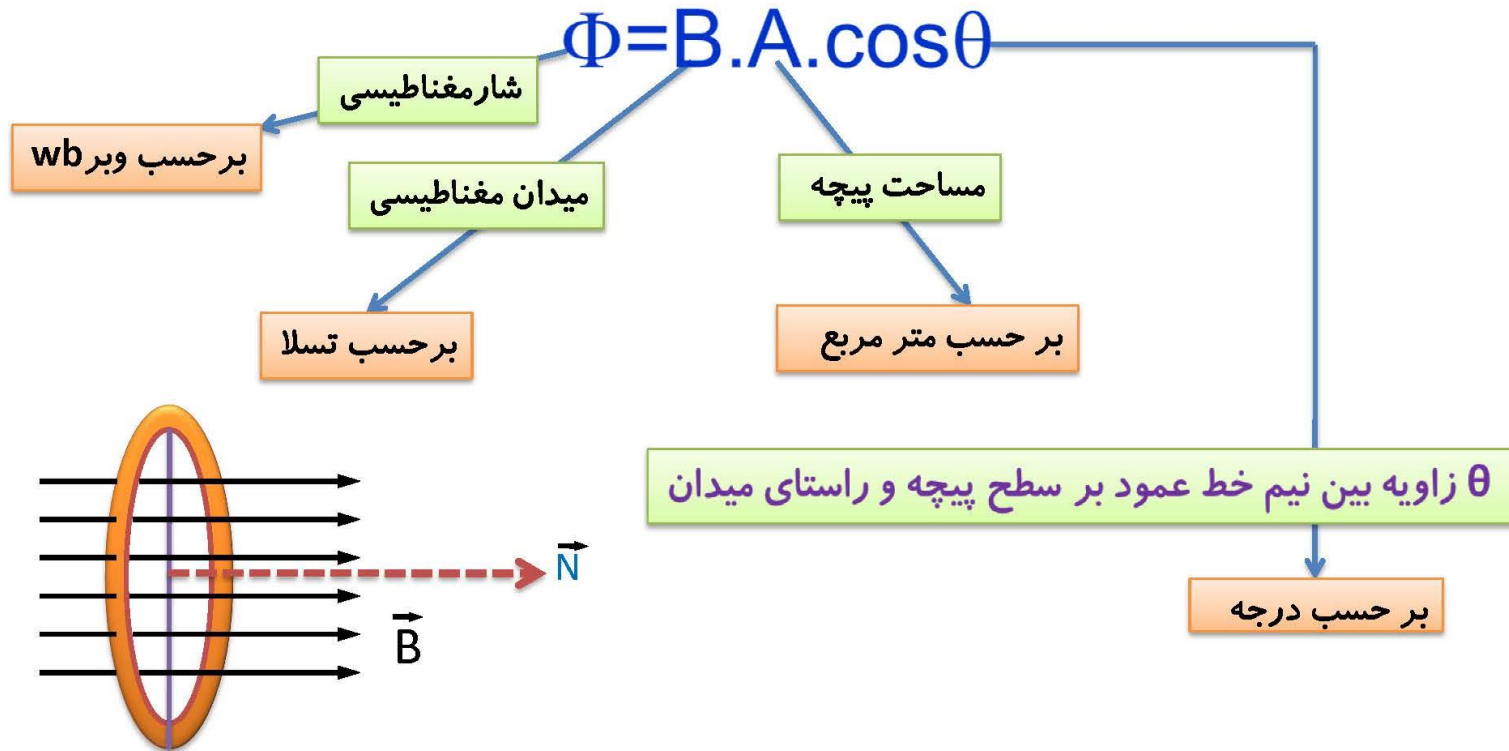
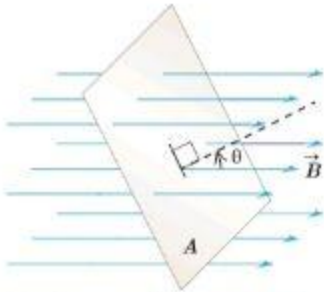


فرمول شار مغناطیسی که از یک سطح تخت می‌گذرد :



بردار N را بر هر طرف سطح حلقه عمود کنیم، اهمیت ندارد. البته با تعویض جهت N ، علامت Φ تغییر خواهد کرد، ولی اندازه آن تغییر نمی‌کند.

۳-۸ قانون القای الکترومغناطیسی فاراده



شکل ۳-۲۷ نیم خط عمود بر سطح، با میدان یکنواخت \vec{B} زاویه θ می‌سازد.

پیش از این دیدیم که به دلایلی مانند تغییر میدان مغناطیسی در محل یک پیچه، تغییر مساحت پیچه در حضور میدان مغناطیسی یا چرخش پیچه درون میدان مغناطیسی، جریان الکتریکی در آن القا می‌شود. عامل اساسی و مشترک در ایجاد جریان القایی در همه این آزمایش‌ها، **تغییر شار مغناطیسی** عبوری از پیچه است.

شار مغناطیسی، کمیتی زرده‌ای است و برای میدان مغناطیسی یکنواخت \vec{B} که از پیچه‌ای با مساحت معین A می‌گذرد به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Phi = BA \cos \theta \quad (3-5)$$

همان‌طور که در شکل ۳-۲۷ دیده می‌شود: θ زاویه بین بردار میدان مغناطیسی و نیم خط عمود بر سطح حلقه است (این نیم خط را به طور جین روی شکل نشان داده‌ایم).

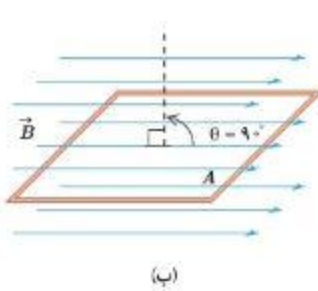
یکای SI شار مغناطیسی، وبر (Wb) است که با توجه به رابطه ۳-۵ داریم: $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \times 1 \text{ m}^2$.
توجه: همواره دو جهت برای رسم نیم خط عمود بر یک سطح معین وجود دارد. علامت شار مغناطیسی عبوری از این سطح نیز به انتخاب این جهت بستگی دارد. برای مثال، در شکل ۳-۲۷، نیم خط عمود را در طرفی از سطح رسم کرده‌ایم که زاویه بین آن و جهت میدان \vec{B} کمتر از 90° است و در نتیجه شار عبوری از سطح مثبت می‌شود. اگر نیم خط عمود را در طرف دیگر سطح انتخاب کنیم، در این صورت، زاویه آن با جهت میدان \vec{B} بیشتر از 90° خواهد شد و شار عبوری از سطح منفی می‌شود. هر دو انتخاب به یک اندازه مفیدند، ولی در حل یک مسئله، همواره باید یکی را انتخاب کنیم و تا پایان آن را تغییر ندهیم.

مثال ۳-۴

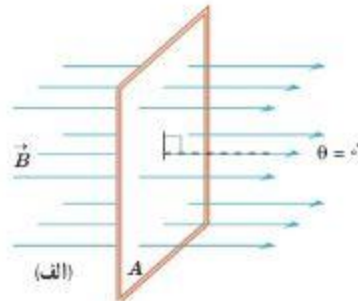
الف) مطابق شکل الف، سطح حلقهٔ رسانایی، به شکل مربع با ضلع 20 cm ، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی 250 G قرار دارد. شار عبوری از این حلقه را به دست آورید.

ب) اگر حلقه را بچرخانیم به طوری که سطح حلقه موازی با خط‌های میدان مغناطیسی شود، شار مغناطیسی عبوری از آن چقدر می‌شود؟

پ) تغییر شار مغناطیسی عبوری از حلقه را وقتی از موقعیت شکل الف به موقعیت شکل ب می‌چرخد به دست آورید.
 ت) اگر این تغییر شار مغناطیسی در بازهٔ زمانی $\Delta t = 0.1 \text{ s}$ رخ داده باشد، آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ را پیدا کنید.



(ب)



(الف)

پاسخ: الف) وقتی مطابق شکل الف، سطح حلقه عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، زاویه بین میدان \vec{B} و نیم خط عمود بر سطح حلقه برابر صفر می‌شود. به این ترتیب، شار عبوری از سطح حلقه برابر است با

$$A = 0.2 \text{ m} \times 0.2 \text{ m} = 0.04 \text{ m}^2 \quad , \quad B = 250 \text{ G} = 250 \times 10^{-4} \text{ T} \quad , \quad \theta = 0^\circ$$

$$\Phi = BA \cos \theta = (250 \times 10^{-4} \text{ T})(0.04 \text{ m}^2)(\cos 0^\circ) = 1 \times 10^{-3} \text{ Wb} = 1 \text{ mWb}$$

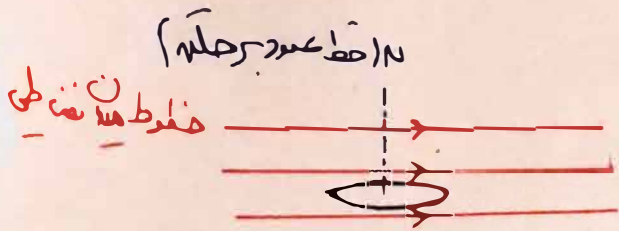
ب) وقتی مطابق شکل ب، حلقه می‌چرخد و سطح آن موازی با خط‌های میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، زاویه بین میدان \vec{B} و نیم خط عمود بر سطح حلقه برابر 90° می‌شود. از آنجا که $\cos 90^\circ = 0$ است، در این شرایط، هیچ شاری از سطح حلقه عبور نمی‌کند. ب) همان‌طور که دیدید شار عبوری از سطح حلقه در وضعیت شکل الف و وضعیت شکل ب، به ترتیب، برابر $\Phi_1 = 1 \text{ mWb}$ و $\Phi_2 = 0$ است. به این ترتیب، تغییر شار عبوری از سطح حلقه برابر $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -1 \text{ mWb}$ می‌شود. علامت منفی نشان دهنده چرخش حلقه از وضعیت شکل الف به وضعیت شکل ب، شار مغناطیسی عبوری از سطح آن کاهش یافته است.

توجه به نتیجه قسمت پ، آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ برابر است با

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{-1 \times 10^{-3} \text{ Wb}}{0.1 \text{ s}} = -0.01 \text{ Wb/s}$$

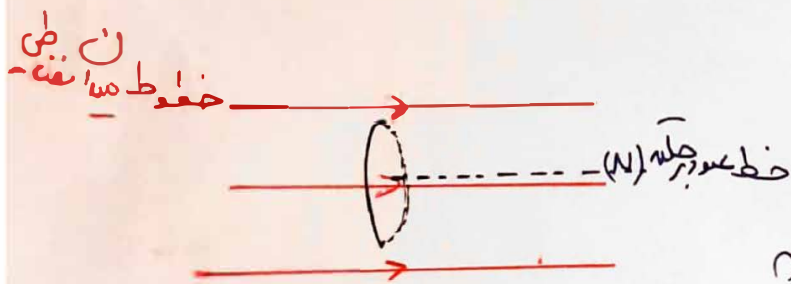


زاویه در شارفتگی



(۱) اگر حلقه با خطوط میدان مغناطیسی موازی باشد

در این حالت زاویه بین خطوط عمود بر حلقه (N) و خطوط میدان مغناطیسی زاویه ۹۰ درجه می‌گردد.

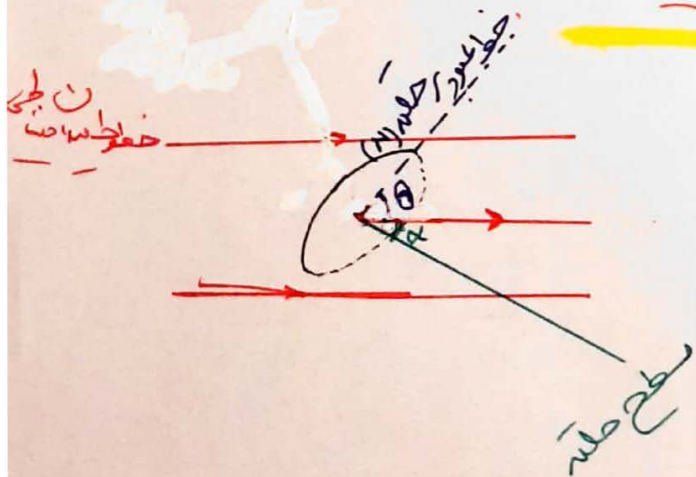
$$\cos 90 = 0 \rightarrow \Phi = AB \times 0 = 0 \text{ و } \omega \neq 0$$


(۲) اگر حلقه با خطوط میدان مغناطیسی عمود باشد

در این حالت زاویه بین خط عمود بر حلقه و خطوط میدان مغناطیسی ۰ یا ۱۸۰ درجه می‌شود.

$$\cos 0 = 1 \rightarrow \Phi_{\max} = A \times B$$

(۳) اگر سطح حلقه با خطوط میدان مغناطیسی زاویه α دارد



در این حالت چون زاویه بین خط عمود بر

حلقه و خطوط میدان مغناطیسی برای خواص

کمتر از ۹۰ درجه کم می‌گردد

$$\theta = 90 - \alpha$$

* زاویه بین خط آبی (N) و قدرش (خطوط میدان مغناطیسی) همواره

در حالت $\theta = 90^\circ$ $\cos \theta = 0$

حالت
 $\cos \theta$
در شرایطی

$\cos 90 = 0 \rightarrow \Phi = 0 \leftarrow \theta = 90$

در حالت $\theta = 0^\circ$ $\cos \theta = 1$

$\Phi_{\max} = A \times B \leftarrow \cos 0 = 1 \leftarrow \theta = 0$

در سطح $\theta = \alpha$ زاویه α سارده

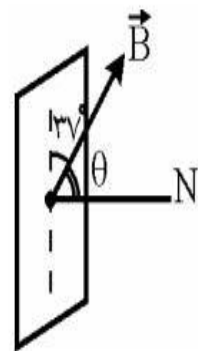
$\theta = 90 - \alpha$ (متمم آن زاویه)

تمرین:

صفحه‌ای مربع شکل به ضلع 20 cm در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $3\text{ }\mu\text{T}$ قرار دارد؛ به طوری که خط‌های میدان با سطح صفحه زاویه 37° می‌سازند. شار مغناطیسی گذرنده از صفحه چند و بر است؟ $\cos 53 = .6$

پاسخ:

$$\Phi = 7/2 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$



$$\left\{ \begin{array}{l} a = 20\text{ cm} = .2\text{ m} \rightarrow A = a^2 \rightarrow A = 4 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \\ \alpha = 37^\circ \rightarrow \theta = |90 - \alpha| \rightarrow \theta = |90 - 37| = 53^\circ \\ B = 3\text{ }\mu\text{T} = 3 \times 10^{-6} \text{ T} \\ \Phi = ? \\ \Phi = BA \cos \theta \\ \Phi = 3 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-2} \times .6 \\ \Phi = 7/2 \times 10^{-4} \text{ Wb} \end{array} \right.$$

تمرین ۴-۱

الف) حلقه‌ای به مساحت 25 cm^2 درون میدان مغناطیسی یکنواخت درون سویی به اندازه 0.3 T قرار دارد (شکل الف). شار مغناطیسی عبوری از حلقه را به دست آورید. ب) اگر مطابق شکل ب و بدون تغییر \vec{B} ، مساحت سطح حلقه را به 10 cm^2 برسانیم، شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در این وضعیت به دست آورید. پ) اگر این تغییر شار در بازه زمانی $\Delta t = .2\text{ s}$ رخ داده باشد، آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ را پیدا کنید.



پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1 = 25 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ B = .3\text{ T} \quad \Phi = BA \cos \theta \\ \theta = 0^\circ \\ \Phi_1 = ? \rightarrow \Phi_1 = .3 \times 25 \times 10^{-4} \times \cos 0^\circ \rightarrow \Phi_1 = 7/5 \times 10^{-4} \text{ Wb} \\ A_2 = 10 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ \Phi_2 = ? \rightarrow \Phi_2 = .3 \times 10 \times 10^{-4} \times \cos 0^\circ \rightarrow \Phi_2 = 3 \times 10^{-4} \text{ Wb} \\ \Delta t = .2\text{ s} \\ \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = ? \rightarrow \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{3 \times 10^{-4} - 7/5 \times 10^{-4}}{.2} \rightarrow \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -22/5 \times 10^{-4} \frac{\text{Wb}}{\text{s}} \end{array} \right.$$

الف

ب

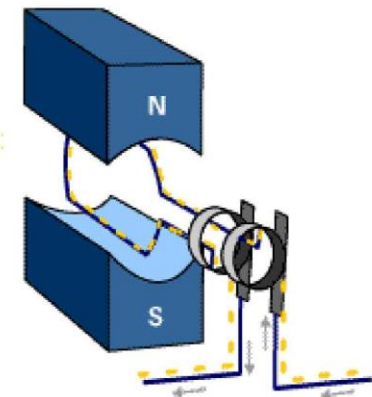
پ

کتاب

قانون فارادی :

هرگاه شار مغناطیسی ای که از مدار بسته ای می گذرد تغییر کند، نیروی محرکه ای در آن القا می شود که بزرگی نیروی محرکه القایی با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است.

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



نکته:

علامت منفی در رابطه به خاطر رعایت قانون لنز می باشد. (بعدها توضیح داده خواهد شد)

نکته:

هنگامی که آهنگ تغییر شار مغناطیسی ثابت بماند، نیروی محرکه القایی متوسط $\bar{\varepsilon}$ برابر نیروی محرکه ای لحظه ای بوده و با نماد ε نمایش می دهیم

مقدار شدت جریان القاء شده از رابطه زیر بدست می آید :

$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \rightarrow \bar{I} = -\frac{N}{R} \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{جریان القایی متوسط:}$$

نکته:

هرچه آهنگ تغییر شار مغناطیسی بیشتر باشد، نیروی محرکه القایی و در نتیجه جریان القایی تولید شده در مدار بیشتر خواهد بود

خلاصه

آهنگ تغییراتی که باعث ایجاد جریان القایی :

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

B تغییر کند	$\Delta\Phi = A \cos \theta (\Delta B)$	$\bar{\varepsilon} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta$	آهنگ تغییرات میدان
A تغییر کند	$\Delta\Phi = B \cos \theta (\Delta A)$	$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta A}{\Delta t} B \cos \theta$	آهنگ تغییرات سطح
θ تغییر کند	$\Delta\Phi = BA (\Delta \cos \theta)$	$\bar{\varepsilon} = \frac{-NAB(\cos \theta_r - \cos \theta_i)}{\Delta t}$	

تمرین:

تابع شار مغناطیسی گذرنده از یک حلقه بسته بر حسب زمان در SI به صورت $\Phi = t^2 - 2t + 3$ است. اندازه نیروی محرکه القایی متوسط در بازه زمانی $t_1 = 1\text{ s}$ تا $t_2 = 3\text{ s}$ چند ولت است؟

پاسخ:

$$\bar{\varepsilon} = -2\text{ V}$$

تمرین:

میدان مغناطیسی عمود بر سطح پیچه ای با مساحت سطح مقطع 0.1 m^2 ، شامل 1000 دورسیم روکش دار به طوریکه در بازه زمانی 0.5 s ، ثابته، بدون تغییر جهت از 9 T تسلا به 4 T تسلا کاهش می یابد. اندازه نیروی محرکه القای متوسط در پیچه چند ولت است؟

پاسخ:

$$\bar{\varepsilon} = 100\text{ V}$$

$$\left. \begin{array}{l} \theta = 0 \\ A = 0.1\text{ m}^2 \\ N = 1000 \\ \Delta t = 0.5\text{ s} \\ B_1 = 9\text{ T} \\ B_2 = 4\text{ T} \\ \bar{\varepsilon} = ? \end{array} \right\} \begin{array}{l} \bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\text{متغییر B}} \bar{\varepsilon} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos\theta \rightarrow \\ \bar{\varepsilon} = -1000 \times 0.1 \frac{4 - 9}{0.5} \cos 0 \rightarrow \bar{\varepsilon} = +100\text{ V} \\ \Delta B = B_2 - B_1 = 4 - 9 = -5\text{ T} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} N = 1 \\ \Phi = t^2 - 2t + 3 \\ \bar{\varepsilon} = ? \\ t_1 = 1\text{ s} \\ t_2 = 3\text{ s} \end{array} \right\} \begin{array}{l} t_1 = 1\text{ s} \xrightarrow{\Phi = t^2 - 2t + 3} \Phi_1 = 1^2 - 2 \times 1 + 3 = 2\text{ Wb} \\ t_2 = 3\text{ s} \xrightarrow{\Phi = t^2 - 2t + 3} \Phi_2 = 3^2 - 2 \times 3 + 3 = 6\text{ Wb} \\ \Delta t = t_2 - t_1 = 2\text{ s} \quad \Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 6 - 2 = 4\text{ Wb} \\ \bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow \bar{\varepsilon} = -1 \times \frac{4}{2} = -2\text{ V} \end{array}$$

تمرین ۴-۲

میدان مغناطیسی بین قطب های آهنربای الکتریکی شکل روبه رو که بر سطح حلقه عمود است با زمان تغییر می کند و در مدت ۴۵S. از ۲۸T/۰. ، رو به بالا، به ۱۷T/۰. ، رو به پایین می رسد. در این مدت، الف) نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه را به دست آورید. ب) اگر مقاومت حلقه ۱۰ Ω باشد، جریان القایی متوسط در حلقه را پیدا کنید.

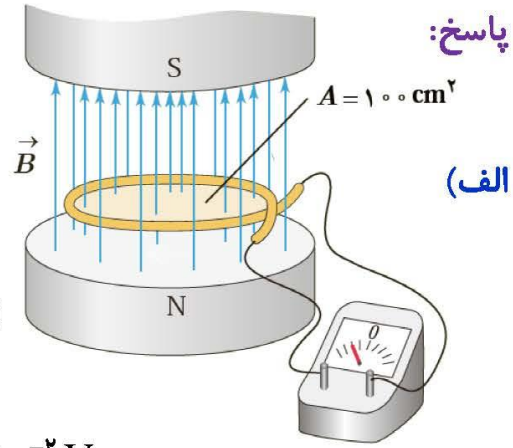
- $N = 1$
- $\theta = 0^\circ$
- $\Delta t = 0.45s$
- $B_1 = 0.28T$
- $B_2 = -0.17T$
- $A_1 = 100 \times 10^{-4} m^2$
- $\bar{\epsilon} = ?$
- $R = 10 \Omega$
- $\bar{I} = ?$

$$\Delta B = B_2 - B_1 = -0.17 - 0.28 = -0.45T$$

$$\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\text{B متغییر}} \bar{\epsilon} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta$$

$$\bar{\epsilon} = -1 \times 10^{-2} \times \frac{-0.45}{0.45} \times \cos 0^\circ \rightarrow \bar{\epsilon} = 10^{-2} V$$

$$\bar{I} = \frac{\bar{\epsilon}}{R} \rightarrow \bar{I} = \frac{10^{-2}}{10} \rightarrow \bar{I} = 10^{-3} A = 1mA$$



کتاب

تست:

اگر آهنگ تغییر سطح در یک حلقه به مقاومت 400Ω برابر $200 \text{ cm}^2/\text{s}$ ، باشد و سطح حلقه بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به شدت $4 / 0$ تسلا عمود باشد ، شدت جریان القاء شده در آن چند آمپر است؟

$$1 \times 10^{-5} \quad (4)$$

$$2 \times 10^{-5} \quad (3)$$

$$0.2 \times 10^{-3} \quad (2)$$

$$4 \times 10^{-5} \quad (1)$$

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} R = 400 \Omega \\ N = 1 \\ \frac{\Delta A}{\Delta t} = 200 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \\ B = 0.4 \text{ T} \\ \theta = 0 \\ I = ? \end{array} \right.$$

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\text{متغییر A}} \varepsilon = -NB \frac{\Delta A}{\Delta t} \cos \theta$$

$$\varepsilon = -1 \times 0.4 \times 200 \times 10^{-4} \cos 0 \rightarrow \varepsilon = -8 \times 10^{-3}$$

$$R = 400 \Omega$$

$$I = \left| \frac{\varepsilon}{R} \right| \rightarrow I = \frac{8 \times 10^{-3}}{400} \rightarrow I = 2 \times 10^{-5} \text{ A}$$

تمرین :

سیملوله ای با ۵۰۰ دور در یک میدان مغناطیسی متغیر با زمان قرار گرفته است. مساحت مقطع سیملوله ۲۵cm^۲ و آهنگ تغییر میدان ۸×۱۰^{-۳} T/S است. بیشینه نیروی محرکه القایی متوسط در سیملوله را محاسبه کنید.

پاسخ :

$$\bar{\varepsilon} = -1 \cdot 10^{-2} \text{ V}$$

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\text{متغیر B}} \bar{\varepsilon} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos\theta \rightarrow$$

$$\bar{\varepsilon} = -500 \times 25 \times 10^{-4} \times 8 \times 10^{-3} \cos 0 \rightarrow \bar{\varepsilon} = -1 \cdot 10^{-2} \text{ V}$$

تمرین :

قابی به مساحت ۶۰۰cm^۲ عمود بر خط های میدان مغناطیسی به بزرگی ۰.۴ تسلا قرار گرفته است. اگر این قاب را در مدت ۳ میلی ثانیه به طوری بچرخانیم که زاویه نیم خط عمود بر قاب با خط های میدان به ۶۰° برسد، اندازه نیروی محرکه القایی متوسط چقدر است؟ $\cos 60 = 0.5$

پاسخ :

$$\bar{\varepsilon} = -4 \text{ V}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 1 \\ A = 600 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ \theta_1 = 0 \end{array} \right.$$

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\text{متغیر } \theta} \bar{\varepsilon} = \frac{-NAB(\cos\theta_f - \cos\theta_i)}{\Delta t}$$

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{1 \times 0.4 \times 600 \times 10^{-4} (0.5 - 1)}{3 \times 10^{-3}} \rightarrow \bar{\varepsilon} = -4 \text{ V}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} B = 0.4 \text{ T} \\ \Delta t = 3 \times 10^{-3} \text{ s} \\ \theta_f = 60^\circ \\ \bar{\varepsilon} = ? \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 500 \\ A = 25 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ \frac{\Delta B}{\Delta t} = 8 \times 10^{-3} \frac{\text{T}}{\text{s}} \\ \theta = 0 \\ \bar{\varepsilon} = ? \end{array} \right.$$

تست:

حلقه‌ای عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد و شار عبوری از آن 5 Wb و بر است. اگر در مدت 0.2 ثانیه حلقه حول خطی که در سطح آن است 180° دوران نماید، نیروی محرکه القاء شده در آن چند ولت است؟

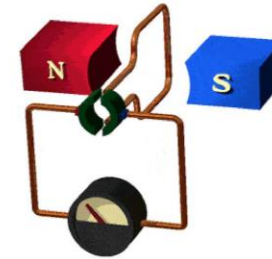
۱) صفر ۲) 50 ۳) 25 ۴) 100

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 1 \\ \Phi_1 = 5 \text{ Wb} \\ \Delta t = 0.2 \text{ s} \\ \theta = 180^\circ \\ \varepsilon = ? \\ \Delta \Phi = ? \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \Delta \Phi = -\Phi - \Phi = -2\Phi \\ \Delta \Phi = -2 \times 5 = -10 \text{ Wb} \\ \bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \\ \bar{\varepsilon} = -1 \times \frac{-10}{0.2} \\ \bar{\varepsilon} = 50 \text{ V} \end{array} \right.$$

نکته:

هرگاه حلقه‌ای به هر وضعیتی که در یک میدان مغناطیسی قرار داشته باشد و شار عبوری از آن Φ باشد، اگر حلقه حول خطی که در سطح حلقه است 180° دوران نماید، شار عبوری از آن $-\Phi$ می‌شود.

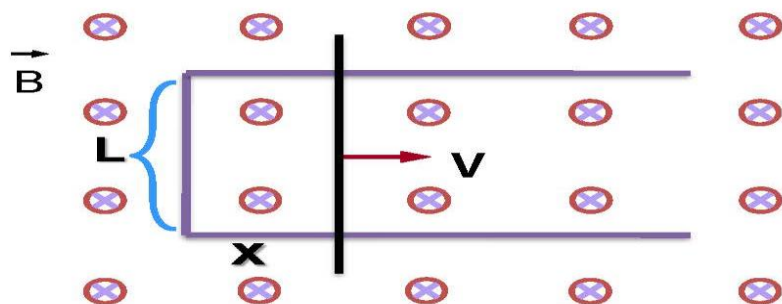


★ نکته کنکوری ★

محاسبه نیروی محرکه القایی در رسانای متحرک در میدان مغناطیسی

$$\left. \begin{array}{l} \Phi = B \cdot A \cos \theta \\ A = L \cdot x \\ \cos \theta = 1 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \Phi = BLx \\ \varepsilon = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \varepsilon = -BL \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \end{array} \right\} \varepsilon = -BLV \quad \text{بلوار!}$$

سیم با تندی v خارج می شود

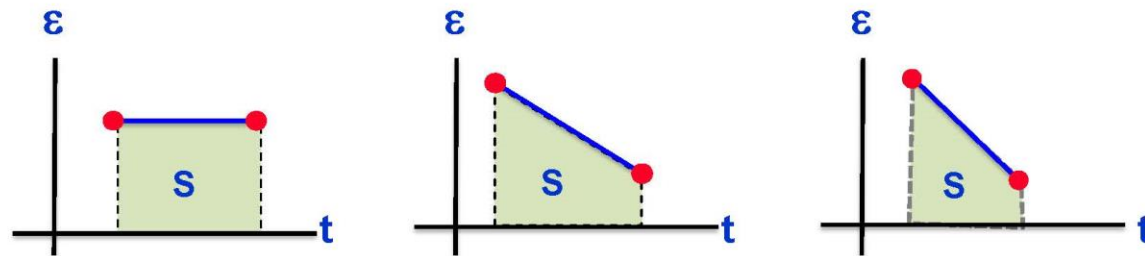


رسم نمودار ε - t

چند نکته مهم:

۱- برای رسم نمودار ε - t از روی Φ - t ، باید لزوماً به علامت منفی در رابطه $-N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ توجه شود.

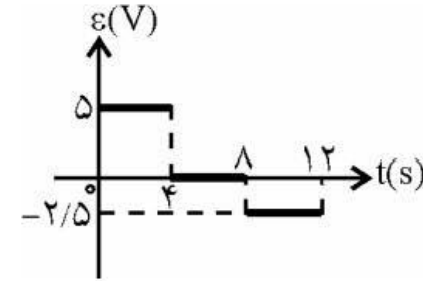
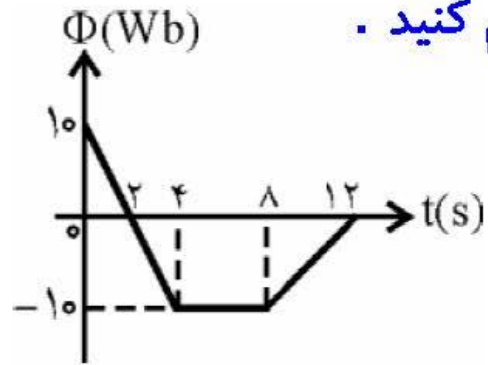
۲- مساحت زیر نمودار نیرو محرکه-زمان برابر $|N\Delta\Phi|$ می باشد. که N تعداد حلقه ها و $\Delta\Phi$ تغییر شار عبوری از پیچه است



$$\varepsilon = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \rightarrow \left. \begin{array}{l} S = \varepsilon \cdot \Delta t \\ \varepsilon \cdot \Delta t = |N\Delta\Phi| \end{array} \right\} S = |N\Delta\Phi|$$

تمرین:

نمودار شار مغناطیسی گذرنده از یک حلقه بسته بر حسب زمان به صورت زیر است. نمودار تغییرات نیروی محرکه القایی در حلقه را بر حسب زمان رسم کنید.



پاسخ:

$$\epsilon_1 = 5V$$

$$\epsilon_2 = 0V$$

$$\epsilon_3 = -2/5V$$

در بازه‌ی زمانی صفر تا ۴ s

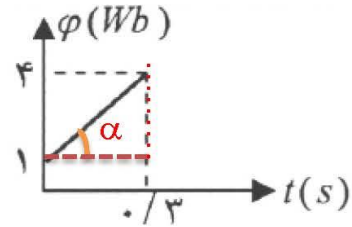
در بازه‌ی زمانی ۴ s تا ۸ s

در بازه‌ی زمانی ۸ s تا ۱۲ s

$$\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$
$$\left\{ \begin{array}{l} \epsilon_1 = -1 \times \frac{(-1.0 - 1.0)}{4 - 0} \rightarrow \epsilon_1 = 5V \\ \epsilon_2 = -1 \times \frac{-1.0 - (-1.0)}{8 - 4} \rightarrow \epsilon_2 = 0V \\ \epsilon_3 = -1 \times \frac{0 - (-1.0)}{12 - 8} \rightarrow \epsilon_3 = -2/5V \end{array} \right.$$

تمرین :

نمودار $\Phi - t$ عبوری از یک حلقهٔ رسانا مطابق شکل روبه رواست. نیروی محرکهٔ القایی در حلقه رابه دست آورده ونمودار $\varepsilon - t$ رادردت فوق رسم نمائید.



پاسخ :

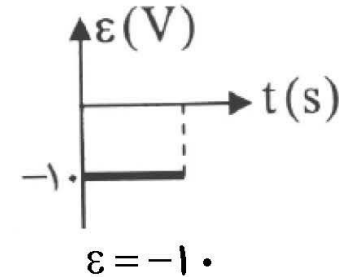
$$\varepsilon = -1.0 \text{ V}$$

$$\left. \begin{aligned} m &= \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \\ \bar{\varepsilon} &= -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \end{aligned} \right\}$$

شیب نمودار شارمغناطیسی - زمان با علامت منفی برابر نیروی محرکه‌ی القایی است چون نمودار خط راست است پس شیب آن ثابت است .

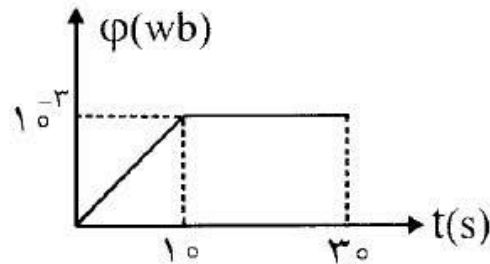
چون شیب ثابت است

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \rightarrow \quad \varepsilon = -\frac{(4-1)}{.3} = -1.0 \text{ V} \quad \rightarrow$$

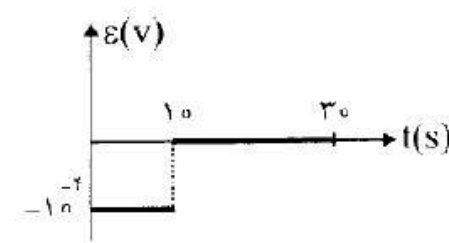


تمرین :

در شکل، نمودار تغییرات شار مغناطیسی که از یک حلقهٔ رسانا می‌گذرد، بر حسب زمان رسم شده است. با محاسبات لازم، نمودار نیروی محرکهٔ القایی در حلقه را بر حسب زمان رسم کنید.



پاسخ :



$$\epsilon_1 = -10^{-2} \text{ V}$$

$$\epsilon_2 = 0 \text{ V}$$

در بازه‌ی زمانی صفر تا ۱.۰ s
در بازه‌ی زمانی ۱.۰ s تا ۳.۰ s

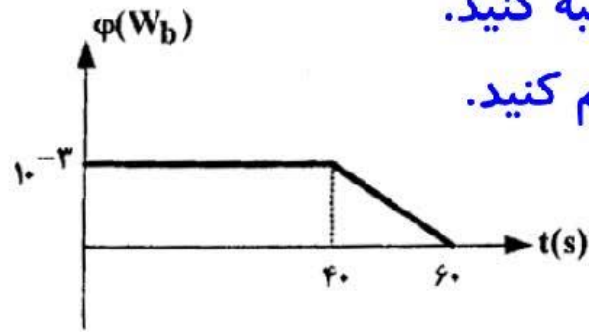
$$\bar{\epsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\epsilon_1 = -\frac{(10^{-3} - 0)}{1.0} \rightarrow \epsilon_1 = -10^{-2} \text{ V}$$

$$\epsilon_2 = -\frac{(10^{-3} - 10^{-3})}{3.0 - 1.0} \rightarrow \epsilon_2 = 0 \text{ V}$$

تمرین :

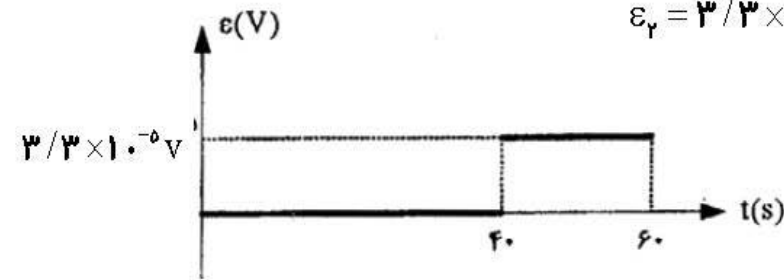
نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه بر حسب زمان را در شکل مقابل مشاهده می کنید. الف) نیروی محرکه ی القایی را در هر مرحله محاسبه کنید. ب) نمودار نیروی محرکه بر حسب زمان را در این مدت رسم کنید.



پاسخ :

$$\varepsilon_1 = 0 \text{ V}$$

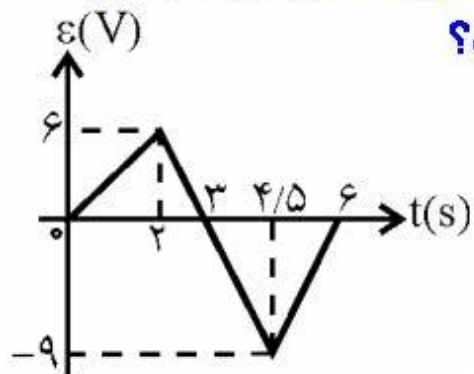
$$\varepsilon_2 = 3/3 \times 10^{-5} \text{ V}$$



$$\left. \begin{array}{l} \text{در بازه‌ی زمانی صفر تا } 4.0 \text{ s} \\ \text{در بازه‌ی زمانی } 4.0 \text{ s تا } 6.0 \text{ s} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \\ \varepsilon_1 = -\frac{(1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-3})}{4.0 - 0} \rightarrow \varepsilon_1 = 0 \text{ V} \\ \varepsilon_2 = -\frac{(0 - 1 \cdot 10^{-3})}{6.0 - 4.0} \rightarrow \varepsilon_2 = 3/3 \times 10^{-5} \text{ V} \end{array}$$

تمرین :

نمودار نیروی محرکه القایی-زمان مربوط به یک حلقه بسته مطابق شکل روبه‌رو می‌باشد .
تغییر شار مغناطیسی در بازه زمانی صفر تا ۶ S چند وبر است؟



پاسخ :

$$\Delta\Phi = -4/5 \text{ Wb}$$

مساحت سطح محصور بین نمودار نیروی محرکه القایی-زمان با محور زمان در یک حلقه برابر $-\Delta\Phi$ است؛



$$\left. \begin{aligned} \bar{\varepsilon} &= -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow \Delta\Phi = -\bar{\varepsilon} \Delta t \\ S &= \left(\frac{3 \times 6}{2} \right) + \left(\frac{3 \times (-9)}{2} \right) = 9 + (-13.5) = -4.5 \end{aligned} \right\} \Delta\Phi = -4/5 \text{ Wb}$$