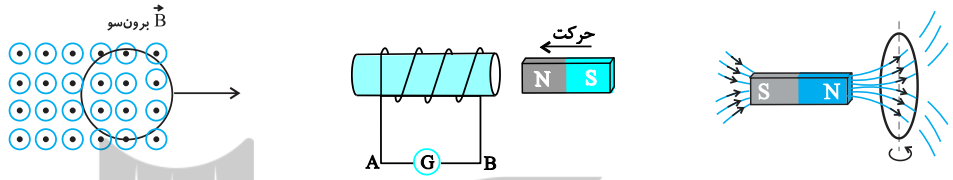
بروزترین و برترین
سایت کنکوری کشور
WWW.KONKUR.INFO
Konkur.info
https://konkur.info

پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی و قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی

یک مدار بسته (حلقه- پیچه- سیملوله) را در مقابل یک میدان مغناطیسی تصور کنید که خطوط میدان مغناطیسی از درون مدار عبور می‌کند. حال اگر به هر طریقی موقعیت مدار را نسبت به خطوط میدان عوض کنید به‌طوری که خطوط میدان مغناطیسی گذرنده از آن تغییر کند (کاهش یا افزایش یابد) جریان الکتریکی در مدار برقرار خواهد شد، مانند دور و نزدیک کردن یک قطب آهن‌ربای تیغه‌ای به دهانهٔ یک حلقه یا سیملوله، تغییر مساحت مدار، چرخاندن مدار و از این دست تغییرات.



شار مغناطیسی

تعریف شار مغناطیسی (Φ): اگر حلقه یا قاب مسطحی به مساحت A در مقابل میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ به گونه‌ای قرار گیرد که جهت خطوط میدان با نیم‌خط عمود بر سطح زاویهٔ θ بسازد، طبق تعریف، شار مغناطیسی گذرنده از سطح برابر است با:

$$\Phi = BA\cos\theta$$

که در آن $\vec{B}$ برحسب تسلا (T)، A برحسب m^2 و Φ برحسب وبر (Wb) می‌باشد.

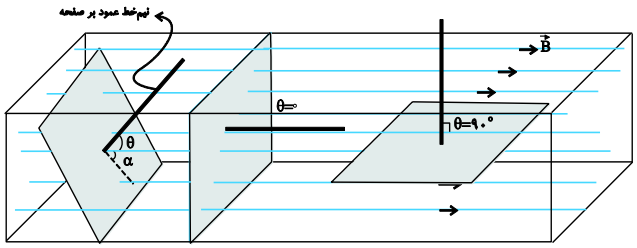
نیم‌خط (بردار) عمود بر سطح، برداری است که بر صفحه عمود بوده و سوی آن اختیاری است. اما پس از اختیار کردن سوی معینی برای آن، قابل تغییر نبوده و به سطح چسبیده باقی خواهد ماند.

- شار کمیتی نرده‌ای است.
- اگر در مسئله‌ای زاویهٔ بین میدان و صفحه (سطح حلقه) را بدهند، برای یافتن θ باید آن زاویه را از 90° کم کنیم. $\theta = 90 - \alpha$

حالت‌های خاص: اگر شکل مقابل را در نظر بگیریم، می‌توان گفت:

۱. وقتی شار گذرنده از سطح بیشینه است که سطح قاب بر میدان عمود باشد (شکل ۲، $\Phi_{max} = BA : (\theta = 0^\circ)$

۲. شار گذرنده وقتی صفر است که سطح قاب با میدان موازی باشد (شکل ۳، $\Phi = 0 : (\theta = 90^\circ)$



(۱)	(۲)	(۳)
$\Phi = BA\cos\theta$	$\theta = 0^\circ$	$\theta = 90^\circ$
(قاب کج است.)	$\Phi = BA$ (قاب بر میدان عمود است.)	$\Phi = 0$ (قاب موازی میدان است.)

https://konkur.info

مثال۱) با قرار دادن یک سیم‌پیچ در یک میدان، می‌توان در آن جریان الکتریکی برقرار کرد. این میدان چیست؟

(سراسری ریاضی-۷۰)

۱) الکتریکی ثابت ۲) گرانش ۳) مغناطیسی ثابت ۴) مغناطیسی متغیر

پاسخ۱)

گزینهٔ ۴

در سیم‌پیچ بدون مولد فقط هنگامی جریان الکتریکی برقرار می‌شود که شار مغناطیسی که از درون آن می‌گذرد تغییر کند، بنابراین با قرار دادن یک سیم‌پیچ در میدان مغناطیسی متغیر است که امکان تغییر شار و ایجاد نیروی محرکهٔ القایی فراهم می‌شود.

مثال۲) حلقه‌ای درون میدان مغناطیسی یکنواخت $0/2$ تسلا قرار دارد و حول یکی از قطرهایش که عمود بر خطوط میدان است، می‌چرخد و بیش‌ترین شارمغناطیسی که از آن می‌گذرد 4×10^{-3} وبر است. مساحت این حلقه چند سانتی‌مترمربع است؟

(سراسری خارج از کشور تجربی-۸۹)

۱) ۲۵ ۲) ۵۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۲۰۰

پاسخ۲)

گزینهٔ ۴

می‌دانیم بیش‌ترین شار عبوری از یک حلقه هنگامی رخ می‌دهد که سطح حلقه بر میدان عمود باشد. بنابراین داریم:

$$\Phi_{max}=BA \xrightarrow{\Phi_{max}=4\times10^{-3}Wb\ ,\ B=0/2T} 4\times10^{-3}=2\times10^{-1}A \Rightarrow A=2\times10^{-2}m^2$$

$$A=2\times10^{-2}\times10^{4}=200\,cm^2$$

https://konkur.info

مثال ۳) اگر بردار میدان مغناطیسی یکنواختی در SI به صورت $\vec{B}=0/3\vec{i}+0/4\vec{j}$ باشد و حلقه‌ای به مساحت $200cm^2$ که سطح آن موازی محور x و عمود بر محور y است، در این میدان قرار داشته باشد، بزرگی میدان مغناطیسی در آن محیط و شار مغناطیسی عبوری از حلقه در SI از راست به چپ کدام‌اند؟ (سراسری ریاضی-۹۲)

۱) صفر، صفر
۲) ۰/۵، 6×10^{-3}
۳) ۰/۷، 8×10^{-3}
۴) ۰/۵، 8×10^{-3}

پاسخ ۳)

گزینهٔ ۴

برای یافتن بزرگی میدان مغناطیسی کافی است اندازهٔ بردار $\vec{B}=0/3\vec{i}+0/4\vec{j}$ را بیابیم:

$$B=\sqrt{0/3^2+0/4^2}=0/5T$$

و برای یافتن شار مغناطیسی گذرنده از حلقه می‌توان گفت چون سطح حلقه عمود بر محور y است فقط مؤلفهٔ قائم میدان مغناطیسی است که شار عبوری از حلقه را می‌سازد (مؤلفهٔ افقی میدان موازی سطح حلقه بوده و شار حاصل از آن صفر است) بنابراین داریم:

$$\Phi=B_yA\xrightarrow{B_y=0/4T\ ,\ A=200\times10^{-4}m^2}\Phi=0/4\times2\times10^{-2}=8\times10^{-3}Wb$$

مثال ۴) سیملوله‌ای به طول ۲۰ سانتی‌متر دارای ۱۰۰ حلقه است. حلقه‌ها به دور یک میلهٔ عایق به شعاع مقطع 2cm به صورت منظم پیچیده شده‌اند. وقتی جریان 0/5A از سیملوله می‌گذرد، شار مغناطیسی گذرنده از هر مقطع عمود بر میله چند وبر است؟ ($\mu_0=4\pi\times10^{-7}\frac{T.m}{A}$,$\pi^2=10$ است)

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۲)

۱) 8×10^{-7}
۲) 4×10^{-7}
۳) 12×10^{-5}
۴) 24×10^{-7}

پاسخ ۴)

گزینهٔ ۲

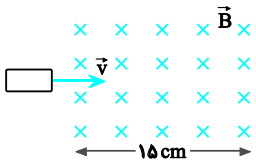
شار مغناطیسی گذرنده از هر مقطع سیملوله از رابطهٔ $\Phi=BA\cos\theta$ به‌دست می‌آید و B نیز در اثر عبور جریان سیملوله از رابطهٔ $B=\mu_0\frac{NI}{L}$ به‌دست می‌آید از ترکیب این دو رابطه مسئله را حل می‌کنیم:

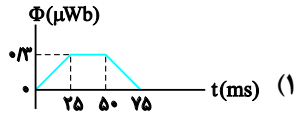
$$\Phi=BA\xrightarrow{B=\mu_0\frac{NI}{L}}\Phi=\frac{\mu_0NIA}{L}\xrightarrow{N=10^2,\ I=5\times10^{-1}A,\ A=\pi r^2,\ L=0/2m}$$

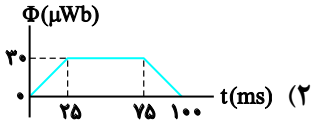
$$\Phi=\frac{4\pi\times10^{-7}\times10^2\times5\times10^{-1}\times\pi r^2}{2\times10^{-1}}=10^{-4}\pi^2r^2\xrightarrow[r=2\times10^{-2}m]{\pi^2=10}\Phi=10^{-4}\times10\times4\times10^{-4}=4\times10^{-7}Wb$$

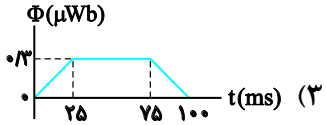
https://konkur.info

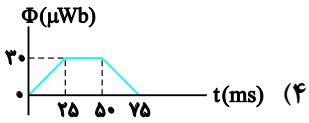
مثال۵) حلقهٔ فلزی مستطیل شکلی به ابعاد $3cm\times5cm$ با سرعت ثابت $2m/s$ وارد میدان مغناطیسی یکنواخت $2G$ می‌شود و از طرف دیگر آن خارج می‌شود. نمودار تغییرات شار مغناطیسی برحسب زمان که از حلقه می‌گذرد، کدام است؟ (سراسری خارج از کشور ریاضی- ۹۷)



۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

پاسخ۵)

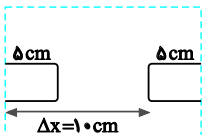
گزینهٔ ۳

برای حل مسئله مطابق نمودار، ۳ مرحله و ۳ بازهٔ زمانی را باید تعیین کنیم.

۱) مرحلهٔ اول: ورود کامل قاب به داخل میدان که بازهٔ زمانی آن در هر ۴ گزینه یکسان (25ms) است، بنابراین از محاسبهٔ آن صرف‌نظر می‌کنیم.

۲) مرحلهٔ دوم: مدت زمانی که قاب به‌طور کامل درون میدان در حرکت است. اگر به طرح‌وارهٔ زیر توجه کنید، قاب فاصلهٔ $\Delta x=10cm$ را جابه‌جا می‌شود.

بنابراین داریم:



$$\Delta t_2=\frac{\Delta x}{v}=\frac{0/1}{2}=0/05s=50ms$$

در نتیجه لحظهٔ دوم برابر 75ms است.

$$t_2=t_1+\Delta t=25+50=75ms$$

تا اینجا یکی از دو گزینهٔ ۲ و ۳ درست است. حال Φ_{max} را می‌یابیم:

$$\Phi_{max}=BA\xrightarrow[A=15cm^2=15\times10^{-4}m^2]{B=2G=2\times10^{-4}T}\Phi_{max}=2\times10^{-4}\times15\times10^{-4}=30\times10^{-8}Wb=0/3\mu Wb$$

https://konkur.info

محاسبهٔ نیروی محرکهٔ القایی بر اثر تغییر شار مغناطیسی

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

هرگاه شار مغناطیسی که از مدار بسته‌ای می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است.

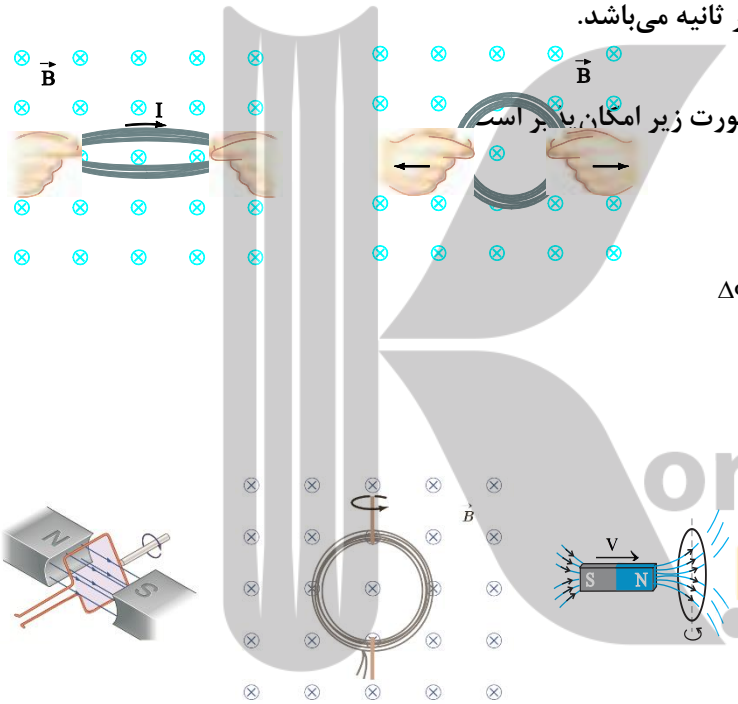
محاسبهٔ اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط ($\bar{\varepsilon}$) بر اساس قانون فاراده

نیروی محرکهٔ القایی متوسط: $\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

در این رابطه $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ آهنگ تغییر شار مغناطیسی است که واحد آن در SI ($\frac{Wb}{s}$) می‌باشد و N تعداد حلقه‌های پیچه است.

علامت منفی نشان‌دهندهٔ جهت نیروی محرکهٔ القایی و معرف قانون لنز است که در قسمت بعدی خواهیم گفت.

یکای نیروی محرکه ولت است که معادل وبر بر ثانیه می‌باشد.



تغییر شار مغناطیسی حداقل به یکی از سه صورت زیر امکان‌پذیر است:

الف) تغییر مساحت: $\Delta\Phi = B(\Delta A)\cos\theta$

ب) تغییر میدان مغناطیسی: $\Delta\Phi = (\Delta B)A\cos\theta$

پ) تغییرزاویه: $\Delta\Phi = BA(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$

با چرخاندن حلقه در میدان مغناطیسی

در صورتی‌که تغییر شار فقط ناشی از تغییر B باشد، می‌توان از روابط زیر استفاده کرد:

آهنگ تغییر میدان برحسب $\frac{T}{s}$ ، $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ = تغییر شار ناشی از تغییر میدان $\Rightarrow \bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta B}{\Delta t}A\cos\theta$

https://konkur.info

مثال۶) آهنگ تغییر شار مغناطیسی از جنس کدام کمیت فیزیکی است؟

(سراسری تجربی-۹۱)

۱) میدان مغناطیسی ۲) نیروی محرکهٔ الکتریکی

۳) شدت جریان الکتریکی ۴) نیروی الکترومغناطیسی

پاسخ۶)

گزینهٔ ۲

در رابطهٔ $\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ عبارت $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ معرف آهنگ تغییر شار مغناطیسی و $\bar{\varepsilon}$ معرف نیروی محرکهٔ القایی است. از آن‌جا که $-N$ ضریب ثابت است، بنابراین می‌توان گفت آهنگ تغییر شار از جنس نیروی محرکهٔ الکتریکی است:

$$\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \longrightarrow \varepsilon \propto \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

مثال۷) حلقه‌ای به مساحت ۲۰۰ سانتی‌متر مربع عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. اگر در مدت ۰/۰۲ ثانیه میدان مغناطیسی، بدون تغییر جهت به اندازهٔ ۰/۰۸ تسلا کاهش یابد، نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه چند ولت می‌شود؟

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۷)

۱) ۰/۰۴ ۲) ۰/۰۸ ۳) ۰/۱۲ ۴) ۰/۱۶

پاسخ۷)

گزینهٔ ۲

در اینجا بر یک حلقه $(N=1)$ میدان مغناطیسی $\vec{B}$ به‌طور عمود اعمال می‌شود و تغییر شار صرفاً با تغییر $\vec{B}$ امکان‌پذیر است بنابراین داریم:

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1,\ \theta=0^\circ,} \bar{\varepsilon} = -A\frac{\Delta B}{\Delta t} \xrightarrow{A=0/02m^2,\ \Delta B=-0/08T,\ \Delta t=0/02s} \bar{\varepsilon} = \frac{-(0/02)(-0/08)}{(0/02)}$$

$$= 0/08V$$

konkur.info

محاسبهٔ جریان القایی متوسط: همواره می‌توان از قانون اهم ($\bar{I}=\frac{V}{R}\xrightarrow{V=\bar{\varepsilon}}\bar{I}=\frac{\bar{\varepsilon}}{R}$) استفاده کرد که در آن $\bar{\varepsilon}$ نیروی محرکهٔ متوسط بر حسب ولت و R مقاومت مدار (حلقه، پیچه، سیملوله) بر حسب اهم و $\bar{I}$ شدت جریان متوسط بر حسب آمپر است.

مثال۸) حلقه‌ای به قطر $20cm$ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت طوری قرار دارد که خطوط میدان بر سطح حلقه عمود است. اگر مقاومت الکتریکی حلقه $0/3\Omega$ باشد، میدان مغناطیسی با آهنگ چند تسلا بر ثانیه تغییر کند، تا جریان $0/2A$ در حلقه القا شود؟ ($\pi=3$)

(سراسری ریاضی-۹۴)

۱) ۰/۲ ۲) ۰/۸ ۳) ۲ ۴) ۸

پاسخ۸)

گزینهٔ ۳

نیروی محرکهٔ القایی از رابطهٔ $\bar{\varepsilon}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ به‌دست می‌آید. با توجه به ثابت بودن A و عمود بودن میدان بر سطح حلقه و قانون اهم داریم:

$$I=\left|\frac{\varepsilon}{R}\right|=\frac{N\Delta\Phi}{R\Delta t}\xrightarrow{\cos\theta=1,N=1}I=\frac{A}{R}\left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)$$

$$A=\pi r^2\xrightarrow{r=10^{-1}m,\pi=3}A=3\times10^{-2}m^2$$

$$I=\frac{A}{R}\left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)\xrightarrow{I=0/2A,R=0/3\Omega,A=3\times10^{-2}m^2}0/2=\frac{3\times10^{-2}}{3\times10^{-1}}\left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)\Rightarrow\frac{\Delta B}{\Delta t}=2\frac{T}{s}$$

محاسبهٔ بار شارش یافته: اگر در رابطهٔ $\bar{\varepsilon}=R\bar{I}$ به‌جای $\bar{\varepsilon}$ مساوی آن $-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ و به‌جای $\bar{I}$، مساوی آن $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ بگذاریم، آنگاه خواهیم داشت:

$$\bar{\varepsilon}=R\bar{I}\Rightarrow\frac{-N\Delta\Phi}{\Delta t}=R\frac{\Delta q}{\Delta t}\Rightarrow|\Delta q|=N\frac{|\Delta\Phi|}{R}$$

مثال۹) پیچه‌ای دارای 200 حلقه است و شار مغناطیسی $0/05$ وبر از آن می‌گذرد و دو سر این پیچه به هم وصل است. اگر این شار مغناطیسی با آهنگ ثابتی کاهش یافته و به صفر برسد و مقاومت الکتریکی پیچه 10Ω باشد، چند کولن بار الکتریکی در آن شارش پیدا می‌کند؟ (سراسری ریاضی-۹۷)

۱) ۰/۰۱ ۲) ۰/۱ ۳) ۱ ۴) ۱۰

پاسخ۹)

گزینهٔ ۳

از ترکیب دو رابطهٔ فاراده و قانون اهم نشان می‌دهیم:

$$|\Delta q|=N\frac{|\Delta\Phi|}{R}$$

$$\bar{\varepsilon}=RI\Rightarrow N\frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}=R\frac{\Delta q}{\Delta t}\Rightarrow|\Delta q|=N\frac{|\Delta\Phi|}{R}$$

$$\xrightarrow{N=200\ ,\ \Delta\Phi=0/05\,Wb\ ,\ R=10\Omega}|\Delta q|=200\times\frac{0/05}{10}=1C$$

https://konkur.info

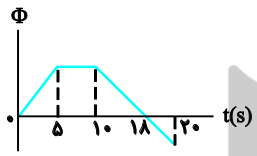
بررسی نمودارهای Φ-t

در برخی از مسائل، نمودار Φ-t مطرح می‌شود که اغلب خطی (Φ بر حسب t از درجهٔ اول) است و در بازه‌های زمانی متفاوت رسم شده است و مسئله نیروی محرکه در هر بازه و نمودار ε یا I بر حسب t را می‌خواهد.

نکتهٔ کلیدی در حل این مسائل آن است که در رابطهٔ $\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$، قرینهٔ شیب $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ شیب خط است. اگر خط افقی باشد شیب آن صفر و $\bar{\varepsilon}=0$ و اگر شیب مثبت باشد، $\bar{\varepsilon}$ یک عدد منفی و اگر شیب خط منفی باشد $\bar{\varepsilon}$ یک عدد مثبت است.

(به خاطر ضریب منفی در رابطهٔ $\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$)

مثال۱۰) نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه برحسب زمان مطابق شکل روبه‌رو است. در کدام بازهٔ زمانی، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه بیش‌تر است؟



(سراسری ریاضی-۸۸)

۱) صفر تا ۵ ثانیه
۲) ۱۰ تا ۲۰ ثانیه
۳) ۵ تا ۲۰ ثانیه
۴) ۱۰ تا ۱۸ ثانیه

پاسخ۱۰)

گزینهٔ ۱

با توجه به رابطهٔ $\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$، نیروی محرکهٔ القا شده در حلقه با شیب شار نسبت به زمان رابطهٔ مستقیم دارد. بنابراین در نمودار تغییرات شار نسبت به زمان، در هر مرحله‌ای که شیب نمودار بیش‌تر است، نیروی محرکهٔ القا شده بزرگ‌تر است:

صفر تا ۵ ثانیه: $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_{max}-0}{5} = \frac{\Phi_{max}}{5}$

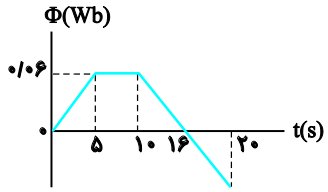
۵ تا ۱۰ ثانیه: $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0$

۱۰ تا ۱۸ ثانیه: $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0-\Phi_{max}}{8}$

و در بازهٔ ۱۸ تا ۲۰ ثانیه چون همان امتداد خط قبلی است شیبی مشابه آن دارد. بنابراین با مقایسهٔ اندازهٔ شیب‌های به‌دست آمده پیداست که شیب مرحله اول از بقیه بزرگ‌تر است.

https://konkur.info

مثال ۱۱) نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه برحسب زمان مطابق شکل مقابل است. بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه در بازهٔ زمانی ۱۰ تا ۲۰ ثانیه چند میلی‌ولت است؟



(سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۸)

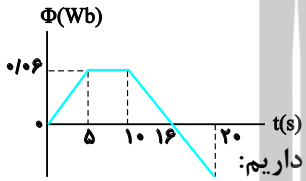
۱) ۰/۰۱ ۲) ۰/۰۲

۳) ۲۰ ۴) ۱۰

پاسخ ۱۱)

گزینهٔ ۴

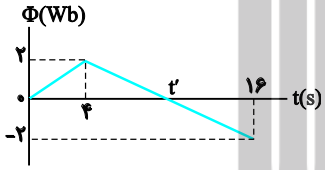
با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده یعنی $\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متناسب با آهنگ تغییر شار مغناطیسی (شیب نمودار Φ برحسب t) است.



شیب خط در بازهٔ زمانی $10s$ تا $20s$ ثابت و برابر شیب خط از 10 تا 16 ثانیه است بنابراین داریم:

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0-(0/06)}{6} = -0/01\frac{Wb}{s} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -1\times -0/01 = 0/01\,V \Rightarrow \varepsilon = 10mV$$

مثال ۱۲) نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه نسبت به زمان مطابق شکل مقابل است. در لحظهٔ t' نیروی محرکهٔ القایی در حلقه چند ولت است؟



(سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۹)

۱) صفر ۲) ۲

۳) $\frac{1}{2}$ ۴) $\frac{1}{3}$

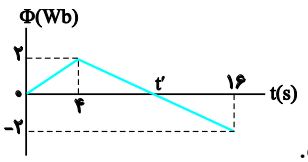
پاسخ ۱۲)

گزینهٔ ۴

طبق رابطهٔ $\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ نیروی محرکهٔ متوسط مضربی از شیب نمودار Φ-t در بازهٔ معین Δt است. در این مسئله بازهٔ موردنظر 4 تا 16 ثانیه است و $\bar{\varepsilon}$ در این بازه به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

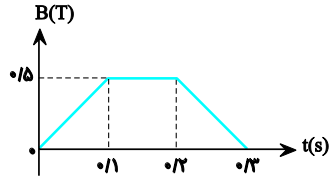
$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1} \bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{-2-2}{16-4} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$$

چون $\bar{\varepsilon}$ در این بازه مقدار ثابتی است ،



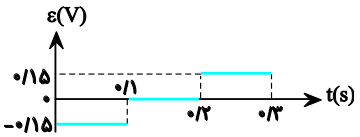
بنابراین نیروی محرکهٔ لحظه‌ای نیز در لحظهٔ t' برابر $\frac{1}{3}$ ولت است.

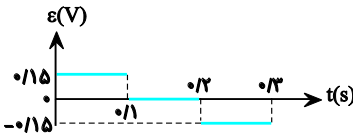
https://konkur.info

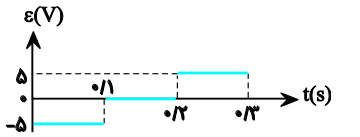


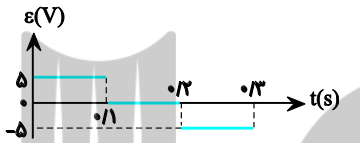
مثال ۱۳) یک حلقه به شعاع 10 سانتی‌متر و مقاومت 5Ω به‌طور عمود بر یک میدان مغناطیسی قرار دارد و میدان مغناطیسی مطابق شکل مقابل تغییر می‌کند. نمودار نیروی محرکهٔ القا شده در حلقه، کدام است؟ $(\pi = 3)$

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۶)

۱)


۲)


۳)


۴)


پاسخ ۱۳)

گزینهٔ ۱

نمودار ε-t را در این 3 بازه رسم کنیم. برای این کار ابتدا ε را در هر بازهٔ زمانی می‌یابیم و سپس نمودار آن را رسم می‌کنیم بنابراین داریم:

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1,\ A\ \text{ثابت}} \bar{\varepsilon} = -A\frac{\Delta B}{\Delta t} \xrightarrow{A=\pi r^2=3\times(0/1)^2=0/03m^2} \bar{\varepsilon} = -0/03\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

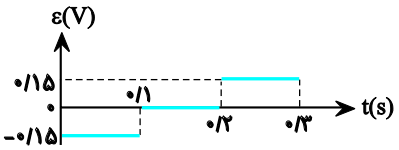
در هر بازه:

در بازهٔ $(0 \text{ تا } 0/1)$: $\bar{\varepsilon}_1 = -0/03\dfrac{\Delta B}{\Delta t} = -0/03\times\dfrac{0/5}{0/1} = -0/15V$

در بازهٔ $(0/1 \text{ تا } 0/2)$: $\dfrac{\Delta B}{\Delta t} = 0 \Rightarrow \varepsilon_2 = 0$

در بازهٔ $(0/2 \text{ تا } 0/3)$: $\bar{\varepsilon}_3 = -0/03\dfrac{\Delta B}{\Delta t} = -0/03\times\dfrac{(0-0/5)}{0/1} = +0/15V$

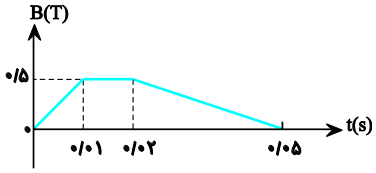
در نهایت نمودار $\varepsilon - t$ به‌صورت زیر خواهد بود.

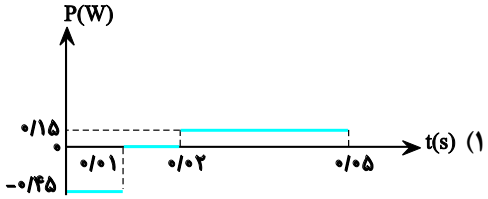


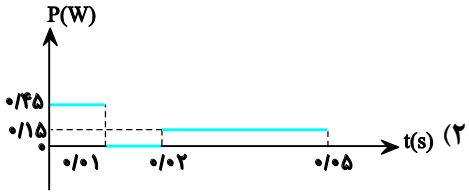
https://konkur.info

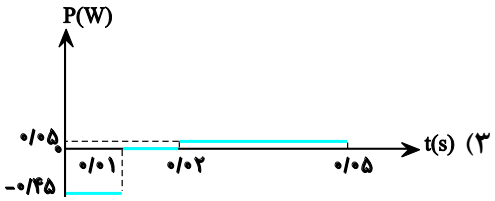
مثال ۱۴) نمودار تغییرات میدان مغناطیسی برحسب زمان، که بر یک حلقهٔ دایره‌ای به شعاع $10cm$ و مقاومت 5Ω، عمود است، مطابق شکل می‌باشد. نمودار آهنگ تولید انرژی گرمایی برحسب زمان در این حلقه کدام است؟ $(\pi \simeq 3)$

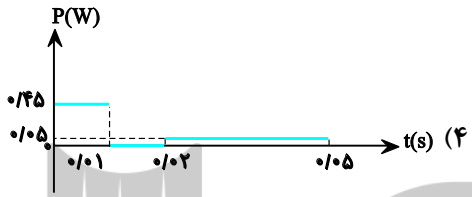
(سراسری تجربی-۹۵)



۱)


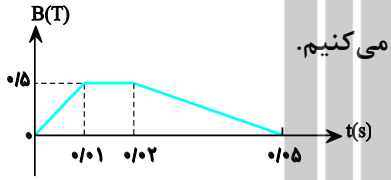
۲)


۳)


۴)


پاسخ ۱۴)

گزینهٔ ۴



آهنگ انرژی همان توان (P) است، چون R معلوم است از رابطهٔ $P=\frac{\bar{\varepsilon}^2}{R}$ استفاده می‌کنیم.

بنابراین ابتدا ε را در هر بازه یافته، سپس P را حساب می‌کنیم و در نهایت نمودار $P-t$ را رسم می‌کنیم:

برای محاسبهٔ ε داریم:

$$\bar{\varepsilon}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\xrightarrow{N=1}\bar{\varepsilon}=-A\frac{\Delta B}{\Delta t}\xrightarrow{A=\pi r^2=3\times(0/1)^2=0/03m^2}\bar{\varepsilon}=-0/03\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

حال در هر بازه P را حساب می‌کنیم.

$$(0\text{»}0/01)\text{ بازهٔ }:\varepsilon_1=-0/03\frac{\Delta B}{\Delta t}=-0/03\times\frac{0/5}{0/01}=-1/5V$$

$$P_1=\frac{\bar{\varepsilon}_1^2}{R}=\frac{(1/5)^2}{5}=0/45W$$

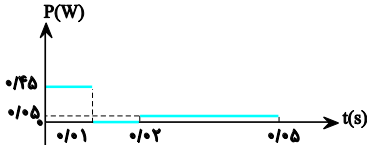
$$(0/01\text{»}0/02)\text{ در بازهٔ }:\frac{\Delta B}{\Delta t}=0\Rightarrow P_2=0$$

$$(0/02\text{»}0/05)\text{ در بازهٔ }:\bar{\varepsilon}_3=-0/03\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

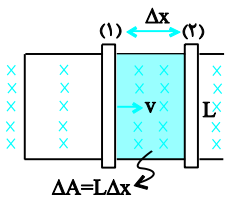
$$=-0/03\times\frac{(0-0/5)}{0/03}=-0/5V$$

$$\Rightarrow P_3=\frac{\bar{\varepsilon}_3^2}{R}=\frac{(0/5)^2}{5}=0/05W$$

در نهایت چون P در هر بازه ثابت و مقدار مثبتی است، نمودارها، خط‌هایی افقی و به‌صورت زیر خواهند بود:



https://konkur.info



تعیین بزرگی نیروی محرکهٔ القایی در میلهٔ متحرک: مطابق شکل، میلهٔ رسانا به طول L روی سیم U شکل رسانا واقع در میدان مغناطیسی B، با سرعت ثابت v به طرف راست در حال لغزش است. اگر در بازهٔ زمانی Δt، میله از موقعیت (۱) به موقعیت (۲) برسد آنگاه مساحت محصور بین میله و سیم U شکل به اندازهٔ ΔA تغییر خواهد کرد و خواهیم داشت:

از طرف دیگر داریم:

$$N=1 \Rightarrow |\bar{\varepsilon}|=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{B\Delta A}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta A=L\Delta x} |\bar{\varepsilon}|=BL\frac{\Delta x}{\Delta t} \xrightarrow{-\frac{\Delta x}{\Delta t}=-v} |\bar{\varepsilon}|=BLv \ , \ \varepsilon=-BLv$$

بنابراین اگر میله یا سیمی رسانا به طول L با تندی ثابت v در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ به طور عمود بر آن حرکت کند، در میله نیروی محرکهٔ ε القا خواهد شد به گونه‌ای که خواهیم داشت:

$$\varepsilon=BLV$$

که در آن v بر حسب m/s و B بر حسب T، L بر حسب m و ε بر حسب ولت خواهد بود.

مثال۱۵) یک میلهٔ فلزی به‌طول ۳۰ سانتی‌متر در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با تندی $2\frac{m}{s}$ در راستای عمود بر خطوط میدان حرکت می‌کند و میله نیز بر خطوط میدان عمود است. اگر اندازهٔ میدان مغناطیسی $0/05$ تسلا باشد، نیروی محرکهٔ القا شده در این میله چند میلی‌ولت است؟

(سراسری خارج از کشور تجربی-۹۵)

۱) ۱۵ ۲) ۳۰ ۳) ۴۵ ۴) ۶۰

پاسخ۱۵)

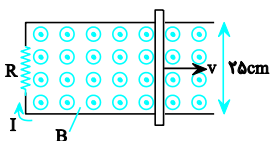
گزینهٔ ۲

با توجه به این که بردار سرعت حرکت میله بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت، عمود است داریم:

$$\varepsilon=B\ell v \rightarrow \varepsilon=0/05\times 0/3\times 2 \Rightarrow \varepsilon=0/03V=30mV$$

https://konkur.info

مثال ۱۶) در شکل مقابل، رسانای U شکل به مقاومت $R=0/2\Omega$ در میدان مغناطیسی یکنواخت $B=0/1T$ قرار دارد. میلهٔ رسانای روی آن با سرعت v در حرکت است. اگر جریان القایی $I=0/5A$ باشد، اندازهٔ سرعت میله چند متر بر ثانیه است؟ (سراسری تجربی-۹۶)



۱) ۱ ۲) ۴

۳) ۰/۱ ۴) ۰/۴

پاسخ ۱۶)

گزینهٔ ۲

برای سیمی به طول ℓ که با سرعت v عمود بر میدان مغناطیسی در حرکت است، نیروی محرکهٔ القایی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

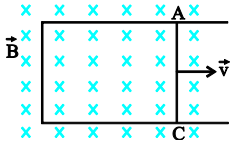
$$\varepsilon = B\ell v \Rightarrow RI = B\ell v$$

$$R=0/2\Omega\ ,\ I=0/5A\ ,$$
$$B=0/1T\ ,\ \ell=0/25m$$
$$0/2\times0/5 = v\times0/1\times0/25$$

طرفین را در 1000 ضرب می‌کنیم:

$$100=25v \Rightarrow v=4\frac{m}{s}$$

مثال ۱۷) سیم AC با مقاومت 4Ω بر روی قاب مستطیل شکل با سرعت ثابت v مانند شکل حرکت می‌کند. اگر اندازهٔ میدان مغناطیسی $5\times10^{-2}T$ باشد، مساحت قاب با چه آهنگی بر حسب متر مربع بر ثانیه تغییر کند تا جریان $0/02A$ در مدار القا شود؟ (مقاومت الکتریکی قاب ناچیز فرض شود.)



(سراسری خارج از کشور تجربی-۸۶)

۱) ۰/۰۸ ۲) ۰/۱۶ ۳) ۱/۶ ۴) ۲/۵

پاسخ ۱۷)

گزینهٔ ۳

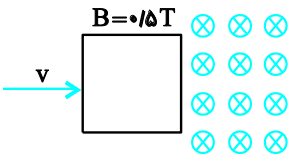
با توجه به روابط $|\varepsilon| = \left|N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$ و $\varepsilon = IR$ خواهیم داشت:

$$\varepsilon = IR \longrightarrow N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = RI \xrightarrow{\Phi=AB\cos\theta} NB\cos\theta\frac{\Delta A}{\Delta t} = IR \xrightarrow[N=1,\ B=5\times10^{-2}T]{\theta=0,\ R=4\Omega,\ I=2\times10^{-2}A}$$

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{4\times2\times10^{-2}}{1\times5\times10^{-2}} = \frac{8}{5} = 1/6\frac{m^2}{s}$$

https://konkur.info

مثال۱۸) مطابق شکل، یک سیم‌پیچ مربع شکل، با ۲۰ دور سیم، که طول هر ضلع آن ۴۰ سانتی‌متر است، با سرعت $3m/s$ در یک میدان مغناطیسی درون‌سو، به سمت راست حرکت می‌کند، بزرگی نیروی محرکهٔ القا شده در سیم‌پیچ در لحظه‌ای که ۳۰ سانتی‌متر از آن در میدان وارد شده است، چند ولت است؟



(سراسری تجربی-۹۲)

۱) ۶ ۲) ۸ ۳) ۱۲ ۴) ۱۶

پاسخ۱۸)

گزینهٔ ۳

دقت کنید، هر سیم به عنوان یک مولد با نیروی محرکهٔ ε است. لذا برای N دور سیم، نیروی محرکه N برابر می‌شود.

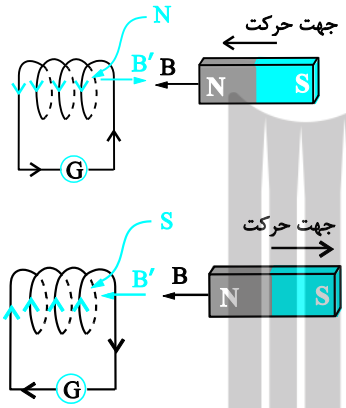
$$\varepsilon = B\ell v \longrightarrow \varepsilon = NB\ell v \xrightarrow[v=3m/s\ ,\ B=0/5T]{N=20\ ,\ \ell=0/4m} \varepsilon = 20\times 0/4\times 3\times 0/5 \Rightarrow \varepsilon = 12V$$

https://konkur.info

مفهوم قانون لنز: می‌دانیم هرگاه شار عبوری از یک حلقهٔ واقع در میدان مغناطیسی $(\vec{B})$ تغییر کند، جریان القایی در حلقه ایجاد می‌شود. سوی این جریان القایی باید به گونه‌ای باشد که میدان مغناطیسی القایی $(\vec{B}')$ ناشی از آن با تغییرات شار مخالفت نماید به طوری که:

$\vec{B}'$ هم‌جهت $\vec{B}$ می‌باشد. $\Rightarrow$ شار کاهش می‌یابد. $\vec{B}'$ خلاف جهت $\vec{B}$ می‌باشد. $\Rightarrow$ شار افزایش می‌یابد.

توجه کنید که با تعیین جهت میدان القایی $\vec{B}'$ می‌توان سوی جریان القایی را به کمک قاعدهٔ دست راست تعیین کرد.



به عنوان مثال مطابق شکل، حین نزدیک شدن قطب N آهن‌ربا به سیملوله، شار گذرنده از درون سیملوله در حال افزایش (تغییر) است، در نتیجه نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود. طبق قانون لنز، جریان القایی در سیملوله به گونه‌ای برقرار می‌شود که از افزایش شار جلوگیری کند.

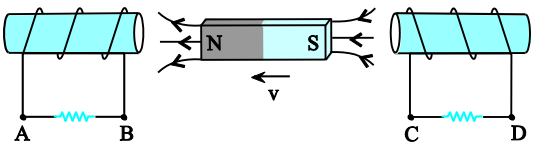
بنابراین میدانی در خلاف جهت میدان اصلی آهن‌ربا می‌سازد ($\rightarrow$) به این ترتیب دهانهٔ مقابل قطب آهن‌ربا، همنام آن (N) شده و نیروی رانشی ایجاد شده سعی می‌کند مانع نزدیک شدن آهن‌ربا شود.

اگر آهن‌ربا را ثابت نگه داریم، شار تغییر نکرده و نیروی محرکه‌ای هم القا نخواهد شد.

هنگام دور شدن آهن‌ربا از سیملوله، سوی جریان به گونه‌ای است که با کاهش شار مقابله می‌کند و سعی در تقویت میدان دارد. بنابراین میدان حاصل از آن هم‌سو با آهن‌ربا ($\leftarrow$) خواهد بود و سوی جریان برعکس حالت قبل خواهد بود و به این ترتیب دهانهٔ مقابل قطب آهن‌ربا، ناهمنام آن (S) شده و نیروی ربایشی ایجاد شده سعی می‌کند تا از دور شدن آهن‌ربا جلوگیری کند.

https://konkur.info

مثال۱۹) در شکل روبه‌رو سیملوله‌ها ثابت‌اند و آهن‌ربا به سمت چپ در حرکت است. جهت جریان القایی در مقاومت‌ها کدام است؟ (سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۰)

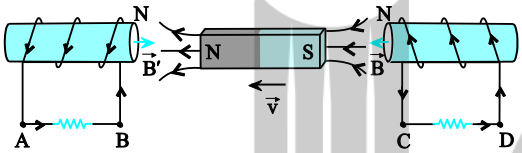


۱) از D به C و از A به B
۲) از C به D و از A به B
۳) از D به C و از B به A
۴) از C به D و از B به A

پاسخ۱۹)

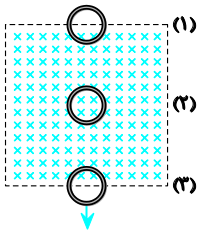
گزینهٔ ۲

سیملولهٔ سمت چپ: چون قطب N آهنربا به سیملوله نزدیک می‌شود، دهانهٔ روبه‌روی آهنربا، قطب همنام آن (N) می‌شود تا با دفع آن مانع نزدیک شدن آهنربا گردد (میدان‌ها ناهمسو می‌شوند) و مطابق قاعدهٔ دست راست سوی جریان از A به B خواهد بود.



سیملولهٔ سمت راست: آهنربا در حال دور شدن از سیملولهٔ سمت راست است، بنابراین دهانهٔ مقابل آهنربا قطب ناهمنام آن (N) می‌شود تا با جذب آن مانع دور شدن آهنربا گردد (میدان‌ها همسو می‌شوند) و طبق قاعدهٔ دست راست سوی جریان از C به D خواهد بود.

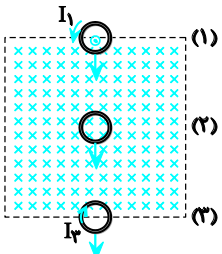
مثال۲۰) یک حلقهٔ مسی با سرعت ثابت از موقعیت (۱) تا موقعیت (۳) از یک میدان مغناطیسی یکنواخت زیر عبور می‌کند. اگر جریان القا شده در حلقه در موقعیت (۱) تا (۳) به‌ترتیب I_1، I_2 و I_3 باشد، کدام یک از موارد زیر درست است؟ (سراسری خارج از کشور تجربی-۹۶)



۱) $I_2=0$ و I_3 ساعتگرد
۲) $I_2=0$ و I_1 ساعتگرد
۳) I_1 ساعتگرد و I_3 ساعتگرد
۴) I_1 ساعتگرد و I_3 پادساعتگرد

پاسخ۲۰)

گزینهٔ ۱



مطابق شکل، حلقه که سطح آن عمود بر میدان مغناطیسی درون‌سو است از بالا به پایین جابه‌جا می‌شود. می‌خواهیم سوی جریان القایی را در حلقه بیابیم.

موقعیت (۱): حلقه در حال وارد شدن به میدان است. بنابراین شار مغناطیسی عبوری از آن در حال افزایش است. بنابراین طبق قانون لنز، سوی جریان القایی باید پادساعتگرد شود تا با ایجاد میدانی برون‌سو، مانع از افزایش شار گردد.

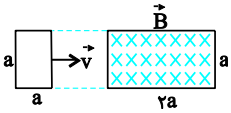
موقعیت (۲): چون در این لحظات تمام سطح حلقه در معرض میدان قرار دارد، تغییر شار رخ نداده و در نتیجه جریانی نیز القا نخواهد شد.

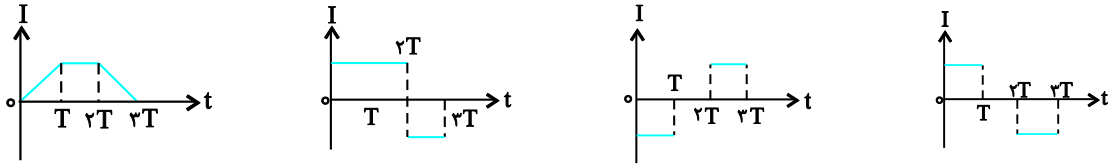
موقعیت (۳): حلقه در حال خارج شدن از میدان است. بنابراین شار مغناطیسی عبوری از آن در حال کاهش است. در نتیجه، طبق قانون لنز، سوی جریان القایی باید ساعتگرد باشد تا با ایجاد میدانی درون‌سو، باعث تقویت میدان و مانع کاهش شار گردد.

بنابراین گزینهٔ «۱» درست است.

https://konkur.info

مثال۲۱) حلقهٔ فلزی مربع شکلی، به ضلع a مطابق شکل با سرعت ثابت v وارد ناحیه‌ای با میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ شده و از آن خارج می‌گردد. ناحیه‌ای که میدان مغناطیسی در آن غیرصفر است، مستطیلی به ابعاد 2a و a است. نمودار تغییرات جریان الکتریکی بر حسب زمان در حلقه کدام است؟ (جهت مثبت مثلثاتی، جهت جریان مثبت و $t=0$ زمان رسیدن حلقه به ابتدای ناحیه است.) (سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۵)

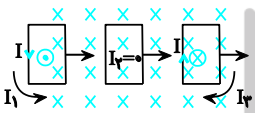




۱) ۲) ۳) ۴)

پاسخ۲۱)

گزینهٔ ۱



مطابق شکل، حلقهٔ مربعی با تندی ثابت وارد میدان شده و از طرف دیگر خارج می‌شود.

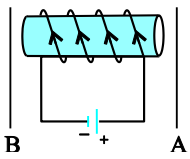
۱) در طی ورود: هنگام ورود حلقه، شار مغناطیسی عبوری در حلقه در حال افزایش است، بنابراین سوی جریان I_1 پادساعتگرد (در جهت مثلثاتی) می‌شود تا با ایجاد میدانی برون‌سو، مانع افزایش شار گردد.

۲) حلقه درون میدان: تا مادامی که حلقه درون میدان جابه‌جا می‌شود، شار ثابت و $I=0$ خواهد بود.

۳) خروج حلقه: هنگام خروج حلقه، شار مغناطیسی عبوری از حلقه در حال کاهش است، بنابراین سوی جریان I_3 ساعتگرد (در خلاف جهت مثلثاتی) می‌شود تا با ایجاد میدانی درون‌سو، مانع کاهش شار گردد.

بنابراین گزینهٔ «۱» درست است.

مثال۲۲) در شکل مقابل اگر دو سیم را عمود بر صفحهٔ کاغذ و رو به بیرون به موازات یکدیگر حرکت دهیم، جهت جریان القایی در دو سیم A و B به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟ (سراسری تجربی-۷۷)

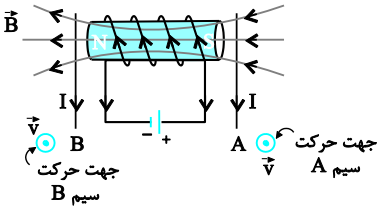


۱) ↑ و ↑ ۲) ↓ و ↓ ۳) ↑ و ↓ ۴) ↓ و ↑

پاسخ۲۲)

گزینهٔ ۲

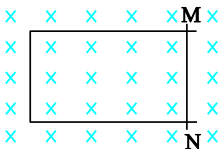
طبق قاعدهٔ دست راست با توجه به جهت جریان گذرنده از سیملوله، انتهای راست آن قطب S مغناطیسی و انتهای چپ آن قطب N می‌شود، از این رو خطوط میدان مغناطیسی را در سیملوله و اطراف آن رسم می‌کنیم. حال اگر چهار انگشت دست راست خود را در جهت حرکت سیم A (در این‌جا عمود بر صفحهٔ کاغذ و به طرف بیرون صفحه) به‌گونه‌ای قرار دهیم که بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود (کف دست رو به قطب S آهن‌ربا قرار گیرد) انگشت شست جهت جریان القایی در سیم متحرک یعنی به طرف پایین ↓ را نمایش می‌دهد.



با همین استدلال سوی جریان در سیم چپ نیز رو به پایین خواهد بود.

https://konkur.info

مثال۲۳) در شکل روبه‌رو، میدان مغناطیسی درون‌سو است و قاب U شکل رسانا است. اگر مماس بر قاب، میلهٔ رسانای MN را از حال سکون با شتاب ثابت به سمت چپ ببریم، جریان القایی در میله از . . . بوده و اندازهٔ آن در این وضعیت، . . . خواهد بود.



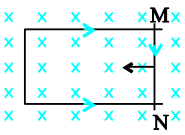
(سراسری ریاضی-۹۱)

۱) M به N، در حال افزایش
۲) M به N، ثابت
۳) N به M، ثابت
۴) N به M، در حال افزایش

پاسخ۲۳)

گزینهٔ ۱

ابتدا سوی جریان القایی را می‌یابیم. در طی لغزش میله به طرف چپ مساحت قاب در حال کاهش و در نتیجه شار گذرنده از آن نیز در حال کاهش خواهد بود. بنابراین سوی جریان در قاب به گونه‌ای ایجاد خواهد شد که میدانی درون‌سو (هم‌سو با میدان اصلی) بسازد، تا به این طریق از کاهش شار جلوگیری نماید و طبق قاعدهٔ دست راست مطابق شکل سوی جریان القایی از M به N خواهد بود.

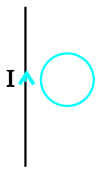


روش قاعدهٔ دست راست: هرگاه چهار انگشت دست راست را در جهت حرکت میله (v) به‌گونه‌ای قرار دهیم که بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود، انگشت شست جهت جریان القایی را در میلهٔ متحرک نشان خواهد داد. (در این‌جا از M به N)

حال برای تعیین تغییرات اندازهٔ جریان دقت کنید که حرکت میله شتابدار و میله از حال سکون شروع به حرکت کرده است، پس حرکت میله تندشونده و v در حال افزایش است بنابراین آهنگ تغییر شار نیز در حال افزایش است (نه ثابت) در نتیجه جریان نیز در حال افزایش خواهد بود.

مثال۲۴) در شکل روبه‌رو، حلقهٔ رسانا و سیم راست در یک صفحه قرار دارند. اگر حلقه را ..... و یا شدت جریان را ..... ، جریان القایی در حلقه ساعتگرد خواهد شد.

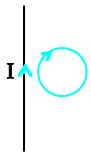
(سراسری تجربی-۹۳)



۱) از سیم دور کنیم- کاهش دهیم
۲) از سیم دور کنیم- افزایش دهیم
۳) به سیم نزدیک کنیم- کاهش دهیم
۴) به سیم نزدیک کنیم- افزایش دهیم

پاسخ۲۴)

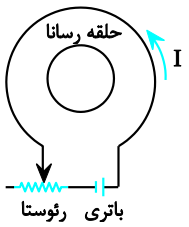
گزینهٔ ۱



به‌طورکلی اگر جریان سیم و کمان نزدیک‌تر به سیم همسو باشند، به معنی آن است که شار عبور کرده از حلقه در حال کاهش است. (زیرا همسو شدن به معنی تقویت شار است) بنابراین یا جریان سیم در حال کاهش یا این که سیم از حلقه در حال دور شدن است (هر دوی این وضعیت‌ها به معنی کاهش شار در مدار القا شونده یعنی حلقه خواهد بود).

https://konkur.info

مثال۲۵) در شکل روبه‌رو، اگر لغزندهٔ رئوستا در حال حرکت به سمت چپ باشد، جریان I چگونه تغییر می‌کند و جهت جریان القایی در حلقهٔ رسانا در کدام جهت، خواهد بود؟

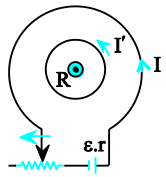


(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۵)

۱) افزایش، ساعتگرد
۲) کاهش، ساعتگرد
۳) افزایش، پادساعتگرد
۴) کاهش، پادساعتگرد

پاسخ۲۵)

گزینهٔ ۴

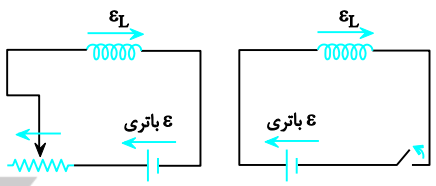


با حرکت لغزنده به سمت چپ، R زیاد می‌شود، پس جریان تولیدی باتری (I) کاهش می‌یابد، بنابراین میدان مغناطیسی و شار مغناطیسی در مرکز حلقه کاهش می‌یابد. پس جریان القایی پادساعتگرد در حلقه ایجاد می‌شود تا با ایجاد یک میدان مغناطیسی القایی، کاهش شار مغناطیسی را جبران کند. (جریان القایی همسو با جریان اصلی خواهد شد)

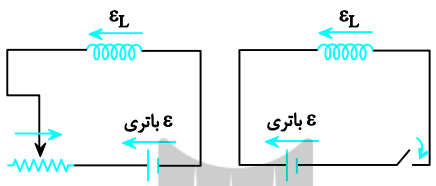
https://konkur.info

القاگرها

اثر خود- القاوری: تغییر جریان در یک مدار باعث می‌شود شار مغناطیسی عبوری از سطح مدار تغییر کرده و در نتیجه، نیروی محرکهٔ القایی در جهتی که با تغییر شار (تغییر جریان) مخالفت کند، ایجاد شود که به آن نیروی محرکهٔ خود ـ القاوری می‌گویند. اگر جریان الکتریکی مدار در حال افزایش باشد، نیروی محرکهٔ خود ـ القاوری در خلاف جهت نیروی محرکهٔ اصلی مدار (نیروی محرکهٔ مولد) ایجاد می‌شود و اگر جریان الکتریکی در مدار در حال کاهش باشد، نیروی محرکهٔ خود ـ القاوری هم جهت با نیروی محرکهٔ اصلی مدار (نیرو محرکهٔ مولد) ایجاد می‌شود.



لحظهٔ قطع کلید یا افزایش مقاومت (کاهش شدت جریان)



لحظهٔ وصل کلید یا کاهش مقاومت (افزایش شدت جریان)

ضریب القاوری: ویژگی‌های فیزیکی هر القاگر توسط ضریب القاوری آن تعیین می‌شود که با نماد L نمایش داده می‌شود. ضریب القاوری با مربع تعداد دور (N^2) و سطح مقطع القاگر (A) نسبت مستقیم و با طول القاگر (ℓ) نسبت عکس دارد.

ضریب القاوری سیملوله آرمانی و بدون هسته از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آید:

$$L=\mu_0\frac{AN^2}{\ell}$$

که در آن A برحسب m^2 و ℓ برحسب m و L برحسب هانری که معادل اهم ثانیه $(\Omega\cdot s)$ است، بیان می‌شود.

۱. وجود هسته ی آهنی در سیملوله باعث افزایش ضریب القاوری القاگر می‌شود.

۲. ضریب القاوری صرفاً به مشخصات ساختمانی القاگر وابسته است و به ویژگی‌های مدار ربطی ندارد.

مثال ۲۶) طول یک سیملولهٔ بدون هسته، $50cm$ و سطح هر حلقهٔ آن $10cm^2$ است. این سیملوله دارای 2000 حلقهٔ نزدیک به هم می‌باشد و از آن جریان الکتریکی $0/5A$ می‌گذرد. ضریب القاوری سیملوله در SI چه‌قدر است؟ $(\mu_\circ=12/5\times10^{-7}T.m/A)$

(سراسری ریاضی-۹۵)

۱) $0/01$
۲) $0/05$
۳) $0/10$
۴) $0/50$

پاسخ ۲۶)

گزینهٔ ۱

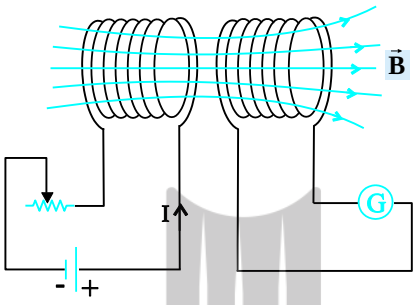
ضریب القاوری به جریان عبوری از القاگر بستگی ندارد برای محاسبهٔ آن داریم:

$$L=\frac{\mu_0N^2A}{\ell}\xrightarrow[A=10\times10^{-4}m^2]{N=2000,\ \ell=5\times10^{-1}m}L=\frac{12/5\times10^{-7}\times(2000)^2(10^{-3})}{5\times10^{-1}}\rightarrow L=0/01H$$

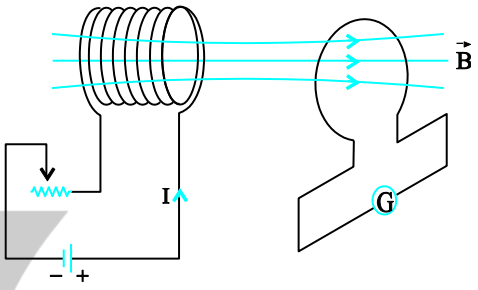
https://konkur.info

القای متقابل

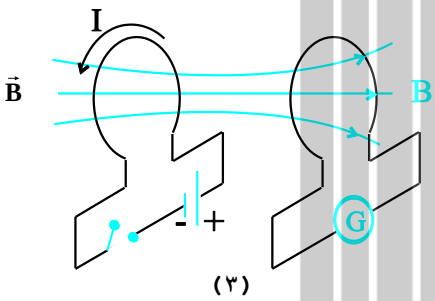
در شکل (۱) دو سیملوله، در شکل (۲) یک سیملوله و یک حلقه و در شکل (۳) دو حلقه مقابل و نزدیک به‌هم دیده می‌شوند. در هر سه حالت یکی از مدارها به یک مولد متصل است و مدار مقابلش فاقد مولد است. حال اگر به هر طریقی، جریان در مدار متصل به مولد تغییر کند یا دو مدار به هم نزدیک و یا از هم دور شوند، در مدار دیگر (القاشونده) نیروی محرکه‌ای القا خواهد شد. (علت این پدیده، تغییر میدان مغناطیسی و به دنبال آن تغییر شار عبوری حاصل از مدار اول در مدار دوم است).



(۱)



(۲)



(۳)

برای تعیین سوی جریان، فقط دو حلقه یا دهانهٔ مقابل هم را در نظر می‌گیریم. در حالتی که افزایش جریان در مدار القاکننده (و یا نزدیک شدن دو مدار به هم) را داریم، جریان القایی در مدار دوم ناهمسو با جریان مدار اول خواهد بود و دو دهانهٔ مقابل هم قطب‌های همنام آهن‌ربا را تشکیل داده و تمایل به دفع هم را دارند اما در حالت کاهش جریان یا دور شدن دو مدار جریان‌ها همسو خواهند بود و دو دهانهٔ مقابل هم قطب‌های ناهمنام شده و تمایل به جذب یکدیگر را دارند.

اثرهای مفید و غیرمفید القای متقابل: در مدارهایی که از چندین القاگر استفاده می‌شود، تغییرات جریان در یکی می‌تواند نیروهای محرکهٔ ناخواسته‌ای را در القاگرهای مجاور القا و ایجاد مزاحمت کند. برای کاهش این اثر، سطح حلقه‌های القاگرهای مجاور را به‌طور عمود بر یکدیگر قرار می‌دهند تا اثر القای متقابل ناچیز باشد. یکی از کاربردهای مفید و مهم القای متقابل، در مبدل‌هاست.

https://konkur.info

مثال۲۷) در شکل مقابل در لحظهٔ وصل کلید k، جریان القایی در حلقه‌های A و B به ترتیب از راست به چپ در کدام جهت نشان داده شده خواهد بود؟

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۵)

۱) (۱) و (۱)　　۲) (۲) و (۱)

۳) (۱) و (۲)　　۴) (۲) و (۲)

پاسخ۲۷)

گزینهٔ ۴

با توجه به قطب‌های مولد، سوی جریان را در شکل نشان داده‌ایم، از طرف دیگر در لحظهٔ وصل کلید، جریان در سیملوله در حال افزایش خواهد بود بنابراین داریم: ۱) حلقهٔ سمت راست (A): چون جریان در سیملوله در حال افزایش است (لحظهٔ وصل کلید) بنابراین جریان القایی در حلقه ناهمسو با آن یعنی در جهت (۲) خواهد بود.

۲) حلقهٔ سمت چپ (B): چون جریان در سیملوله در حال افزایش است (لحظهٔ وصل کلید) بنابراین جریان القایی در حلقه ناهمسو با آن یعنی در جهت (۲) خواهد بود. بنابراین گزینهٔ «۴» درست است.

مثال۲۸) در شکل مقابل دو سیملوله روی یک هستهٔ آهنی و جدا از هم پیچیده شده‌اند. لغزندهٔ رئوستا را از نقطه‌ای که ثابت مانده بود، در مدت Δt به سمت چپ حرکت می‌دهیم. اگر جریان القایی عبوری از مقاومت R قبل از حرکت لغزنده، I_1 و ضمن حرکت لغزنده، I_2 باشد، I_1 و I_2 به ترتیب چگونه‌اند؟

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۴)

۱) $I_1=0$ و I_2 در جهت N به M

۲) $I_1=0$ و I_2 در جهت M به N

۳) I_1 مقدار ثابت و در جهت M به N و I_2 هم جهت با I_1 و بیش‌تر از آن

۴) I_1 مقدار ثابت و در جهت N به M و I_2 خلاف جهت I_1 و کم‌تر از آن

پاسخ۲۸)

گزینهٔ ۲

در ابتدا که لغزنده ثابت و جریان عبوری از مدار شامل مولد ثابت است، شار گذرنده از پیچه مجاور ثابت پس $I=0$ است.

با حرکت لغزنده به سمت چپ، مقاومت رئوستا در حال کاهش است، بنابراین جریان عبوری از آن و شار مغناطیسی در آن و در حلقهٔ مجاور افزایش می‌یابد و در آن جریان و میدان مغناطیسی‌ای ایجاد می‌شود که با این تغییر شار مخالفت کند (میدانی در جهت مخالف میدان اولی بسازد) بنابراین جریان القایی ناهمسو با آن خواهد بود و سوی جریان در این حالت از M به N خواهد بود.

https://konkur.info

مثال۲۹) در کدام حالت، جریان القایی در R'، از M به N است؟

(سراسری ریاضی-۹۰)

۱) لحظهٔ قطع کلید k

۲) وقتی مقاومت رئوستا در حال افزایش است.

۳) وقتی سیملولهٔ B به سمت راست حرکت می‌کند.

۴) وقتی سیملولهٔ A به سمت راست حرکت می‌کند.

پاسخ۲۹)

گزینهٔ ۴

از آن‌جا که میدان القایی (B′) در خلاف جهت میدان ناشی از القاکننده (B) است،
بنابراین اندازهٔ B و یا در نتیجه جریان عبوری از این سیملوله طبق قانون لنز در حال افزایش بوده است.
لذا، مقاومت رئوستا در حال کاهش است یا دو سیملوله به هم نزدیک می‌شوند.

مثال۳۰) در مدار روبه‌رو، مقاومت رئوستا در حال افزایش است. جهت جریان القایی در حلقه در جهت ..... است و نیروی محرکهٔ خود- القاوری در سیملوله در ..... نیروی محرکهٔ مولد عمل می‌کند. (سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۷)

۱) (۱)، جهت ۲) (۲)، جهت

۳) (۱)، خلاف جهت ۴) (۲)، خلاف جهت

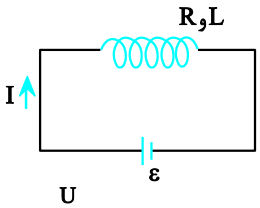
پاسخ۳۰)

گزینهٔ ۱

در طی افزایش مقاومت رئوستا، جریان در سیملوله در حال کاهش خواهد بود، در نتیجه جریان القا شده در حلقه همسو با جریان سیملوله یعنی در جهت (۱) خواهد بود. (در این صورت، میدان مغناطیسی حاصل از آن همسو با میدان مغناطیسی سیملوله می‌شود) اما سوی جریان خودالقاوری در سیملوله: چون جریان سیملوله در حال کاهش است، شار مغناطیسی عبوری از آن نیز در حال کاهش خواهد بود، در نتیجه نیروی محرکهٔ خودالقاوری هم جهت با نیروی محرکهٔ مولد می‌گردد تا از کاهش شار جلوگیری کند.

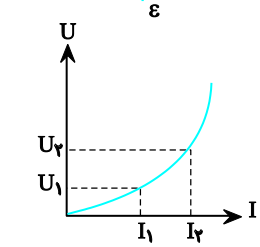
https://konkur.info

انرژی ذخیره شده در القاگر



وقتی توسط باطری در القاگر جریانی برقرار می‌شود، بخشی از این انرژی در مقاومت الکتریکی سیم‌های سازندهٔ القاگر تلف می‌شود و بقیه در فضای درون القاگر به‌صورت انرژی مغناطیسی ذخیره می‌شود (مانند انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن در طی پر شدن یا انرژی کشسانی فنر در طی فشرده یا کشیده شدن)

مقدار این انرژی از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آید: $U=\frac{1}{2}LI^2$ که در آن ضریب القاوری L بر حسب هانری (H)، I برحسب آمپر (A) و U برحسب ژول (J) می‌باشد.



نمودار V برحسب I به‌صورت سهمی است: $\Delta U=\frac{1}{2}L(I_2^2-I_1^2)$

تذکر: در القاگر آرمانی (با مقاومت اهمی صفر) تنها وقتی انرژی وارد القاگر و در آن ذخیره می‌شود که جریان در حال افزایش باشد. البته هنگام کاهش جریان این انرژی آزاد می‌شود. (مانند آزادسازی فنر از فشردگی یا کشیدگی یا اتصال دو صفحهٔ خازن به‌هم) اما در حالت پایا (عبور جریان ثابت) از القاگر آرمانی، انرژی به آن وارد یا از آن خارج نمی‌شود.

ولی هنگام عبور جریان چه پایا و چه متغیر از مقاومت الکتریکی، اتلاف انرژی همواره وجود خواهد داشت.

مثال۳۱) وقتی از سیملوله‌ای جریان ۴ آمپر می‌گذرد، انرژی ذخیره شده در آن به ۲۰۰ میلی‌ژول می‌رسد. ضریب القاوری سیملوله چند هانری است؟ (سراسری خارج از کشور تجربی-۹۱)

۱) $2/5\times10^{-3}$
۲) $2/5\times10^{-2}$
۳) 5×10^{-2}
۴) 5×10^{-3}

پاسخ۳۱)

گزینهٔ ۲

انرژی ذخیره شده در سیملوله از رابطهٔ $U=\frac{1}{2}LI^2$ به دست می‌آید، در این سؤال می‌خواهیم L را بیابیم، بنابراین چنین عمل می‌کنیم:

$$U=\frac{1}{2}LI^2 \xrightarrow[U=200mJ=0/2J]{I=4A} 0/1=(\frac{1}{2})(L)(4)^2 \Rightarrow L=2/5\times10^{-2}H$$

مثال۳۲) اگر جریان الکتریکی عبوری از یک سیملوله ۲ برابر شود، ..... آن ۴ برابر و ..... آن ۲ برابر می‌شود. (سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۶)

۱) شار مغناطیسی- میدان مغناطیسی
۲) شارمغناطیسی- انرژی
۳) میدان مغناطیسی- شار مغناطیسی
۴) انرژی- میدان مغناطیسی

پاسخ۳۲)

گزینهٔ ۴

اگر جریانی که از یک سیملوله عبور می‌کند، ۲ برابر شود، بنابر $U=\frac{1}{2}LI^2$، انرژی‌ای که در میدان مغناطیسی درون آن ذخیره می‌شود ۴ برابر می‌شود. هم‌چنین با توجه به رابطهٔ $B=\mu_0 nI$، با دو برابر شدن جریان عبوری، بزرگی میدان مغناطیسی یک‌نواخت داخل سیملوله هم دو برابر خواهد شد.

https://konkur.info

مثال ۳۳) ضریب القاوری سیملولهٔ A، دو برابر ضریب القاوری سیملولهٔ B است و جریان الکتریکی عبوری از آن نیز دو برابر جریان الکتریکی سیملولهٔ B است. انرژی ذخیره شده در سیملولهٔ A چند برابر انرژی ذخیره شده در سیملولهٔ B است؟

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۲)

۱) ۲ ۲) $2\sqrt{2}$

۳) ۴ ۴) ۸

پاسخ ۳۳)

گزینهٔ ۴

انرژی ذخیره شده در سیملوله از رابطهٔ $U=\frac{1}{2}LI^2$ به‌دست می‌آید، بنابراین داریم:

$$\frac{U_A}{U_B}=\frac{L_A}{L_B}\times(\frac{I_A}{I_B})^2 \xrightarrow{L_A=2L_B,\ I_A=2I_B} \frac{U_A}{U_B}=2\times(2)^2=8$$

مثال ۳۴) ضریب القاوری سیملوله‌ای ۰/۰۲هانری است و جریان الکتریکی عبوری از آن در SI به معادلهٔ $I=-t^2+2\sin\pi t$ است. انرژی آن در لحظهٔ $t=2s$ چند ژول است؟

(سراسری تجربی-۸۶)

۱) ۰/۰۸ ۲) ۰/۱۶

۳) ۰/۲۴ ۴) ۰/۲۲

پاسخ ۳۴)

گزینهٔ ۲

در ابتدا جریان را در لحظهٔ $t=2s$ تعیین می‌کنیم:

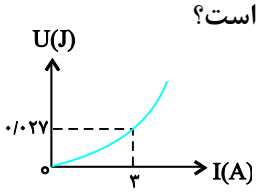
$$I=-t^2+2\sin\pi t \xrightarrow{t=2s} I=-(2)^2+2\sin 2\pi \xrightarrow{\sin 2\pi=0} I=-4A$$

انرژی ذخیره شده در القاگر برابر است با:

$$U=\frac{1}{2}LI^2 \xrightarrow[L=0/02H]{I=-4A} U=(\frac{1}{2})(0/02)(-4)^2 \Rightarrow U=0/16J$$

konkur.info

مثال۳۵) شکل مقابل، نمودار انرژی سیملوله است. ضریب القاوری سیملوله چند میلی‌هانری است؟



(سراسری ریاضی-۸۹)

۱) ۱ ۲) ۳

۳) ۶ ۴) ۹

پاسخ۳۵)

گزینهٔ ۳

در لحظه‌ای که جریان گذرنده از سیملوله 3A است، انرژی 0/027 ژول است. داریم:

$$U=\frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow 0/027=\frac{1}{2}\times L\times 3^2 \Rightarrow L=0/006H=6mH$$

مثال۳۶) سیملوله‌ای بدون هستهٔ آهنی، دارای 2000 حلقه است و از آن جریان الکتریکی 2A می‌گذرد، اگر طول سیموله 25 سانتی‌متر و مساحت هر حلقهٔ $10cm^2$ باشد، انرژی ذخیره شده در سیملوله چند میلی‌ژول است؟ $(\mu_0=12/5\times10^{-7}\frac{T.m}{A})$

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۵)

۱) ۴۰۰ ۲) ۱۰۰

۳) ۴۰ ۴) ۱۰

پاسخ۳۶)

گزینهٔ ۳

در ابتدا ضریب القاوری را می‌یابیم:

$$L=\frac{\mu_0 N^2 A}{\ell} \Rightarrow L=\frac{12/5\times10^{-7}\times(2000)^2\times10\times10^{-4}}{25\times10^{-2}} \Rightarrow L=2\times10^{-2}H=20mH$$

$$U=\frac{1}{2}LI^2=\frac{1}{2}\times20\times(2)^2 \Rightarrow U=40mJ$$

https://konkur.info

جریان متناوب

اگر زاویهٔ بین بردار عمود بر صفحهٔ $(\vec{N})$ و میدان را در لحظهٔ صفر، θ بگیریم، شار گذرنده از هر حلقهٔ پیچه برابر است با:

$$\Phi = BA\cos\theta \qquad (1)$$

اگر زمان یک دور چرخش حلقه که دوره یا زمان تناوب نام دارد را (T) در نظر بگیریم،

تابع Φ برحسب t به‌صورت یک تابع کسینوسی است.

$$\Rightarrow \Phi = BA\cos\frac{2\pi}{T}t$$

T	2π
t	$\theta = \frac{2\pi}{T}t$

محرکهٔ القایی و جریان متناوب تابعی سینوسی و با همان دوره و به‌صورت روبه‌رو می‌باشند:

$$I = I_m \sin\frac{2\pi}{T}t$$
$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin\frac{2\pi}{T}t$$

۱. با توجه به توضیح بالا، اگر پیچهٔ مولد در مدت t، n دور بچرخد آنگاه: $T = \frac{t}{n}$

۲. رابطهٔ بین I و ε با قانون اهم بیان می‌شود که در آن R مقاومت اهمی است.

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \quad , \quad I_m = \frac{\varepsilon_m}{R}$$

تذکر: نمودار جریان متناوب ، یک نمودار سادهٔ سینوسی است.

مثال ۳۷) از سیملوله‌ای به ضریب القاوری $0/04$ هانری جریان متناوبی می‌گذرد که معادلهٔ آن در SI به‌صورت $I = 5\sin(50\pi t)$ است. بیشینهٔ انرژی ذخیره شده در سیملوله چند میلی‌ژول است؟ (سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۶)

۱) ۲۰ ۲) ۵۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۵۰۰

پاسخ ۳۷)

گزینهٔ ۴

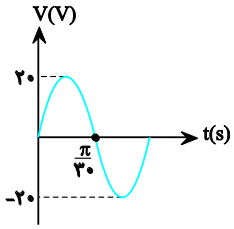
برای یافتن بیشینهٔ انرژی ذخیره شده در سیملوله از رابطهٔ $U_{max} = \frac{1}{2}LI_{max}^2$ استفاده می‌کنیم، بنابراین داریم:

$$I = 5\sin(50\pi t) \Rightarrow I_m = 5A$$

$$U_{max} = \frac{1}{2}LI_{max}^2 \xrightarrow{L=0/04H\,,\,I_m=5A} U_{max} = \frac{1}{2}\times 0/04\times(5)^2 = 0/5J = 500mJ$$

https://konkur.info

مثال ۳۸) شکل مقابل، نمودار اختلاف پتانسیل دو سر یک مقاومت ۵ اهمی را نشان می‌دهد. معادلهٔ شدت جریان الکتریکی مقاومت در SI کدام است؟



(سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۸)

۱) $I = 4\sin(30t)$

۲) $I = 4\sin(30\pi t)$

۳) $I = 20\sin(30t)$

۴) $I = 20\sin(30\pi t)$

پاسخ ۳۸)

گزینهٔ ۱

با توجه به نمودار مشخص است که $\frac{T}{2} = \frac{\pi}{30}s$ است و برای محاسبهٔ $\frac{2\pi}{T}$ داریم:

$$\frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{2\pi}{30}} = 30\frac{rad}{s}$$

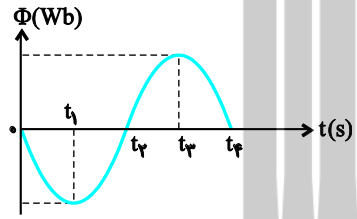
با توجه به نمودار $V_m = 20V$ است و داریم:

$$I_m = \frac{V_m}{R} = \frac{20}{5} = 4A$$

هم‌چنین با توجه به نمودار، معادلهٔ جریان گذرا از مقاومت به صورت $I = I_m \sin(\omega t)$ است و داریم:

$$I = 4\sin(30t)$$

مثال ۳۹) نمودار تغییرات شار مغناطیسی که از سطح یک مدار بسته می‌گذرد، به صورت شکل مقابل است. در کدام لحظه یا لحظه‌های زیر، نیروی محرکهٔ القایی منفی و مقدار آن بیشینه است؟



(سراسری خارج از کشور تجربی-۹۴)

۱) t_2

۲) t_3

۳) t_2 و t_4

۴) صفر و t_4

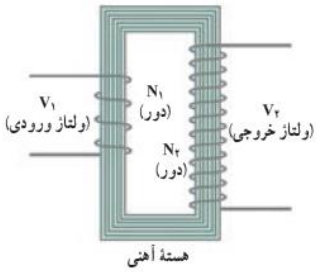
پاسخ ۳۹)

گزینهٔ ۱

در لحظه‌ای که شار گذرنده از سطح مدار بسته، صفر باشد، نیروی محرکهٔ القایی بیشینه است. از طرفی با توجه به قانون لنز، در لحظه‌ای که شیب خط مماس بر نمودار Φ-t مثبت باشد، نیروی محرکه منفی خواهد بود. بنابراین در لحظهٔ t_2، نیروی محرکه بیشینه و منفی است.

konkur.info

مبدل



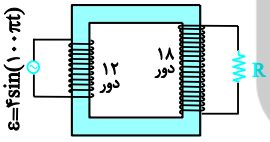
یکی از امتیازهای مهم جریان متناوب (ac) بر جریان مستقیم (dc) آن است که افزایش یا کاهش ولتاژ ac بسیار آسان‌تر از dc است. **مبدل‌ها بر اساس خاصیت القای متقابل** و جهت افزایش یا کاهش ولتاژ در جریان متناوب به‌کار می‌روند. مانند شکل مقابل، مبدل شامل دو پیچه با تعداد دورهای متفاوت است که به دور یک هسته از جنس **فرومغناطیس نرم** پیچیده می‌شوند، هسته باعث افزایش خاصیت القای مغناطیسی تا چندین برابر می‌شود. پیچه‌ها نسبت به هسته، عایق‌بندی شده‌اند.

به دلیل متناوب بودن جریان، شار مغناطیسی در پیچهٔ اولیه (پیچهٔ القاگر) تغییر می‌کند و این تغییر شار در پیچهٔ ثانویه (پیچهٔ القا شونده) نیز منتقل می‌شود، در نتیجه نیروی محرکهٔ متناوبی در آن القا می‌کند. همان‌طور که می‌دانید نیروی محرکه القائی متناسب با تعداد دورهای پیچه (N) است. بنابراین ولتاژ خروجی متناسب با نسبت تعداد دورهای پیچهٔ ثانویه به پیچهٔ اولیه یعنی $V_2=(\frac{N_2}{N_1})V_1$ خواهد بود. بنابراین خواهیم داشت: $\frac{V_2}{V_1}=\frac{N_2}{N_1}$

تذکر : اگر $\frac{V_2}{V_1}=\frac{N_2}{N_1}>1$ باشد، مبدل ، **افزاینده** و اگر $\frac{V_2}{V_1}=\frac{N_2}{N_1}<1$ باشد، مبدل ، **کاهنده** است.

تذکر: رابطه $\frac{V_2}{V_1}=\frac{N_2}{N_1}$ برای مبدل آرمانی (ایده‌آل) صادق است. یعنی در حالتی‌که هیچ‌گونه اتلاف انرژی نداشته باشیم.

مثال۴۰) مبدل آرمانی مقابل توسط مولد جریان متناوب با تابع $\varepsilon=4\sin(100\pi t)$ تغذیه می‌شود. بیشینهٔ ولتاژ دو سر مقاومت R چند ولت است؟



۱) ۶ ۲) ۲۴

۳) ۵۴ ۴) ۷۲

پاسخ۴۰)

گزینهٔ ۱

به کمک معادلهٔ نیروی محرکهٔ مولد می‌توان دریافت $\varepsilon_m=4V$، که بیشینهٔ ولتاژی است که به دو سر پیچهٔ اولیه اعمال می‌شود، بنابراین داریم:

$$\frac{V_2}{V_1}=\frac{N_2}{N_1}\xrightarrow{N_2=18,N_1=12,V_1=4V}\frac{V_2}{4}=\frac{18}{12}\Rightarrow V_2=6V$$

https://konkur.info

مثال۴۱) در محل یک نیروگاه برق ولتاژ **10000** ولت توسط مبدل **A** به **400000** ولت تبدیل می‌شود و پس از انتقال به یک شهر توسط مبدل **B** این ولتاژ به **5000** ولت تبدیل می‌شود. اگر نسبت تعداد سیم‌پیچ ثانویه به اولیه در مبدل **A** برابر K_A و در مبدل **B** برابر K_B باشد، $\frac{K_A}{K_B}$ کدام است؟ (سراسری ریاضی-۹۶)

۱) ۲۰ ۲) ۸۰۰ ۳) ۱۲۰۰ ۴) ۳۲۰۰

پاسخ۴۱)

گزینهٔ ۴

در مبدل آرمانی رابطهٔ $\frac{N_2}{N_1}=\frac{V_2}{V_1}$ برقرار است بنابراین داریم:

$$\begin{cases} K_A=\frac{N_2}{N_1}=\frac{V_2}{V_1}=\frac{400000}{10000}\rightarrow K_A=40 \\ K_B=\frac{N'_2}{N'_1}=\frac{V'_2}{V'_1}=\frac{5000}{400000}\rightarrow K_B=\frac{1}{80} \end{cases}$$

$$\frac{K_A}{K_B}=\frac{40}{\frac{1}{80}}\rightarrow \frac{K_A}{K_B}=3200$$

https://konkur.info

بروزترین و برترین
سایت کنکوری کشور
WWW.KONKUR.INFO
Konkur.info
https://konkur.info