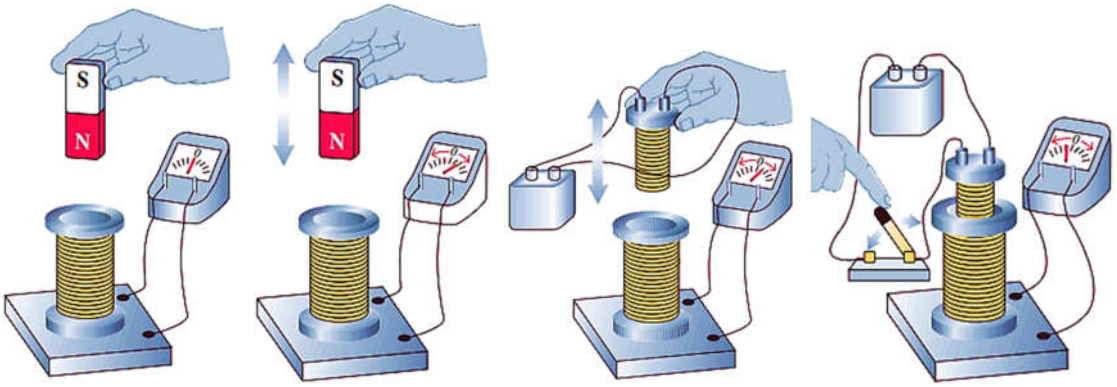
فصل چهارم

القای الکترومغناطیسی

٤- فصل چهارم القای الکترومغناطیسی

به القا شدن جریان الکتریکی در یک رسانا **القای الکترومغناطیسی** گفته می‌شود.



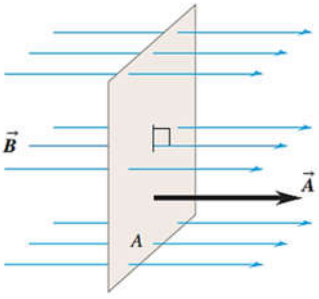
مایکل فارادی و جوزف هانری با انجام دادن آزمایش‌هایی دریافتند

هنگام دور و نزدیک کردن آهنربا به پیچه، عقربه آمپرسنج منحرف می‌شود، و عبور جریانی را از مدار نشان می‌دهد.

یعنی با حرکت آهنربا نسبت به پیچه، یک جریان الکتریکی در مدار القا می‌شود.

این پدیده را **القای الکترومغناطیسی** و جریان تولید شده را **جریان الکتریکی القایی** می‌نامند.

٤-١- شار مغناطیسی

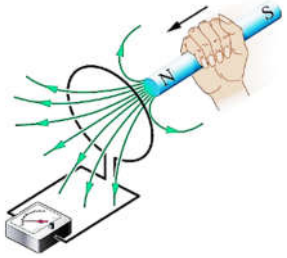


به خطوط میدان مغناطیسی که از یک سطح بسته عبور می‌کنند، **شار مغناطیسی** گفته می‌شود.

٤-٢-عوامل مؤثر در اندازه شار مغناطیسی

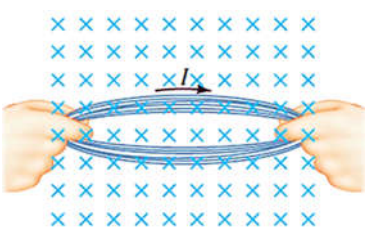
٤-٢-١- تغییر اندازه‌ی میدان مغناطیسی

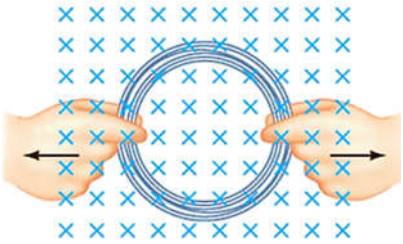
دور یا نزدیک شدن آهنربا به پیچه باعث تغییر میدان مغناطیسی در محل پیچه می‌شود.



۱- تغییر اندازه‌ی میدان مغناطیسی در محل یک مدار بسته باعث القای جریان الکتریکی در آن مدار می‌شود.

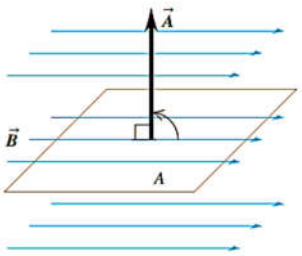
٤-٢-٢- تغییر اندازه مساحت حلقه

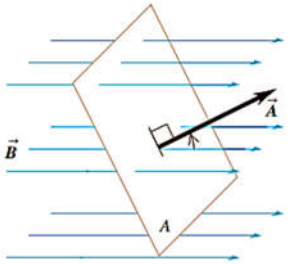


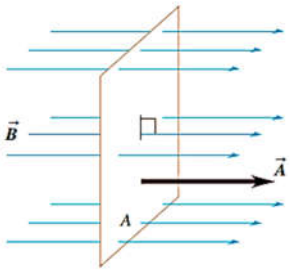


۲- تغییر مساحت مدار بسته در میدان مغناطیسی نیز می‌تواند جریان القایی در مدار تولید کند.

٤-٢-٣- تغییر زاویه‌ی حلقه A و میدان مغناطیسی B







$$[\underbrace{Wb}_{\text{وبر}}]=[T]\cdot[m^2]$$

$$\begin{cases}\varphi \propto B\\ \varphi \propto A\\ \varphi \propto \cos\theta\end{cases} \Rightarrow \varphi = AB\cos\theta$$

سوال ٤-١

قاب مستطیلی شکلی به ابعاد $۳۰cm \times ۴۰cm$ در صفحه‌ی xy قرار داشته و از آن میدان مغناطیسی یکنواخت ۰/۴ تسلا و در جهت محور z عبور می‌کند. شار مغناطیسی که از سطح قاب می‌گذرد چند وبر است؟ (تألیفی)

۱) $۴/۸ \times ۱۰^{-۱}$ ۲) $۴/۸ \times ۱۰^{-۳}$ ۳) $۴/۸ \times ۱۰^{-۲}$ ۴) $۴/۸ \times ۱۰^{-۴}$

٤-٣- تغییرات شار مغناطیسی یک حلقه‌ی بسته نسبت به زمان

حالت اول

تغییر مساحت حلقه نسبت به زمان

$$\text{اگر } \begin{cases} B=\text{مقداری ثابت} \\ \theta=\text{مقداری ثابت} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t_1 \to A(t_1):\varphi(t_1)=A(t_1)B\cos\theta \\ t_2 \to A(t_2):\varphi(t_2)=A(t_2)B\cos\theta \end{cases}$$

$$\Rightarrow \underbrace{\varphi(t_2)-\varphi(t_1)}_{\Delta\varphi(t)}=\underbrace{\left[A(t_2)-A(t_1)\right]}_{\Delta A(t)}B\cos\theta$$

$$\Rightarrow \Delta\varphi(t)=\Delta A(t)B\cos\theta$$

حالت دوم

تغییر اندازه‌ی میدان مغناطیسی نسبت به زمان

$$\text{اگر } \begin{cases} A=\text{مقداری ثابت} \\ \theta=\text{مقداری ثابت} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t_1 \to B(t_1):\varphi(t_1)=B(t_1)A\cos\theta \\ t_2 \to B(t_2):\varphi(t_2)=B(t_2)A\cos\theta \end{cases}$$

$$\Rightarrow \underbrace{\varphi(t_2)-\varphi(t_1)}_{\Delta\varphi(t)}=\underbrace{\left[B(t_2)-B(t_1)\right]}_{\Delta B(t)}A\cos\theta$$

$$\Rightarrow \Delta\varphi(t)=\Delta B(t)A\cos\theta$$

حالت سوم

تغییر زاویه‌ی بین $\mathbb{A}$ و $\mathbb{B}$ نسبت به زمان

$$\text{اگر } \begin{cases} A=\text{مقداری ثابت} \\ B=\text{مقداری ثابت} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t_1 \to \theta(t_1):\varphi(t_1)=AB\cos\theta(t_1) \\ t_2 \to \theta(t_2):\varphi(t_2)=AB\cos\theta(t_2) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \underbrace{\varphi(t_2)-\varphi(t_1)}_{\Delta\varphi(t)}=AB\left[\cos\theta(t_2)-\cos\theta(t_1)\right]$$

$$\Rightarrow \Delta\varphi(t)=AB\left[\cos\theta(t_2)-\cos\theta(t_1)\right]$$

آهنگ تغییرات شار مغناطیسی نسبت به زمان $\longrightarrow \dfrac{\Delta\varphi(t)}{\Delta t}\dfrac{[Wb]}{[s]}$

٤-٣-١- آهنگ تغییرات شار مغناطیسی

$$1:\Rightarrow \frac{\Delta\varphi(t)}{\Delta t}=\frac{\Delta A(t)\,\mathrm{B}\cos\theta}{\Delta t}=\frac{\Delta A(t)}{\Delta t}\mathrm{B}\cos\theta$$

$$2:\Rightarrow \frac{\Delta\varphi(t)}{\Delta t}=\frac{\Delta B(t)A\cos\theta}{\Delta t}=\frac{\Delta B(t)}{\Delta t}A\cos\theta$$

$$3:\Rightarrow \frac{\Delta\varphi(t)}{\Delta t}=\frac{\left[\cos\theta(t_2)-\cos\theta(t_1)\right]}{\Delta t}AB$$

٤-٣-٢- شار مغناطیسی لحظه‌ای

$$1:\Rightarrow \frac{d\varphi(t)}{dt}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\varphi(t)}{\Delta t}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta A(t)B\cos\theta}{\Delta t}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta A(t)}{\Delta t}B\cos\theta=\frac{dA(t)}{dt}B\cos\theta$$

$$2:\Rightarrow \frac{d\varphi(t)}{dt}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\varphi(t)}{\Delta t}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta B(t)A\cos\theta}{\Delta t}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta B(t)}{\Delta t}A\cos\theta=\frac{dB(t)}{dt}A\cos\theta$$

$$3:\Rightarrow \frac{d\varphi(t)}{dt}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\varphi(t)}{\Delta t}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\left[\cos\theta(t_2)-\cos\theta(t_1)\right]}{\Delta t}AB=\frac{d\cos(t)}{dt}AB$$

سوال ٤-٢

حلقه‌ای فلزی به شعاع ۲۰cm در یک میدان مغناطیسی یکنواخت $B = ۰/۰۱T$ قرار دارد و خطوط میدان موازی با سطح حلقه است. اگر حلقه حول یکی از قطرهایش که عمود بر خطوط میدان است به اندازه‌ی ۳۰ درجه دوران کند، شار مغناطیسی آن به اندازه‌ی چند وبر تغییر می‌کند؟ (آزمایشی سنجش ۸۱)

۱) $۲\pi\times۱۰^{-۴}$ ۲) $۴\pi\times۱۰^{-۴}$ ۳) $۲\sqrt{۳}\,\pi\times۱۰^{-۲}$ ۴) ۲×۱۰^{-۲}

٤-٤-قانون القای فارادی

سوال ٤-٣

یکای $\left[\frac{Wb}{s}\right]$ معادل کدام کمیت زیر است؟

۱) $\left[\frac{v}{\Omega}\right]$ ۲) $\left[\frac{A}{\Omega}\right]$ ۳) $[v]$ ٤) $[\Omega]$

$$\frac{[Wb]}{[s]}=\frac{[T]\cdot[m^2]}{[s]}=\frac{\left[\frac{N}{A\cdot m}\right]\cdot[m^2]}{[s]}=\frac{[N][m]}{[A][s]}=\frac{[N][m]}{\frac{[C]}{[s]}[s]}=\frac{[N][m]}{[C]}=\frac{[N]}{[C]}\cdot[m]$$

$$\frac{[Wb]}{[s]}=\left[\frac{N}{C}\right]\cdot[m]=\underbrace{[v]}_{\text{ولت}}$$

$\left[\frac{Wb}{s}\right]$ معادل ولت است، یعنی با تغییر شار مغناطیسی نسبت به زمان درون مدار یک نیروی محرکه به‌وجود می‌آید.

قانون القای فارادی:

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

نیروی محرکه القایی متوسط: $\bar{\varepsilon}=\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$

نیروی محرکه القایی لحظه ای: $\varepsilon(t)=\lim_{\Delta t\to 0}\bar{\varepsilon}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\varphi(t)}{\Delta t}=\frac{d\varphi(t)}{dt}$

اگر N حلقه بسته داشته باشیم:

نیروی محرکه القایی متوسط: $\bar{\varepsilon}=N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$

نیروی محرکه القایی لحظه ای: $\varepsilon(t)=N\frac{d\varphi(t)}{dt}$

جریان القایی متوسط: $\bar{I}=\frac{N}{R}\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$

جریان القایی لحظه ای: $I(t)=\frac{N}{R}\frac{d\varphi(t)}{dt}$

سوال ٤-٤

شار مغناطیسی که از یک مدار بسته می‌گذرد، در مدت ۰/۰۱s از ۰/۰۲ وبر به ۰/۰۳- وبر تغییر می‌یابد. اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط آن مدار چند ولت است؟ (سراسری تجربی ۸۰)

۱) ۱ ۲) ۱/۵ ۳) ۲/۵ ۴) ۵

سوال ٤-٥

پیچه‌ای دارای ۲۰۰ حلقه است. اگر آهنگ تغییر شار مغناطیسی برابر با مقدار ثابت ۰/۵ وبر بر ثانیه باشد، نیروی محرکه‌ی القایی ایجاد شده در پیچه چند ولت است؟ (سراسری ریاضی ۸۶)

۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۴۰۰

سوال ٤-٦

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

۱) ۰/۰۴ ۲) ۰/۰۸ ۳) ۰/۱۲ ۴) ۰/۱۶ (سراسری ریاضی ۸۷ خارج از کشور)

سوال ٤-٧

پیچه‌ی تختی با مساحت $40cm^2$ که دارای ۱۰۰ حلقه است در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت ۱۰۰ گاوس که در جهت محور x است قرار دارد. اگر پیچه در مدت $10^{-4}s$ از وضعیتی که عمود بر محور x است به وضعیتی که سطح حلقه با محور x زاویه‌ی ۳۰ درجه می‌سازد تغییر حالت دهد، نیروی محرکه‌ی متوسط القا شده در پیچه چند ولت است؟ (سراسری ریاضی ۸۶ خارج از کشور)

۱) ۲۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۴۰ ۴) ۲۰

سوال ٤-٨

یک سیم‌پیچ با ۱۰ دور سیم که مساحت هر حلقه‌ی آن ۱۰۰ سانتی‌متر مربع است، عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار گرفته است. اگر میدان مغناطیسی در مدت ۰/۱ ثانیه از ۰/۲۵ تسلا در یک جهت تا ۰/۵ تسلا در خلاف جهت اولیه تغییر کند، اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط چند ولت است؟ (آزمون‌های سراسری گاج)

۱) ۰/۲۵ ۲) ۰/۰۵ ۳) ۰/۷۵ ۴) ۰/۱۵

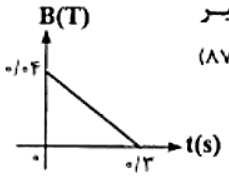
سوال ٤-٩

حلقه‌ای به شعاع ۲ سانتی‌متر، عمود بر یک میدان مغناطیسی قرار دارد. این حلقه از سیمی مسی به شعاع مقطع ۲mm و مقاومت ویژه‌ی $1/7\times10^{-8}\,\Omega m$ تشکیل شده است. میدان مغناطیسی با چه آهنگی در SI تغییر کند تا جریانی برابر ۰/۲ آمپر در حلقه القا شود؟ $(\pi=3)$ (سراسری تجربی ۸۸، سراسری تجربی ۸۷ خارج از کشور)

۱) ۰/۰۲۸ ۲) ۰/۲۸۰ ۳) ۰/۰۸۲ ۴) ۰/۸۲۰

سوال ٤-١٠

حلقه‌ای با شعاع ۱۰cm و مقاومت 5Ω، عمود بر میدان مغناطیسی که اندازه‌ی آن مطابق شکل روبه‌رو تغییر می‌کند، قرار دارد. جریان القایی حلقه در لحظه‌ی $t=0/2s$ چند میلی آمپر است؟ $(\pi=3)$ (سراسری تجربی ۸۷)



۱) ۰/۶ ۲) ۰/۸ ۳) ۱ ۴) ۴

سوال ٤-١١

شار مغناطیسی عبوری از حلقه‌ای مطابق رابطه‌ی $\Phi_B=(4t^2-3t+1)\times10^{-3}$ (در SI) تغییر می‌کند. نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در ۲ ثانیه‌ی اول چند برابر نیروی محرکه‌ی القایی در لحظه‌ی $t=2s$ است؟ (سراسری ریاضی ۸۷)

۱) $\frac{5}{13}$ ۲) $\frac{5}{16}$ ۳) $\frac{9}{13}$ ۴) $\frac{9}{16}$

سوال ٤-١٢

پیچه‌ای از ۵۰ حلقه تشکیل شده و شار مغناطیسی آن در SI به صورت $\Phi=10^{-3}\cos100\pi t$ است. بیشینه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی آن چند ولت است؟ (سراسری تجربی ۸۵)

۱) ۰/۵ ۲) ۵ ۳) 5π ۴) $0/5\pi$

سوال ٤-١٣

شار عبوری از یک پیچه در SI به صورت $\Phi=0/2\sin\left(100t-\frac{\pi}{8}\right)$ است. پیچه ۵۰ حلقه دارد و مقاومت الکتریکی آن ۵۰ اهم است، بیشینه‌ی جریان القایی عبوری از آن چند آمپر است؟ (سراسری تجربی ۸۶)

۱) ۰/۴ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۲۰

سوال ٤-١٤

شار مغناطیسی عبوری از هر حلقه یک پیچه در SI به صورت $\Phi = ۰/۰۵\cos(۵۰\pi t)$ است. اگر پیچه دارای ۲۰ حلقه و مقاومت آن ۲۵Ω باشد، جریان القایی عبوری از آن در لحظه‌ی $t = \frac{۱}{۶}s$ چند آمپر است؟ (سراسری تجربی ۸۱)

۱) ۲π ۲) $۲\pi\sqrt{۳}$ ۳) π ۴) $\pi\sqrt{۳}$

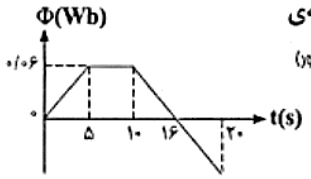
سوال ٤-١٥

شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه در SI به صورت $\Phi = ۵ + ۰/۰۱\sin\left(۵۰۰t + \frac{\pi}{۴}\right)$ می‌باشد. اگر مقاومت این حلقه ۵ اهم باشد، جریان القایی متوسط از لحظه‌ی صفر تا $t = \frac{\pi}{۵}s$ چند آمپر است؟ (آزمایشی سنجش ۸۳)

۱) صفر ۲) $\frac{۱۰}{\pi}$ ۳) $\frac{۱}{\pi}$ ۴) $\frac{۵}{\pi}$

سوال ٤-١٦

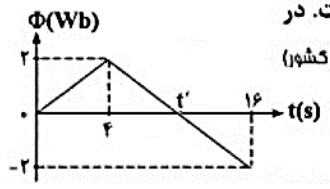
نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه برحسب زمان مطابق شکل است. بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در حلقه در بازه‌ی زمانی ۱۰ تا ۲۰ ثانیه چند میلی‌ولت است؟ (سراسری ریاضی ۸۸ خارج از کشور)



۱) ۰/۰۱ ۲) ۰/۰۲
۳) ۲۰ ۴) ۱۰

سوال ٤-١٧

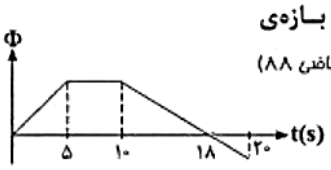
نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه نسبت به زمان مطابق شکل روبه‌رو است. در لحظه‌ی t' بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی در حلقه چند ولت است؟ (سراسری ریاضی ۸۹ خارج از کشور)



۱) صفر ۲) ۲
۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) $\frac{۱}{۳}$

سوال ٤-١٨

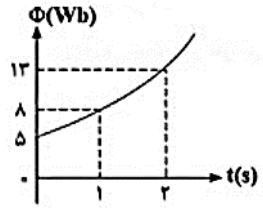
نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه برحسب زمان مطابق شکل است. در کدام بـازه‌ی زمانی، بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در حلقه بیشتر است؟ (سراسری ریاضی ۸۸)



۱) ۰ تا ۵ ثانیه
۲) ۱۰ تا ۱۸ ثانیه
۳) ۵ تا ۲۰ ثانیه
۴) ۱۰ تا ۲۰ ثانیه

سوال ٤-١٩

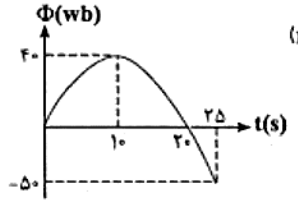
نمودار شار مغناطیسی گذرنده از یک حلقه، به‌صورت سهمی روبه‌رو است. بزرگـی نیـروی محرکـه‌ی القایی در لحظه‌ی $t = ۰$ چند ولت است؟ (سراسری تجربی ۹۰)



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۲/۵
۴) ۵

سوال ٤-٢٠

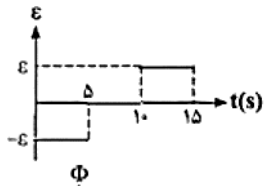
نمودار شار عبوری بر حسب زمان، از یک پیچه با ۱۰ دور سیم و مقاومت ۱۰۰Ω مطابق شـکل اسـت. شدت جریان القایی متوسط در ۱۰ ثانیه‌ی اول چند آمپر است؟ (سراسری ریاضی ۸۱ خارج از کشور)

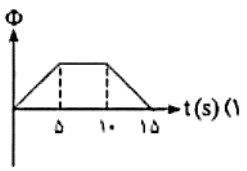


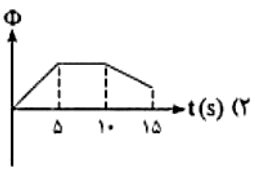
۱) ۰/۶
۲) ۱/۲
۳) ۰/۸
۴) ۰/۴

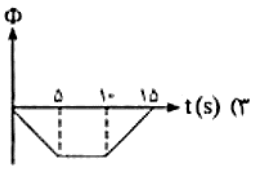
سوال ٤-٢١

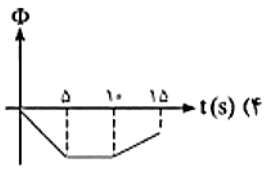
نمودار نیرو محرکه‌ی القایی ایجاد شده در یک حلقه برحسب زمان مطابق شکل اسـت. نمـودار شـار عبوری برحسب زمان مطابق کدام گزینه می‌تواند باشد؟ (سراسری تجربی ۸۲ خارج از کشور)



۱) 

۲) 

۳) 

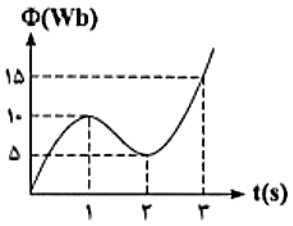
۴) 

سوال ٤-٢٢

پیچه‌ای دارای ۵۰ حلقه است و شار مغناطیسی ۰/۰۴ وبر از آن می‌گذرد. این شار مغناطیسی به‌طور منظم کاهش پیدا کرده و در مدت Δt به صفر می‌رسد. اگر مقاومت الکتریکی این مدار 5Ω باشد چند کولن الکتریسیته‌ی القایی در این مدت در مدار شارش پیدا می‌کند؟ (سراسری تجربی ۸۴، سراسری ریاضی ۷۷)

۱) ۰/۰۲ ۲) ۰/۴ ۳) ۲ ۴) ۴

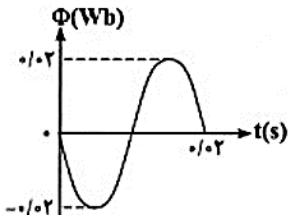
سوال ٤-٢٣



نمودار شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه‌ی بسته با ۱۰ دور سیم و مقاومت ۲۰ اهم مطابق شکل روبه‌رو است. در بازه‌ی زمانی $t_1=1s$ تا $t_2=3s$ به‌طور متوسط چند کولن الکتریسیته در مدار جاری می‌شود؟ (سراسری تجربی ۸۰ خارج از کشور)

۱) ۰/۲ ۲) ۲
۳) ۲/۵ ۴) ۰/۲۵

سوال ٤-٢٤



سیملوله‌ای از ۵۰ حلقه تشکیل شده و نمودار تغییرات شار مغناطیسی در آن مطابق شکل است، معادله‌ی نیروی محرکه‌ی القایی آن در SI کدام است؟ (سراسری ریاضی ۹۰ خارج از کشور)

۱) $\varepsilon = 100\pi\cos(100\pi t)$
۲) $\varepsilon = 200\sin(100\pi t)$
۳) $\varepsilon = 100\pi\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$
۴) $\varepsilon = 200\sin\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$

٤-٥-قانون لنز

پس از آنکه فارادی قانون القای الکترومغناطیسی را ارائه کرد، هاینریش لنز در سال ١٨٣٤ میلادی قاعده‌ای را برای **تعیین جهت جریان القایی** در یک مدار پیشنهاد کرد.

٤-٥-١- قانون لنز

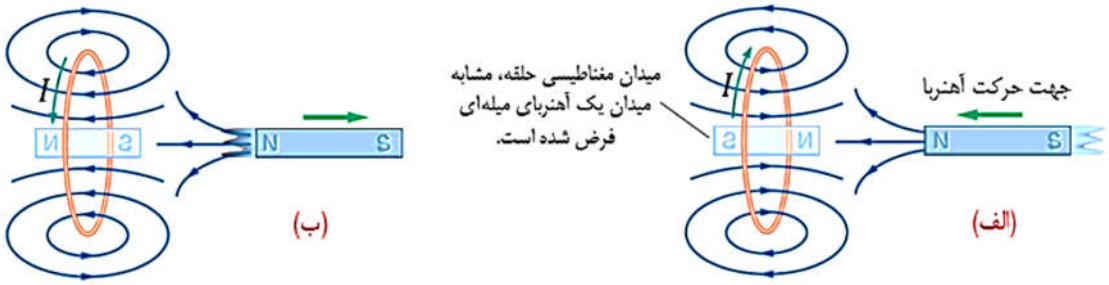
جهت جریان القایی در یک مدار همواره در جهتی است که با **عامل به وجودآورنده جریان القایی**، یعنی تغییر شار مغناطیسی، **مخالفت** می‌کند.

نیروی محرکه القایی متوسط : $\bar{\varepsilon} = -N\dfrac{\Delta\varphi}{\Delta t}$

نیروی محرکه القایی لحظه ای : $\varepsilon(t) = -N\dfrac{d\varphi(t)}{dt}$

جریان القایی متوسط: $\bar{I} = \left|-\dfrac{N}{R}\dfrac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right|$

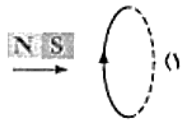
جریان القایی لحظه ای: $I(t) = \left|-\dfrac{N}{R}\dfrac{d\varphi(t)}{dt}\right|$

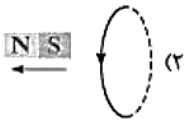


سوال ٤-٢٥

در شکل‌های زیر، با توجه به جهت حرکت آهنربا، جهت جریان القایی در کدام حلقه‌ی فلزی صحیح است؟ (علامت پیکان، نشان دهنده‌ی جهت حرکت آهنربا است.)

(سراسری تجربی ۹۰ خارج از کشور)

۱) 

۲) 

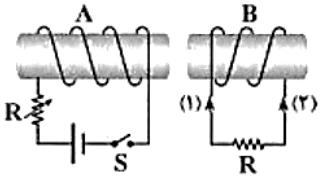
۳)

۴)

سوال ٤-٢٦

در آزمایش شکل مقابل کلید را وصل می‌کنیم و بعد از چند ثانیه مقاومت R را به تدریج افزایش می‌دهیم. در لحظه‌ی وصل کلید و در موقع افزایش مقاومت الکتریکی، جریان القایی در سیم‌پیچ B (به ترتیب از راست به چپ)، در چه جهتی است؟

(سراسری تجربی ۸۴ خارج از کشور)

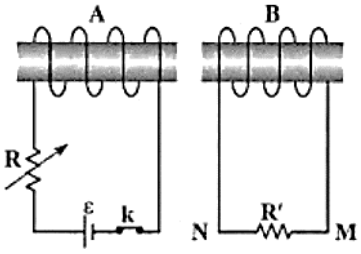


۱) ۱ و ۱
۲) ۱ و ۲
۳) ۲ و ۱
۴) ۲ و ۲

سوال ٤-٢٧

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

(سراسری ریاضی ۹۰)

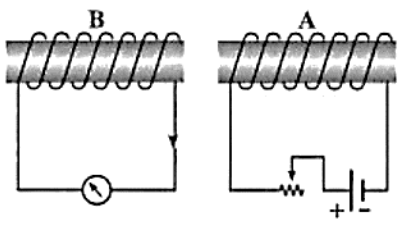


۱) لحظه‌ی قطع کلید k
۲) وقتی مقاومت رئوستا در حال افزایش است.
۳) وقتی سیم‌لوله‌ی A به سمت راست حرکت می‌کند.
۴) وقتی سیم‌لوله‌ی B به سمت راست حرکت می‌کند.

سوال ٤-٢٨

دو سیملوله‌ی A و B در مقابل یک‌دیگر قرار دارند. با تغییر مقاومت رئوستا جریانی در مدار سیملوله‌ی B القا می‌شود. با توجه به شکل می‌توان نتیجه گرفت که مقاومت رئوستا در حال ..... است و دو سیملوله نیروی ..... را به یک‌دیگر وارد می‌کنند.

(سراسری ریاضی ۸۶)

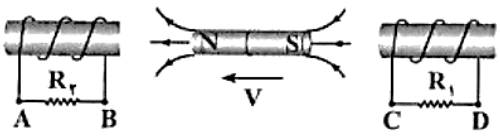


۱) کاهش ـ جاذبه
۲) کاهش ـ دافعه
۳) افزایش ـ دافعه
۴) افزایش ـ جاذبه

سوال ٤-٢٩

در شکل روبه‌رو، سیملوله‌ها ثابت‌اند و آهنربا به سمت چپ در حال حرکت است. جهت جریان القایی در مقاومت‌های R_1 و R_2 کدام است؟

(سراسری ریاضی ۹۰ خارج از کشور)



۱) از D به C و از A به B

۲) از C به D و از A به B

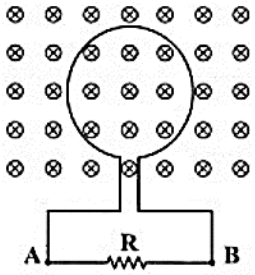
۳) از D به C و از B به A

۴) از C به D و از B به A

سوال ٤-٣٠

در شکل مقابل، شار مغناطیسی که از حلقه عبور می‌کند، در SI به‌صورت $\Phi = (5t^2 + 6t) \times 10^{-3}$ است. بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در فاصله‌ی زمانی $t = 0$ تا $t = 2s$ چند میلی‌ولت و جهت جریان القایی در مقاومت R به کدام سمت است؟

(سراسری تجربی ۸۸ خارج از کشور، کتاب درسی)



۱) ۱۶، از A به B

۲) ۱۶، از B به A

۳) ۱۸، از A به B

۴) ۱۸، از B به A

سوال ٤-٣١

میله‌ی رسانایی به طول ۲۵cm در صفحه‌ای عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت ۰/۰۸T با سرعت ثابت ۱۲m/s حرکت می‌کند. نیروی محرکه‌ی القایی چند ولت است؟

(سراسری ریاضی ۸۱، سراسری ریاضی ۷۶)

۱) ۲۴۰۰ ۲) ۲۴ ۳) ۲/۴ ۴) ۰/۲۴

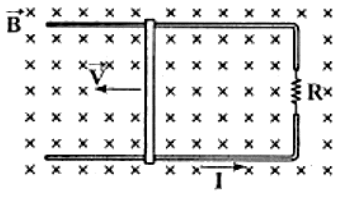
سوال ٤-٣٢

سیم راستی به طول ۲m در یک میدان مغناطیسی با شدت ۰/۰۴ تسلا قرار دارد و راستای سیم با جهت میدان زاویه‌ی ۳۰ درجه می‌سازد. سیم را با سرعت ثابت ۵m/s در جهتی که عمود بر سیم بوده و با میدان زاویه‌ی ۳۰ درجه می‌سازد در مسیر مستقیم حرکت می‌دهیم، نیروی محرکه‌ی القایی بین دو سر سیم چند ولت است؟

(آزمایشی سنجش ۹۰)

۱) ۰/۲ ۲) $0/2\sqrt{3}$ ۳) ۰/۴ ۴) $0/4\sqrt{3}$

سوال ٤-٣٣

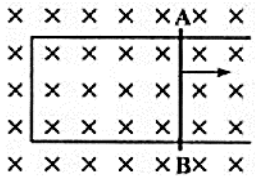


در شکل روبه‌رو اگر $L = ۰/۲m$ و $I = ۰/۵A$ ، $B = ۰/۵T$ ، $R = ۰/۴\Omega$ باشد، سرعت انتقال میله (V) برابر با چند متر بر ثانیه است؟ (L طول میله است.) (سراسری ریاضی ۸۵)

۱) ۰/۴
۲) ۰/۵
۳) ۱
۴) ۲

سوال ٤-٣٤

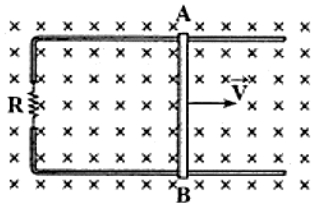
سیم AB با مقاومت ۴Ω بر روی قاب مستطیل شکل با سرعت ثابت مانند شکل حرکت می‌کند. اگر اندازه‌ی میدان مغناطیسی $۵\times۱۰^{-۲}T$ باشد، مساحت قاب با چه آهنگی بر حسب متر مربع بر ثانیه تغییر کند تا جریان ۰/۰۲A در مدار القا شود؟ (مقاومت الکتریکی قاب ناچیز فرض شود.)



۱) ۰/۰۸
۲) ۰/۱۶ (سراسری تجربی ۸۶ خارج از کشور)
۳) ۱/۶
۴) ۲/۵

سوال ٤-٣٥

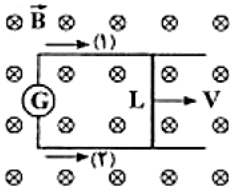
در شکل روبه‌رو میله‌ی فلزی AB روی رسانای U شکل با سرعت ثابت کشیده می‌شود و سطح قاب عمود بر یک میدان مغناطیسی ثابت و یکنواخت درون‌سو است. در این حالت جریان القایی در درون میله‌ی AB چگونه است؟ (سراسری تجربی ۸۴)



۱) ثابت و از B به A
۲) ثابت و از A به B
۳) نوسانی سینوسی است.
۴) به دلیل ثابت بودن سرعت میله، جریان صفر است.

سوال ٤-٣٦

در شکل مقابل میدان مغناطیسی ۰/۰۵ تسلا و سطح قاب عمود بر میدان است و ضلع L به طول ۴۰cm با سرعت ۲۰ متر بر ثانیه در جهت نشان داده شده در حرکت است. نیروی محرکه‌ی القایی چند ولت و جریان القایی در کدام جهت است؟ (سراسری ریاضی ۸۷)



۱) ۱/۲ و (۱)
۲) ۱/۲ و (۲)
۳) ۰/۴ و (۱)
۴) ۰/۴ و (۲)

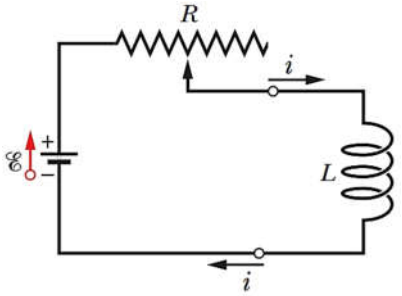
٤-٦-القاگرها و اثر خودالقایی

همانطور که در فصل الکتریسیته ساکن دیده شد در فضای بین صفحه‌های یک خازن، میدان الکتریکی ایجاد می‌شود و انرژی الکتریکی توسط همین میدان در خازن ذخیره می‌شود.

از **القاگر** برای تولید **میدان مغناطیسی دلخواه** و همچنین **ذخیره انرژی مغناطیسی** توسط میدان مغناطیسی استفاده کرد.

القاگر به ثابت نگهداشتن **جریان** در برابر **افت و خیزهای emf** اعمال شده کمک می‌کند.

القاگر از **تغییرات جریان** که سریع‌تر از مقدار تعیین شده باشد جلوگیری می‌کند.



با تغییر مقاومت رئوستا، جریان در مدار تغییر می‌کند. تغییر جریان در مدار، سبب تغییر جریان عبوری از القاگر می‌شود و در نتیجه شار مغناطیسی عبوری از القاگر تغییر می‌کند.

این فرآیند سبب القای **نیروی محرکه خودالقایی** در القاگر می‌شود که بنا به **قانون لنز** با هرگونه تغییر جریان عبوری از آن مخالفت می‌کند. به این پدیده که می‌تواند در هر **القاگر(پیچه یا سیملوله)** رخ دهد، **اثر خودالقایی** گفته می‌شود.

٤-٦-١- ضریب خودالقایی

ضریب خودالقایی به‌صورت زیر تعریف می‌شود

$$\varepsilon_L = -L\frac{dI}{dt}$$

L ضریب خودالقایی، القاگر است.

واحد ضریب خودالقایی هانری H است.

٤-٦-١-١- تعریف هانری

اگر جریان عبوری از القاگر با آهنگ یک آمپر بر ثانیه $1\left[\frac{A}{s}\right]$ تغییر کند، نیروی محرکه خودالقایی برابر یک $1[v]$ در آن القا می‌شود

٤-٦-٢- محاسبه‌ی ضریب خودالقایی سیم‌لوله

اگر جریان الکتریکی متناوب از یک مدار عبور کند در اثر تغییرات جریان، شار مغناطیسی گذرنده از سیم‌لوله نسبت به زمان تغییر می‌کند.

$$B(t)=\frac{\mu_0 N\, I(t)}{l}$$

$$\varphi = AB\cos\theta \xrightarrow{\theta=0} \varphi_{max} = A\,B(t) = A\left(\frac{\mu_0 N\, I(t)}{l}\right) = \left(\mu_0 \frac{N}{l} A\right) I(t)$$

$$\begin{cases} \varepsilon = -N\dfrac{d\varphi}{dt} = -\left(\mu_0 \dfrac{N^2}{l} A\right)\dfrac{d\, I(t)}{dt} \\ \varepsilon = -L\dfrac{d\, I(t)}{dt} \end{cases} \Rightarrow L = \mu_0 \frac{N^2}{l} A$$

اگر سیم‌لوله دارای هسته‌ی فلزی باشد

$$L = k\,\mu_0 \frac{N^2}{l} A$$

k ضریبی بدون یکا است که به جنس هسته داخل سیملوله بستگی دارد و به آن **ضریب تراوایی مغناطیسی نسبی هسته** می‌گویند.

سوال ٤-٣٧

ضریب خودالقایی سیملوله‌ای ۰/۴ هانری است. شدت جریان عبوری از آن با چه آهنگی بر حسب آمپر بر ثانیه تغییر کند، تا اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی خودالقایی آن ۶ ولت شود؟

(سراسری (ریاضی ۸۹ خارج از کشور)

۱) ۷/۵ ۲) ۱۲/۵ ۳) ۱۵ ۴) ۳۰

سوال ٤-٣٨

سیملوله‌ای بدون هسته دارای ۱۰۰ حلقه است. طول سیملوله ۲۵cm و شعاع حلقه‌های آن ۱۰cm است. اگر در مدت ۰/۰۲ ثانیه جریان الکتریکی آن به طور منظم از ۳۰ آمپر به صفر برسد، نیروی محرکه‌ی خودالقایی آن چند ولت است؟ $(\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\,T.m/A)$

(سراسری (ریاضی ۸۶ خارج از کشور)

۱) $0/24\pi^2$ ۲) $0/48\pi^2$ ۳) $2/4\pi$ ۴) $4/8\pi$

سوال ٤-٣٩

جریان عبوری از سیملوله‌ای به ضریب خودالقایی ۰/۰۲ هانری، در SI به صورت $I = 5t^2 - 10t + 20$ است. در لحظه‌ی $t = 2s$ انرژی سیملوله چند ژول و اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی آن چند ولت است؟ (به ترتیب از راست به چپ) (سراسری (ریاضی ۹۰)

۱) ۱ و ۰/۲ ۲) ۴ و ۰/۴ ۳) ۴ و ۰/۲ ۴) ۱ و ۰/۴

سوال ٤-٤٠

جریان عبوری از یک سیملوله در SI به صورت $i = t^2 - 15$ است. اگر معادله‌ی نیروی محرکه‌ی القایی آن در SI $\varepsilon = -0/01t$ باشد، ضریب خودالقایی سیملوله چند هانری است؟ (سراسری تجربی ۸۵ خارج از کشور)

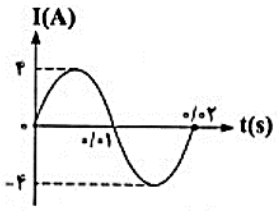
۱) 2×10^{-2} ۲) 3×10^{-2} ۳) 5×10^{-3} ۴) 15×10^{-3}

سوال ٤-٤١

معادله‌ی بار الکتریکی عبوری از یک سیملوله با ضریب خودالقایی ۰/۵ هانری، در SI به‌صورت $q = 4t^3 + 8t$ می‌باشد. نیروی محرکه‌ی القایی در سیملوله در پایان ثانیه‌ی دوم، برابر چند ولت است؟ (تألیفی)

۱) ۲۴ ۲) ۳۶ ۳) ۱۲ ۴) ۱۸

سوال ٤-٤٢



نمودار تغییرات جریان با زمان در یک سیملوله مانند شکل است. اگر معادله‌ی نیروی محرکه‌ی خودالقایی در آن به‌صورت $\varepsilon_L = -8\pi\cos(100\pi t)$ باشد، ضریب خودالقایی سیملوله چند هانری است؟ (سراسری (ریاضی ۸۴ خارج از کشور)

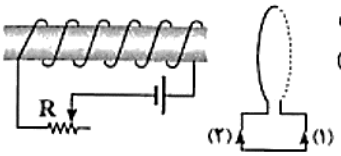
۱) ۰/۰۱ ۲) ۰/۰۲

۳) ۱ ۴) ۲

سوال ٤-٤٣

در مدار روبه‌رو، مقاومت رئوستا در حال افزایش است. جهت جریان القایی در حلقه در جهت ..... است و نیروی محرکه‌ی خودالقایی در سیملوله در ..... نیروی محرکه‌ی مولد عمل می‌کند.

(سراسری ریاضی ۸۷ خارج از کشور)



۱) (۱)، جهت

۲) (۲)، جهت

۳) (۱)، خلاف جهت

۴) (۲)، خلاف جهت

٤-٦-٣- انرژی ذخیره شده در القاگر

وقتی در دو سر القاگری اختلاف پتانسیل برقرار شود، مولد به القاگر انرژی می‌دهد.

بخشی از این انرژی در مقاومت الکتریکی سیم‌های القاگر به صورت گرما تلف و بقیه آن در میدان مغناطیسی القاگر ذخیره می‌شود.

انرژی ذخیره شده در القاگر را می توان به‌صورت زیر محاسبه کرد

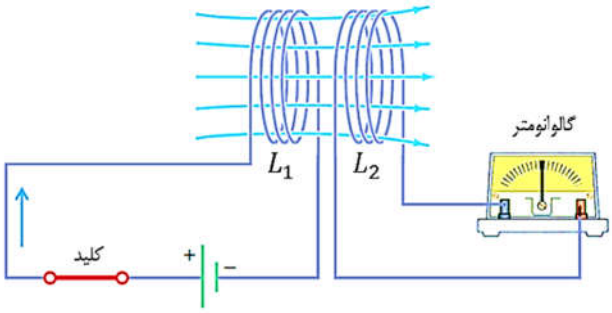
$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

٤-٧-القای متقابل

دو پیچه مجاور در کنار یکدیگر قرار داده شده‌اند اگر از پیچه‌ای که دارای ضریب خود القایی L_1 است جریان جریان I_1 عبور کند میدان مغناطیسی B_1 را به‌وجود می‌آورد.

در پیچه دوم که دارای ضریب خود القایی L_2 است، شار مغناطیسی ناشی از میدان مغناطیسی B_1 می‌گذرد. شار عبوری از پیچه ۲ تغییر می‌کند؛ بنابر قانون فارادی، این تغییر شار نیروی محرکه‌ای در پیچه ۲ القا می‌کند. این فرایند **القای متقابل** نامیده می‌شود.

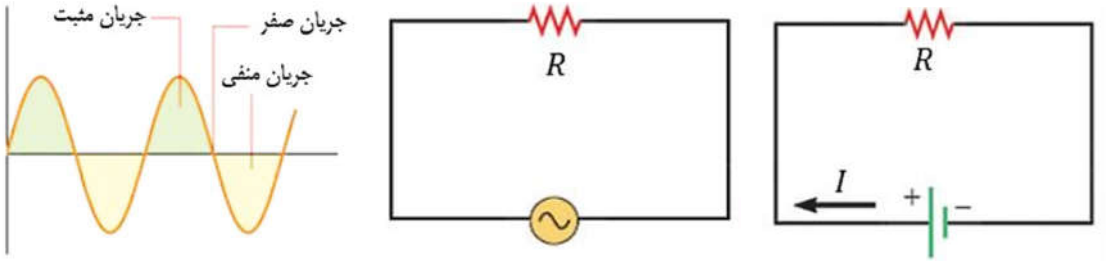
با استفاده از القای متقابل می‌توان انرژی را از پیچه‌ای به پیچه‌ی دیگر منتقل کرد.



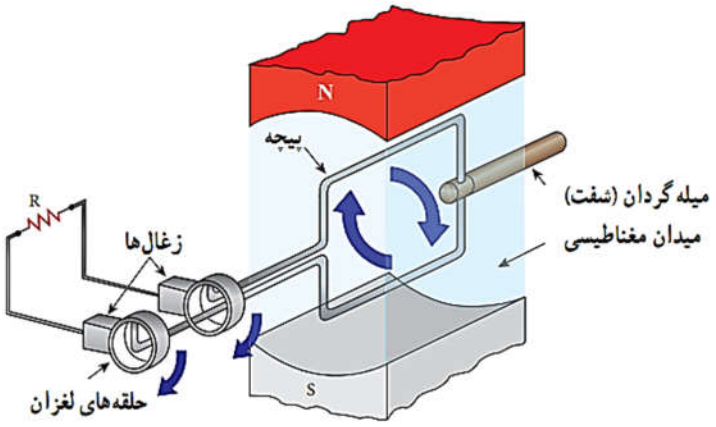
ضریب القای متقابل که آن را با نماد M نشان می‌دهند و برابر $M=\sqrt{L_1L_2}$ است.

٤-٨-جریان متناوب

اگر جریانی به‌صورت یک تابع سینوسی تغییر کند، جریان متناوب نامیده می‌شود.



ساده‌ترین راه برای تغییر شار، تغییر θ زاویه است. به همین دلیل متداول‌ترین روش تولید جریان القایی، تغییر θ زاویه است.



زمان یک دور چرخش کامل پیچه را **دوره** یا **زمان تناوب** می‌نامند و با T نشان می‌دهند.

٤-٨-١- سرعت زاویه‌ای

$$\omega = \frac{\text{تغییرات زاویه}}{\text{مدت زمان}} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

وقتی پیچه یک دور کامل را طی می کند : $(\Delta\theta = 2\pi \quad , \quad \Delta t = T)$

$$\theta(t) - \theta_0 = \omega(t - t_0)$$

$$if \begin{cases} \theta_0 = 0 \\ t_0 = 0 \end{cases} \Rightarrow \theta(t) = \omega t$$

$$\varphi(t) = AB\cos\theta(t) = AB\cos\omega t$$

اگر تعداد حلقه‌های در حال چرخش N دور باشد:

$$\varphi(t) = NAB\cos\theta(t) = NAB\cos\omega t$$

$$\begin{cases} \varepsilon = -\dfrac{d\varphi(t)}{dt} = -NAB\left(\dfrac{d}{dt}\cos\omega t\right) \\ \dfrac{d}{dt}\cos\omega t = -\sin\omega t \end{cases} \Rightarrow \varepsilon = -NAB(-\sin\omega t)$$

$$\varepsilon = NAB\sin\omega t$$

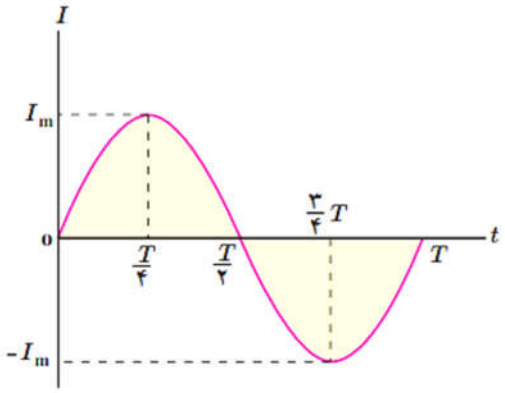
$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin\omega t \quad , \quad \varepsilon_m = NAB$$

اگر حلقه دارای مقاومت الکتریکی R باشد:

$$I(t) = \frac{\varepsilon(t)}{R} = \frac{NAB}{R}\sin\omega t$$

$$I(t) = \frac{\varepsilon(t)}{R} = I_m \sin\omega t$$

$$I(t) = I_m \sin\omega t \quad , \quad I_m = \frac{NAB}{R}$$

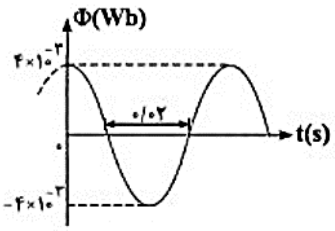


سوال ٤٤-٤

از سیم نازکی به طول ۶۰ متر پیچه‌ای به شعاع ۵ سانتی‌متر ساخته شده است. این پیچه حول محوری عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت ۰/۲ تسلا می‌چرخد و در هر دقیقه ۱۲۰۰ دور می‌زند. بیشینه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی ایجاد شده در پیچه چند ولت است؟

۱) 12π ۲) $4\pi^2$ ۳) $6\pi^2$ ۴) 8π (سراسری ریاضی ۸۹، آزاد ریاضی ۷۸)

سوال ٤٥-٤

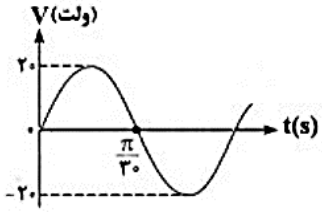


پیچه‌ای دارای ۲۰۰ حلقه و مقاومت الکتریکی کل 2π اهم است. اگر نمودار شار بر حسب زمان در هر یک از حلقه‌های این پیچه یک منحنی سینوسی مطابق شکل باشد، جریان القایی در این پیچه در لحظه‌ی $t=\frac{1}{10}s$ چند آمپر است؟ (سراسری ریاضی ۸۴)

۱) صفر ۲) ۰/۱

۳) ۱۰ ۴) ۲۰

سوال ٤٦-٤



۲- شکل مقابل، نمودار اختلاف پتانسیل دو سر یک مقاومت ۵ اهمی را نشان می‌دهد. معادله‌ی شدت جریان الکتریکی مقاومت در SI کدام است؟ (سراسری ریاضی ۸۸ خارج از کشور)

۱) $i=4\sin(30t)$ ۲) $i=4\sin(30\pi t)$

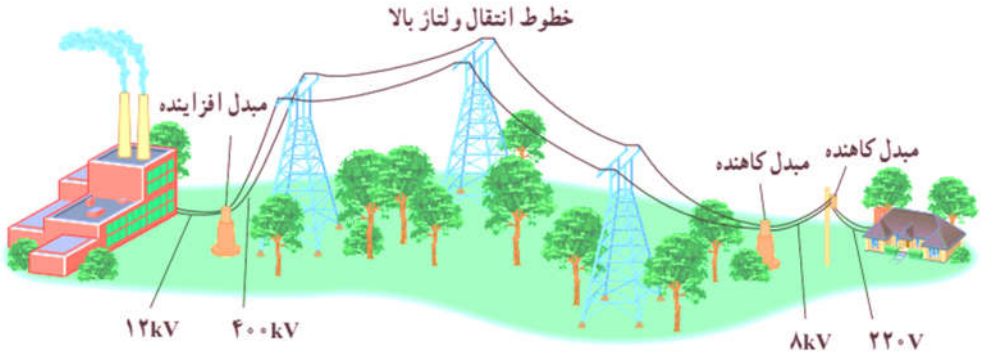
۳) $i=20\sin(30t)$ ۴) $i=20\sin(30\pi t)$

٤-٩- مبدل‌ها

یکی از مزیت‌های مهم توزیع توان الکتریکی ac بر dc آن است که افزایش و کاهش ولتاژ ، ac بسیار آسانتر از dc است.

برای انتقال توان الکتریکی در فاصله‌های دور، تا جایی که امکان دارد باید از ولتاژهای بالا و جریان‌های کم استفاده کنیم.

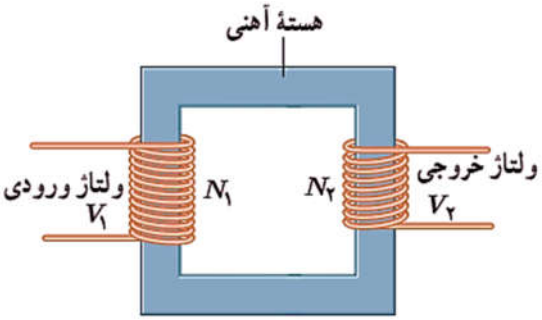
این کار اتلاف توان را در خط‌های انتقال کاهش می‌دهد. همچنین با توجه به کاهش جریان می‌توان از سیم‌های نازک‌تری استفاده و در مصرف مواد اولیه ساخت سیم صرفه‌جویی کرد.



خطهای انتقال توان الکتریکی به طور معمول از ولتاژهایی در حدود $\mathbf{400kV}$ استفاده می‌کنند.

ولتاژ استاندارد برای سیم کشی خانگی در ایران و بسیاری از کشورهای دیگر $\mathbf{220V}$ است. تبدیل ولتاژ مورد نیاز با استفاده از مبدل‌ها صورت می‌گیرد.

مبدل شامل دو پیچه با تعداد دورهای متفاوت است که دور یک هسته آهنی (فرومغناطیس نرم) پیچیده شده‌اند.



$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2}$$