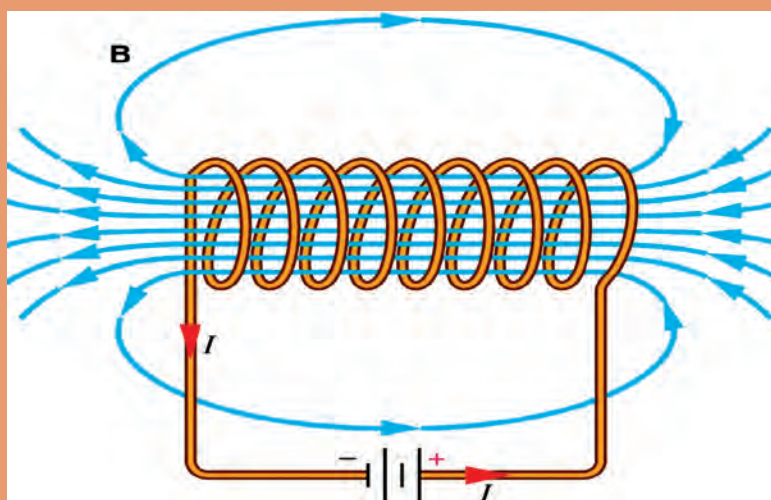




پودمان ۴

کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی



بررسی کمیت‌های مغناطیسی

آیا تا کنون پی برده‌اید

- میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان چگونه است؟
- کمیت‌های مغناطیسی چگونه تجزیه و تحلیل می‌شوند؟
- ضریب نفوذ مغناطیسی چگونه بررسی می‌شود؟
- مقاومت مغناطیسی یک مدار مغناطیسی بدون فاصله هوایی و با فاصله هوایی چگونه تحلیل می‌شود؟
- روابط حاکم بر مدار مغناطیسی ساده با کمک قانون نیروی محرکه مغناطیسی چگونه تحلیل می‌شود؟
- مدارهای مغناطیسی با فاصله هوایی و بدون فاصله هوایی چگونه است؟

استاندارد عملکرد

در پایان این واحد یادگیری، هنرجو باید بتواند انواع کمیت‌های مغناطیسی را بررسی کرده و مدارهای مغناطیسی را تجزیه و تحلیل کند.

فیلم آموزشی در مورد میدان‌های مغناطیسی را ببینید.

فیلم



میدان مغناطیسی

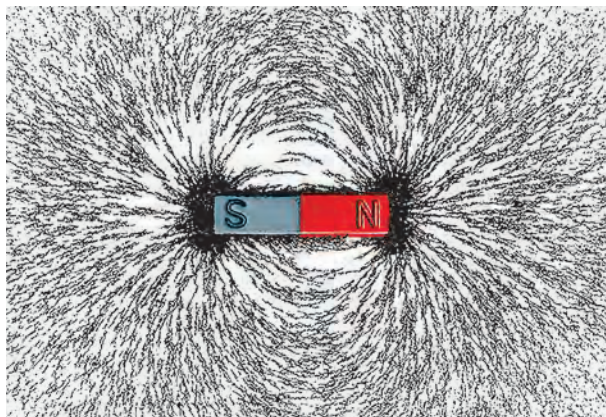
در فضای اطراف یک آهن‌ربا یا مغناطیس طبیعی خاصیتی وجود دارد که ذرات آهن را به خود جذب می‌کند؛ به این فضا، میدان مغناطیسی (Magnetic Field) می‌گویند. میدان مغناطیسی بر قطب‌نما تأثیر می‌گذارد و باعث انحراف آن می‌شود؛ پس با حرکت دادن قطب‌نما در اطراف آهن‌ربا می‌توان به وجود میدان مغناطیسی پی برد (شکل ۱).



شکل ۱

بودمان ۴: کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی

با قراردادن یک مقوا بر روی یک آهن‌ربا و پاشیدن براده‌های آهن به روی مقوا می‌توان خطوط نیروی مغناطیسی را مشاهده کرد (شکل ۲). هر خط نیروی میدان مغناطیسی را یک ماکسول (max well) [MAX] می‌گویند.



شکل ۲

خطوط نیروی میدان مغناطیسی دارای فشردگی بیشتری نسبت به سایر نقاط است این نقاط را قطب‌های مغناطیسی (Magnetic Poles) می‌نامند و با حروف N و S نشان می‌دهند.

فوران مغناطیسی

در شکل ۲ خطوط نیروی میدان مغناطیسی اطراف یک آهن‌ربا نمایش داده شده است. به مجموع خطوط نیروی میدان مغناطیسی اطراف یک مغناطیس یا آهن‌ربا «فوران» یا «شار مغناطیسی» (Magnetic Flux) می‌گویند و آن را با Φ نشان می‌دهند. واحد فوران مغناطیسی ولت. ثانیه (V.Sec) است که به اصطلاح به آن وبر Wb می‌گویند.

تحقیق کنید یک وبر برابر چند ماکسول است.

تحقیق کنید



چگالی فوران مغناطیسی

چگالی فوران مغناطیسی که با B نشان داده می‌شود، کمیتی است که تراکم یا فشردگی خطوط میدان مغناطیسی در سطح مقطع A را نشان می‌دهد. اگر سطح مورد نظر واحد انتخاب شود فوران عبوری از واحد سطح را «چگالی فوران مغناطیسی» تعریف می‌کنند. چگالی فوران مغناطیسی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

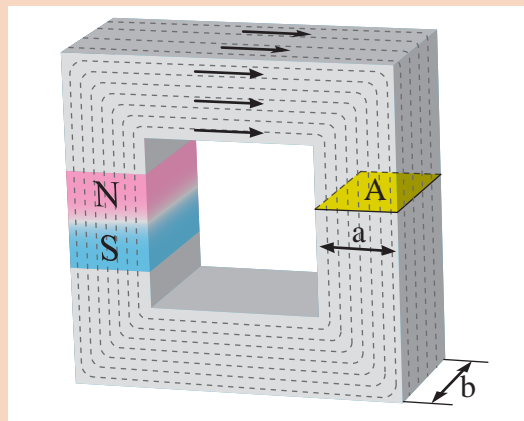
در این رابطه:

Φ فوران مغناطیسی بر حسب وبر Wb؛

A مساحت مقطعی که فوران مغناطیسی Φ از آن می‌گذرد بر حسب مترمربع m^2 ؛

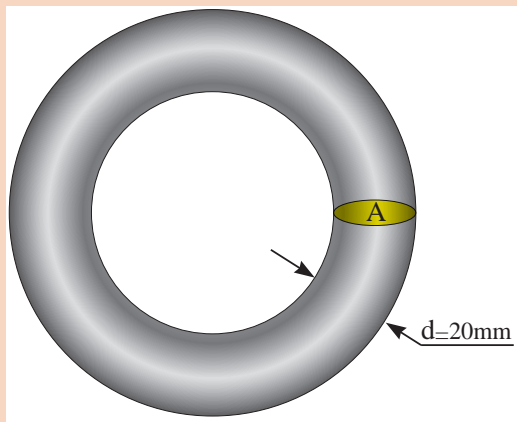
B چگالی فوران مغناطیسی بر حسب وبر بر مترمربع $\left[\frac{wb}{m^2}\right]$ می‌باشد.

واحد چگالی فوران مغناطیسی B وبر بر مترمربع $\left[\frac{wb}{m^2}\right]$ است که اصطلاحاً به آن تسلا (Tesla) [T] می‌گویند.



آهن‌ربایی با فوران مغناطیسی 200 mwb مطابق شکل روبه‌رو در نظر است. چگالی فوران مغناطیسی در سطح مقطع A هسته چند گاوس می‌باشد؟ در صورتی که $a=10\text{ mm}$ و $b=20\text{ mm}$ باشد.

کار در کلاس



آهن‌ربایی با چگالی فوران مغناطیسی 10000 G مطابق شکل روبه‌رو در نظر است. فوران مغناطیسی در سطح مقطع A هسته چند میلی‌وبر است؟

کار در کلاس



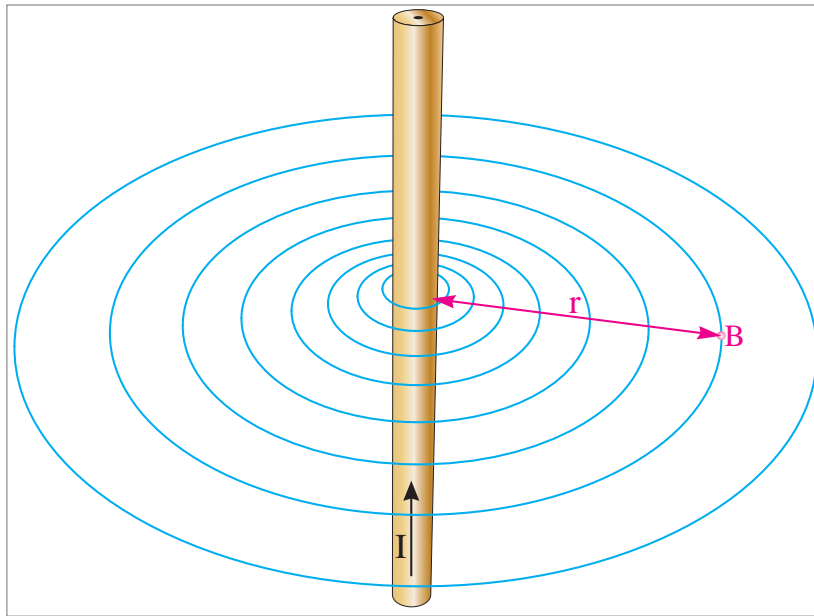
جهت میدان الکترومغناطیسی اطراف هادی حامل جریان الکتریکی چگونه است؟

تحقیق کنید



مقدار چگالی فوران مغناطیسی اطراف هادی حامل جریان الکتریکی

آمپر (Ampere) و ماکسول دانشمندانی بودند که ثابت کردند چگالی فوران مغناطیسی B اطراف هادی حامل جریان، با شدت جریان الکتریکی هادی، نسبت مستقیم و با فاصله از هادی نسبت عکس دارد و رابطه زیر را برای تعیین مقدار چگالی فوران مغناطیسی B در نقطه‌ای به فاصله r از یک هادی حامل جریان به شدت I را براساس شکل ۳ ارائه کردند.



شکل ۳

$$B = K \frac{I}{r}$$

در این رابطه :

B چگالی فوران مغناطیسی بر حسب $\left[\frac{\text{wb}}{\text{m}^2} \right]$ ؛

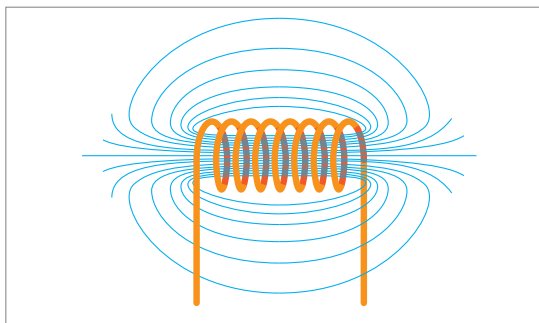
K ضریبی است که به محیط اطراف هادی بستگی دارد و برای هوا مقدار آن 2×10^7 بر حسب $\left[\frac{\text{wb}}{\text{A.m}} \right]$ است. I شدت جریان الکتریکی هادی بر حسب $[A]$ ؛ و r فاصله از هادی بر حسب $[m]$ می‌باشد.

چگالی فوران میدان مغناطیسی در نقطه‌ای به فاصله 1cm از هادی حامل جریان 10A چند گاوس است؟

کار در کلاس

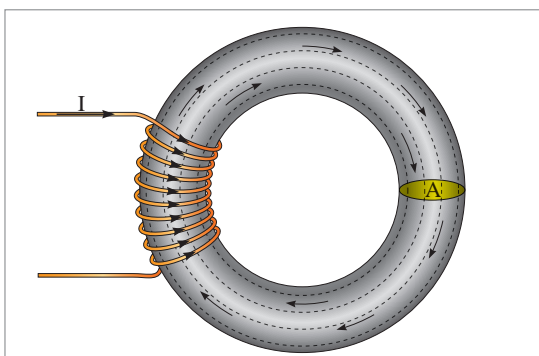


میدان مغناطیسی سیم پیچ حامل جریان الکتریکی



شکل ۴

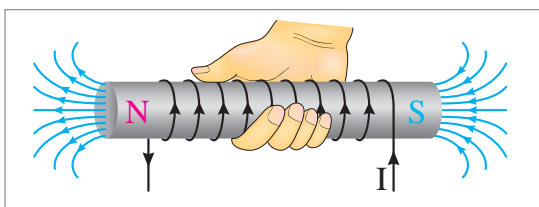
میدان مغناطیسی حامل جریان الکتریکی در سرتاسر دو طرف هادی توزیع می‌شود و متمرکز نیست و مقدار چگالی فوران مغناطیسی (B) در هر نقطه از اطراف هادی، متغیر و کم است. اگر هادی حامل جریان الکتریکی به صورت سیم پیچ (Winding) در آورده شود، ضمن اینکه میدان الکترومغناطیسی در درون سیم پیچ متمرکز می‌شود چگالی فوران مغناطیسی B نیز افزایش می‌یابد (شکل ۴).



شکل ۵

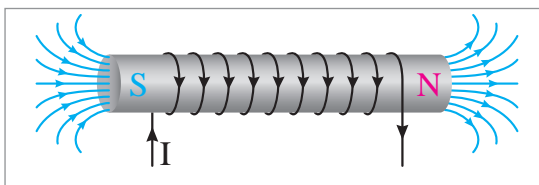
با قرار دادن سیم پیچ بر روی یک هسته از جنس مواد فرو مغناطیس مطابق شکل ۵ و عبور جریان الکتریکی از آن، میدان الکترومغناطیسی با چگالی B بیشتری نسبت به سیم پیچ با هسته هوا ایجاد می‌شود. هسته فرو مغناطیس باعث می‌شود میدان الکترومغناطیسی درون سیم پیچ متمرکزتر شود؛ لذا چگالی فوران مغناطیسی افزایش می‌یابد.

جهت میدان الکترومغناطیسی سیم پیچ حامل جریان الکتریکی



شکل ۶

جهت میدان الکترومغناطیسی سیم پیچ حامل جریان الکتریکی از قاعده دست راست (Right Hand Rule) تعیین می‌شود. بدین منظور مطابق شکل ۶ اگر انگشتان دست راست در جهت جریان الکتریکی سیم پیچ قرار گیرد، انگشت شست جهت میدان الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد. با تعیین جهت میدان الکترومغناطیسی، محل قطب‌های N و S مشخص می‌شود. طبق قرارداد، محل خروج فوران مغناطیسی را با حرف N و محل ورود آن را با حرف S نشان می‌دهند.

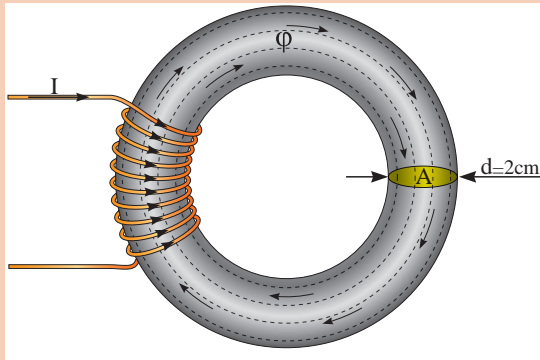


شکل ۷

جهت میدان مغناطیسی سیم پیچ نیز تابع جهت جریان سیم پیچ است و با تغییر جهت جریان، جهت میدان مغناطیسی تغییر می‌کند (شکل ۷).

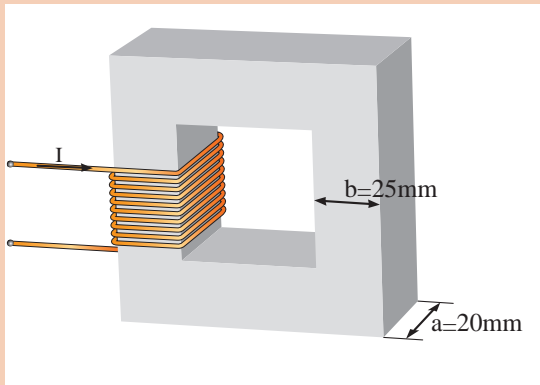
پودمان ۴: کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی

کار در کلاس



سیم پیچ حامل جریان الکتریکی شکل روبه‌رو، میدان الکترومغناطیسی با فوران $3/14 \text{ mwb}$ در هسته تولید می‌کند. چگالی فوران مغناطیسی در هسته چند تسلا است؟

کار در کلاس



سیم پیچ حامل جریان الکتریکی شکل روبه‌رو، چگالی فوران مغناطیسی ۱ تسلا را در هسته ایجاد کرده است. فوران مغناطیسی هسته چند میلی‌وبر است؟

نیروی محرکه مغناطیسی سیم پیچ حامل جریان الکتریکی

حاصل ضرب شدت جریان الکتریکی در تعداد حلقه‌های سیم پیچ را نیروی محرکه مغناطیسی گویند و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\theta = NI$$

θ : نیروی محرکه مغناطیسی بر حسب آمپر دور [A.T]؛

N : تعداد حلقه‌های سیم پیچ بر حسب دور [T]؛

I : شدت جریان الکتریکی سیم پیچ بر حسب آمپر [A] می‌باشد.

بنابراین، مقدار نیروی محرکه مغناطیسی، تابع شدت جریان الکتریکی سیم پیچ و تعداد حلقه‌های آن است.

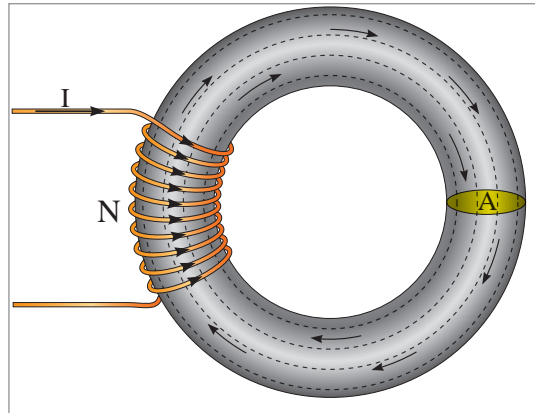
کار در کلاس



از یک سیم پیچ با ۵۰۰۰ دور، جریان الکتریکی ۱/۵ آمپر می‌گذرد. نیروی محرکه مغناطیسی آن چند آمپر است؟

شدت میدان مغناطیسی

فوران میدان مغناطیسی یک سیم پیچ حامل جریان، از تمام نقاط سطح مقطع هسته می‌گذرد. خطوط نیروی میدان مغناطیسی به موازات یکدیگر طول مسیر هسته را طی می‌کنند و یکدیگر را قطع نمی‌کنند (شکل ۸).



شکل ۸

نسبت نیروی محرکه مغناطیسی θ به طول متوسط هسته L_C را «شدت میدان مغناطیسی» گویند و آن را با H نمایش می‌دهند و از رابطه زیر به دست می‌آید:

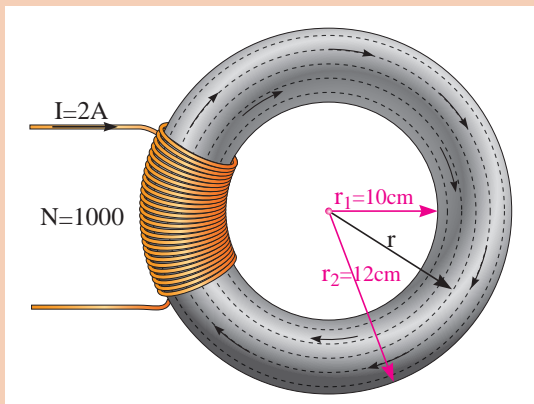
$$H = \frac{\theta}{L_C} = \frac{NI}{L_C}$$

در این رابطه:

H : شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپر دور بر متر $\left[\frac{AT}{M} \right]$

N : تعداد حلقه‌های سیم پیچ

L : طول متوسط هسته بر حسب متر $[M]$ می‌باشد.



شدت میدان مغناطیسی شکل روبه‌رو را به دست آورید؟

کار در کلاس



پودمان ۴: کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی

کار در کلاس



شدت میدان مغناطیسی در هسته به طول ۲۰ cm برابر $\left[\frac{AT}{m} \right]$ ۲۰۰۰ است. اگر سیم‌پیچ این هسته دارای ۴۰۰۰ دور باشد، شدت جریان الکتریکی آن چند آمپر است؟

ضریب نفوذ مغناطیسی

نسبت چگالی فوران مغناطیسی B به شدت میدان مغناطیسی H را ضریب نفوذ مغناطیسی (Permeability) تعریف می‌کنند و آن را با μ نمایش می‌دهند و از رابطه زیر به دست می‌آید.

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

در این رابطه:

μ : ضریب نفوذ مغناطیسی بر حسب وبر بر آمپر دورمتر $\left[\frac{Wb}{A.T.m} \right]$
 B : چگالی فوران مغناطیسی بر حسب وبر بر مترمربع $\left[\frac{Wb}{m^2} \right]$
 H : شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپر دور بر متر $\left[\frac{A.T}{m} \right]$ می‌باشد.

کار در کلاس



واحد ضریب نفوذ مغناطیسی μ چگونه به دست می‌آید؟

ضریب نفوذ مغناطیسی سیم‌پیچ بدون هسته در خلأ

نسبت چگالی فوران مغناطیسی B به شدت میدان مغناطیسی H را « B ضریب نفوذ مغناطیسی خلأ» گویند و آن را با « μ » نشان می‌دهند و از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\mu_0 = \frac{B_0}{H_0}$$

در این رابطه:

B_0 : چگالی فوران مغناطیسی در خلأ؛

H_0 : شدت میدان مغناطیسی در خلأ؛

μ_0 : ضریب نفوذ مغناطیسی خلأ می‌باشد.

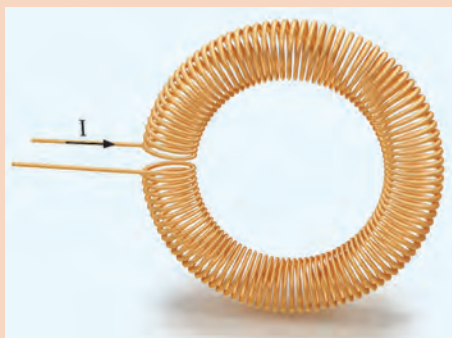
ضریب نفوذ مغناطیسی خلأ همواره مقداری ثابت دارد و برابر است با:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \left[\frac{wb}{A.T.M} \right]$$

تحقیق کنید



در مورد ضریب نفوذ مغناطیسی در خلأ تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.



سیم پیچی بدون هسته در خلأ دارای ۱۰۰۰ حلقه و طول متوسط ۱۰ سانتی متر در شکل روبه‌رو نشان داده شده است. چگالی فوران مغناطیسی درون این سیم پیچ در خلأ ۰/۶ و بر بر متر مربع اندازه‌گیری شده است. جریان الکتریکی سیم پیچ چند آمپر است؟

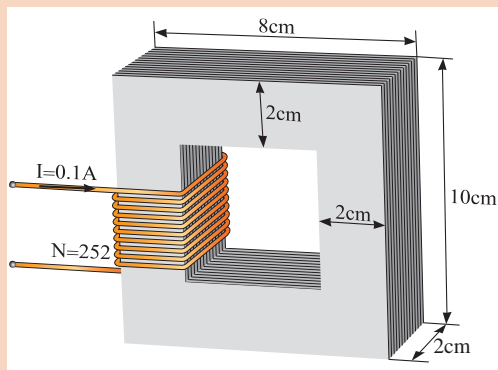
ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی

ضریب نفوذ مغناطیسی خلأ $\left[\frac{\text{wb}}{\text{A.T.M}} \right] \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ می‌باشد و مقدار آن ثابت است؛ لذا به عنوان شاخص انتخاب شده است و نفوذپذیری مغناطیسی مواد با نفوذپذیری مغناطیسی خلأ مقایسه و نسبت به آن سنجیده می‌شود.

نسبت ضریب نفوذ مغناطیسی μ به ضریب نفوذ مغناطیسی خلأ μ_0 را «ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی» (Relative Permeability) گویند و آن را با μ_r نمایش می‌دهند که از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

مواد براساس ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی به چند گروه دسته‌بندی می‌شوند؟ بررسی کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.



ضریب نفوذ مغناطیسی μ هسته شکل روبه‌رو را که از جنس فولاد ورق است به دست آورید.

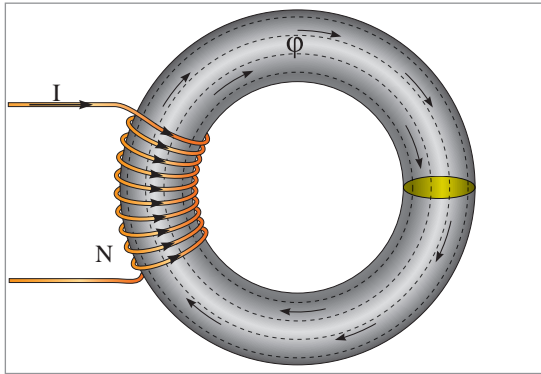
هسته فرم مغناطیسی با ضریب نفوذ مغناطیسی $\frac{\text{Wb}}{\text{A.T.m}}$ ۵/ و طول ۲۰ Cm در نظر است. اگر روی این هسته، سیم پیچ ۲۰۰۰ دوری با شدت جریان الکتریکی ۲۰ mA قرار داده باشد، چگالی شار هسته چند تسلا خواهد شد؟





خصوصیات میدان ناشی از ولتاژ AC و DC را بررسی کنید.

مدارهای مغناطیسی



شکل ۹

در شکل ۹، شدت جریان الکتریکی I به سیم پیچی در هسته فرومغناطیس فوران مغناطیسی φ را جاری می‌کند.

این پدیده از بعضی جهات مشابه جریان الکتریکی است که یک باتری در هادی جاری می‌کند.

همان‌طور که اتصال هادی به باتری، مسیر بسته‌ای برای جاری شدن جریان فراهم می‌کند و آن را «مدار الکتریکی» می‌نامند، مسیر بسته‌ای که فوران مغناطیسی در آن برقرار می‌شود نیز «مدار مغناطیسی» نامیده می‌شود.

قانون اهم بین کمیت‌های ولتاژ، جریان و مقاومت در یک مدار الکتریکی، رابطه زیر را ارائه کرده است:

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

باتوجه به شباهت‌های میان کمیت‌های الکتریکی و مغناطیسی می‌توان قانون اهم را برای یک مدار مغناطیسی به صورت رابطه زیر نوشت:

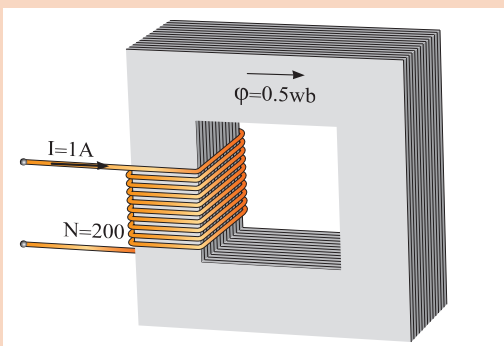
$$R = \frac{\theta}{\phi}$$

در این رابطه:

θ نیروی محرکه مغناطیس سیم پیچ بر حسب {A.T}

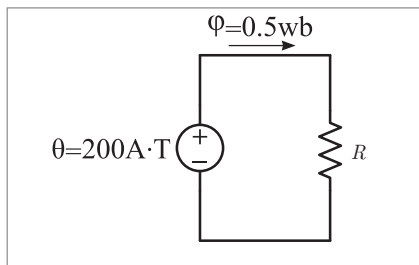
φ فوران مغناطیسی هسته بر حسب {wb}

و R مقاومت مغناطیسی هسته بر حسب $\left[\frac{A.T}{wb} \right]$ می‌باشد.



فوران مغناطیسی در هسته شکل روبه‌رو برابر 0.5 Wb است. مقاومت مغناطیسی هسته چقدر می‌باشد؟

$$\theta = N \times I = 200 \times 1 = 200 \text{ A.T}$$



مدار الکتریکی معادل با درج مقادیر مغناطیسی بر روی آن به صورت شکل روبه‌رو است. مقاومت مغناطیسی از رابطه زیر برابر است با:

$$R = \frac{\theta}{\Phi} = \frac{200}{0.5} = 400 \frac{A \cdot T}{Wb}$$

مقاومت مغناطیسی هسته: مقاومت مغناطیسی هسته از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R = \frac{l_c}{\mu_0 \mu_r}$$

در این رابطه:

l_c : طول متوسط هسته بر حسب [M]

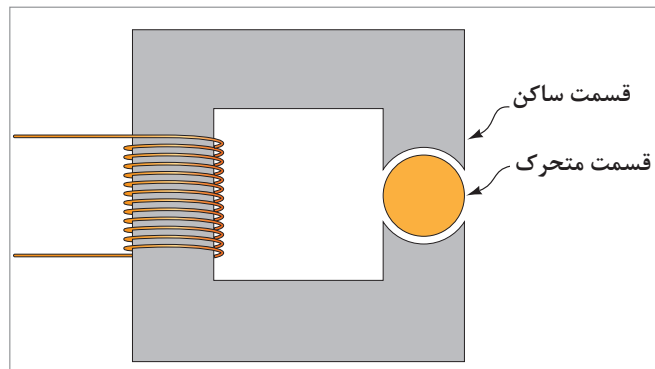
μ_0 : ضریب نفوذ مغناطیسی خلأ بر حسب $\left[\frac{Wb}{A \cdot T \cdot m} \right]$ ؛
 μ_r : سطح مقطع هسته بر حسب $[m^2]$ ؛

R: مقاومت مغناطیسی هسته بر حسب $\left[\frac{A \cdot T}{Wb} \right]$ می‌باشد.

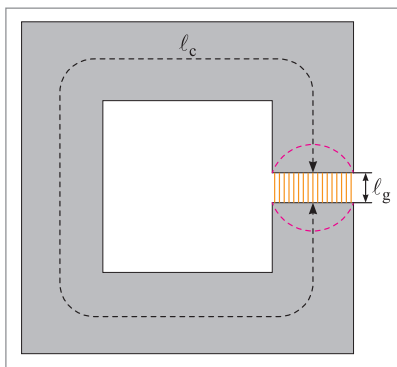
اگر فوران مغناطیسی در مدار مغناطیسی شکل روبه‌رو برابر با $4 mWb$ باشد، جریان سیم پیچ چند آمپرتر است؟ در صورتی که $\pi=3$ و $\mu_r=6000$ باشد.

کار در کلاس

مدار مغناطیسی با شکاف هوایی: مدارهای مغناطیسی، مقدمه تحلیل ماشین‌های الکتریکی اعم از ترانسفورمر و وسایل تبدیل انرژی از قبیل ژنراتورها و موتورهای الکتریکی می‌باشند.



شکل ۱۰

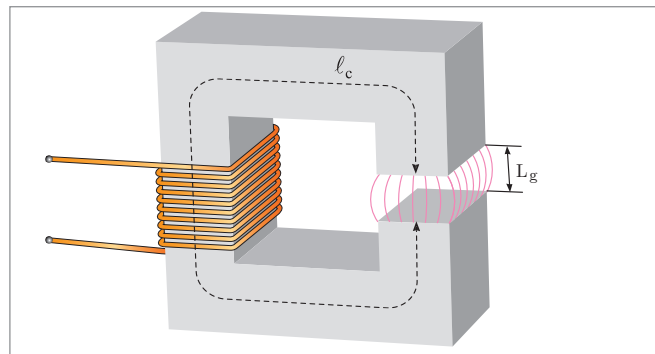


شکل ۱۱

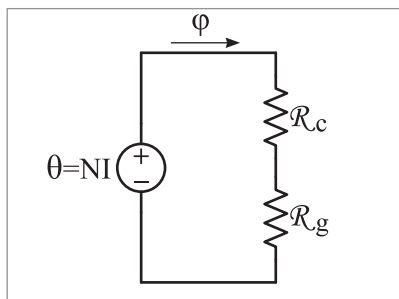
ترانسفورماتورها ساختمانی شبیه هسته فرومغناطیسی شکل ۱۰ دارند. وسایل تبدیل انرژی مانند ژنراتورها و موتورهای الکتریکی که دارای اجزای متحرک می‌باشند، بین قسمت متحرک و ساکن در هسته فرومغناطیس «شکاف هوایی» ایجاد می‌کنند. اگر قسمت متحرک به دو نیمه متحرک تقسیم شود و هر یک از این نیمه‌ها به سمت ساکن سوق داده شود، شکل ۱۱ به دست می‌آید.

این شکل، یک مدار مغناطیسی با شکاف هوایی را نشان می‌دهد که فوران مغناطیسی Φ مسیر هسته و شکاف هوایی را طی می‌کند. اگر در مدار مغناطیسی طول شکاف هوایی L_g از ابعاد سطح مقطع هسته مغناطیسی بسیار کوچک‌تر باشد، می‌توان با روش مدار الکتریکی، معادل آن را تحلیل کرد. هرگاه که طول شکاف هوایی L_g از ابعاد سطح مقطع هسته مغناطیسی مطابق شکل ۱۱ به بیرون نشت کند و سطح مقطع مؤثر شکاف هوایی بزرگ‌تر از سطح مقطع هسته مغناطیسی دو طرف آن شود، در این صورت نمی‌توان با روش مدار الکتریکی معادل آن را تحلیل کرد.

اکنون با فرض اینکه طول شکاف هوایی L_g در شکل ۱۱ به حد کافی کوچک است و چگالی فوران مغناطیسی B هسته نیز یکنواخت می‌باشد، می‌توان مدار الکتریکی معادل شکل ۱۲ را برای تحلیل آن در نظر گرفت. از



شکل ۱۲



شکل ۱۳

آنجایی که فوران مغناطیسی، مسیر هسته و شکاف هوایی را طی می‌کند، لذا مقاومت مغناطیسی آنها در مدار الکتریکی معادل با هم سری می‌شوند.

در شکل ۱۳، مقاومت مغناطیسی هسته R_C از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R_C = \frac{L_C}{\mu_0 \mu_r A}$$

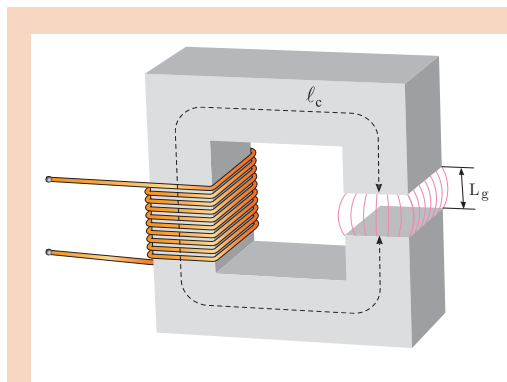
مقاومت مغناطیسی شکاف هوایی R_g نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R_g = \frac{L_g}{\mu_0 \mu_r A}$$

در این رابطه: L_g طول شکاف هوایی بر حسب [m]؛

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ ضریب نفوذ مغناطیسی خلأ بر حسب $\left[\frac{\text{wb}}{\text{A.T.m}} \right]$ ؛
 μ_r ضریب نفوذ نسبی هوا؛
 A سطح مقطع هسته بر حسب $[\text{m}^2]$ ؛

و R_g مقاومت مغناطیسی بر حسب $\left[\frac{\text{A.T}}{\text{wb}} \right]$ می‌باشد.



در مدار مغناطیسی شکل روبه‌رو، شکاف هوایی به طول 0.48 mm ایجاد شده است. با فرض اینکه طول متوسط هسته تغییر نکرده است، برای داشتن فوران مغناطیسی 4 mwb ، جریان سیم پیچ چند آمپر است؟

کار در کلاس



تحقیق کنید



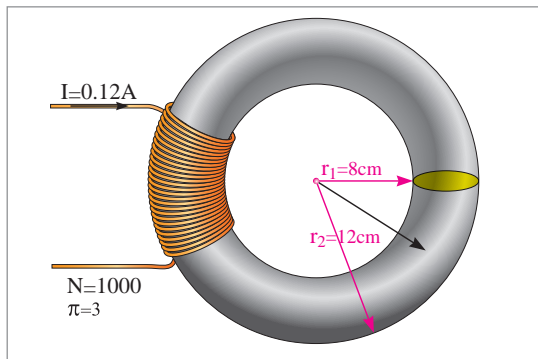
چرا با ایجاد شکاف هوایی، جریان سیم پیچ افزایش می‌یابد؟

ارزشیابی

۱ چگالی فوران مغناطیسی در فاصله ۲ cm از یک هادی حامل جریان ۳ T است. جریان الکتریکی هادی چند آمپر است؟

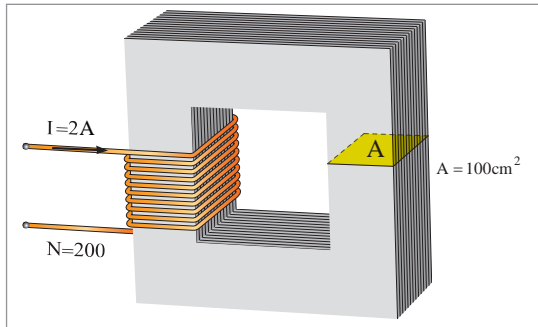
۲ نیروی محرکه مغناطیسی یک سیم‌پیچ ۱۰۰۰ دوری، $\{A \cdot \text{turn}\}$ ۲۰۰ است. شدت جریان الکتریکی سیم‌پیچ چند آمپر است؟

۳ هسته فرومغناطیسی با ضریب نفوذ مغناطیسی $\frac{\text{wb}}{\text{A.T.M}}$ 5×10^5 و طول ۳۰ سانتی‌متر در نظر است. اگر روی این هسته سیم‌پیچ ۱۰۰۰ دوری با شدت جریان الکتریکی ۲۰ mA قرار داده شده باشد، چگالی شار هسته چند تسلا خواهد شد؟



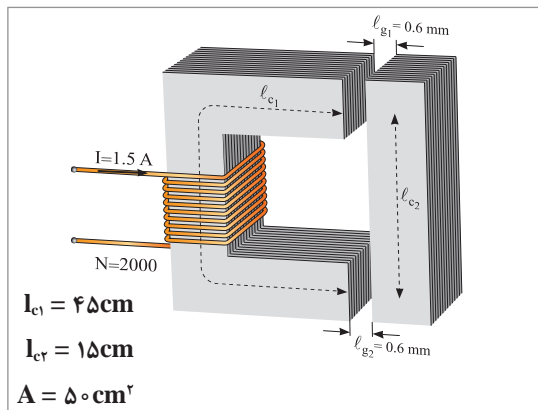
۴ ضریب نفوذ مغناطیسی μ هسته شکل روبه‌رو که از جنس فولاد ورق است را به دست آورید.

۵ مقاومت و فوران مغناطیسی در هسته یک مدار مغناطیسی به ترتیب $50 \times \frac{\text{AT}}{\text{WB}}$ و 10 mwb می‌باشد. اگر جریان سیم‌پیچ روی هسته ۲۰ mA باشد تعداد حلقه‌های سیم‌پیچ را به دست آورید.



۶ در مدار مغناطیسی شکل روبه‌رو فوران مغناطیسی هسته 10 mwb است؛ مطلوب است:

(الف) مقاومت مغناطیسی هسته
(ب) اگر یک فاصله هوایی $1/2 \text{ mm}$ در هسته ایجاد شود و بخواهیم فوران هسته همان مقدار قبلی بماند، جریان سیم‌پیچ را چند آمپر باید افزایش دهیم ($\pi=3$)



۷ در مدار مغناطیسی شکل روبه‌رو مطلوب است محاسبه:

(الف) مقاومت مغناطیسی در صورتی که فوران مغناطیسی هسته 12 mwb باشد.
(ب) ضریب نفوذ نسبی هسته.

جدول ارزشیابی بررسی کمیتهای مغناطیسی

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	عنوان پودمان (فصل)
۳	۱- میدان‌های مغناطیسی و کمیتهای مغناطیسی را تجزیه و تحلیل کند. ۲- ضریب نفوذ مغناطیسی را تجزیه و تحلیل کند. ۳- مدارهای مغناطیسی با فاصله هوایی و بدون فاصله هوایی را تجزیه و تحلیل نماید. ■ هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های بالا را داشته باشد.	بالتر از حد انتظار	تجزیه و تحلیل کمیتهای مغناطیسی در مدارهای با فاصله هوایی و بدون فاصله هوایی	بررسی کمیتهای مغناطیسی	کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی
۲	۱- میدان‌های مغناطیسی و کمیتهای مغناطیسی را تجزیه و تحلیل کند. ۲- ضریب نفوذ مغناطیسی را تجزیه و تحلیل کند. ۳- مدارهای مغناطیسی با فاصله هوایی و بدون فاصله هوایی را تجزیه و تحلیل نماید. ■ هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های بالا را داشته باشد.	در حد انتظار			
۱	۱- میدان‌های مغناطیسی و کمیتهای مغناطیسی را تجزیه و تحلیل کند. ۲- ضریب نفوذ مغناطیسی را تجزیه و تحلیل کند. ۳- مدارهای مغناطیسی با فاصله هوایی و بدون فاصله هوایی را تجزیه و تحلیل نماید. ■ هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌های بالا را داشته باشد.	پایین تر از حد انتظار			
					نمره مستمر از ۵
					نمره شایستگی پودمان از ۳
					نمره پودمان از ۲۰

ارزشیابی شایستگی بررسی کمیت‌های مغناطیسی

<p>۱- شرح کار:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ میدان‌های مغناطیسی و کمیت‌های مغناطیسی را تجزیه و تحلیل کند. ■ ضریب نفوذ مغناطیسی را تجزیه و تحلیل کند. ■ مدارهای مغناطیسی با فاصله‌ی هوایی و بدون فاصله‌ی هوایی را تجزیه و تحلیل نماید. 			
<p>۲- استاندارد عملکرد:</p> <p>بررسی و تجزیه و تحلیل کردن مدارهای مغناطیسی</p>			
<p>۳- شاخص‌ها:</p> <p>تشریح کامل از میدان‌های مغناطیسی و ماشین‌های الکتریکی</p>			
<p>۴- شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</p> <p>شرایط: کلاس مناسب همراه پرده‌نگار باشد.</p> <p>ابزار و تجهیزات:</p>			
<p>۴- معیار شایستگی:</p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	میدان‌های مغناطیسی را بررسی و تحلیل کند.	۲	
۲	کمیت‌های مغناطیسی را بررسی و تحلیل کند.	۱	
۳	ضریب نفوذ مغناطیسی را تجزیه و تحلیل کند.	۱	
۴	مدارهای مغناطیسی با فاصله‌ی هوایی و بدون فاصله‌ی هوایی را تجزیه و تحلیل نماید.	۱	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشتی و توجهات زیست‌محیطی،	۲	
	۱- رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛		
	۲- دقت و تمرکز در اجرای کار؛		
	۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر؛		
	۴- اخلاق حرفه‌ای.		
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.



آیا تا کنون پی برده‌اید

- ساختمان ماشین‌های القایی و اساس کار آنها چگونه است؟
- مفاهیم آسنکرون و سنکرون و اصول کار آنها چگونه است؟
- دیاگرام توازن قدرت در موتورهای آسنکرون چگونه رسم می‌شود؟
- روابط توان، تلفات و بازده چگونه بررسی می‌شود؟
- ساختمان ظاهری و داخلی ماشین سنکرون چگونه است؟
- ساختمان داخلی موتورهای القایی تک‌فاز چگونه است؟
- انواع موتورهای القایی تک‌فاز چگونه بررسی می‌شود؟

استاندارد عملکرد

انتظار می‌رود در پایان این واحد یادگیری هنرجو انواع ماشین‌های سه فاز سنکرون و آسنکرون را شناسایی کرده و انواع موتورهای تک‌فاز را تحلیل نماید.

ماشین‌های القایی سه فاز

با گسترش شبکه‌های جریان متناوب و استفاده از برق سه فاز به عنوان برق صنعتی، امروزه قسمت عمده‌ای از موتورهای الکتریکی از نوع جریان متناوب سه فاز هستند. اصولاً موتورهای جریان متناوب نسبت به موتورهای جریان مستقیم دارای ساختمان ساده‌تر، عمر مفید بیشتر و تعمیر و نگهداری راحت‌تری هستند که موجب برتری اقتصادی این موتورها بر موتورهای DC می‌شوند.

فیلم مربوط به عملکرد ماشین‌های سه فاز را مشاهده کنید.

فیلم



چگونگی تولید میدان مغناطیسی دوآر در ماشین‌های جریان متناوب را بررسی کنید.

کار در کلاس



ماشین‌های القایی سه فاز از لحاظ کارکرد به دو دسته سنکرون و آسنکرون تقسیم می‌شوند. موتورهای آسنکرون سه فاز القایی، بخش اعظم انرژی مکانیکی کارخانه‌ها و کارگاه‌های تولیدی را تأمین می‌کنند. بالابرها، آسیاب‌ها، تسمه نقاله‌ها، فن‌ها و نظایر اینها از این دسته‌اند، الکتروموتورها از دو جزء اصلی ساکن (استاتور) و متحرک (روتور) تشکیل می‌شوند. این الکتروموتورها براساس تولید حوزه دوآر مغناطیسی در سطح استاتور و القای جریان الکتریکی، در مفتول‌های روتور، توسط حوزه دوآر ایجاد شده با برق سه فاز، کار می‌کنند. در این الکتروموتورها جریان مفتول‌ها از طریق القای الکترومغناطیسی تأمین می‌شود، به این علت به آنها موتورهای القایی گفته می‌شود. برای تأمین جریان لازم است گردش روتور کمی به تأخیر افتد، تا تغییر شار مغناطیسی در مفتول‌ها امکان‌پذیر شود. لذا سرعت روتور کمی از سرعت حوزه دوآر عقب می‌افتد. به این علت به این الکتروموتورها، الکتروموتورهای آسنکرون (غیر هم زمان) گفته می‌شود.



شکل ۱- انواع موتورهای الکتریکی و کاربردهای آنها در صنعت

ساختمان داخلی موتورهای آسنکرون

به طور کلی هر ماشین القایی (موتور یا مولد القایی) از دو بخش استاتور و رتور تشکیل شده است. قسمت متحرک یا رتور با یک فاصله هوایی کم توسط در پوش‌ها و یاتاقان‌ها در درون قسمت ثابت یا استاتور نصب می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- ساختمان یک موتور آسنکرون

استاتور

استاتور از ورقه‌های آهن سیلیس دار ساخته می‌شود (اصطلاحاً به این نوع ورق‌ها دیناموبلش گفته می‌شود) این ورقه‌ها وقتی روی هم قرار می‌گیرند، شیارهایی را پدید می‌آورند (شکل ۳).



شکل ۳- استاتور موتورهای سه فاز

چرا هسته استاتور ماشین‌های القایی را به صورت ورقه ورقه و با پسماند کم می‌سازند؟

تحقیق کنید



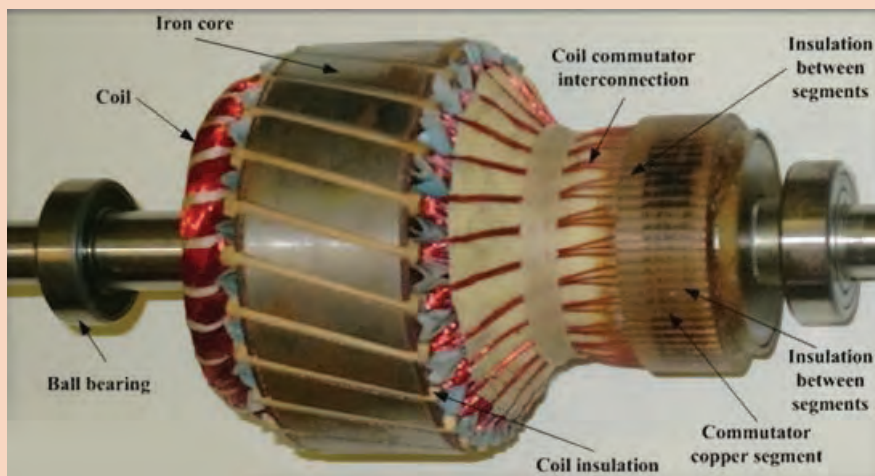
رُتور

رُتور موتورهای القایی از میله‌ها یا کلاف‌هایی از جنس مس یا آلومینیوم تشکیل می‌شود. این میله‌ها یا کلاف‌ها در داخل شیارهای ایجاد شده با ورقه‌های دیناموبلش، قرار می‌گیرند. رتورهای موتورهای القایی آسنکرون به صورت یکپارچه (رُتور قفسی) یا رُتور سیم‌پیچی شده (رُتور رینگی) ساخته می‌شوند.

	<p>این نوع رُتور، از تعدادی میله‌های مسی یا آلومینیومی تشکیل شده است که آنها را در داخل شیارهای ورقه مغناطیسی رُتور تعبیه کرده‌اند. این میله‌ها از هر دو طرف توسط دو حلقه هم جنس با میله‌ها (آلومینیوم یا مس) به هم متصل شده‌اند.</p>	<p>رُتور قفسی</p>
	<p>بر روی این نوع رُتور، سه دسته سیم‌پیچ با اختلاف مکانی ۱۲۰ درجه مانند استاتور ماشین‌های القایی سه فاز با همان تعداد قطب، پیچیده می‌شود. این سیم‌پیچ‌ها نسبت به بدنه رُتور، عایق شده‌اند.</p>	<p>رُتور سیم‌پیچی شده</p>



اصطلاحات انگلیسی شکل زیر را ترجمه کنید.

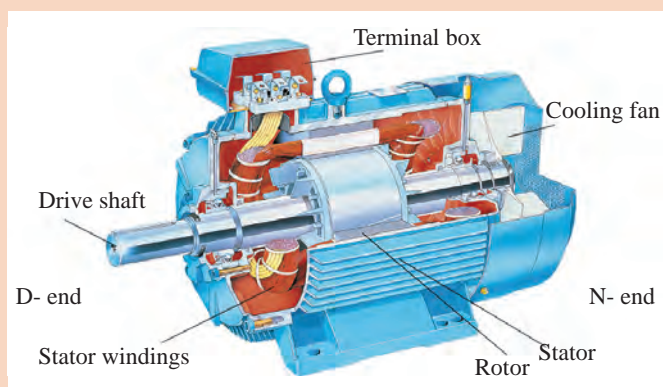


مقایسه موتورهای رتور قفسی و رتور سیم پیچی

مزایا	معایب
موتور رتور قفسی در یک توان مشخص، مقاومت اهمی کمتری داشته و لذا تلفات مسی رتور در آن کمتر است.	گشتاور راه اندازی کمتر، نسبت به موتور رتور سیم پیچی
موتور رتور سیم پیچی، نیاز به حلقه های لغزان، جاروبک و سیم پیچی رتور دارد، در نتیجه گران تر از یک موتور رتور قفسی است.	ضریب قدرت کم در هنگام راه اندازی
موتور رتور قفسی به دلیل نداشتن جاروبک و حلقه های لغزان، هزینه تعمیر و نگهداری کمتری دارد.	



اصطلاحات انگلیسی شکل زیر را ترجمه کنید.





در مورد چگونگی ایجاد میدان دوار مغناطیسی در استاتور موتورهای سه فاز آسنکرون تحقیق کرده و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

سرعت میدان دوار (سرعت سنکرون)

در صورتی که میدان دوار استاتور از طریق سه سیم پیچ که نسبت به یکدیگر ۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارند تولید شده باشد، سرعت میدان دوار برابر فرکانس شبکه خواهد بود. سرعت میدان مغناطیسی دوار تابع فرکانس شبکه و تعداد قطب‌های سیم پیچی است و از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\times 60$$

از این رابطه:

N_s : سرعت سنکرون بر حسب دور بر دقیقه؛

F : فرکانس شبکه برق بر حسب هرتز؛

P : تعداد نصف قطب‌ها (تعداد زوج قطب) می‌باشد.



استاتور موتور سه فاز آسنکرون ۶ قطب دارد. سرعت سنکرون آن در فرکانس‌های ۵۰ و ۶۰ هرتز چند دور در دقیقه است؟



سرعت میدان دوار مولدهای نیروگاه آبی کارون سه در استان خوزستان ۱۸۷/۵ rpm است. این مولد نیروگاهی چند قطب دارد؟

سرعت لغزش

در ماشین‌های القایی، سرعت حرکت رتور با سرعت میدان دوار اختلاف دارد و این اختلاف باعث القای جریان در مدار رتور می‌شود. مقدار این اختلاف سرعت حوزه دوار (N_s) با سرعت رتور (N_r) را سرعت لغزش می‌گویند و با Δn نشان می‌دهند.

$$\Delta n = N_s - N_r$$

لغزش

نسبت سرعت لغزش به سرعت سنکرون را لغزش یا ضریب لنگی می‌گویند و آن را با S نشان داده و بر حسب درصد بیان می‌کنند.

$$\%S = \frac{\Delta n}{N_s} \times 100 = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100$$

مثال



رتور موتور القایی چهار قطب در فرکانس 50 Hz با سرعت 1450 RPM می چرخد مطلوب است سرعت لغزش و لغزش این موتور القایی:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500\text{ RPM}$$

$$\Delta n = n_s - n_r = 1500 - 1450 = 50\text{ RPM}$$

$$S = \frac{\Delta n}{n_s} = \frac{50}{1500} = 0.033$$

$$0.033 \times 100 = 3\%$$

کار در کلاس



یک موتور القایی دو قطب در هر دقیقه 2850 دور می زند. لغزش موتور در فرکانس 50 هرتز شبکه، چند درصد است؟ در لغزش 8 درصد، سرعت رتور چند دور در دقیقه خواهد شد؟

کار در کلاس



یک موتور القایی شش قطب با فرکانس 50 هرتز، به شبکه متصل و در بار نامی، دارای لغزش 5 درصد است. سرعت حرکت رتور چقدر است؟

فیلم



فیلم مربوط به اساس کار موتورهای آسنکرون را مشاهده کنید.

اساس کار موتورهای آسنکرون

تصور کنید یک صفحه آلومینیومی قادر است حول محور خود گردش کند. این صفحه در داخل دو قطب مغناطیسی مطابق شکل ۴ قرار داده شده و قطبها به گردش درآورده می شوند. مشاهده می شود صفحه آلومینیومی نیز به دنبال قطبها، ولی با سرعتی کمتر از سرعت قطبها به گردش می آید.

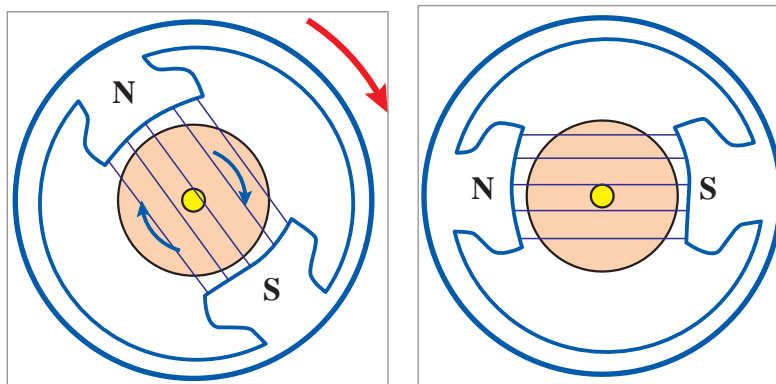
سرعت کم صفحه آلومینیومی باعث می شود تا صفحه آلومینیومی با تغییر شار مغناطیسی مواجه شده و در آن، جریان القا شود. جریان القا شده در صفحه آلومینیومی در میدان حوزه دوار گشتاور ایجاد نموده و صفحه، حول محور خود به گردش درمی آید. پس می توان نتیجه گرفت:

1 جریان داخل صفحه آلومینیومی از طریق القای مغناطیسی تأمین می شود و به همین دلیل این موتورها را، موتورهای القایی می گویند.

2 صفحه آلومینیومی لازم است اندکی از حوزه دوار عقب بیفتد تا با تغییر شار مواجه شده و در آن، جریان

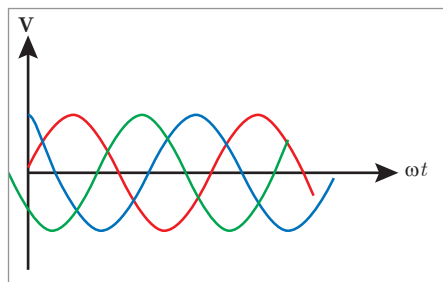
بودمان ۴: کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی

القا شود. بنابراین، سرعت صفحه آلومینیومی با سرعت حوزه دوار برابر نیست به این نوع موتورهای آسنکرون (غیرهم‌زمان) می‌گویند. (شکل ۴)



شکل ۴- صفحه آلومینیومی

در موتورهای صنعتی، جریان متناوب سه فاز به سه سیم پیچ سه فاز متصل می‌شود و یک حوزه دوار در سطح استاتور با سرعت سنکرون $\frac{\times 60}{\dots}$ به وجود می‌آید. این میدان مغناطیسی دوار مفتول‌های رتور را قطع کرده و در آنها جریان القا می‌کند و مفتول‌های جریان دار، در میدان دوار ایجاد گشتاور نموده و مجموعه رتور را حول محورش به گردش درمی‌آورند و رتور نیز با سرعت $N\%$ به گردش درمی‌آید (شکل ۵).



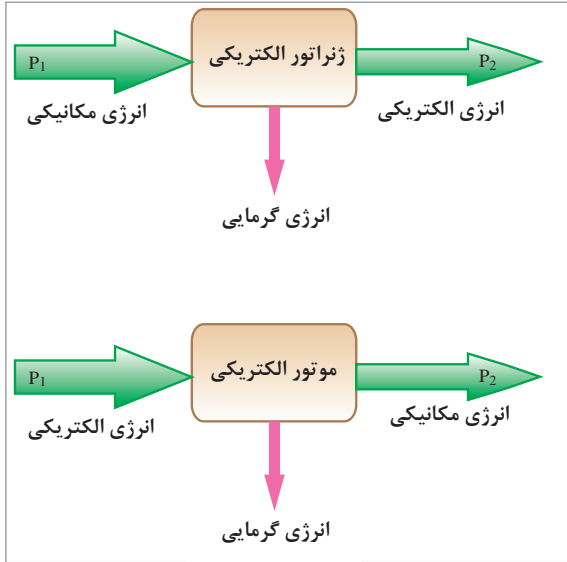
شکل ۵- حوزه دوار در سطح استاتور

فعالیت

تغییرات لغزش (S) و سرعت لغزش (Δn) به چه عاملی بستگی دارد؟



رفتار ژنراتوری ماشین القایی



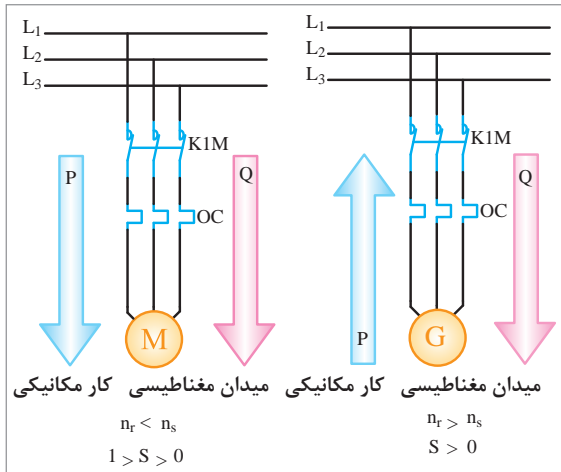
شکل ۶- نمایش ژنراتور و موتور الکتریکی از نقطه نظر انرژی

ماشین الکتریکی به عنوان موتور، انرژی الکتریکی را از طریق میدان مغناطیسی به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند. همچنین به ماشینی که انرژی مکانیکی را با کمک میدان مغناطیسی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند ژنراتور می‌گویند. بنابراین عملکرد ژنراتور دقیقاً عکس حالت موتور الکتریکی تعریف می‌شود. تعاریف ژنراتور و موتور به صورت طرح واره در شکل ۶ نشان داده شده‌اند.

ماشین القایی می‌تواند هم به صورت ژنراتور و هم به عنوان موتور استفاده شود. ماشین القایی در حالت موتوری از شبکه برق، توان اکتیو (P) و توان راکتیو (Q) را جذب می‌کند که توان اکتیو (P) را جهت غلبه بر بار مکانیکی به مصرف خروجی می‌رساند و البته بخشی از آن نیز تلف می‌شود. توان راکتیو را موتور القایی برای ایجاد میدان دوار مغناطیسی نیاز دارد.

در مورد توان اکتیو و راکتیو تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



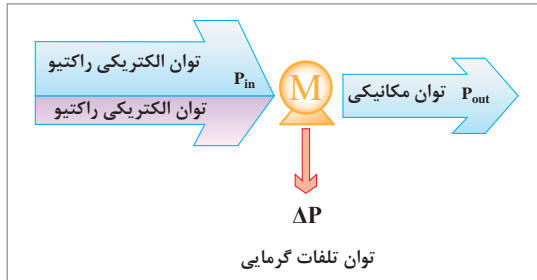
شکل ۷- موتور و ژنراتور القایی متصل به شبکه برق

شکل ۷ این واقعیت را نمایش می‌دهد. البته سمت انتقال توان اکتیو و راکتیو (P و Q) در موتورها از شبکه برق به طرف موتور می‌باشد. اما در حالتی که ماشین القایی به عنوان ژنراتور استفاده شود، قدرت مکانیکی (ورودی) به محور ماشین القایی مطابق شکل ۷ به صورت توان اکتیو (P) به شبکه برق تحویل می‌شود، البته به شرطی که توان راکتیو (Q) مورد نیاز ماشین تأمین شود.



در مورد چگونگی اتصال ژنراتور القایی به شبکه برق تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

تلفات و راندمان



شکل ۸- دیگرام توان در موتورهای القایی سه فاز

از آنجا که ماشین‌های القایی بیشتر به عنوان موتور استفاده می‌شوند، در این بخش تلفات و راندمان موتور القایی مورد بحث قرار می‌گیرد. موتور القایی توان الکتریکی را از شبکه دریافت می‌نماید و توان مکانیکی را به خروجی تحویل می‌دهد. نمودار دریافت توان الکتریکی و تحویل توان مکانیکی در شکل ۸ نشان داده شده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بخشی از توان دریافتی از شبکه برق، مطابق (شکل ۸)، توان راکتیو است. این بخش از توان برای تولید میدان دوار، وارد ماشین می‌شود و چون مجدداً به شبکه برمی‌گردد، در محاسبات تلفات و راندمان ماشین به حساب نمی‌آید. بخش دیگری از توان ورودی به موتور القایی، توان اکتیو است. این توان در موتورهای سه فاز از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$P_{in} = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$$

در این رابطه :

U_L : ولتاژ خط بر حسب ولت؛

I_L : جریان خط بر حسب آمپر؛

و $\cos \varphi$ ضریب قدرت موتور می‌باشد.

حداکثر توانی را که موتور می‌تواند به بار تحویل دهد، توان نامی موتور می‌نامند و آن را بر روی پلاک موتور درج می‌کنند، همچنین در برگه مشخصات فنی موتور نیز ارائه می‌گردد. راندمان: راندمان موتور القایی را مانند دیگر ماشین‌ها براساس نسبت توان خروجی به توان ورودی مطابق رابطه زیر می‌توان محاسبه نمود.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

بازده (راندمان) را می‌توان به صورت درصد یا نسبت به واحد هم می‌توان محاسبه کرد.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{\sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi}$$



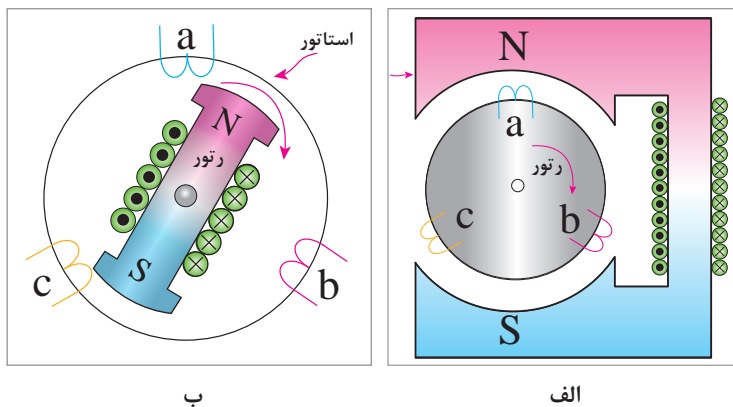
ماشین‌های سنکرون

ماشین سنکرون ماشینی است که سرعت رتور با سرعت میدان دوار آن برابر است. ماشین سنکرون به عنوان ژنراتور سنکرون به منظور تولید انرژی الکتریکی و یا موتور سنکرون قابل استفاده می‌باشد.

ژنراتور سنکرون سه فاز، به دو روش انرژی الکتریکی تولید می‌کند:

الف) به کمک میدان مغناطیسی ساکن: در این حالت، میدان مغناطیسی ساکن به وسیله سیم پیچ تحریک درون استاتور به وجود می‌آید و سه سیم پیچ مشابه با اختلاف فاز مکانی 120° روی رتور قرار داده می‌شود و در داخل میدان مغناطیسی ساکن استاتور چرخانده می‌شود. مطابق شکل (۹-الف).

ب) به کمک میدان مغناطیسی دوار: در این حالت، میدان مغناطیسی به وسیله سیم پیچ تحریک بر روی رتور به وجود می‌آید و با چرخش رتور میدان مغناطیسی دوار فراهم می‌شود و سیم پیچ مشابه، درون استاتور با اختلاف فاز مکانی 120° قرار داده می‌شود (مطابق شکل ۹-ب).



شکل ۹- روش‌های تولید انرژی الکتریکی در ژنراتورهای سنکرون سه فاز

در ماشین‌های سنکرون، سیم پیچ تولیدکننده میدان مغناطیسی را «سیم پیچ تحریک» و جریان عبوری از آن را «جریان تحریک» می‌گویند.

به چه دلایلی القاگر بودن رتور (چرخش میدان مغناطیسی توسط رتور) و دریافت انرژی الکتریکی از سیم پیچ‌های استاتور، مزیت بیشتری نسبت به حالت عکس آن دارد.

کار در کلاس

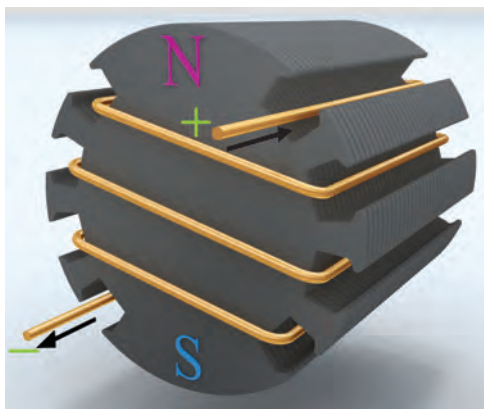


ساختار ژنراتورهای سنکرون

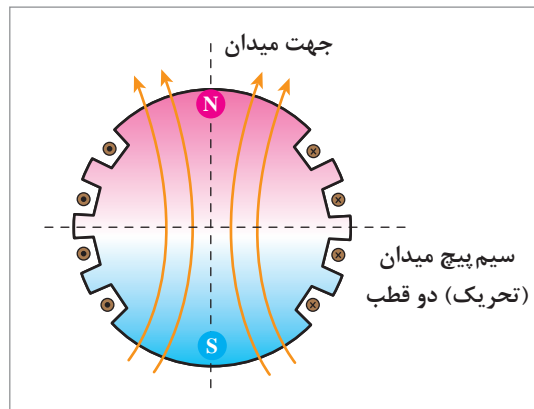
ژنراتورهای سنکرون از دو قسمت اصلی استاتور و رتور تشکیل شده‌اند.

استاتور: استاتور ژنراتور سنکرون شبیه استاتور ماشین‌های القایی است و به صورت سه فاز، سیم پیچی می‌شود که سیم پیچ‌های هر فاز نسبت به یکدیگر 120° الکتریکی اختلاف فاز مکانی دارند. به طور کلی اگر رتور این ژنراتور دو قطبی یک دور کامل بزند، بر روی سیم پیچ هر فاز، نیروی محرکه‌ای به شکل سینوسی القا خواهد شد.

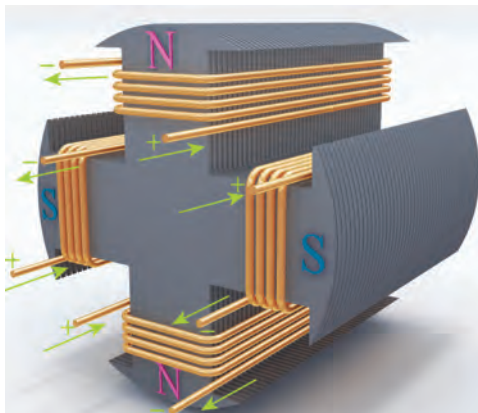
رتور: در رتور ژنراتور سنکرون با جاری شدن جریان در سیم پیچ تحریک، میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود تا با چرخش رتور، میدان دوار تولید شود. (شکل ۱۰-۱)، طرح واره ایجاد میدان مغناطیسی دوقطبی و چهار قطبی را با سیم پیچ‌های رتور ماشین سنکرون نشان می‌دهد. در رتور ماشین سنکرون برای داشتن هسته مغناطیسی، ورقه‌های آهنی سیلیس دار را روی هم قرار می‌دهند تا هسته مناسبی برای عبور میدان مغناطیسی ایجاد شود. سپس با قرار دادن سیم پیچ‌ها در این هسته و اتصال آنها به منبع جریان مستقیم، رتور ماشین، الکترومغناطیس می‌شود. اتصال سیم پیچ‌های میدان (تحریک) به منبع جریان مستقیم از طریق دو عدد رینگ و جاروبک صورت می‌گیرد.



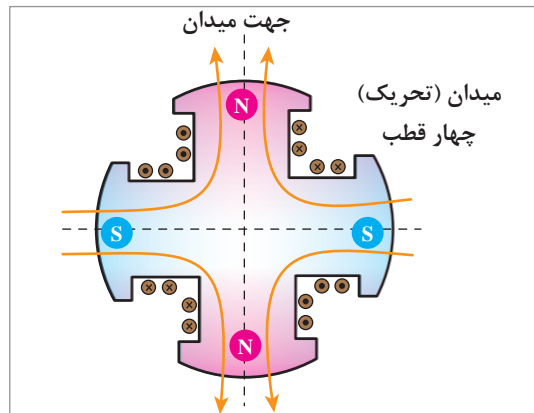
ب



الف



د



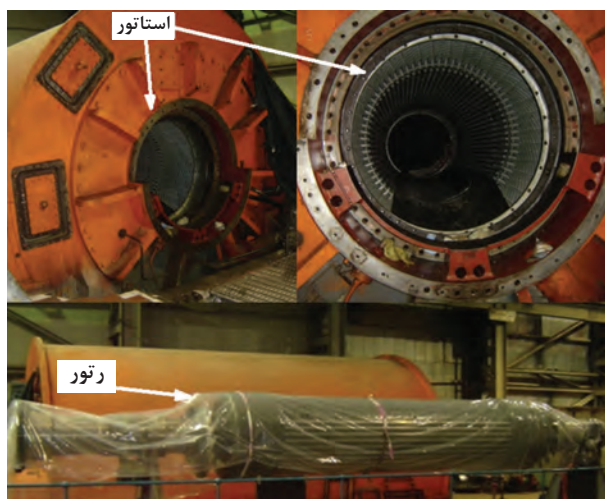
ج

شکل ۱۰-۱ طرح واره رتور دو قطبی و چهار قطبی ماشین سنکرون

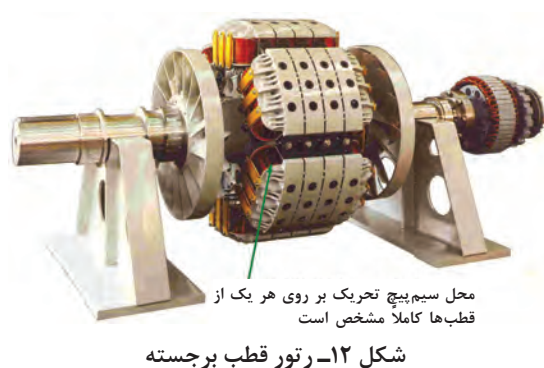
انواع رتور ماشین‌های سنکرون

الف) رتور با قطب صاف یا استوانه‌ای: این رتورها مانند (شکل ۱۰-۱ الف و ب) به صورت استوانه‌هایی ساخته می‌شوند و به آن، رتور با قطب صاف گفته می‌شود. غالباً رتورهای دو قطب به صورت قطب صاف ساخته می‌شوند. رتورهای با قطب صاف در ژنراتورهای با سرعت‌های زیاد استفاده می‌شوند. طول این رتورها نسبت به قطر آن بیشتر و متناسب با سرعت زیاد ساخته می‌شود. سیم پیچ‌های تحریک در سطح خارجی استوانه و

به موازات محور ماشین در داخل شیارهای رتور تعبیه شده و بر روی استوانه رتور قرار می‌گیرند. شکل ۱۱ تصویر استاتور و رتور یک توربو ژنراتور را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱- رتور و استاتور یک توربو ژنراتور



ب) رتور با قطب برجسته: رتور ژنراتورهای با تعداد قطب زیاد و سرعت کم معمولاً از نوع قطب برجسته هستند. طول این رتورها به نسبت قطر آن کمتر است و متناسب با سرعت‌های کم ساخته می‌شود. ساختمان رتور قطب برجسته و چگونگی قرارگیری سیم‌پیچ‌های تحریک بر روی آن در شکل ۱۲ نشان داده شده است. رتور ژنراتور نیروگاه‌های آبی و دیزل ژنراتورها این گونه ساخته می‌شوند.



در شکل ۱۳ رتور ژنراتور نیروگاه‌های آبی در حال قرارگیری در استاتور نشان داده شده است.

شکل ۱۳- رتور نیروگاه آبی سد شهید عباسپور در حال قرارگیری در استاتور

بودمان ۴: کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی

فرکانس ژنراتور سنکرون: فرکانس ولتاژ ژنراتور سنکرون به عوامل زیر بستگی دارد:

الف) تعداد قطب‌های سیم‌پیچی؛

ب) سرعت رتور.

در قسمت قبل، رابطه سرعت سنکرون ماشین‌های القایی بیان شد. در اینجا، رابطه برحسب فرکانس نوشته می‌شود:

$$n_s = \frac{60 \times f}{p}$$

$$f = \frac{n_s \times p}{120}$$

در این رابطه:

n_s سرعت گردش رتور ژنراتور سنکرون بر حسب دور در دقیقه (RPM)؛

P تعداد جفت قطب؛

f فرکانس بر حسب (Hz) می‌باشد.

مثال

رتور یک ژنراتور دو قطبی با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه بچرخد، در نتیجه، فرکانس ولتاژ تولید شده ۵۰ هرتز خواهد شد، یعنی:

$$f = \frac{n_s \times p}{120}$$

$$f = \frac{3000 \times 2}{120} = 50 \text{ Hz}$$

رابطه، همان رابطه سرعت سنکرون در ماشین‌های القایی است که در اینجا بر حسب فرکانس بیان شده است.

کار در کلاس

می‌خواهیم فرکانس ولتاژ ژنراتوری ۵۰ هرتز باشد:

الف) اگر رتور این ماشین چهار قطبی باشد، محور ژنراتور را با چه سرعتی بچرخانیم؟

ب) اگر سرعت رتور (محور ژنراتور)، ۷۵۰ RPM باشد، از ژنراتور چند قطبی باید استفاده کرد؟

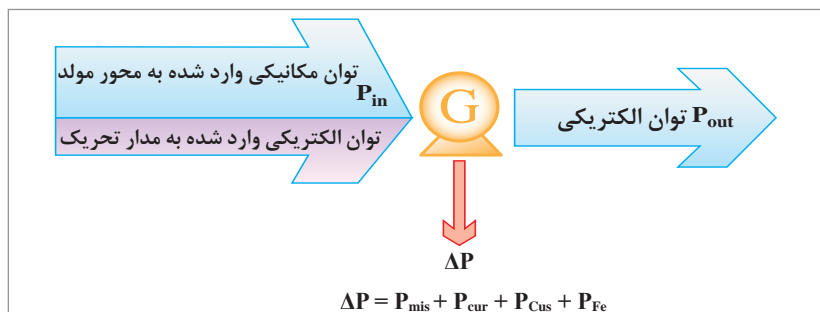
تلفات و راندمان در ژنراتورهای سنکرون

به دلیل تفاوت ساختمان ژنراتورهای سنکرون نسبت به دیگر ماشین‌ها (ژنراتورها)، لازم است در محاسبه راندمان بیشتر دقت شود. چرا که توان ورودی ژنراتور سنکرون از دو بخش تأمین می‌شود:

بخش اول، توان الکتریکی (DC) مربوط به مدار تحریک (P_{dc})؛

بخش دوم، توان مکانیکی (P_{mec}) ورودی.

برای آشنایی بیشتر به دیاگرام شکل ۱۴ توجه شود.



شکل ۱۴- دیاگرام توازن توان ژنراتور سنکرون

اگر توان ورودی و خروجی از رابطه‌های زیر به دست آید:

$$P_{in} = P_{mec} + P_{dc}$$

$$P_{out} = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$$

در این رابطه :

U_L : ولتاژ خط بر حسب ولت؛

I_L : جریان خط بر حسب آمپر

و $\cos \varphi$ ضریب قدرت شبکه می‌باشد.

با توجه به دیاگرام توان (شکل ۱۴) داریم :

$$\Delta P = P_{in} - P_{out}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \Rightarrow \eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \Delta P}$$

ΔP یا مجموع تلفات ژنراتور سنکرون، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta P = \Delta P_{mis} + \Delta P_{Cur} + \Delta P_{Cus} + \Delta P_{Fe}$$

در این رابطه :

ΔP_{mis} : تلفات مکانیکی رتور بر حسب وات؛

ΔP_{Cur} : تلفات مسی رتور بر حسب وات؛

ΔP_{Cus} : تلفات مسی استاتور بر حسب وات؛

و ΔP_{Fe} : تلفات آهنی ماشین بر حسب وات می‌باشد.

که ΔP_{Cur} و ΔP_{Cus} از رابطه‌های زیر به دست می‌آید:

$$\Delta P_{cur} = R_f I_f^2$$

$$\Delta P_{cus} = 3 R_s I_{ph}^2$$

پودمان ۴: کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی

که در رابطه‌های صفحه قبل
 R_f مقاومت تحریک بر حسب اهم؛
 I_f جریان تحریک بر حسب آمپر؛
 R_s مقاومت هر فاز سیم پیچ استاتور؛
 I_{ph} جریان عبوری از هر فاز سیم پیچ استاتور می‌باشد.

یک ژنراتور سنکرون ۴۰۰ ولت با اتصال ستاره، باری با جریان ۸۰ آمپر و ضریب قدرت ۰/۷ را تأمین می‌کند. اگر از تلفات مسی رتور صرف نظر کنیم و تلفات هسته، ۴۰۰ وات و تلفات مکانیکی، ۶۰۰ وات و مقاومت هر فاز استاتور ۰/۰۴ اهم باشد، راندمان ژنراتور را محاسبه کنید.

کار در کلاس



مزایای استفاده از چند ژنراتور سنکرون به جای یک ژنراتور بسیار بزرگ را بنویسید.

تحقیق کنید



ساختمان موتور سنکرون

ساختمان موتورهای سنکرون سه‌فاز مشابه ژنراتورهای سنکرون است البته تفاوت‌های جزئی بین آنها وجود دارد؛ به عنوان نمونه رتور موتورهای سنکرون غالباً از نوع قطب برجسته است. در صورتی که در ژنراتورها چنین نیست همچنین در ساختمان رتور موتورهای سنکرون از میله‌های قفس سنجابی استفاده می‌شود.

اصول کار موتور سنکرون

اگر سیم پیچ‌های سه‌فاز استاتور موتور سنکرون را به شبکه سه‌فاز متصل کنیم، مطابق آنچه که در موتورهای القایی گفته شد، میدان دوار با سرعت n_s طبق رابطه زیر در داخل موتور ایجاد می‌گردد.

$$n_s = \frac{60 \times f}{p}$$

به چه دلیل موتورهای سنکرون هنگام راه‌اندازی نیاز به یک راه‌انداز کمکی دارند؟

کار در کلاس



در مورد روش‌های راه‌اندازی موتور سنکرون تحقیق کنید و نتیجه را به صورت پرده‌نگار نمایش دهید.

تحقیق کنید



کاربرد موتور سنکرون

با توجه به جدول زیر و مقایسه ویژگی‌های دو موتور القایی (آسنکرون) و سنکرون، از موتور سنکرون می‌توان جهت اصلاح ضریب قدرت شبکه استفاده نمود. به همین علت به موتور سنکرون، خازن سنکرون هم می‌گویند. از دیگر کاربردهای این موتور استفاده از آن در بارهایی می‌باشد که نیاز به سرعت ثابت دارند. موتورهای سنکرون به دلیل پیچیدگی ساختمان در مقایسه با موتورهای القایی بسیار گران‌ترند، ولی استفاده از موتورهای سنکرون در توان‌های خیلی زیاد به صرفه‌تر است.

موتور سنکرون	موتور القایی (آسنکرون)
گشتاور راه اندازی ندارد (به یک سیستم راه‌اندازی نیاز دارد).	دارای گشتاور راه‌اندازی می‌باشد.
در تمام بارهای ممکن با سرعت سنکرون می‌چرخد.	سرعت آن با افزایش بارافت می‌کند و هرگز در سرعت سنکرون نمی‌چرخد.
به تحریک DC نیاز دارد.	به تحریک DC نیاز ندارد.
می‌تواند در ضریب قدرت‌های متفاوت پس فاز، یا پیش‌فاز و یا واحد کار کند.	ضریب قدرت این موتور همواره پس فاز است.
هم برای گردش بارهای مکانیکی و هم به‌عنوان اصلاح‌گر ضریب قدرت می‌تواند در شبکه استفاده شود.	برای گردش بارهای مکانیکی به کار گرفته می‌شود.

خلاقیت ایرانی، فاتح جنگ آب

حادثه عظیم دفاع مقدس پر از ماجراهای باشکوه و صحنه خلاقیت و ابتکار رزمندگان جوان ایرانی بود. یکی از این جنبه‌ها جنگ آب بود که در ابتدا نه ایران و نه عراق شناخت کاملی از آن نداشتند. به مرور و با تجربه عملیات مختلف، استفاده از موانع طبیعی از جمله دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، کانال‌های آب و باتلاق‌ها در دستور کار قرار گرفت. یکی از برتری‌های نظامی عراق استفاده از ادوات نظامی سنگین مانند تانک بود و باید با راهکاری این کمبود جبران می‌شد. به‌طور مثال با غرقاب ساختن منطقه وسیعی از زمین به منظور ایجاد مانع آبی گسترده و صعب‌العبور می‌توانست ماشین جنگی رژیم بعثی را از کار انداخت.

استفاده از پمپ‌های آب خاص می‌توانست یکی از ده‌ها راهکار جنگ آب باشد. در آن هنگام، بزرگ‌ترین



شهید داود جابری

پمپ‌های ساخت کشور از انواع سانتریفیوژ، توربینی و شناور بود که با شرایط متغیر و طبیعی مورد نیاز در صحنه‌های عملیات، منطبق نبود. پشتیبانی و مهندسی جنگ جهاد سازندگی پس از بررسی‌های فراوان و پس از عدم توانایی در ساخت کارخانه‌های پمپ‌سازی آن روز کشور، پمپ‌های خندق را طراحی کردند و آن را ساختند. شهید داوود جابری از چهره‌های شاخص در این طرح خلاقانه بود.

بودمان ۴: کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی

این نوع پمپ مخصوص حجم زیاد و ارتفاع کم بود. ظرفیت و بازده این پمپ در مقایسه با دستگاه پمپ برقی ساخت داخل، بسیار بالاتر بود به طوری که ظرفیت آن از ۱۲۵ لیتر در ثانیه به ۳۶۰ لیتر در ثانیه رسید و آزمایش‌ها نشان داد که بازده این پمپ ۸۶ درصد است. (در مقابل پمپ‌های قبلی که بازده آنها ۴۵ تا ۵۰ درصد بود).

موتورهای برقی ۳۰۰ تا ۴۵۰ کیلوولت آمپر برای این نوع پمپ استفاده شد و ظرفیتی باورنکردنی برای پمپاژ مقادیر عظیمی آب و راه‌اندازی رودخانه‌های بزرگ مصنوعی ایجاد شد. فناوری این پمپ، از نوع شعاعی و با پره‌های خاصی بود که آجر، شن و ماسه، گل‌ولای، تخته‌پاره و طناب‌های سرگردان در آب‌های منطقه عملیاتی را به راحتی پمپ می‌کرد.

هر پمپ می‌توانست دو لوله ۳۵ سانتی‌متری را با فشار تغذیه کند. قالب‌ها و نقشه‌های این پمپ، بعد از جنگ به کارخانه «پمپیران» در تبریز داده شد و این کارخانه، پمپ مزبور را تولید و روانه بازار ایران نمود. شکل ۱۵ و ۱۶ استفاده از این پمپ را در دفاع مقدس نشان می‌دهد.



شکل ۱۵ و ۱۶- استفاده از پمپ در دفاع مقدس

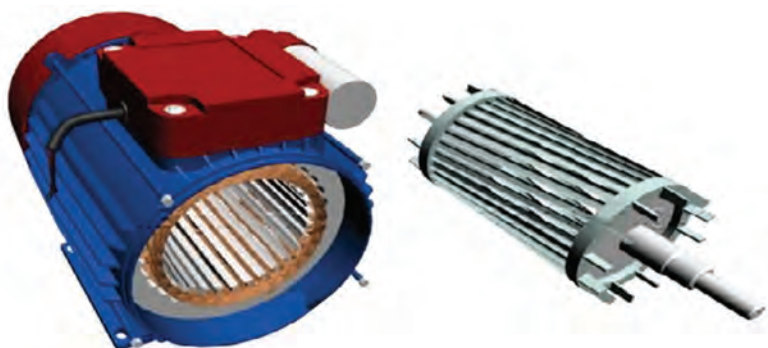
فیلم مربوط به موتورهای تک فاز را مشاهده کنید.

فیلم



موتورهای تک فاز

اصول کار موتور تک فاز اغلب براساس اصول القای جریان در رتور می‌باشد. میدان دوار مورد نیاز برای راه‌اندازی و چرخش از روش‌های مختلفی ساخته می‌شوند. دانش‌ناورها نیز همانند صنایع مختلف، موتورهای تک‌فاز کاربردهای فراوانی دارند از جمله برای پمپ‌های آب شیرین برخی از پمپ‌های تخلیه، پمپ‌های تهویه هوا و موارد متعدد دیگر از این موتورها استفاده می‌شود (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- رتور و استاتور موتور تک فاز



شکل ۱۸- رتور و استاتور موتور تک فاز

به طور کلی انواع موتورهای الکتریکی که در شبکه های برق تک فاز جریان متناوب استفاده می شوند، جزء ماشین های مخصوص به حساب می آیند.

از آنجا که موتورهای الکتریکی تک فاز بسیار متنوع هستند، لذا هر یک بنا بر ویژگی های خود در جایی کاربرد دارند. این موتورها معمولاً در قدرت های کم تا ۴ کیلو وات ساخته می شوند.

علاوه بر دسترسی ساده به برق تک فاز در هر مکان، سازندگان لوازم خانگی، دلیل اصلی استفاده از موتورهای الکتریکی تک فاز را قیمت ارزان و مشخصه گشتاور - دور خاص این موتورها می دانند (شکل ۱۸).

به طور کلی موتورهای تک فاز به سه دسته کلی تقسیم می شوند:

(الف) موتور القایی تک فاز؛

(ب) موتور یونیورسال؛

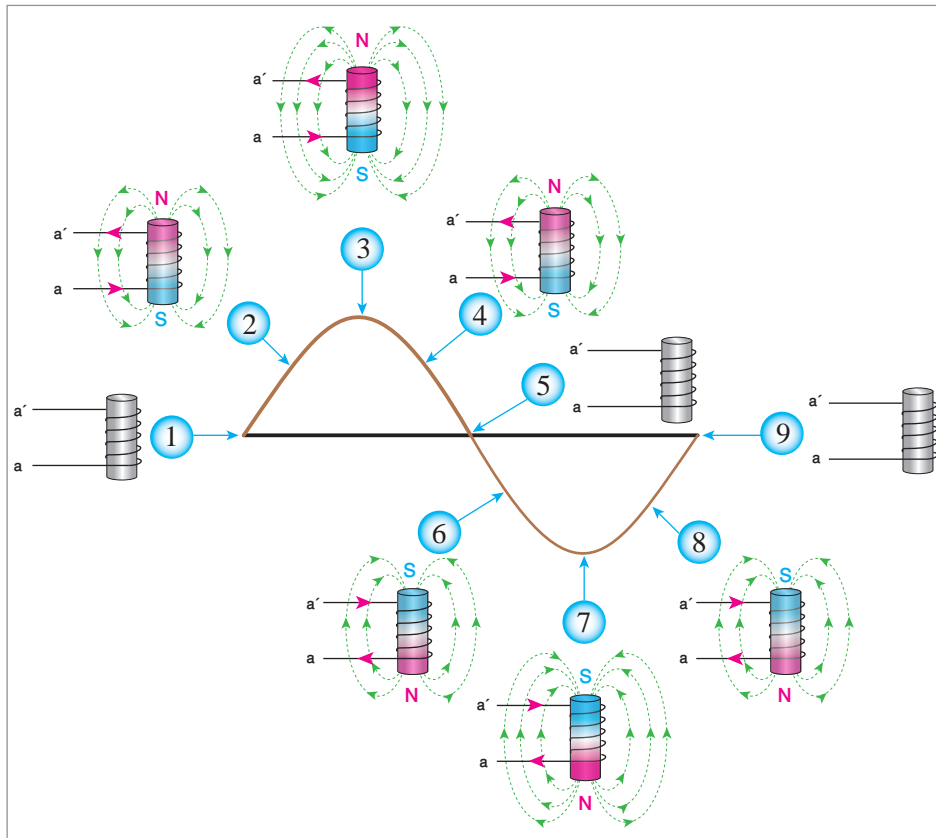
(ج) موتور سنکرون تک فاز.

موتورهای القایی تک فاز

به طور کلی عامل ایجاد چرخش در موتورهای القایی سه فاز، ایجاد میدان دوار در داخل استاتور می باشد. در صورتی که با عبور جریان AC تک فاز از یک سیم پیچ، میدان ضربانی ایجاد می شود.

برای ساختن موتور القایی تک فاز، باید بتوان با ابتکاری خاص، میدان دوار ایجاد نمود. هر چند طرح های ارائه شده در جهت ایجاد میدان دوار دارای نواقصی است، اما برای چرخش موتورهای با توان کم، کافی می باشد.

در واقع چگونگی القای ولتاژ در هادی های رتور و چرخش آن در موتورهای سه فاز و تک فاز شبیه یکدیگر است. از این رو به دلیل سادگی ساختمان موتورهای القایی تک فاز، رتور همه آنها را از نوع قفسه سنجابی می سازند (شکل ۱۹).

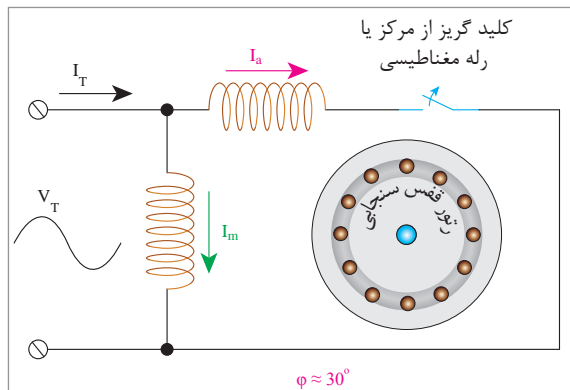


شکل ۱۹- ولتاژ و جریان تک‌فاز در یک سیم پیچ میدان ضربانی ایجاد می‌کند.

موتورهای تک‌فاز القایی براساس انتخاب المان ایجادکنندهٔ اختلاف فاز به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- موتورهای القایی تک‌فاز با فاز شکسته؛
- موتورهای القایی با خازن راه‌انداز؛
- موتور القایی با خازن دائم کار؛
- موتورهای القایی دو خازنی (خازن راه‌انداز و دائم کار)؛
- موتور القایی قطب چاک‌دار.

موتورهای القایی تک‌فاز با فازشکسته: در این موتورها برای ایجاد اختلاف فاز بین جریان سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز، نسبت مقاومت اهمی به القایی، سیم‌پیچ راه‌انداز را بیشتر از سیم‌پیچ اصلی اختیار می‌کنند. از آنجا که مقاومت اهمی سیم‌پیچ راه‌انداز زیاد می‌باشد، در صورت ادامه کار موتور، تلفات حرارتی در سیم‌پیچ راه‌انداز باعث افزایش دمای سیم‌پیچ و سوختن آن می‌شود. به همین خاطر باید پس از راه‌اندازی موتور و زمانی که سرعت آن حدوداً به ۷۵ درصد سرعت نامی رسید، سیم‌پیچ راه‌انداز از مدار خارج گردد. برای این کار در بعضی موتورها مانند موتور کولر آبی از کلید گریز از مرکز و در برخی دیگر مانند یخچال و فریزر از رلهٔ مغناطیسی استفاده می‌شود (شکل ۲۰).



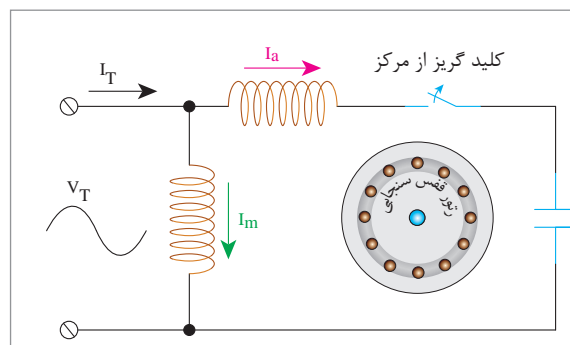
شکل ۲۰- موتور القایی تک فاز، فاز شکسته

در مورد کلید گریز از مرکز در موتورهای تک فاز تحقیق کرده و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید

موتورهای القایی با خازن راه انداز: شکل ۲۱ ایجاد اختلاف فاز جریان سیم پیچ اصلی و راه انداز را به کمک یک خازن سری شده با سیم پیچ راه انداز نشان می دهد. با محاسبه مقدار مناسب ظرفیت خازن می توان اختلاف زاویه بین دو جریان را در زمان راه اندازی به 90° رساند. در نتیجه، گشتاور راه اندازی چنین موتوری بسیار خوب می باشد. زیرا بیشترین مقدار گشتاور در موتور القایی تک فاز با ایجاد این زاویه به دست می آید. بعد از راه اندازی موتور، عبور جریان زیاد از خازن باعث سوختن آن می شود به همین خاطر باید خازن را توسط کلید گریز از مرکز از مدار خارج کرد.

موتورهای القایی با خازن راه انداز مشخصه راه اندازی خوبی داشته و به طور کلی در وسایلی همچون کمپرسورها، دستگاه های چند کاره نجاری و... کاربرد دارند.



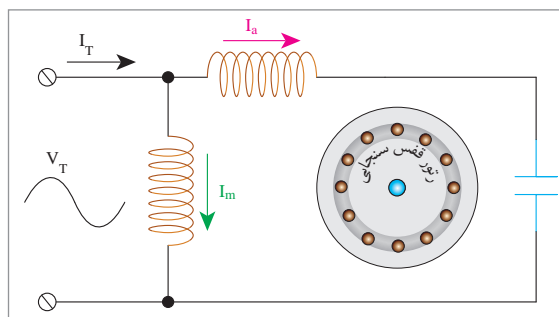
شکل ۲۱- موتور القایی با خازن راه انداز

دلیل استفاده از خازن راه انداز در موتورهای القایی با خازن راه انداز را بررسی کنید.

بحث کلاسی

پودمان ۴: کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی

موتور القایی با خازن دائم کار: اگر مطابق شکل ۲۲ خازن سری شده با سیم‌پیچ راه‌انداز طوری محاسبه گردد تا در موقع راه‌اندازی اختلاف فاز اندک ولی در زمان کار اختلاف فاز تقریباً 90° شود، می‌توان خازن را در مدار نگه داشت. در این صورت مقدار ظرفیت خازن دائم کار نسبت به خازن راه‌انداز کمتر است و در زمان



شکل ۲۲- موتور القایی با خازن دائم کار

راه‌اندازی جریان کمتری از آن عبور می‌کند. از طرفی چون خازن دائم کار باید مدت زمان بیشتری در مدار بماند، بنابراین، خازن الکترولیت برای آن مناسب نیست. لذا خازن این موتورها از نوع روغنی انتخاب می‌شود که قیمت آنها گران‌تر از خازن‌های الکترولیت است.

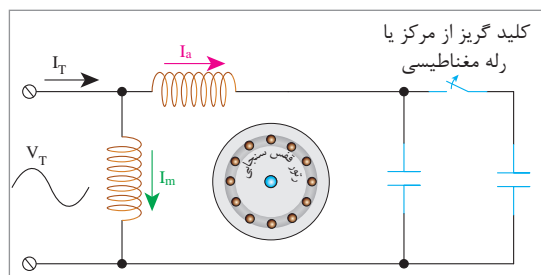
بازده (راندمان)، ضریب قدرت و گشتاور کار این موتورها در حالت کار، بسیار خوب است.

به چه دلایلی موتور القایی با خازن دائم کار را در وسایل خانگی استفاده می‌کنند؟

تحقیق کنید



موتورهای القایی دو خازنی (خازن راه‌انداز و دائم کار): اگر در موتور القایی از هر دو خازن دائم کار و راه‌انداز مطابق (شکل ۲۳) هم‌زمان استفاده شود، موتور را دوخازنی می‌گویند.



شکل ۲۳- موتور القایی دو خازنی (خازن راه‌انداز و دائم کار)

خازن راه‌انداز، از نوع الکترولیتی و با ظرفیت زیاد می‌باشد در حالی که خازن دائم کار از نوع روغنی و دارای ظرفیت کم است.

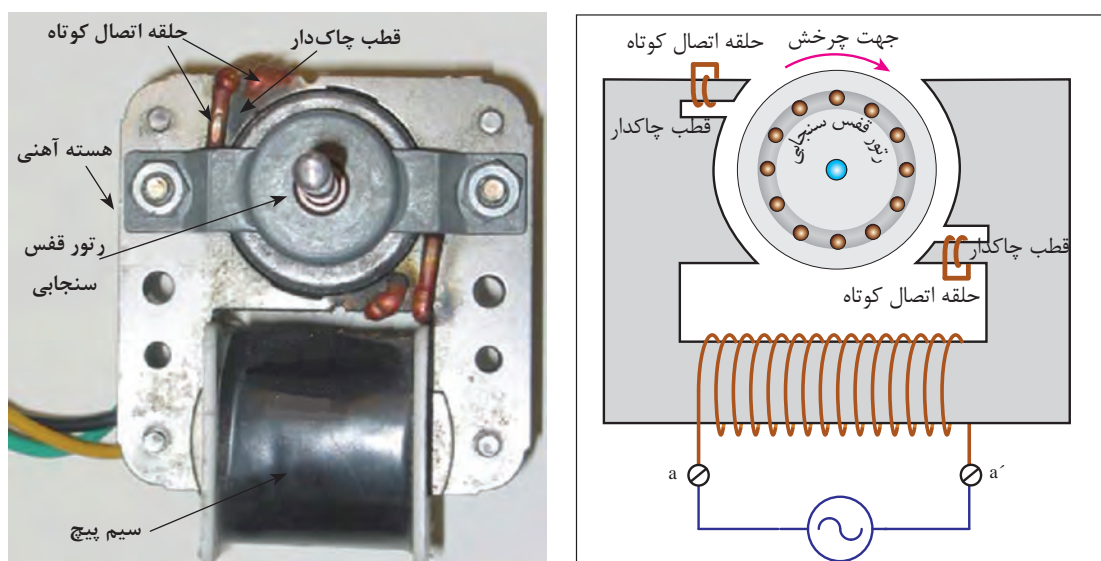
در ابتدای راه‌اندازی موتور، هر دو خازن با هم موازی بوده و با سیم‌پیچ راه‌انداز به‌طور سری در مدار قرار می‌گیرند ولی پس از رسیدن دور موتور به ۷۵ درصد دور نامی، به‌وسیلهٔ کلید گریز از مرکز خازن راه‌انداز از مدار خارج می‌شود و تنها خازن، روغنی در مدار باقی می‌ماند. به دلیل وجود این دو خازن، این نوع موتورها هم دارای مشخصهٔ گشتاور راه‌اندازی خوب می‌باشند و هم در زمان کار، آرام و بی‌صدا کار می‌کنند. در این موتورها، سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز، شبیه یکدیگر در نظر گرفته می‌شود.

این موتورها غالباً جزء موتورهای صنعتی محسوب می‌شوند و در وسایلی مانند ماشین لباسشویی صنعتی، یخچال‌های صنعتی، موتورهای بالابر و... کاربرد دارند.



در ابتدای راه اندازی موتورهای القایی دو خازنی، دو خازن به چه صورت در مدار قرار می گیرند؟

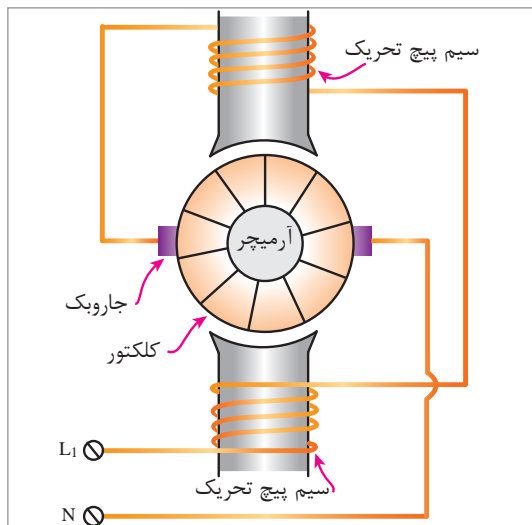
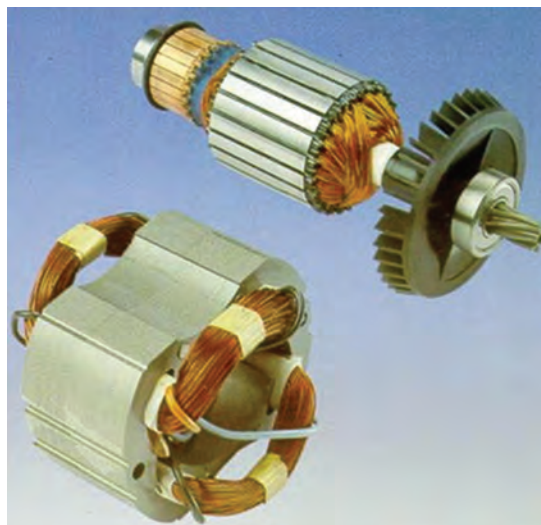
موتور القایی قطب چاک دار: اگر بر روی قطب های برجسته موتور، شیارهایی تعبیه گردد و یک یا چند حلقه هادی اتصال کوتاه شده مطابق شکل ۲۴ داخل آن قرار داده شود، در این صورت به این نوع موتور القایی، موتور قطب چاک دار می گویند. گشتاور راه اندازی و ضریب بهره این موتورها بسیار کم است و در توان های کمتر از ۱۵۰ وات ساخته می شوند. معمولاً مزیت اصلی این موتورها سادگی ساختمان آنها می باشد. پمپ آب کولر، فن های کوچک آشپزخانه و... وسایلی هستند که از این موتورها در ساخت آنها استفاده می شود.



شکل ۲۴- موتور القایی قطب چاک دار (به جهت چرخش و قطب ها توجه شود)

موتور یونیورسال

با تغییر جهت جریان آرمیچر، مقدار گشتاور یا نیروی وارد شده به محور منفی نمی شود. بنابراین جهت گشتاور، همواره مثبت بوده و عوض نمی گردد. از آنجایی که تغییر جهت جریان، تنها بر اساس تغییر پلاریته ولتاژ اعمالی بر موتور امکان پذیر است، بنابراین با اتصال منبع تغذیه جریان متناوب به موتور سری، این موتور با رفتار مشابهی که در جریان مستقیم دارد، می تواند استفاده شود. البته بدیهی است برای عملکرد بدون آسیب موتور، باید اندازه ولتاژ مؤثر منبع تغذیه متناوب، معادل مقدار ولتاژ منبع تغذیه جریان مستقیم باشد. از آنجا که این موتورها می توانند با هر دو نوع جریان متناوب و یا مستقیم کار کنند، موتورهای یونیورسال نامیده می شوند (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- شکل ظاهری موتور یونیورسال

در کدام یک از لوازم خانگی از موتور یونیورسال استفاده می‌شود؟

کار در کلاس



انواع موتورهای القایی تک‌فاز را از نظر ساختمان و کاربرد با یکدیگر مقایسه کرده و نتیجه را به صورت پرده‌نگار در کلاس ارائه نمایید.

تحقیق کنید



استفاده از موتورهای سه فاز در شبکه برق تک فاز

الکتروموتورهای سه فاز را می‌توان با جریان تک فاز راه‌اندازی نمود. در راه‌اندازی الکتروموتورهای سه فاز با جریان تک فاز، از یک خازن استفاده می‌کنند (در الکتروموتورهای با قدرت زیاد اغلب از دو خازن که به دلیل زیاد شدن ظرفیت، موازی بسته شده‌اند نیز استفاده می‌شود) که خازن، با سیم‌پیچی سری یا موازی می‌شود و جریان در شاخه‌ای که با آن سری شده است جلو افتاده و اختلاف فاز به وجود می‌آورد و باعث گردش موتور می‌شود. جهت گردش موتور بستگی به روش اتصال خازن دارد. قدرت الکتروموتور نیز به روش اتصال پلاک موتور (ستاره یا مثلث) و انتخاب نوع خازن (تعیین ظرفیت) بستگی دارد که معمولاً با انتخاب دقیق می‌توان حداکثر قدرت در حالت تک‌فاز را به ۷۰ تا ۷۵ درصد در حالت سه فاز رساند. مقدار ظرفیت خازن به ازای هر کیلو وات قدرت با ولتاژهای مختلف شبکه (طرز اتصال کلافها) به شرح زیر می‌باشد:

- شبکه ۱۱۰ ولتی ظرفیت خازن ۲۵۰ میکروفاراد؛
- شبکه ۲۲۰ ولتی ظرفیت خازن ۷۰ میکروفاراد؛
- شبکه ۳۸۰ ولتی ظرفیت خازن ۲۲ میکروفاراد.



دلیل اتصال ستاره در موتور سه فاز با ولتاژ ۲۲۰/۱۲۵ هنگام استفاده در شبکه برق تک فاز چیست؟

ارزشیابی

- ۱ آیا می توان با جریان مستقیم میدان دوار ایجاد کرد؟
- ۲ چرا در ماشین های القایی هر چقدر تعداد قطب ها بیشتر باشد سرعت میدان دوار کمتر می شود؟
- ۳ سرعت میدان دوار ماشین القایی 1000 RPM و فرکانس شبکه 50 Hz می باشد. تعداد قطب های ماشین را به دست آورید.
- ۴ سرعت چرخش رتور موتور القایی ۴ قطب در شبکه 50 Hz برابر با 1425 RPM می باشد لغزش آن را به اعشار و درصد محاسبه کنید.
- ۵ لغزش موتور القایی که محور آن با سرعت 2500 RPM می گردد برابر با $1/5$ - می باشد. سرعت میدان دوار آن چقدر است؟
- ۶ منظور از تلفات ثابت و متغیر در ماشین القایی چیست؟
- ۷ چرا در ماشین های القایی تلفات هسته و تلفات مکانیکی را در تمام مراحل کاری ثابت فرض می کنند؟
- ۸ یک ماشین القایی شش قطب، 60 Hz با سرعت 880 RPM می چرخد، به دست آورید:
الف) سرعت میدان دوار ب) سرعت لغزش ج) مقدار لغزش
- ۹ یک موتور القایی 400 ولت، در بار نامی 350 آمپر از شبکه دریافت می کند. چنانچه مجموع تلفات 20 کیلووات و ضریب قدرت آن $83/0$ باشد، به دست آورید:
الف) توان دریافتی از شبکه ب) توان خروجی ج) راندمان موتور
- ۱۰ چرا به موتورهای تک فاز AC نیاز داریم؟
- ۱۱ انواع موتورهای تک فاز القایی را نام برده و نحوه عملکرد آن را شرح دهید.
- ۱۲ در ابزارهای دستی از چه نوع موتور تک فازی استفاده می شود و چرا؟
- ۱۳ تفاوت های عملکردی موتور یونیورسال را در جریان DC و AC توضیح دهید.
- ۱۴ مقدار خازن مورد نیاز جهت راه اندازی یک موتور سه فاز $1/5 \text{ kW}$ به صورت تک فاز چقدر باید باشد؟

جدول ارزشیابی بررسی ماشین‌های الکتریکی

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	عنوان پودمان (فصل)
۳	<p>۱- ماشین‌های القایی سه فاز را تجزیه و تحلیل کند.</p> <p>۲- دیاگرام توان و تلفات را در ماشین‌ها تجزیه و تحلیل نماید.</p> <p>۳- ماشین‌های الکتریکی تک‌فاز را تجزیه و تحلیل کند.</p> <p>■ هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌ها را داشته باشد.</p>	بالاتر از حد انتظار	تجزیه و تحلیل ماشین‌های القایی سه فاز و تک‌فاز و کاربری آن‌ها	بررسی ماشین‌های الکتریکی	کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی
۲	<p>۱- ماشین‌های القایی سه فاز را تجزیه و تحلیل کند.</p> <p>۲- دیاگرام توان و تلفات را در ماشین‌ها تجزیه و تحلیل نماید.</p> <p>۳- ماشین‌های الکتریکی تک‌فاز را تجزیه و تحلیل کند.</p> <p>■ هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.</p>	در حد انتظار			
۱	<p>۱- ماشین‌های القایی سه فاز را تجزیه و تحلیل کند.</p> <p>۲- دیاگرام توان و تلفات را در ماشین‌ها تجزیه و تحلیل نماید.</p> <p>۳- ماشین‌های الکتریکی تک‌فاز را تجزیه و تحلیل کند.</p> <p>■ هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.</p>	پایین‌تر از حد انتظار			
					نمره مستمر از ۵
					نمره شایستگی پودمان از ۳
					نمره پودمان از ۲۰

ارزشیابی شایستگی کاربری ماشین‌های الکتریکی دریایی

۱- شرح کار:

- ماشین‌های القایی سه فاز را تجزیه و تحلیل کند.
- دیاگرام توان و تلفات را در ماشین‌ها تجزیه و تحلیل نماید.
- ماشین‌های الکتریکی تک‌فاز را تجزیه و تحلیل کند.

۲- استاندارد عملکرد

بررسی و تجزیه و تحلیل کردن ماشین‌های الکتریکی

۳- شاخص‌ها

تشریح کامل از ماشین‌های الکتریکی

۴- شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کلاس مناسب همراه پرده‌نگار باشد.

ابزار و تجهیزات:

۵- معیار شایستگی

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	ماشین‌های القایی سه فاز را تجزیه و تحلیل کند.	۲	
۲	دیاگرام توان و تلفات را در ماشین‌ها تجزیه و تحلیل نماید.	۱	
۳	ماشین‌های الکتریکی تک‌فاز را تجزیه و تحلیل کند.	۱	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشتی و توجهات زیست‌محیطی: ۱- رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛ ۲- دقت و تمرکز در اجرای کار؛ ۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر؛ ۴- اخلاق حرفه‌ای.	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.