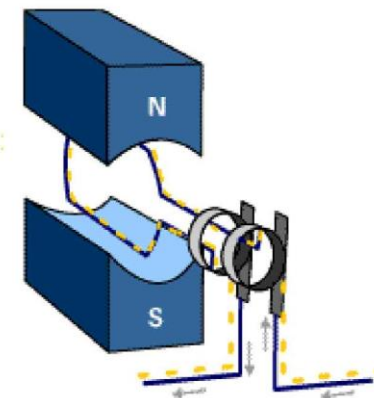


قانون فارادی :

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

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 $t_2 = 3\text{ s}$ چندولت است؟

پاسخ:

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

تمرین:

میدان مغناطیسی عمود بر سطح پیچه ای با مساحت سطح مقطع 1 m^2 شامل 1000 دورسیم روکش دار به طوریکه نواخت در بازه زمانی 0.5 s ، ثانیه، 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:

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = 0 \\ A = 1\text{ m}^2 \\ N = 1000 \\ \Delta t = 0.5\text{ s} \\ B_1 = 9\text{ T} \\ B_2 = 4\text{ T} \\ \bar{\varepsilon} = ? \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\text{B متغیر}} \bar{\varepsilon} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta \rightarrow \\ \bar{\varepsilon} = -1000 \times 1 \times \frac{4 - 9}{0.5} \cos 0 \rightarrow \bar{\varepsilon} = +100\text{ V} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} B_1 = 9\text{ T} \\ B_2 = 4\text{ T} \end{array} \right\} \Delta B = B_2 - B_1 = 4 - 9 = -5\text{ T}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 1 \\ \Phi = t^2 - 2t + 3 \\ \bar{\varepsilon} = ? \\ t_1 = 1\text{ s} \\ t_2 = 3\text{ s} \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{ll} t_1 = 1\text{ s} & \xrightarrow{\Phi = t^2 - 2t + 3} \Phi_1 = 1^2 - 2 \times 1 + 3 = 2\text{ Wb} \\ t_2 = 3\text{ s} & \xrightarrow{\quad} \Phi_2 = 3^2 - 2 \times 3 + 3 = 6\text{ Wb} \\ \hline \Delta t = t_2 - t_1 = 2\text{ s} & \Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 6 - 2 = 4\text{ Wb} \\ \hline \bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} & \xrightarrow{\quad} \bar{\varepsilon} = -1 \times \frac{4}{2} = -2\text{ V} \end{array}$$

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 45ms از 28mT ، رو به بالا به 17mT ، رو به پایین می رسد. در این مدت، الف) نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه را به دست آورید. ب) اگر مقاومت حلقه $10\ \Omega$ باشد، جریان القایی متوسط در حلقه را پیدا کنید.

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 1 \\ \theta = 0^\circ \\ \Delta t = 45\text{ms} \\ B_1 = 28\text{mT} \\ B_2 = 17\text{mT} \\ A_1 = 100 \times 10^{-4}\text{m}^2 \\ \bar{\varepsilon} = ? \\ R = 10\ \Omega \\ \bar{I} = ? \end{array} \right.$$

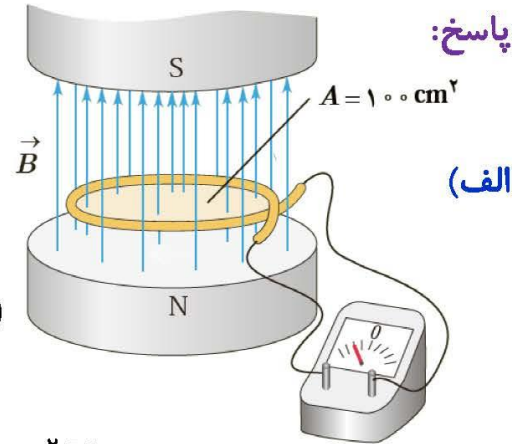
کتاب

$$\Delta B = B_2 - B_1 = -0.017 - 0.028 = -0.045\text{T}$$

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

$$\bar{\varepsilon} = -1 \times 100 \times 10^{-4} \times \frac{-0.045}{0.045} \times \cos 0^\circ \Rightarrow \bar{\varepsilon} = 10^{-2}\text{V}$$

$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \Rightarrow \bar{I} = \frac{10^{-2}}{10} \Rightarrow \bar{I} = 10^{-3}\text{A} = 1\text{mA}$$



پاسخ:

الف)

ب)

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؟

(۴) 1×10^{-5}

(۳) 2×10^{-5}

(۲) 0.2×10^{-3}

(۱) 4×10^{-5}

پاسخ :

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

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

$$\varepsilon = -1 \times 4 \times 200 \times 10^{-4} \cos 0 \rightarrow \varepsilon = -8 \times 10^{-3} \text{ V}$$
$$R = 400 \Omega$$

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

تمرین :

سیملوله ای با ۵۰۰ دور در یک میدان مغناطیسی متغیر با زمان قرار گرفته است. مساحت مقطع سیملوله 25 cm^2 و آهنگ تغییر میدان $1 \times 10^{-3} \text{ T/S}$ است. بیشینه نیروی محرکه القایی متوسط در سیملوله را محاسبه کنید.

پاسخ :

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

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 500 \\ A = 25 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ \frac{\Delta B}{\Delta t} = 1 \times 10^{-3} \frac{\text{T}}{\text{s}} \\ \theta = 0 \\ \bar{\varepsilon} = ? \end{array} \right.$$

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

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

تمرین :

قابی به مساحت 600 cm^2 عمود بر خط های میدان مغناطیسی به بزرگی $1/4 \text{ T}$ 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 60° برسد، اندازه نیروی محرکه القایی متوسط چقدر است؟ $\cos 60^\circ = 1/2$

پاسخ :

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

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 1 \\ A = 600 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ \theta_1 = 0 \\ B = 1/4 \text{ T} \\ \Delta t = 3 \times 10^{-3} \text{ s} \\ \theta_2 = 60^\circ \\ \bar{\varepsilon} = ? \end{array} \right.$$

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\theta \text{ متغیر}} \bar{\varepsilon} = \frac{-NAB(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)}{\Delta t}$$

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{1 \times 1/4 \times 600 \times 10^{-4} (1/2 - 1)}{3 \times 10^{-3}} \rightarrow \bar{\varepsilon} = -4 \text{ V}$$

تست:

حلقه‌ای عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد و شار عبوری از آن ۵ / ۰ وبر است. اگر در مدت ۰.۲ ثانیه حلقه حول خطی که در سطح آن است 180° دوران نماید، نیروی محرکه القاء شده در آن چند ولت است؟

۱۰۰ (۴)

۲۵ (۳)

۵۰ (۲)

صفر (۱)

پاسخ:

$$N = 1$$

$$\Delta\Phi = -\Phi - \Phi = -2\Phi$$

$$\Phi_1 = .5 \text{ Wb}$$

$$\Delta\Phi = -2 \times .5 = -1 \text{ Wb}$$

$$\Delta t = .2 \text{ s}$$

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

$$\theta = 180^\circ$$

$$\bar{\varepsilon} = -1 \times \frac{-1}{.2}$$

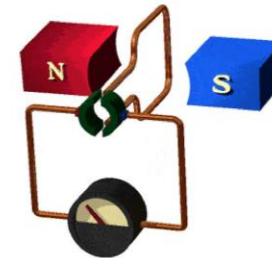
$$\varepsilon = ?$$

$$\bar{\varepsilon} = 5 \text{ V}$$

$$\Delta\Phi = ?$$

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.

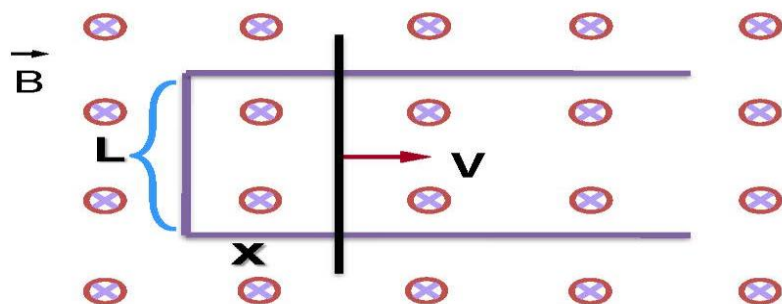


★ نکته کنکوری ★

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

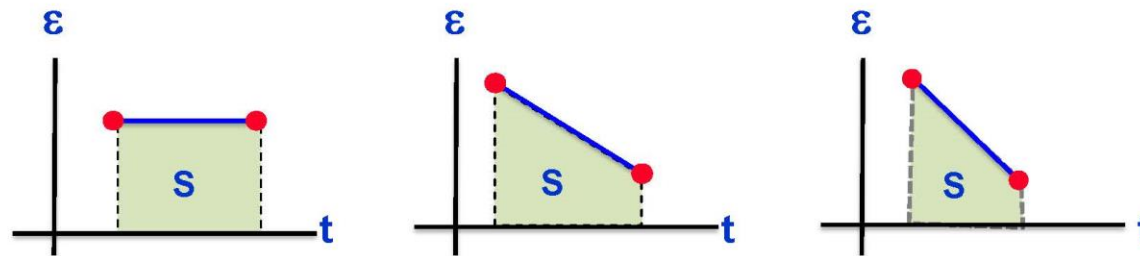


رسم نمودار ε - t

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.

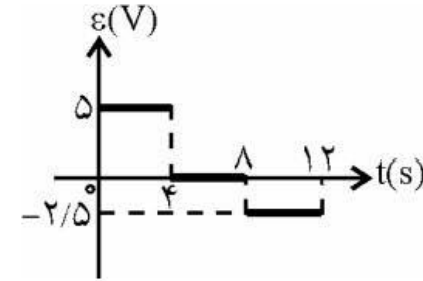
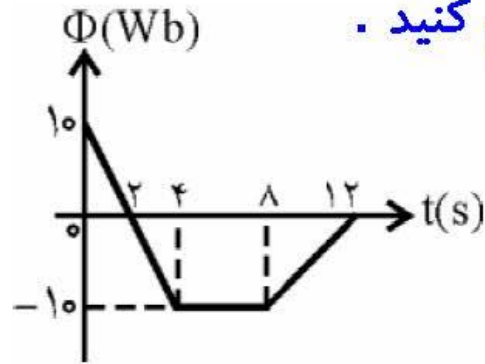
۲- مساحت زیر نمودار نیرو-زمان برابر $|N \Delta \Phi|$ می باشد. که N تعداد حلقه ها و $\Delta \Phi$ تغییر شار عبوری از پیچه است



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

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:

$$\varepsilon_1 = 5V$$

$$\varepsilon_2 = 0V$$

$$\varepsilon_3 = -2/5V$$

در بازه‌ی زمانی صفر تا ۴ s

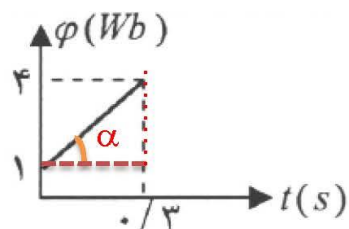
در بازه‌ی زمانی ۴ s تا ۸ s

در بازه‌ی زمانی ۸ s تا ۱۲ s

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$
$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_1 = -1 \times \frac{(-1.0 - 1.0)}{4 - 0} \rightarrow \varepsilon_1 = 5V \\ \varepsilon_2 = -1 \times \frac{-1.0 - (-1.0)}{8 - 4} \rightarrow \varepsilon_2 = 0V \\ \varepsilon_3 = -1 \times \frac{0 - (-1.0)}{12 - 8} \rightarrow \varepsilon_3 = -2/5V \end{array} \right.$$

تمرین :

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



پاسخ :

$$\varepsilon = -1 \cdot \text{V}$$

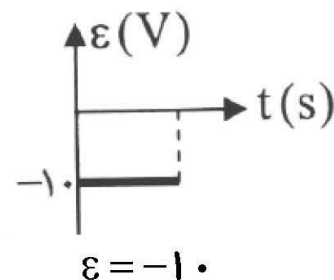
$$\left. \begin{aligned} m &= \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \\ \bar{\varepsilon} &= -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \end{aligned} \right\}$$

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

چون شیب ثابت است

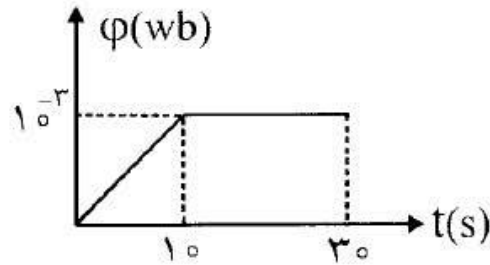
$$\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \varepsilon = -\frac{(4-1)}{3} = -1 \cdot \text{V} \Rightarrow$$

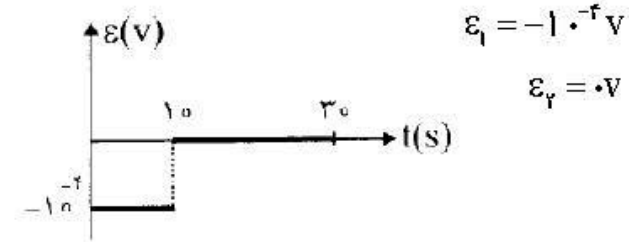


تمرین :

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 :



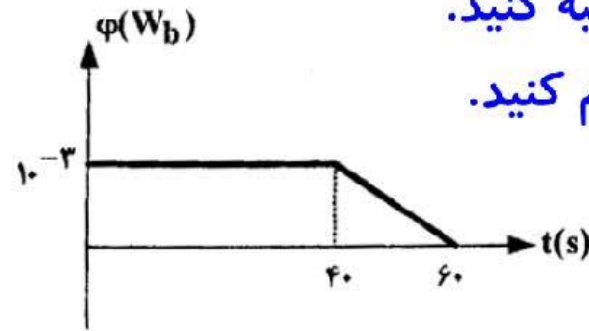
$$\varepsilon_1 = -10^{-3} \text{ V}$$

$$\varepsilon_2 = 0 \text{ V}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{در بازه‌ی زمانی صفر تا } 10 \text{ s} \\ \text{در بازه‌ی زمانی } 10 \text{ s تا } 30 \text{ s} \end{array} \right. \xrightarrow{\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}} \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_1 = -\frac{(10^{-3} - 0)}{10} \rightarrow \varepsilon_1 = -10^{-3} \text{ V} \\ \varepsilon_2 = -\frac{(10^{-3} - 10^{-3})}{30 - 10} \rightarrow \varepsilon_2 = 0 \text{ V} \end{array} \right.$$

تمرین :

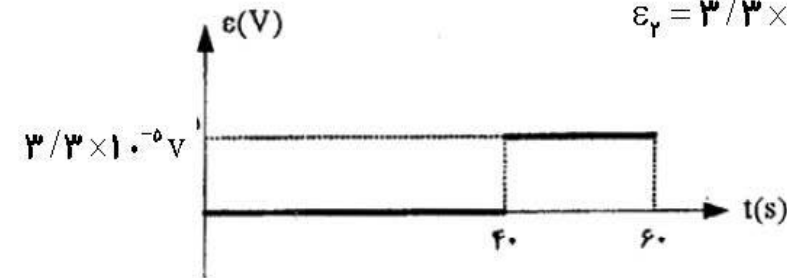
نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه بر حسب زمان را در شکل مقابل مشاهده می کنید. الف) نیروی محرکه ی القایی را در هر مرحله محاسبه کنید.
ب) نمودار نیروی محرکه بر حسب زمان را در این مدت رسم کنید.



پاسخ :

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

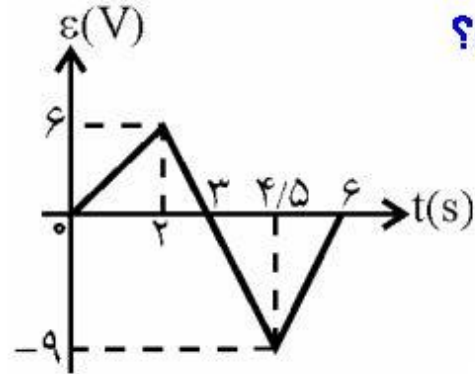
$$\varepsilon_2 = 3/3 \times 10^{-5} \text{ V}$$



$$\left\{ \begin{array}{l} \text{در بازه ی زمانی صفر تا } 4 \text{ s} \\ \text{در بازه ی زمانی } 4 \text{ s تا } 6 \text{ s} \end{array} \right. \xrightarrow{\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}} \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_1 = -\frac{(1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-3})}{4 - 0} \Rightarrow \varepsilon_1 = 0 \text{ V} \\ \varepsilon_2 = -\frac{(0 - 1 \cdot 10^{-3})}{6 - 4} \Rightarrow \varepsilon_2 = 3/3 \times 10^{-5} \text{ V} \end{array} \right.$$

تمرین :

نمودار نیروی محرکه القایی-زمان مربوط به یک حلقه بسته مطابق شکل روبه رو می باشد .
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؛



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