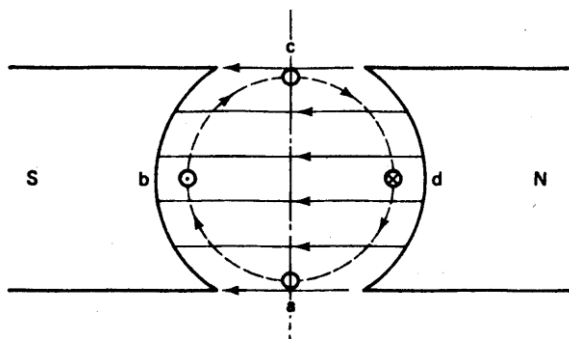
www.pedram-payvandy.com

11



www.pedram-payvandy.com

12



$$E_g = \frac{1}{2} \frac{\phi}{t}$$

ولتاژ القاء شده متوسط در یک هادی

www.pedram-payvandy.com

13

Example 2-5 (SI)

۰.۰۳۴ v

مثال ۲-۵ (سیستم SI):

شکل (۲-۶) را در نظر میگیریم. اگر سرعت هادی ۱۲۵ رادیان بر ثانیه بوده و شار هر قطب ۰/۰۰۱ وبر باشد، مطلوبست محاسبه ولتاژ القاء شده متوسط در هادی.

از رابطه (۲-۲b) استفاده میکنیم. در اینجا باید زمان (t) را حساب کرد. اگر سرعت ۱۲۵ رادیان بر ثانیه باشد، در اینصورت زمان لازم برای اینکه هادی یک رادیان بچرخد $\frac{1}{125}$ ثانیه خواهد بود. در سیستم دو قطبی t زمان لازم برای دوران $\pi/2$ رادیان (۹۰ درجه) خواهد بود (چرا؟). لذا:

$$t = \frac{\pi}{2} \times \frac{1}{125} = 0.0126 \text{ s}$$

پس:

$$\begin{aligned} E_g &= \frac{1}{2} \frac{\phi}{t} \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{1 \times 10^{-3}}{0.0126} \right) \\ &= 0.397 \text{ V} \end{aligned}$$

$$E_g = \frac{\phi P \omega}{2\pi}$$

www.pedram-payvandy.com

15

مثال ۲-۷ (سیستم SI) :

- یک هادی بین دو قطب با سرعت ۴۰۰ رادیان در ثانیه میچرخد، مطلوب است:
- (a) : ولتاژ القاء شده متوسط، مشروط بر آنکه شار هر قطب ۰/۰۰۳ و بر باشد.
- (b) : اگر بخواهیم ولتاژ القاء شده متوسط یک ولت باشد، شار هر قطب را حساب کنید.

حل:

(a) : از رابطه (۲-۳ b) داریم :

$$E_g = \frac{3 \times 10^{-3} \times 2 \times 400}{2\pi} = 0.38 \text{ V}$$

(b) : از رابطه (۲-۳ b) استفاده میکنیم. البته در این حالت مجهول مورد

نظر شار است.

$$E_g = \frac{\phi P \omega}{2\pi}$$

$$\phi = \frac{2\pi E_g}{P\omega} \quad \phi = \frac{2\pi(1)}{2(400)}$$

$$= 7.9 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

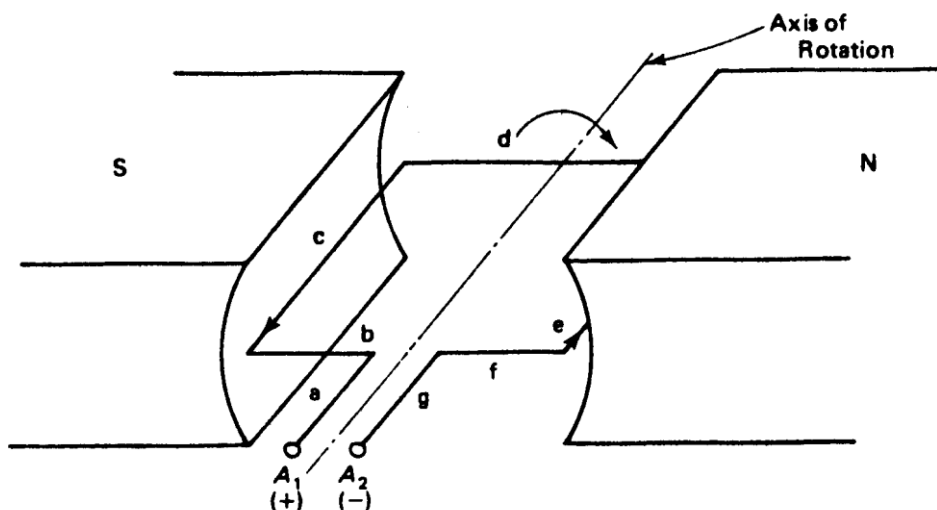
2-2 VOLTAGE INDUCED BY A COIL : (1) ولتاژ القا شده در یک کلاف

$$z = 2N$$

(2-4)

$$E_g = \frac{z\phi P\omega}{2\pi}$$

$$E_g = \frac{N\phi P\omega}{\pi}$$



Example 2-9 (SI)

مثال ۹-۲ (سیستم SI) :

یک کلاف ۲۰۰ دوری مفروض است و با سرعت ۱۹۰ رادیان در ثانیه درون یک سیستم ۴ قطبی میچرخد. اگر شار هر قطب ۰/۰۰۳ وبر باشد، ولتاژ القا شده متوسط در کلاف را حساب کنید.
حل:

از هر یک از روابط (b ۲-۵) یا (b ۲-۶) میتوان استفاده کرد. با استفاده

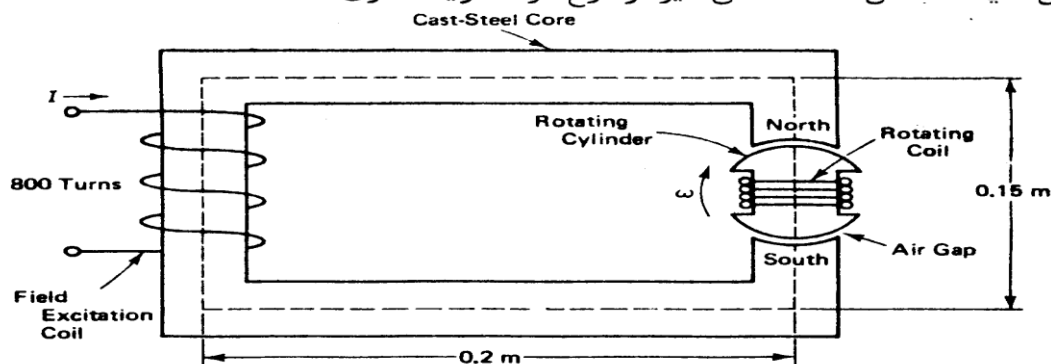
$$E_g = \frac{400(3 \times 10^{-3})(4)(190)}{2\pi} \quad \text{از رابطه (b ۲-۵) داریم:}$$

$$= 145.1 \text{ V}$$

Example 2-11 (SI)

مثال ۱۱-۲ (سیستم SI):

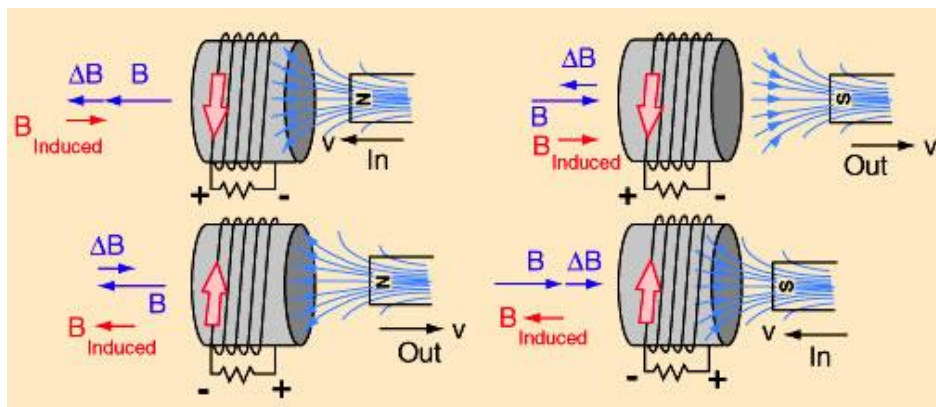
شکل (۱۲-۲) را در نظر میگیریم. در این سیستم یک کلاف ۵۰ دوری بدور استوانه‌ای از جنس فولاد ریخته‌گری پیچیده شده است و این استوانه با سرعت ۱۸۸ رادیان بر ثانیه میچرخد. مطلوبست محاسبه جریان در سیم پیچ تحریک این سیستم مشروط بر آنکه خواهیم ولتاژ القاء شده متوسط در کلاف دوار ۲۵ ولت گردد. سطح مقطع موثر هسته ساکن و استوانه را ۰/۰۰۲۵ متر مربع و فواصل هوایی را نیز ۰/۰۰۱۳ متر فرض کنید. جنس هسته ساکن نیز از نوع فولاد ریخته‌گری است.



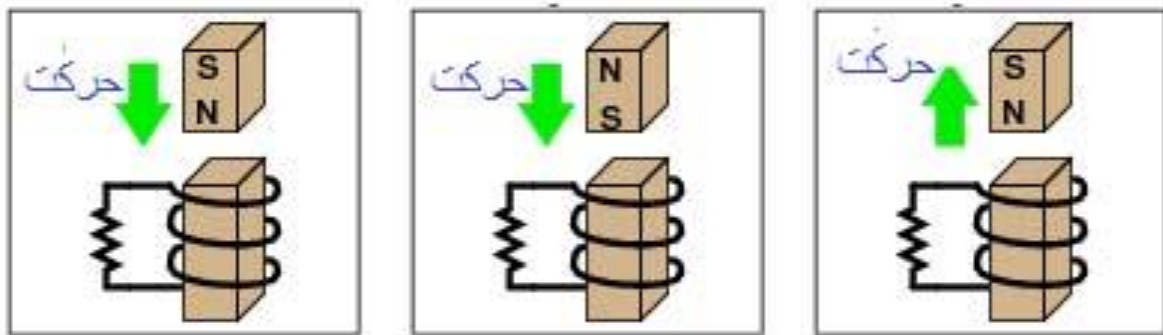
شکل ۱۲-۲: هسته مربوط به مثال ۱۱-۲:

قانون لنز

طبق قوانین القای الکترومغناطیسی اگر شار مغناطیسی گذرا از مدار تغییر کند، نیرو محرکه الکتریکی در مدار جاری می‌شود. با برقراری نیرو محرکه القایی در مدار، جریان الکتریکی القایی در آن جاری می‌شود. طبق قانون لنز جهت جریان القایی در مدار در جهتی است که میدان مغناطیسی حاصل از آن با تغییرات شار مغناطیسی گذرا از مدار مخالفت می‌کند.

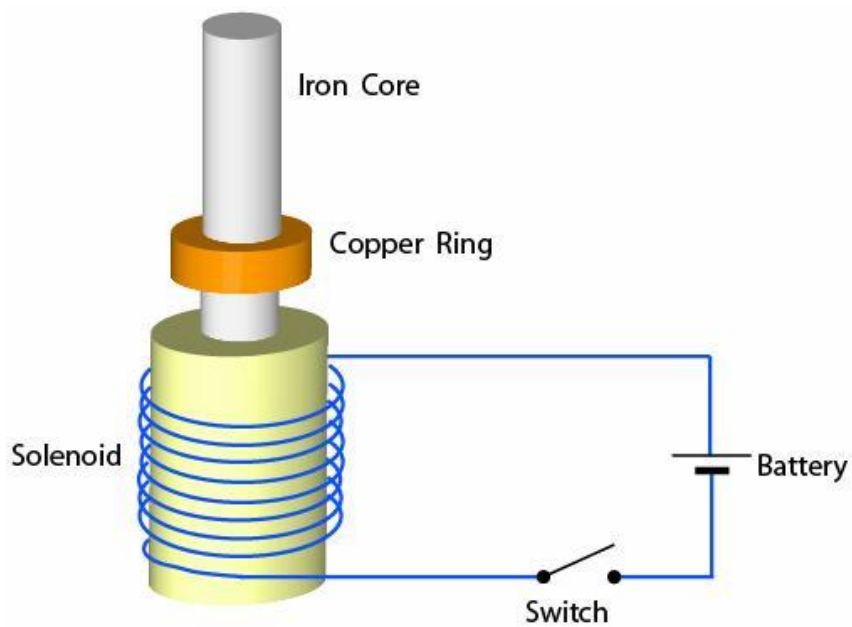


20



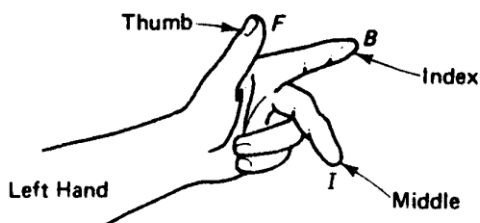
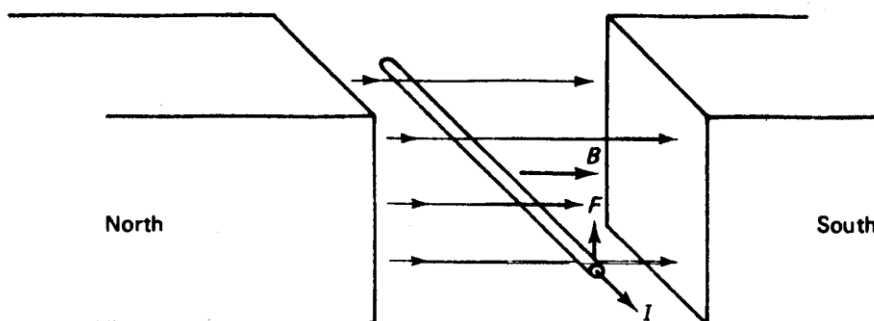
www.pedram-payvandy.com

21



www.pedram-payvandy.com

22



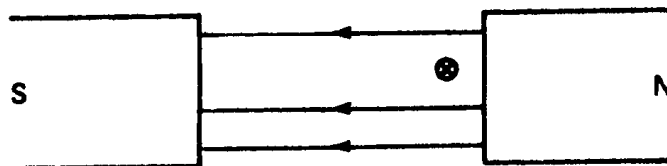
شکل ۱۴ - ۲: نمایش قانون دست چپ

23

Example 2-14 (SI)

مثال ۱۴ - ۲ (سیستم SI):

شکل (۱۷ - ۲) را در نظر میگیریم. طول هادی در این سیستم ۳۰ سانتیمتر میباشد. مقطع قطبها مربع شکل و به ابعاد ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته میشود. اگر شار ۰/۰۰۴ وبر باشد، مقدار و جهت نیروی حاصله (تولید شده) را حساب کنید، فرض بر آن است که جریان هادی ۸ آمپر باشد و جهت آن بطرف داخل کاغذ در نظر گرفته شود.



شکل ۱۷ - ۲

از رابطه (۲-۷b) استفاده میکنیم ولی باید توجه کرد که طول موثر هادی ه سانتیمتر است (چرا؟) ابتدا از رابطه (۱-۲b) استفاده کرده و چگالی شار (B) ر حساب میکنیم لذا:

$$A = 0.2 \times 0.2 = 0.04 \text{ m}^2$$

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{4 \times 10^{-3}}{0.04}$$

$$= 0.1 \text{ Wb/m}^2 \text{ (T)}$$

پس:

$$F = BIl$$

$$= 0.1 \times 8 \times 0.2$$

$$= 0.16 \text{ N (newtons)}$$

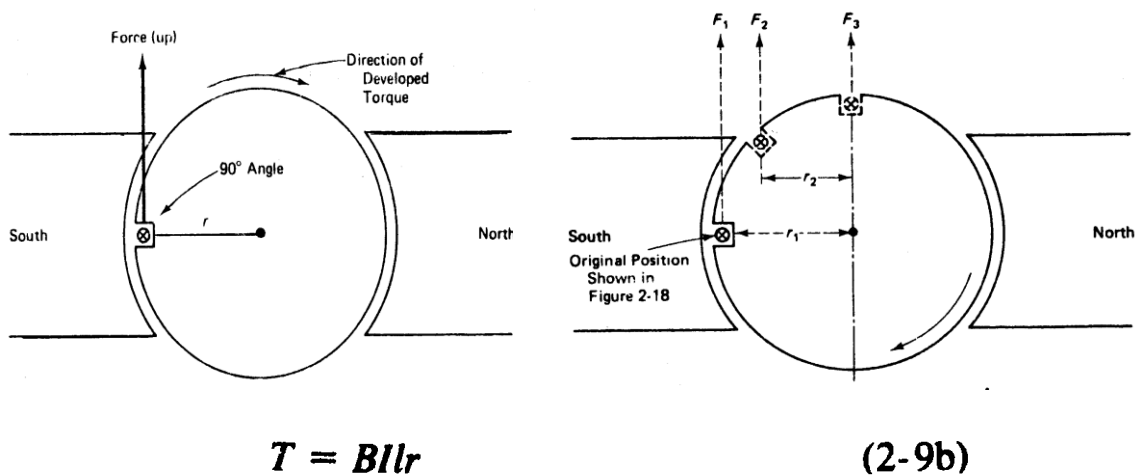
با استفاده از قانون دست چپ درمی یابیم که جهت نیرو بسمت بالا است.

۵-۲ گشتاور (کوپل) تولید شده توسط یک هادی (یک سیم)

2-5 TORQUE DEVELOPED BY A CONDUCTOR

یک هادی را بر روی یک استوانه سوار میکنیم و فرض مینمائیم که استوانه آزادانه بتواند دوران کند (شکل ۱۸-۲). اگر از این هادی جریان بگذرد نیروئی حاصل میشود (در قسمت قبل درباره این موضوع صحبت کردیم). میدانیم اگر نیروئی بر بدنه جسمی اثر کند و آن جسم آزادانه بتواند حول محوری بحرکت درآید، در این صورت گشتاور (کوپل) حاصل خواهد شد. گشتاور (کوپل) از نظر مقدار این چنین حساب میشود:

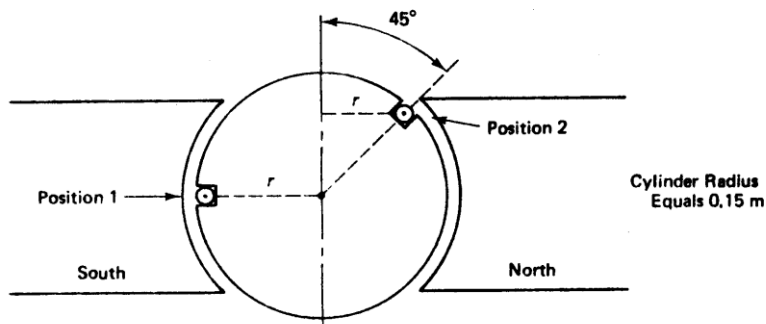
$$T = F \times r \quad (2-8b) \quad \text{در سیستم (SI) داریم:}$$



www.pedram-payvandy.com

27

مثال ۱۶-۲ (سیستم SI):
 شکل (۲۱-۲) را در نظر میگیریم. مطلوبست محاسبه مقدار و جهت گشتاور حاصله در دو وضعیت نشان داده شده در شکل، در صورتیکه بدانیم چگالی شار ۱/۵ تسلا، ۱ معادل ۱۲ سانتی متر و جریان ۸ آمپر باشد. همچنین اگر بخواهیم گشتاور دو برابر شود جریان را چقدر باید تغییر داد.



شکل ۲۱-۲: سیستم مربوط به مثال ۱۶-۲

www.pedram-payvandy.com

28

در وضعیت (۱) با استفاده از قانون دست چپ در میابیم که نیرو بطرف پائین بوده و گشتاور در جهت خلاف عقربه ساعت (CCW) عمل میکند. از رابطه (۹b - ۲) استفاده میکنیم و میدانیم که در این وضعیت گشتاور ماکزیمم است. همچنین باید دانست که ۴ معادل ۱۵ سانتیمتر میباشد. لذا:

$$T = 1.5 \times 8 \times 0.12 \times 0.15 \\ = 0.216 \text{ N-m}$$

در وضعیت (۲) با استفاده از قانون دست چپ در میابیم که نیرو بطرف پائین بوده و گشتاور در جهت عقربه ساعت (CW) عمل میکند. در این حالت ۲ دیگر مساوی شعاع

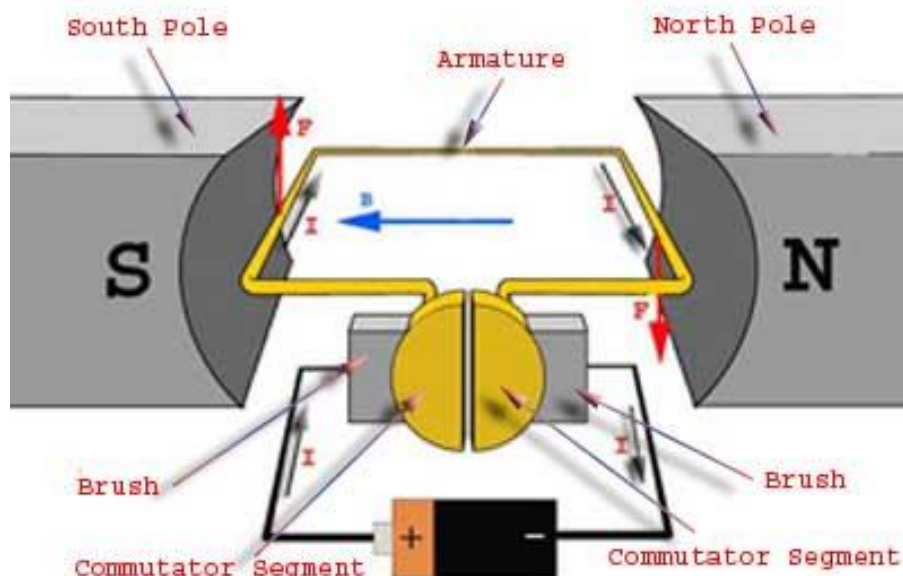
$$r = (0.15 \text{ m})(\sin 45^\circ) \\ = (0.15)(0.707) = 0.1061 \text{ m}$$

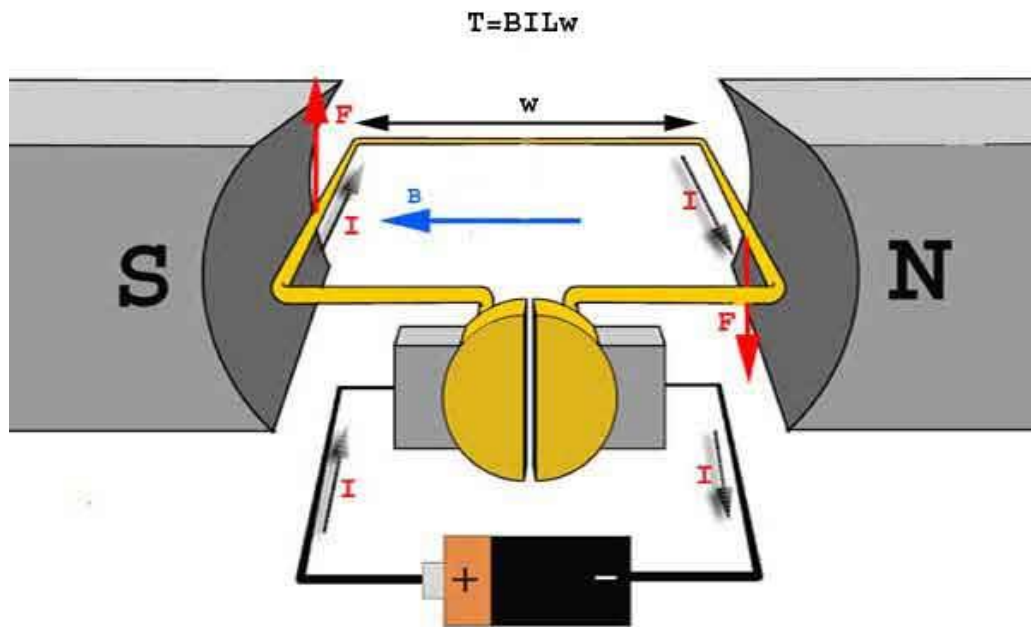
$$T = 1.5 \times 8 \times 0.12 \times 0.1061$$

$$= 0.1528 \text{ N-m}$$

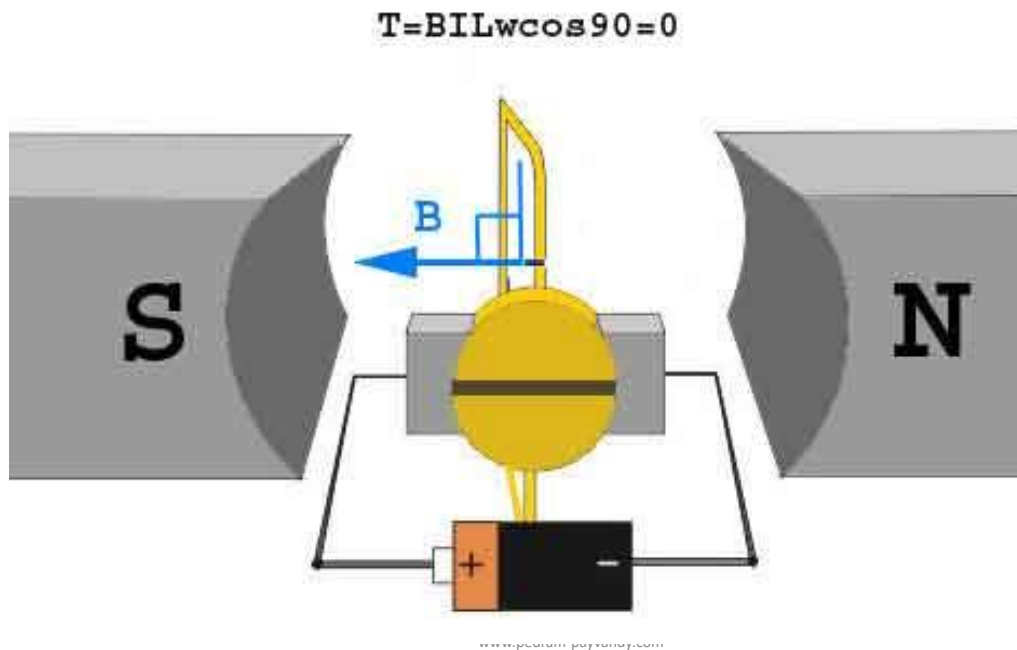
چون گشتاور با جریان متناسب است لذا برای دو برابر کردن گشتاور باید جریان را دو برابر نمود (۱۶ آمپر).

29

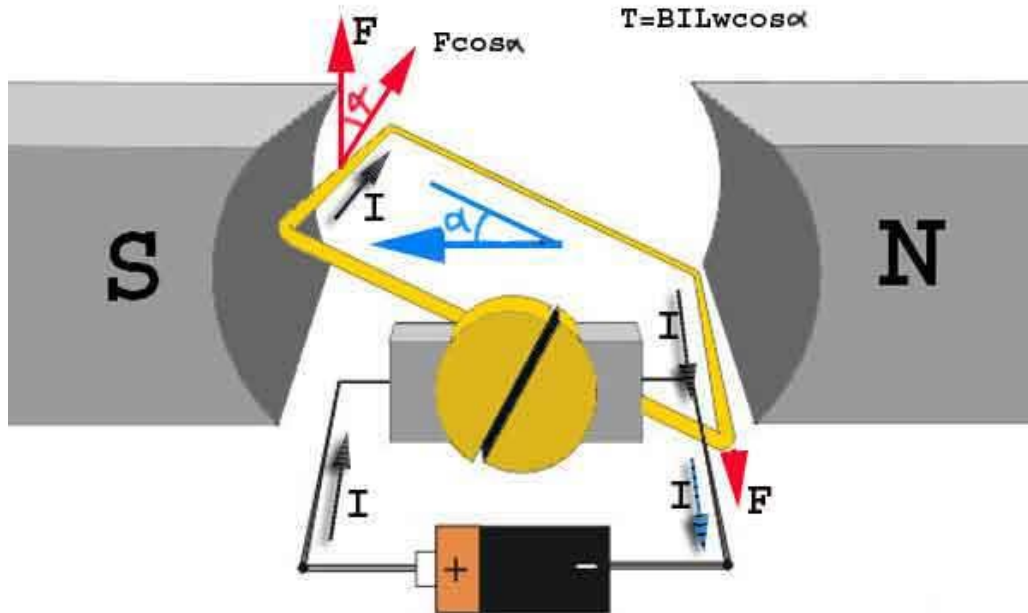





31



32



33


 Common
Back Emf
 means
 Back Electromotive Force
 by acronymsandslang.com

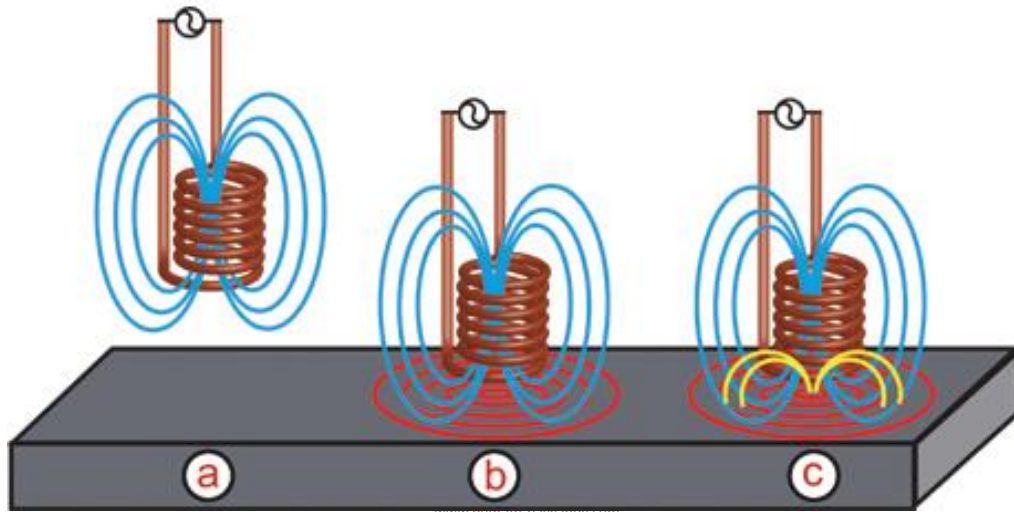
eddy current

www.pedram-payvandy.com

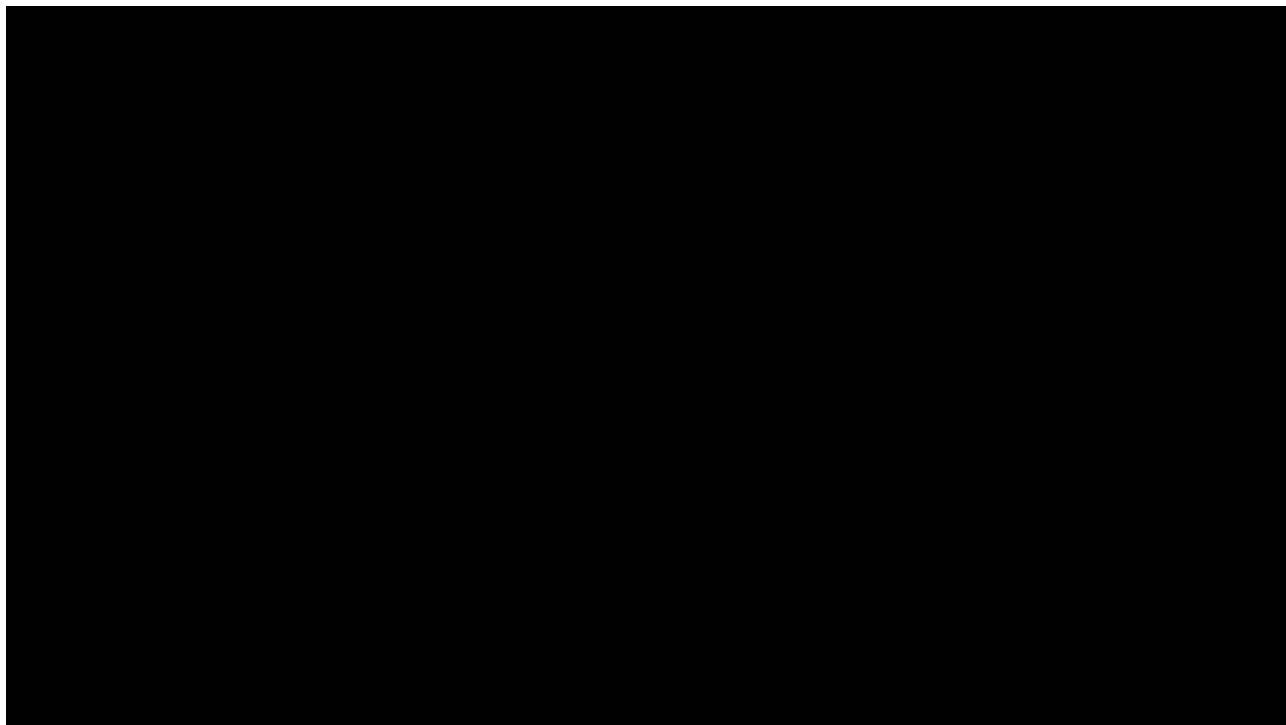
35

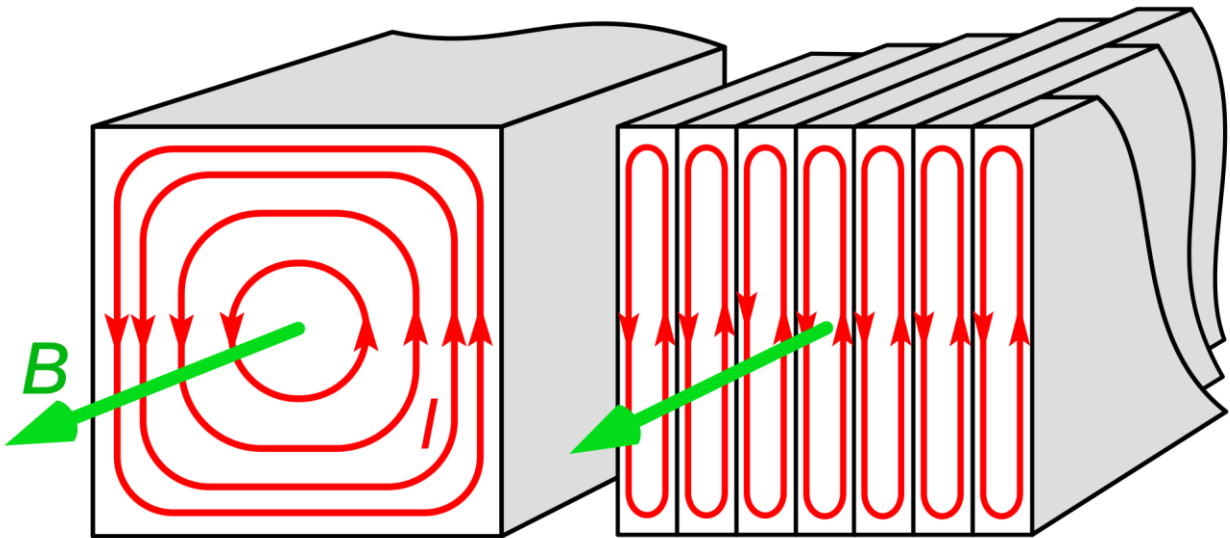


36



37



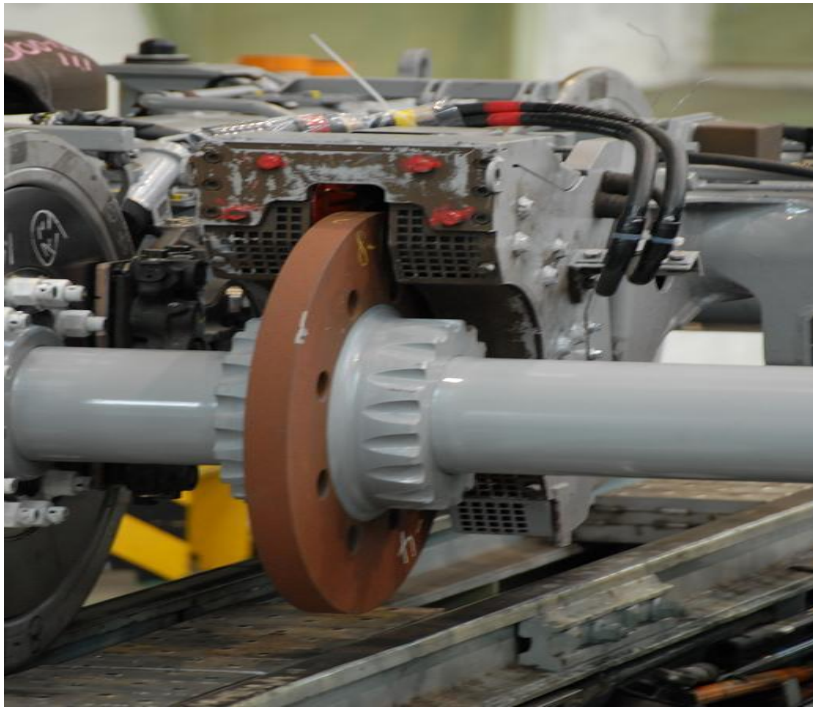


www.pedram-payvandy.com

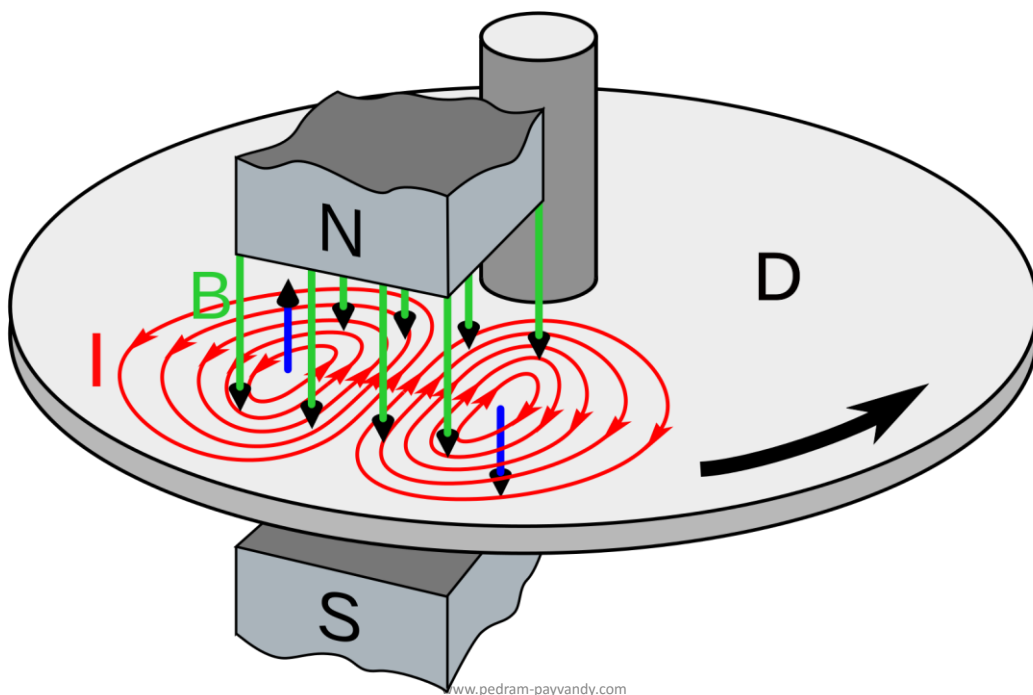
39



40



41



42