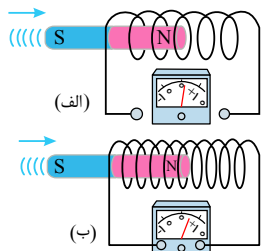


۱. دو سیملوله با حلقه‌های با مساحت یکسان ولی با تعداد دور متفاوت را مطابق شکل‌های زیر به ولت‌سنج حساسی وصل کرده‌ایم. دریافت خود را از این شکل‌ها بنویسید. (آهنرباها مشابه‌اند و با تندی یکسانی به طرف سیملوله‌ها حرکت می‌کنند.)

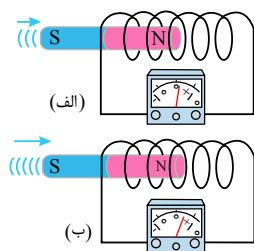


بر اساس قانون القای الکترومغناطیسی فارادی، نیرو محرکه القایی هم به N (تعداد دورهای سیم پیچ) و هم به آهنگ تغییر است. شار یعنی سرعت جلو و عقب بردن آهنربا وابسته است.

در شکل (الف) تعداد دورهای سیملوله کمتر از شکل (ب) است و با وجود آنکه $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ و یا به عبارتی سرعت حرکت آهنربا یکسان است.

$$\bar{\varepsilon}_1 < \bar{\varepsilon}_2 \text{ است چون } N_1 < N_2 \text{ است.}$$

۲. دو سیملوله مشابه را مطابق شکل‌های زیر به ولت‌سنج حساسی وصل کرده‌ایم. دریافت خود را از شکل‌های زیر بنویسید. (آهنرباها مشابه‌اند ولی با تندی متفاوتی به طرف سیملوله حرکت می‌کنند.)



طبق قانون القای الکترومغناطیسی فارادی $\bar{\varepsilon} \propto N$ یعنی نیرو محرکه القایی، متناسب با تعداد دور $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \propto \bar{\varepsilon}$ سیم پیچ و نیز متناسب با آهنگ تغییرات شار و یا به عبارتی سرعت جلو و عقب رفتن آهنربا است.

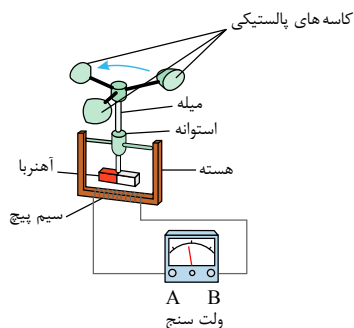
در این شکلهای تعداد دورهای سیملوله‌ها برابر است ولی چون تندی حرکت آهنربا در شکل (ب) بیشتر است $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ در حالت (الف) بیشتر است پس $\bar{\varepsilon}_{(الف)} > \bar{\varepsilon}_{(ب)}$ می‌باشد.

۳. شکل داده شده ساختمان یک بادسنج را روی بام خانه نصب کنیم، به هنگام وزیدن باد میله آن می‌چرخد و ولت‌سنج عددی را نشان می‌دهد.

(الف) چرا چرخش میله سبب انحراف عقربه ولت‌سنج می‌شود؟

(ب) آیا با افزایش تندی باد، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد تغییر می‌کند؟ چرا؟

(پ) برای بهبود و افزایش دقت کار دستگاه دو پیشنهاد ارائه دهید.



(الف) هنگامیکه باد می‌وزد و کاسه‌های پلاستیکی می‌چرخند یک آهنربا در مجاورت یک سیملوله که روی هسته آهنی پیچیده شده است شروع به چرخش می‌کند و شار مغناطیسی عبور کننده از این سیملوله با زمان تغییر می‌کند و طبق قانون القای الکترومغناطیسی فارادی

یعنی $\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ در سیملوله نیرو محرکه القا می‌شود و عقربه ولت‌سنج منحرف می‌شود.

(ب) بله. با افزایش تندی باد سرعت چرخش آهنربا و در نتیجه $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ افزایش می‌یابد پس ε زیاد شده عقربه بیشتر منحرف می‌شود.

پ) برای بهبود کارایی و دقت دستگاه می‌توان: (۱) تعداد دورهای سیم پیچ را افزایش داد تا ε بزرگتر شود، (۲) می‌توان از ولت‌سنج حساس‌تری استفاده کرد. (۳) می‌توان بجای یک آهنربا از دو آهنربای عمود بر هم استفاده کرد و یا از یک آهنربای قوی‌تر استفاده کرد.

۴. سطح حلقه‌های پیچیده‌ای که دارای ۱۰۰۰ حلقه است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی که اندازه آن 0.4 T و جهت آن از راست به چپ است، قرار دارد. میدان مغناطیسی در مدت 0.1 s تغییر می‌کند و به 0.4 T در خلاف جهت اولیه می‌رسد. اگر سطح هر حلقه پیچیده 5 cm^2 باشد، اندازه نیروی محرکه القایی متوسط در پیچ را حساب کنید. باید توجه کرد که جهت میدان مغناطیسی تغییر کرده است پس در $\Delta\varphi$ باید اول θ را صفر و بار دوم 180° در نظر گرفت یعنی:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{B \cdot A \cdot (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)}{\Delta t} \right|$$

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -1000 \times \frac{(0.4) \times (5 \times 10^{-4}) \times ((-1) - 1)}{0.1} \right| \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = 40\text{ V}$$

توضیح این نکته ضروری است که در رابطه $\varphi = BA \cos\theta$ ، هر یک از کمیت‌های A ، B و θ می‌تواند تغییر کنند بنابراین گاهی $\Delta\varphi = B \cdot \Delta A \cdot \cos\theta$ خواهد بود به شرطی که میدان مغناطیسی تغییر نکند، گاهی A عوض می‌شود پس $\Delta\varphi = BA \cos\theta$ می‌شود و گاهی θ عوض می‌شود و خواهیم داشت:

$$\Delta\varphi = BA(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$$

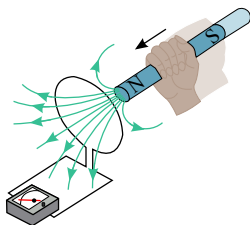
۵. مساحت هر حلقه پیچیده‌ای 3 cm^2 و پیچ متشکل از ۱۰۰۰ حلقه است. در ابتدا سطح پیچ‌ها بر میدان مغناطیسی زمین عمود است. اگر در مدت 0.2 s پیچ بچرخد و سطح حلقه‌ها موازی میدان مغناطیسی زمین شود، نیروی محرکه متوسط القایی در آن چقدر است؟ اندازه میدان زمین را 50 G در نظر بگیرید.

در ابتدا که سطح پیچ بر میدان مغناطیسی زمین عمود است زاویه بین بردار عمود بر سطح هم جهت با خطوط میدان مغناطیسی است یعنی $\theta_1 = 0^\circ$ است و در حالت دوم که سطح حلقه‌ها موازی میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد $\theta_2 = 90^\circ$ خواهد شد به این ترتیب داریم:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -N \frac{BA(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)}{\Delta t}$$

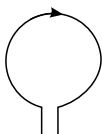
$$\Rightarrow \bar{\varepsilon} = -1000 \times \frac{(0.5 \times 10^{-4})(30 \times 10^{-4})(0 - 1)}{0.2} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = 7.5 \times 10^{-5} \times 10^{-8} = 7.5\text{ mV}$$

۶. قطب N یک آهنربا را مطابق شکل روبه‌رو به یک حلقه رسانا نزدیک می‌کنیم. جهت جریان القایی را در حلقه مشخص کنید.

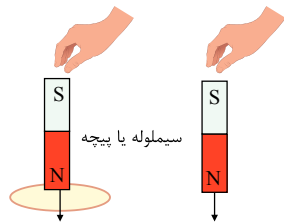


راه بسیار ساده‌ای برای این نوع مسأله وجود دارد و آن اینست که به مفهوم قانون لنز دقت کنیم. طبق قانون لنز جهت جریان القایی در پیچ به گونه‌ای است که با چگونگی تغییرات بوجود آمده در شار گذرنده از پیچ مخالفت کند.

در شکل قطب N آهنربا به پیچ نزدیک شده است پس باید پیچ به آهنربایی تبدیل شود که قطب N آن در سمت راست یعنی سمت آهنربای در حال نزدیک شدن قرار گیرد تا از جلو آمدن قطب N آهنربا جلوگیری کند. به این ترتیب جهت جریان القایی در حلقه ساعتگرد خواهد بود.

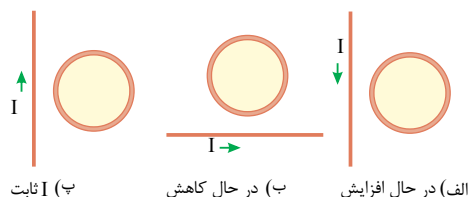


۷. دو آهنربای میله‌ای مشابه را مطابق شکل، به طور قائم از ارتفاع معینی نزدیک سطح زمین رها می‌کنیم به طوری که یکی از آنها از حلقهٔ رسانایی عبور می‌کند. اگر زمین در محل برخورد آهنرباها نرم باشد، مقدار فرورفتگی آهنرباها را در زمین با یکدیگر مقایسه کنید. (تأثیر میدان مغناطیسی زمین روی آهنرباها را نادیده بگیرید.)



وقتی قطب N آهنربا به حلقه نزدیک می‌شود حلقه با جلو آمدن آن مخالفت می‌کند یعنی جهت جریان در سیم جلویی حلقه به سمت راست است و وقتی آهنربا از حلقه رد شده و S آن در حال دور شدن از پیچه شد، آهنربا با S را به سمت خود می‌کشد که با دور شدنش مخالفت کند پس N حلقه پایین می‌افتد یعنی جهت جریان در قسمت جلویی حلقه به سمت چپ خواهد شد و در هر صورت از سرعت سقوط آهنربا کاسته شده و فرورفتگی کمتری در سطح زمین ایجاد می‌شود تا سقوط آزاد آهنربا.

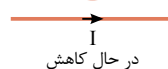
۸. جهت جریان القایی را در هر یک از حلقه‌های رسانای نشان داده شده در شکل‌های زیر تعیین کنید.



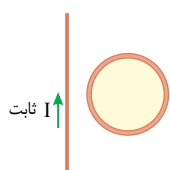
(الف) در این شکل میدان مغناطیسی ناشی از سیم در محل حلقه برون‌سویی می‌باشد که در حال افزایش است پس جهت جریان القایی باید طوری باشد که با افزایش این میدان برون‌سو مخالف باشد یعنی باید میدان درون‌سو درون حلقه ایجاد کند یعنی جریان حلقه باید ساعتگرد باشد.



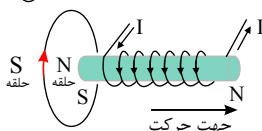
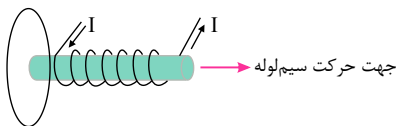
(ب) میدان ناشی از سیم درون حلقه برون‌سوی در حال کاهش است. پس باید جریان حلقه پاد ساعتگرد باشد یا میدان برون‌سو ایجاد کند که با کاهش میدان برون‌سوی سیم مخالفت کرده باشد.



(پ) چون جریان ثابت است اگر چه میدان ناشی از سیم در محل حلقه درون‌سو است ولی چون تغییراتی ندارد جریان القایی در حلقه نداریم.



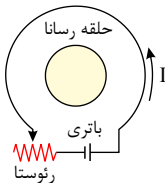
۹. شکل زیر سیملوله حامل جریانی را نشان می‌دهد که در حال دور شدن از یک حلقهٔ رساناست. جهت جریان القایی را در حلقه با ذکر دلیل تعیین کنید.



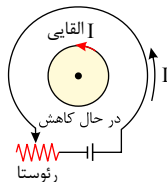
همانگونه که در شکل نشان داده شده است طبق قانون دست راست قطب S آهنربای ناشی از عبور جریان از سیملوله در سمت چپ آن قرار گرفته و این قطب S در حال دور شدن از حلقه است.

بنابراین طبق قانون لنز جریان القایی حلقه مانع باید به گونه‌ای باشد که سمت راست حلقه N ایجاد شود تا مانع از دور شدن S سیملوله گردد پس جریان در بخش بیرونی حلقه رو به بالا خواهد بود.

۱۰. اگر در مدار شکل زیر مقاومت رتوستا افزایش یابد، جریان القایی در حلقه رسانای داخلی در چه جهتی ایجاد می‌شود؟

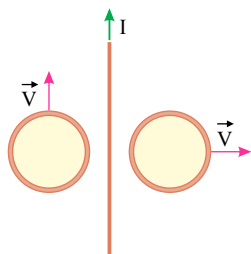


طبق قانون دست راست جهت میدان مغناطیسی ناشی از عبور جریان از حلقه بیرونی (مدار الکتریکی) بصورت برون‌سو است که چون رتوستا افزایش یافته و جریان الکتریکی کاهش می‌یابد، این میدان برون‌سو در حال کاهش است.



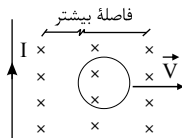
پس جهت جریان القایی باید پاد ساعتگرد باشد تا میدان مغناطیسی برون‌سو ایجاد کند که با کاهش میدان برون‌سوی مدار مخالفت کرده باشد.

۱۱. دو حلقه رسانا در نزدیکی یک سیم دراز حامل جریان ثابت I قرار دارند؛ این دو حلقه با تندی یکسان، ولی در جهت‌های متفاوت مطابق شکل زیر حرکت می‌کنند. جهت جریان القایی را در هر حلقه با ذکر دلیل تعیین کنید.



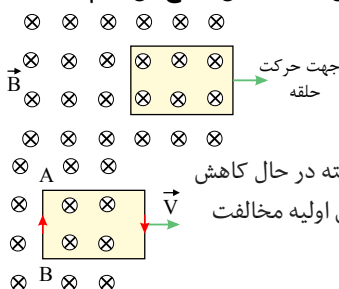
حلقه سمت چپ سیم به موازات سیم حامل جریان در حرکت است بنابراین فاصله آن با سیم تغییر نمی‌کند و به این ترتیب شار مغناطیسی گذرنده از این حلقه نیز ثابت می‌ماند پس جریانی در آن القا نمی‌شود.

برای حلقه سمت راست:



میدان مغناطیسی ناشی از سیم حاصل جریان در محل حلقه درون‌سو است و با دور شدن آن از سیم میدان مغناطیسی درون‌سو در حال کاهش خواهد بود پس باید جریان الکتریکی القایی ساعتگرد در حلقه ایجاد شود تا با ایجاد میدان مغناطیسی درون‌سو با کاهش میدان درون‌سوی اولیه مخالفت شده باشد.

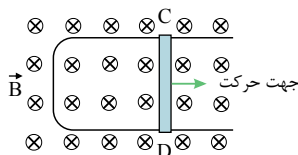
۱۲. حلقه رسانای مستطیل شکلی را مطابق شکل زیر به طرف راست می‌کشیم و از میدان مغناطیسی درون‌سویی خارج می‌کنیم. جهت جریان القایی در حلقه در چه جهتی است؟



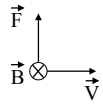
با حرکت حلقه به سمت راست، حلقه کم از میدان خارج می‌شود پس شار درون‌سویی که از آن می‌گذشته در حال کاهش است پس باید جهت جریان القایی ساعتگرد باشد تا میدان درون‌سوی ایجاد شده با کاهش میدان درون‌سوی اولیه مخالفت کرده باشد.

راه دوم: اگر بارهای مثبت درون قطعه سیم AB را در نظر بگیریم می‌توانیم بگوئیم طبق قانون دست راست جهت سرعت این بارها به سمت راست و میدان درون‌سو است پس جهت نیروی وارد شده به بارهای مثبت درون سیم AB به سمت بالا خواهد بود یعنی در قطعه سیم AB جهت جریان از B به A در مسیر کوتاهتر (یعنی رو به بالا) خواهد شد که نتیجه‌اش همان جریان ساعتگرد است.

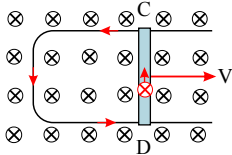
۱۳. شکل زیر رسانای U شکلی را درون میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ که عمود بر صفحه شکل و رو به داخل صفحه است نشان می‌دهد. وقتی میله فلزی CD به طرف راست حرکت کند، جهت جریان القایی در مدار در چه جهتی است؟



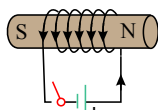
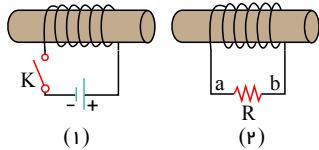
راه اول: شار درون‌سوی عبوری از حلقه با افزایش مساحت آن، در حال افزایش است پس باید جهت جریان حلقه پاد ساعتگرد باشد (جهت جریان در مسیر کوتاهتر از D به C خواهد بود) تا با ایجاد میدان برون‌سو با افزایش درون‌سو مخالفت کند.



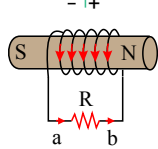
راه دوم: بارهای مثبت داخل میله CD به سمت راست حرکت می‌کنند و میدان هم درون سو است پس طبق قانون دست راست جهت نیروی وارد شد به بارهای مثبت درون سیم CD از D به C خواهد بود یعنی جریان در این میله از D به C خواهد شد یعنی در کل حلقه پاد ساعتگرد می‌باشد.



۱۴. در مدار نشان داده شده در شکل زیر، جهت جریان القایی را در مقاومت R در هر یک از دو حالت زیر با ذکر دلیل پیدا کنید:
(الف) در لحظه بستن کلید، (ب) در لحظه باز کردن کلید K .

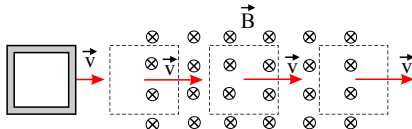


(الف) در لحظه بستن کلید K سمت راست سیملوله (۱) می‌خواهد تبدیل به قطب N شود پس باید سمت چپ سیملوله (۲) مخالفت کند یعنی باید قطب N را در سمت چپ خود ایجاد کند پس جریان باید از b به a (در مسیر کوتاه‌تر) باشد.



(ب) هنگامیکه کلید باز می‌شود جریان رو به قطع شدن می‌رود یعنی N در آهنربای (۱) در حال کاهش خواهد بود پس باید سمت چپ سیملوله (۲) قطب S شود تا مخالفت کند پس باید جهت جریان در حلقه‌های سیملوله رو به پایین باشد یعنی در مسیر کوتاه‌تر از a به b خواهد بود.

۱۵. حلقه رسانی مربعی شکل، به طول ضلع ۱۰ cm وارد میدان مغناطیسی درون سویی به اندازه ۲ mT و سپس از آن خارج می‌شود.
(الف) در کدام مرحله شار عبوری از حلقه بیشینه است؟ مقدار شار گذرنده از حلقه در این حالت چقدر است؟
(ب) در کدام وضعیت (ها) شار گذرنده از حلقه تغییر می‌کند؟ جهت جریان القایی را در حلقه تعیین کنید.



(الف) در مرحله دوم بیشتر است. مرحله اول ورود حلقه به میدان است و مرحله سوم خروج حلقه از میدان. ولی در مرحله دوم تمام حلقه در میدان است و شار عبوری ثابت ولی ماکزیمم است.

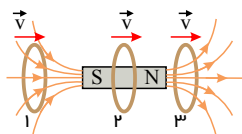
$$\varphi = BA \cos \theta$$

$$\varphi_{\text{max}} = BA$$

(ب) در مرحله اول و سوم شار عبوری از حلقه تغییر می‌کند.

مرحله اول	مرحله سوم
مرحله اول: شار درون سو در حال افزایش است و با جریان القایی پاد ساعتگرد شاری برون سو برای مخالفت ایجاد خواهد شد.	مرحله سوم: شار درون سو در حال کاهش است پس با جریان القایی ساعتگرد شاری درون سو ایجاد می‌شود تا با تغییرات مخالفت کند.

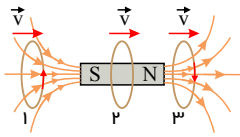
۱۶. حلقه رسانی به طرف یک آهنربای میله‌ای حرکت می‌کند. شکل زیر، حلقه را در سه وضعیت نسبت به آهنربا نشان می‌دهد. جهت جریان القایی را در حلقه برای هر وضعیت به طور جداگانه تعیین کنید.



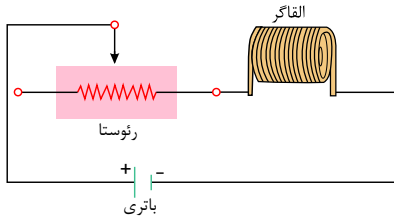
در حلقه (۱) جریان رو به بالاست چون با نزدیک کردن حلقه به S آهنربا شار چپ به راست در حال افزایش است و باید با ایجاد شار راست به چپ با آن مخالفت شود. (یا به عبارتی باید حلقه (۱) سمت راست آن بیفتد)

در حلقه (۲) شار از چپ به راست و ثابت است پس جریان القایی نداریم.

در حلقه (۳) جهت جریان القایی رو به پایین است چون شار چپ به راست در حال کاهش است، پس باید با جریانی رو به پایین شاری چپ به راست تولید شود (یا به عبارتی S حلقه باید سمت چپ آن قرار گیرد)



۱۷. شکل زیر مداری را نشان می‌دهد؛ شامل یک القاگر (سیملوله)، باتری، رئوستا و آمپرسنج که به طور متوالی به یکدیگر بسته شده‌اند. اگر بخواهیم بدون تغییر ولتاژ باتری، انرژی ذخیره شده در القاگر را زیاد کنیم چه راهی پیشنهاد می‌کنید؟



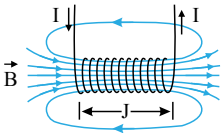
بر اساس رابطه $U = \frac{1}{2}LI^2$ انرژی ذخیره شده در القاگر وابسته به جریان عبوری از سیملوله و نیز به ضریب خود القای آن می‌باشد.

بنابراین با کم کردن مقاومت رئوستا می‌توان جریان عبوری از القاگر را افزایش داد و به این ترتیب U زیاد می‌شود و البته می‌توان برای افزایش L القاگر یک هسته آهنی وارد آن کرد و به این ترتیب با افزایش L ، انرژی ذخیره شده در آن نیز افزایش خواهد یافت.

۱۸. مساحت هر حلقه و طول سیملوله شکل زیر به ترتیب 20 cm^2 و 80 cm است. اگر این سیملوله ۱۰۰۰ حلقه نزدیک به هم تشکیل شده باشد،

الف) ضریب خودالقایی آن را پیدا کنید.

ب) چه جریانی از سیملوله بگذرد تا در میدان مغناطیسی آن 0.4 mJ انرژی ذخیره شود؟



الف) در حالت کلی برای ضریب خود القاگر داریم: $L = \frac{KA\mu_0 \cdot N^2}{\ell}$

که K در آن ضریب مربوط به هسته آهنی که در این کتاب فقط سیملوله‌های بدون هسته آهنی بررسی شده پس $K = 1$ فرض شده است:

$$L = \frac{A\mu_0 \cdot N^2}{\ell} = \frac{(20 \times 10^{-4})(4\pi \times 10^{-7}) \times (1000)^2}{0.8} = 3.14 \times 10^{-3} \text{ H}$$

ب)

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow 0.4 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times 3.14 \times 10^{-3} I^2 \Rightarrow I^2 = 0.25 \Rightarrow I = 0.5 \text{ A}$$

۱۹. جریان متناوبی که بیشینه آن 2 A و دوره آن 0.02 s است، از یک رسانای اهمی می‌گذرد.

الف) اولین لحظه‌ای که در آن جریان بیشینه است چه لحظه‌ای است؟ در این لحظه نیروی محرکه القایی چقدر است؟

ب) در لحظه $t = \frac{1}{400}\text{ s}$ ، جریان چقدر است؟

$$T = 0.02, I_{\text{max}} = 2 \text{ A}$$

الف)

$$I = I_{\text{max}} \sin \frac{2\pi}{T} t$$

$$I = 2 \sin \frac{2\pi}{0.02} t = 2 \sin 100\pi t$$

برای آنکه جریان بیشینه باشد $\sin 100\pi t$ باید ۱ باشد پس زاویه باید $\frac{\pi}{2}$ باشد یعنی:

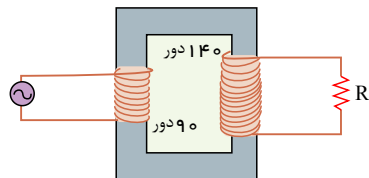
$$100\pi t = \frac{\pi}{2} \Rightarrow t = \frac{1}{200} \text{ s}$$

$$\varepsilon_m = I_m \cdot R = 2 \times 5 = 10 \text{ V}$$

در این لحظه داریم:

(ب)

$$I = 2 \sin 100\pi t \xrightarrow{t = \frac{1}{400}} I = 2 \sin 100\pi \times \frac{1}{400} \Rightarrow I = 2 \sin \frac{\pi}{4} = \sqrt{2} A$$

 ۲۰. در مبدل آرمانی شکل زیر، اگر بیشینه ولتاژ دوسر مقاومت R برابر $70V$ باشد، بیشینه ولتاژ مولد چقدر است؟

 در یک مبدل رابطه $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$ صدق می‌کند بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{V_R}{V_{\text{مولد}}} = \frac{N_{\text{ثانیه}}}{N_{\text{اولیه}}} \Rightarrow \frac{V}{V_{\text{مولد}}} = \frac{140}{90} \Rightarrow \frac{1}{V_{\text{مولد}}} = \frac{20}{90} \Rightarrow V = 45V$$