

II-ТАРАУ. АЙНЫМАЛЫ ТОК. ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТЕРБЕЛІСТЕР

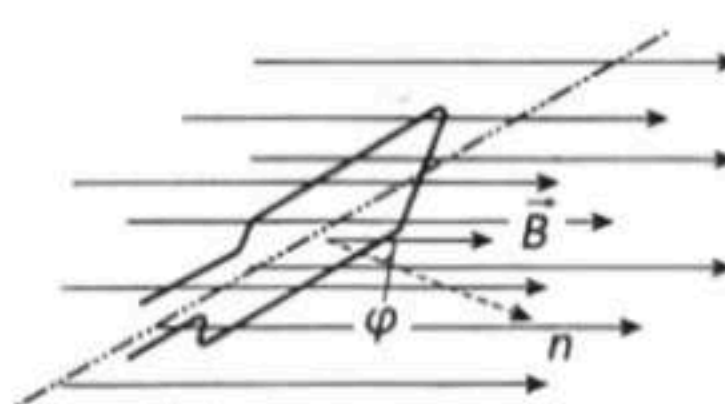
Айнымалы ток – уақыттың өтуіне байланысты өзгеріп отыратын ток.

Күнделікті өмірде қолданатын желі сымдарындағы кернеу 50 Гц жиілікпен гармоникалық заң бойынша өзгеріп отырады.

1. СТАТОР

Егер электромагнит тудыратын магниттік өрістің индукциясы B болса, ал статордағы орамасының бір орамасының алатын ауданы S болса, онда кез-келген уақыттың t мезетінде статордағы ораманың бір орамынан өтетін магниттік ағыны:

$$\Phi = BS \cos \varphi$$

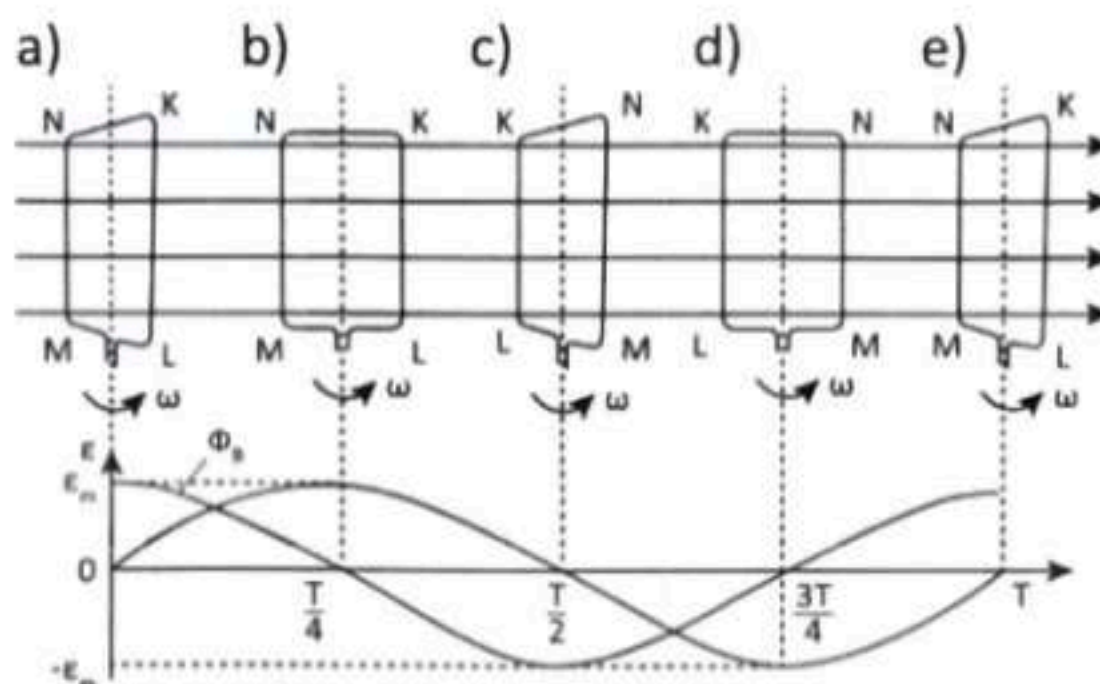


мұнда φ – статордағы ораманың жазықтығының нормалі мен ротордың магниттік өрісінің индукция векторы \vec{B} арасындағы бұрыш.

2. РОТОР

Ротор ω бұрыштық жылдамдықпен айналғанда, φ бұрышының уақыт бойынша өзгеру заңы:

$$\varphi = \omega \cdot t$$



Ротор ω бұрыштық жылдамдықпен айналғанда, статор орамасындағы магниттік ағын гармоникалық заң бойынша ω циклдік жиілікпен өзгереді:

$$\Phi = BS \cos(\omega t) = BS \cos(2\pi \nu t)$$

Φ	Магнит ағыны (Вб)
B	Магнит индукциясы (Тл)
S	Бір орамның ауданы (m^2)
ω	Циклдік жиілік (рад/с)
ν	Жиілік (Гц)

Φ магниттік ағынның өзгерісі статордағы ораманың бір орамында ε индукция ЭҚК-сын тудырады, ол да гармоникалық заң бойынша өзгереді:

$$\varepsilon = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = BS\omega \sin(\omega t)$$

Орамда N орам болғанда, индукция ЭҚК-сы N есе артады:

$$\varepsilon = NBS\omega \sin(\omega t)$$

ε	Индукция ЭҚК-і (В)
N	Орам саны
t	Уақыт (с)

Мысал

Индукциясы 0,5 Тл біртекті магнит өрісінде 100 орам сымнан тұратын катушка бірқалыпты айналады. Катушканың көлденең қимасының ауданы 100 см². Катушка айналғандағы бұрыштық жылдамдығы 20 рад/с тең. Катушкада пайда болған максимал ЭҚК-ін есептеңіз

Шешімі:

$$B = 0,5 \text{ Тл}$$

$$N = 100$$

$$S = 100 \text{ см}^2 = 100 \cdot (10^{-2} \text{ м})^2 = 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$\omega = 20 \text{ рад/с}$$

Белгісіз: ε_m - ?

//////

$$\varepsilon = NBS\omega \sin(\omega t) \text{ және } \varepsilon = \varepsilon_m \sin(\omega t + \varphi_0) = \varepsilon_m \sin(\omega t) \rightarrow \varepsilon_m = NBS\omega$$

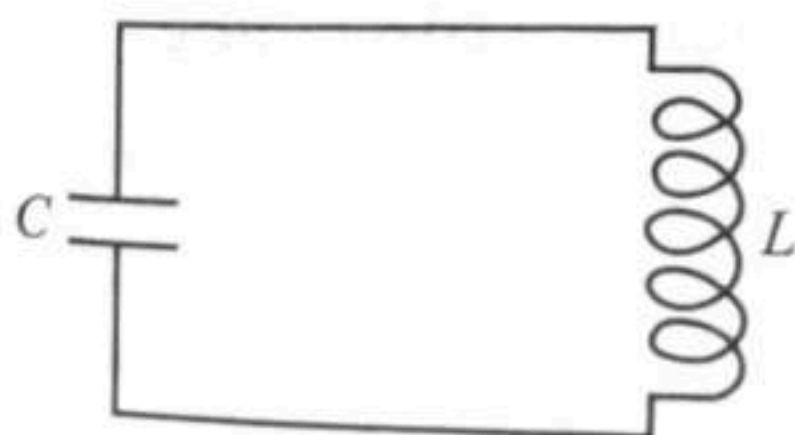
$$\varepsilon_m = 100 \cdot (0,5 \text{ Тл}) \cdot (10^{-2} \text{ м}^2) \cdot (20 \text{ рад/с}) = 10 \text{ В}$$

Жауабы: 10 В.

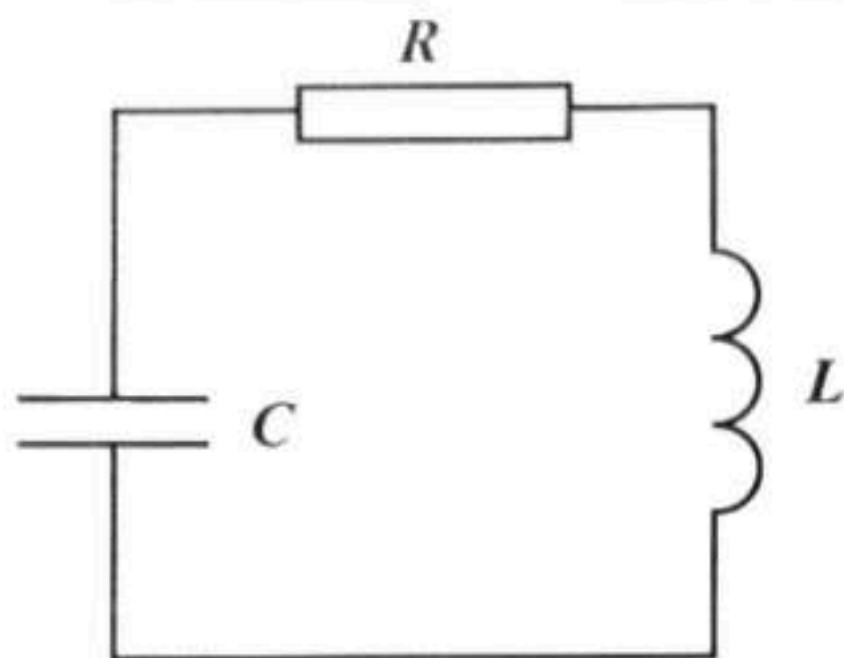
3. ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТЕРБЕЛІСТЕР

Тербелмелі контур

Әр айнымалы ток тізбегі катушка мен конденсатордан (және резистордан) құралады.



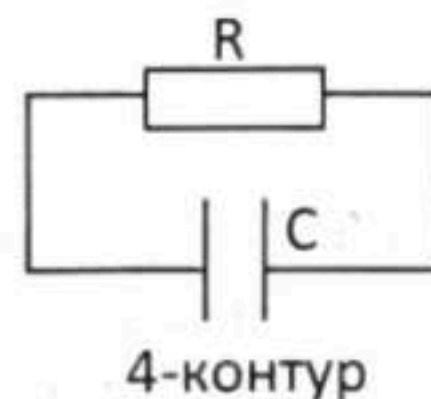
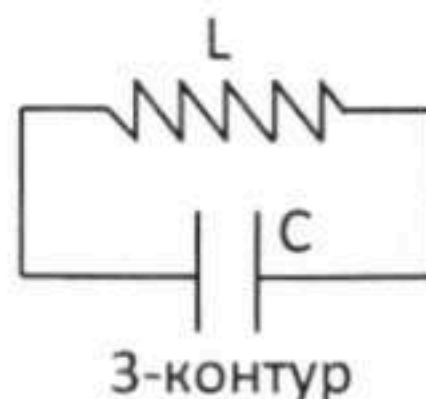
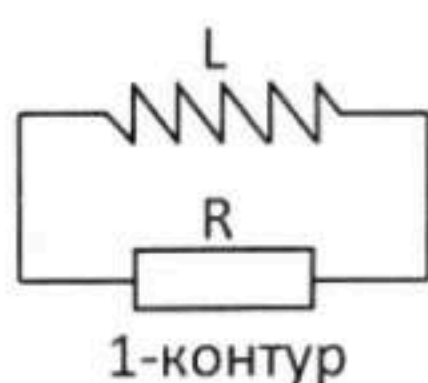
Конденсатор және катушкадан құралған контурда шексіз гармоникалық тербелістер болады



Актив кедергісі бар тербелмелі контурда өшпелі тербелістер болады, конденсатор мен катушканың энергиясы жылу энергиясына жұмсалады

Мысал

Берілген контурлардың қайсысында еркін электромагниттік тербелістер болады?



- A) 1-контур
- B) 2-контур
- C) 3-контур
- D) 4-контур

Шешімі:

Электромагниттік тербелістер болу үшін тізбекте C сыйымдылық пен қатар L индуктивтілік те болуы қажет. Біздің шарттарымызды тек 3 контур қанағаттандырады.

Жауабы: 3-контур.

Тербелмелі контурдағы гармоникалық тербелістердің периоды T :

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \text{ – Томсон формуласы.}$$

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ – Жиілік үшін формула.}$$

1-мысал

Индуктивтілігі 10^{-6} Гн және электр сыйымдылығы 1 мкФ тербелмелі контурдың тербеліс периоды қандай болмақ?

- A) 1 с
- B) 10 мкс
- C) 6,28 мкс
- D) $6,2 \cdot 10^2$ с

Шешімі:

Томсон формуласы бойынша: $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

$$\text{Сондықтан } T = 2\pi\sqrt{10^{-6} \cdot 10^{-6}} = 6,28 \text{ мкс}$$

Жауабы: 6,28 мкс.

2-мысал

Тербелмелі контурдың индуктивтілігін 2 есе арттырсақ, ал электр сыйымдылығын 8 есе азайтсақ, тербелу жиілігі қалай өзгереді?

- A) Өзгермейді B) $\sqrt{2}$ есе артады C) 4 есе артады D) 2 есе артады

Шешімі:

Тербелмелі контурдағы еркін электр тербелістерінің жиілігі:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

L – 2 есе артып, C – 8 есе кемісе, тербеліс жиілігі 2 есе артады.

Жауабы: 2 есе артады

3-мысал

Тербелмелі контур электр сыйымдылығы $C = 0,5$ нФ конденсатордан және индуктивтілігі $L = 0,4$ мГн катушкадан тұрады. Осы контур шығаратын электромагниттік толқынның тербеліс жиілігін анықтаңыз.

- A) $3,5 \cdot 10^5$ B) $7 \cdot 10^5$ C) $3,5 \cdot 10^7$ D) $7 \cdot 10^7$

Шешімі:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-9}}} \approx 3,5 \cdot 10^5 \text{ Гц}$$

Жауабы: $3,5 \cdot 10^5$.

4-мысал

Тербелмелі контурдағы конденсатор сыйымдылығын 4 есе кеміткенде оның жиілігі:

- A) 2 есе кемиді
B) 2 есе артады
C) өзгермейді
D) $\sqrt{2}$ есе кемиді

Шешімі:

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = \sqrt{4} = 2$$

Жауабы: 2 есе артады.

Циклдік жиілік ω :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

1-мысал

Тізбекке сыйымдылығы 4 мкФ конденсатор, индуктивтілігі 0,1 Гн катушка қосылған. Тізбекте токтың қандай циклдік жиілігінде резонанс болады?

- A) $2 \cdot 10^3 \text{ рад/с}$
- B) $1,5 \cdot 10^3 \text{ рад/с}$
- C) $2,5 \cdot 10^3 \text{ рад/с}$
- D) $2 \cdot 10^2 \text{ рад/с}$

Шешімі:

Резонанс келесі циклдік жиілікте болады: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

$$\text{Сондықтан } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{0,1 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}} = 1581 \approx 1,5 \cdot 10^3 \text{ рад/с}$$

Жауабы: $1,5 \cdot 10^3 \text{ рад/с}$.

Тербелмелі контур элементтері

	Резистор	Конденсатор	Катушка
Қолданылуы	Электрикалық энергияны жылу энергиясына айналдырады	Энергияны электр өрісінде жинақтайды	Энергияны магнит өрісінде жинақтайды
Сипаттамасы		C – конденсатордың сыйымдылығы, өлшем бірлігі: $[C] = \text{Ф (Фарад)}$	L – катушканың индуктивтілігі, өлшем бірлігі: $[L] = \text{Гн (Генри)}$
Кедергі	R – резистордың кедергісі, өлшем бірлігі: $[R] = \text{Ом}$	$X_L = \omega L$ – индуктивтілігі L катушканың индуктивтік кедергісі, өлшем бірлігі: $[X_L] = \text{Ом}$	$X_C = \frac{1}{\omega C}$ – сыйымдылығы C конденсатордың сыйымдылық кедергісі, өлшем бірлігі: $[X_C] = \text{Ом}$
Кернеу (потенциалдар айырымы)	$U = IR$	$U = \frac{q}{C}$	$U = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$
Энергия	$W = I^2 \cdot R \cdot \Delta t$	$W = \frac{q^2}{2C}$	$W = \frac{LI^2}{2}$

1-мысал

Катушка 4 кГц жиілікте 157 Ом индуктивтілік кедергіге ие болады. Катушка индуктивтілігін анықтаңыз.

Шешімі:

$$\nu = 4 \text{ кГц} = 4 \cdot 10^3 \text{ Гц}$$

$$X_L = 157 \text{ Ом}$$

Белгісіз: L - ?

//////////

$$X_L = \omega L \text{ және } \omega = 2\pi\nu \rightarrow X_L = 2\pi\nu L$$

$$X_L = 2\pi\nu L \rightarrow L = \frac{X_L}{2\pi\nu}$$

$$L = \frac{157 \text{ Ом}}{2 \cdot 3,14 \cdot (4 \cdot 10^3 \text{ Гц})} = 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} = 6,25 \text{ мГн}$$

Жауабы: $6,25 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} = 6,25 \text{ мГн}$.

2-мысал

Контур конденсаторы 9,42 с периодты тербелісте 0,5 кОм сыйымдылық кедергіге ие болады. Конденсатор сыйымдылығын анықтаңыз.

Шешімі:

$$T = 9,42 \text{ с}$$

$$X_C = 0,5 \text{ кОм} = 0,5 \cdot 10^3 \text{ Ом} = 500 \text{ Ом}$$

Белгісіз: C - ?

//////////

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \text{ және } \omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow X_C = \frac{1}{\frac{2\pi}{T} \cdot C} = \frac{T}{2\pi C}$$

$$X_C = \frac{T}{2\pi C} \rightarrow 2\pi C \cdot X_C = T \rightarrow C = \frac{T}{2\pi X_C}$$

$$C = \frac{9,42 \text{ с}}{2 \cdot 3,14 \cdot (500 \text{ Ом})} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Ф} = 3 \text{ мФ}$$

Жауабы: $3 \cdot 10^{-3} \text{ Ф} = 3 \text{ мФ}$.

Резонанстық жиілік

Тізбектеп қосылған конденсатордағы және катушкадағы ток күшінің тербелістері бірдей фазамен өтеді. Жиілік өскенде, конденсатордың сыйымдылық кедергісі кемиді. Ал катушканың индуктивті кедергісі артады.

Сыйымдылық кедергі мен индуктивті кедергі бір-біріне тең болатын жиілік ω **резонанстық жиілік** деп аталады:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}, \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

1-мысал

Айнымалы ток көзіне актив кедергі R , катушка және конденсатор тізбектей қосылған. Тізбекте резонанс болуы үшін төмендегі шарттардың қайсысы орындалуы қажет? Z – тізбектің толық кедергісі.

- A) $X_C = X_L, Z = R$ B) $X_C \neq X_L, Z = 0$ C) $X_C \neq X_L, R = 0$
 D) $R \ll Z$ E) $X_C > X_L, Z = 0$

Шешімі:

Тізбекте резонанс болуы үшін, индуктивтік кедергі мен сыйымдылық кедергілер өзара тең болып, жүйенің жалпы кедергісі активті кедергіге тең болуы шарт:

$$X_C = X_L, Z = R$$

Жауабы: $X_C = X_L, Z = R$.

2-мысал

Тізбекке сыйымдылығы 4 мкФ конденсатор, индуктивтілігі 0,1 Гн катушка қосылған. Тізбекте токтың қандай циклдік жиілігінде резонанс болады?

Кенес: $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ формуласын қолданып, шығарыңыз

Жауабы: ≈ 1581 рад/с.

4. АЙНЫМАЛЫ ТОКТЫҢ, КЕРНЕУДІҢ ЖӘНЕ ЭҚК -НЫҢ ӘСЕРЛІК МӘНДЕРІ

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad \varepsilon = \frac{\varepsilon_m}{\sqrt{2}}$$

1-мысал

Кернеудің максимал мәні 420 В болса, әсерлік мәнін есептеңіз

Шешімі:

$$U_m = 420 \text{ В}$$

Белгісіз: U -?

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

$$U = \frac{420 \text{ В}}{\sqrt{2}} \approx 297 \text{ В}$$

Жауабы: $\approx 297 \text{ В}$.

2-мысал

Тізбектегі токтың әсерлік мәні 2,8 А болса, оның максималды мәнін есептеңіз

Шешімі:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \rightarrow I_m = I\sqrt{2} = (2,8 \text{ А}) \cdot \sqrt{2} \approx 3,96 \text{ А}$$

Жауабы: $\approx 3,96 \text{ А}$.

5. ТІЗБЕКТИҢ ТОЛЫҚ КЕДЕРГІСІ

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

6. АЙНЫМАЛЫ ТОК ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ ҮШІН ОМ ЗАҢЫ

$$I_m = \frac{U_m}{Z}$$

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

1-мысал

Айнымалы ток тізбегіне индуктивтілігі 75 мГн катушка қосылған. Токтың әсерлік мәні 2 А және тербеліс жиілігі 50 Гц болса, тізбектің осы бөлігіндегі кернеудің әсерлік мәнін табыңыз.

Шешімі:

$$L = 75 \text{ мГн} = 0,075 \text{ Гн}$$

$$I = 2 \text{ А}$$

$$\nu = 50 \text{ Гц}$$

Белгісіз: U -?

//////

$U_m = I_m X_L$ ----- Айнымалы тізбек бөлігі үшін Ом заңы: $I_m = \frac{U_m}{Z}$; Z – тізбектің толық кедергісі, бұл жағдайда тек катушканың кедергісі ғана болғандықтан:

$$Z = X_L$$

Сонда кернеудің әсерлік мәні: $U = IX_L$ ----- себебі $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

және $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ бөлімдеріндегі $\sqrt{2}$ қысқарып кетеді.

$U = IX_L = I\omega L = I \cdot 2\pi\nu \cdot L$ ----- $X_L = \omega L$ және $\omega = 2\pi\nu$ формулалары арқылы ашамыз.

$$U = (2 \text{ А}) \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot (50 \text{ Гц}) \cdot (0,075 \text{ Гн}) \approx 47 \text{ В}$$

Жауабы: 47 В.

7. ТЕРБЕЛІСТЕРДІҢ ФАЗАЛАР АЙЫРЫМЫ

$$\tan \varphi = \frac{X}{R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

8. АЙНЫМАЛЫ ТОКТЫҢ ҚУАТЫ

Айнымалы токтың қуатын анықтау үшін тек шамалардың әсерлік мәндері колданылады.

$$N = IU \cos \varphi = \frac{I_m U_m}{2} \cos \varphi$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

$\cos \varphi$	Қуат коэффициенті
N	Орташа қуат
Z	Толық кедергі (Ом)
R	Актив кедергі (Ом)
ωL	Индуктивтік кедергі (Ом)
$\frac{1}{\omega C}$	Сыйымдылық кедергісі (Ом)

9. АКТИВ ҚУАТ

$$N_{\text{актив}} = I^2 R$$

2-мысал

Айнымалы ток тізбегінде 50 Ом резистор, 50 мкФ конденсатор және 2 мГн индуктивтілік тізбектей жалғанған. Терминалдардағы амплитудалық кернеу 220 В, тербеліс жиілігі 100 Гц. Тізбектің актив қуатын табыңыз.

Шешімі:

$$C = 50 \text{ мкФ} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$L = 2 \text{ мГн} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$R = 50 \text{ Ом}$$

$$U_m = 220 \text{ В}$$

$$\nu = 100 \text{ Гц}$$

$$\text{Белгісіз: } N_{\text{актив}} - ?$$

//////

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \quad \text{-----} \quad I = \frac{U}{Z} \quad \text{және} \quad Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

формулаларынан қорытылып алынған.

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \rightarrow U = \frac{220 \text{ В}}{\sqrt{2}} \approx 156 \text{ В}$$

$$N_{\text{актив}} = I^2 R = \left(\frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \right)^2 \cdot R = \frac{U^2}{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} \cdot R$$

$$\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot 3,14 \cdot (100 \text{ Гц}) = 628 \text{ рад/с}$$

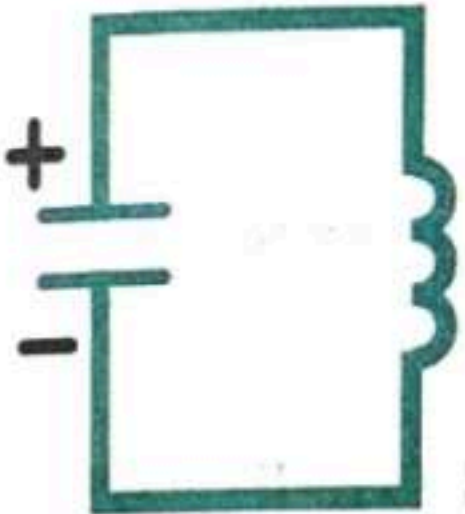
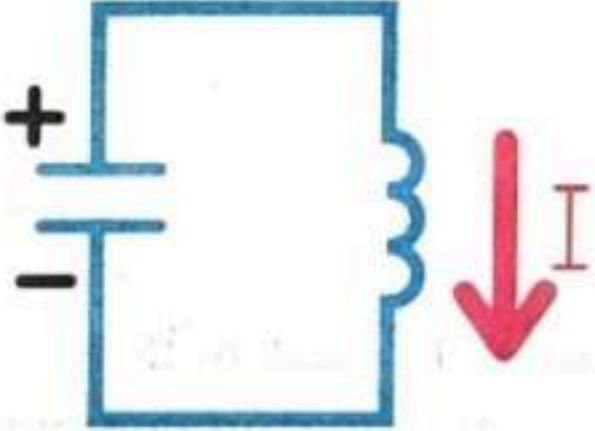
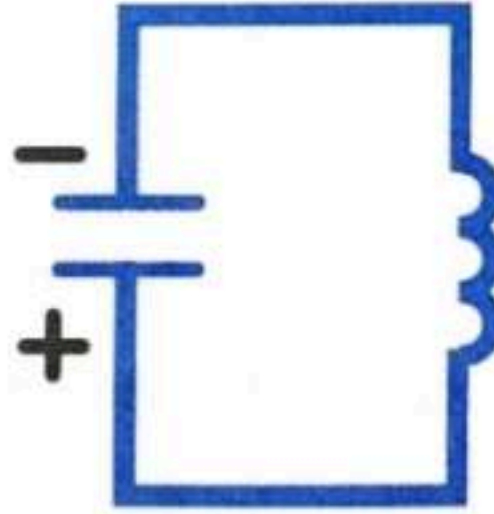
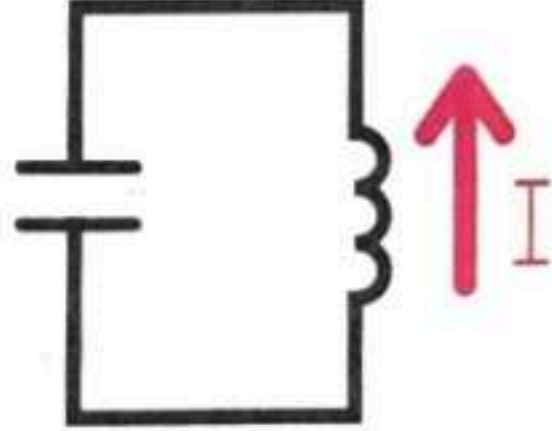
$$\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{(628 \text{ рад/с}) \cdot (5 \cdot 10^{-5} \text{ Ф})} = 31,8 \text{ Ом}$$

$$\omega L = (628 \text{ рад/с}) \cdot (2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}) = 1,3 \text{ Ом}$$

$$N_{\text{актив}} = \frac{(156 \text{ В})^2}{(50 \text{ Ом})^2 + (1,3 \text{ Ом} - 31,8 \text{ Ом})^2} \cdot (50 \text{ Ом}) \approx 355 \text{ Вт}$$

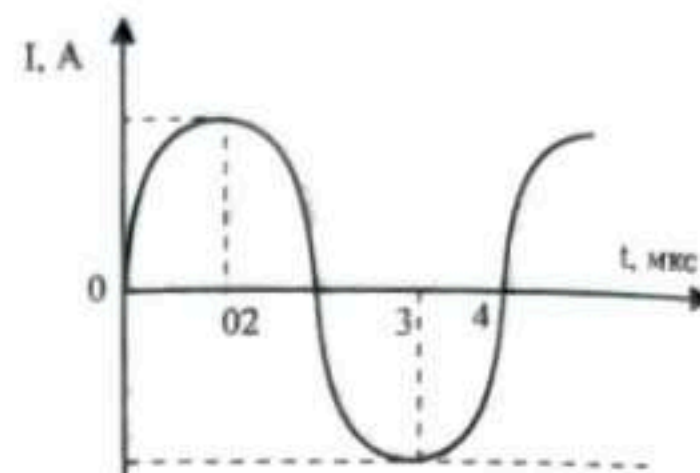
Жауабы: $\approx 355 \text{ Вт}$

10. ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТЕРБЕЛІСТЕРДІҢ ФАЗАЛАРЫ

1	2	3	4
			
$U = U_m$	$U = 0$	$U = -U_m$	$U = 0$
$I = 0$	$I = -I_m$	$I = 0$	$I = I_m$
$W_C = W_{Cmax}$	$W_C = 0$	$W_C = W_{Cmax}$	$W_C = 0$
$W_L = 0$	$W_L = W_{Lmax}$	$W_L = 0$	$W_L = W_{Lmax}$
Заряд және кернеу максималды, бүкіл энергия конденсаторда жинақталған	Заряд толығымен ток күшіне жұмсалды, бүкіл энергия катушкада жинақталған	Заряд конденсаторға оралды, бірақ конденсатордағы таңбалар ауысты. Бүкіл энергия конденсаторда жинақталған	Заряд қайтадан ток күшіне жұмсалды, электр тогы жоғары бағытталған. Бүкіл энергия катушкада жинақталған

Мысал

Суретте тербелмелі контурдағы ток күшінің гармоникалық тербелісінің графигі көрсетілген. $t = 3$ мкс мкс уақыт мезетінде ...



- А) конденсатордағы электр өрісінің энергиясы катушканың магнит өрісінен 2 есе артық
- В) конденсатордағы электр өрісінің энергиясы нөлге тең, ал катушкадағы магнит өрісінің энергиясы максимал
- С) катушканың магнит өрісінің энергиясы конденсатордағы электр өрісінің энергиясына тең
- Д) катушканың магнит өрісінің энергиясы конденсатордағы электр өрісінің энергиясынан 2 есе артық

Шешімі:

$I = -I_m$ ----- $t = 3$ мкс мкс уақыт мезетінде ток күші максималды және теріс (" - ") бағытта.

Электромагниттік тербелістер фазасында бұл 2-жағдай:

$W_C = 0$ және $W_L = W_{Lmax}$ ----- яғни, конденсатордағы электр өрісінің энергиясы нөлге тең, ал катушкадағы магнит өрісінің энергиясы максимал.

Жауабы: конденсатордағы электр өрісінің энергиясы нөлге тең, ал катушкадағы магнит өрісінің энергиясы максимал.

11. ТЕРБЕЛМЕЛІ КОНТУРДАҒЫ ЭНЕРГИЯНЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ

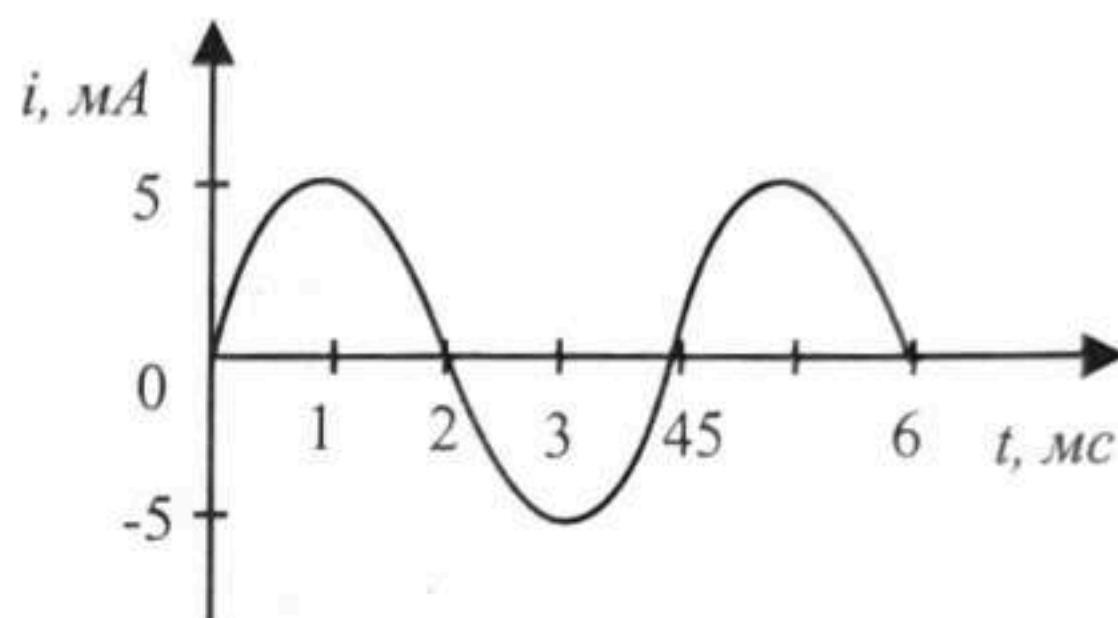
$$W_{\text{жалпы}} = W_C + W_L = W_{Cmax} = W_{Lmax}$$

$$W_{\text{жалпы}} = \frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$$

Конденсаторда заряд және катушкада ток күші бір мезетте бар болса, контурдағы жалпы энергияны $W_C + W_L$ қосындысы арқылы өрнектеуге болады.

1-мысал

Төмендегі суретте тербелмелі контурда тізбектей қосылған контур мен конденсатордағы ток күшінің уақытқа байланысты өзгеру графигі берілген. Егер контурдың индуктивтілігі 0,24 Гн болса, конденсатордағы максималды энергияны есептеңіз.



Шешімі:

$$L = 0,24 \text{ Гн}$$

$$I_m = 5 \text{ мА} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ А} \text{ ----- графиктегі ток күшінің амплитудасы}$$

Белгісіз: W_{Cmax} -?

//////

$W_{Cmax} = W_{Lmax}$ ----- Энергияның сақталу заңы бойынша, конденсатордағы максималды энергия катушкадағы максимал энергияға тең.

$$W_{Lmax} = \frac{LI_m^2}{2}$$

$$W_{Lmax} = \frac{(0,24 \text{ Гн}) \cdot (5 \cdot 10^{-3} \text{ А})^2}{2} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 3 \text{ мкДж}$$

$$W_{Cmax} = W_{Lmax} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 3 \text{ мкДж}$$

Жауабы: $3 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 3 \text{ мкДж}$.

2-мысал

Тербелмелі контур катушкасында ток $I = 0,4 \sin 0,2\pi t$ заңы бойынша өзгереді. Конденсатордың электр өрісінің максимал энергиясы 20 мДж болса, катушка индуктивтілігі

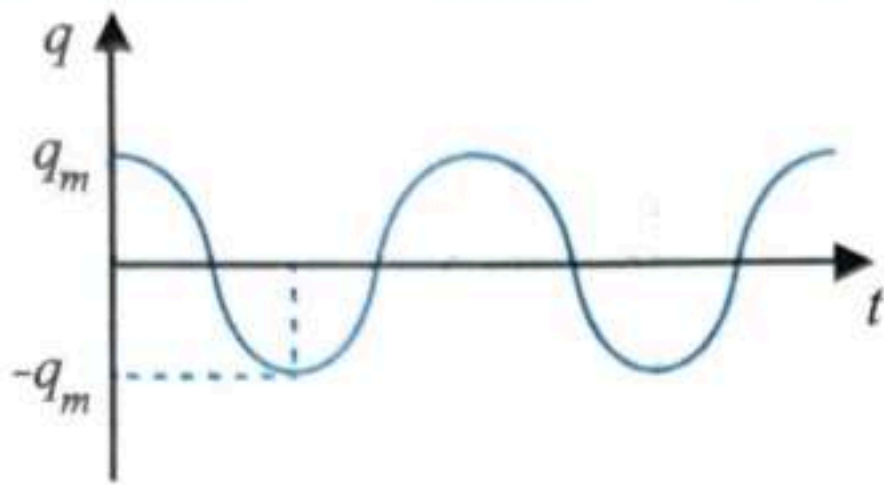
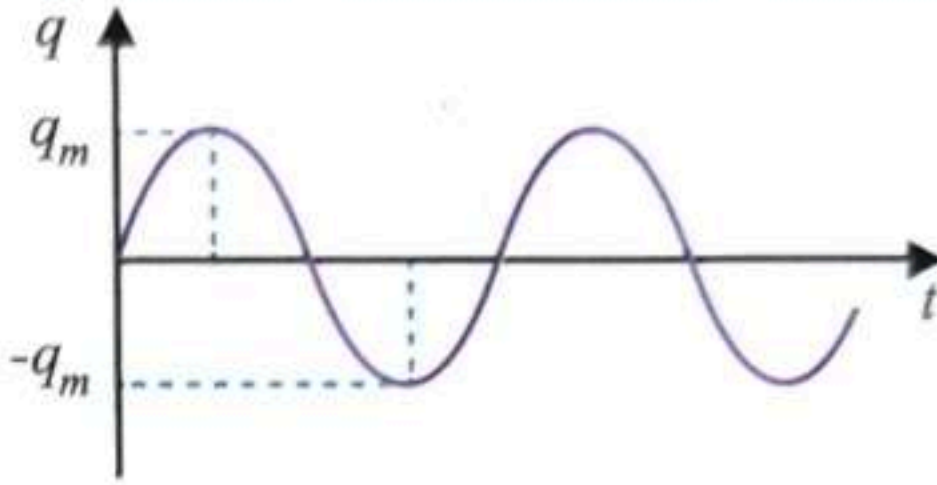
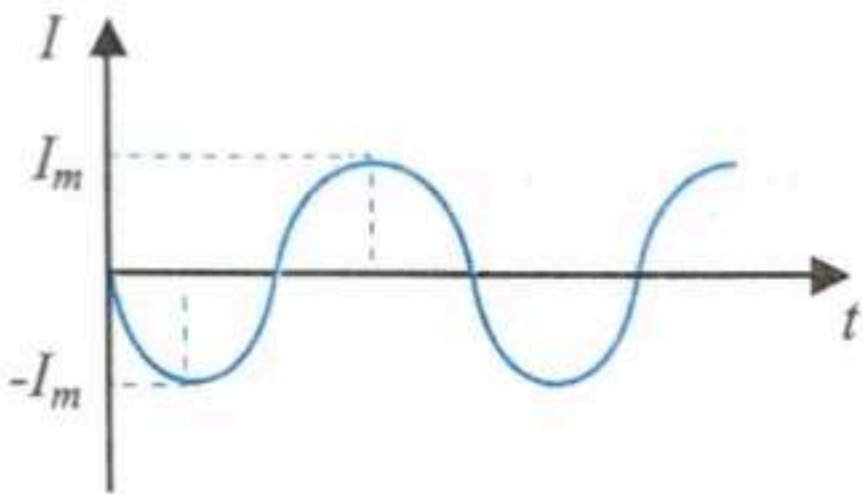
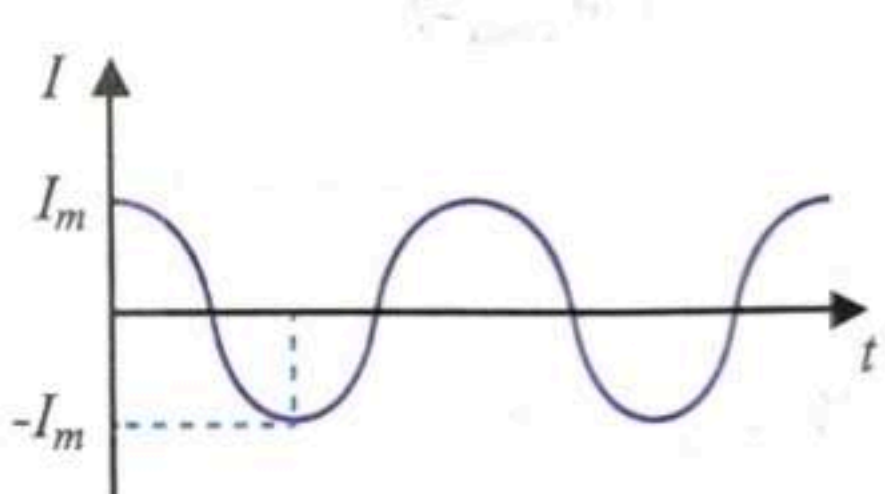
- А) 0,25 Гн
- В) 1 Гн
- С) 0,5 Гн
- Д) 2 Гн

Шешімі:

$$I_{max} = 0,4 \text{ А}, W = \frac{LI_{max}^2}{2} \Rightarrow L = \frac{2W}{I_{max}^2} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{0,4^2} = 0,25 \text{ Гн}$$

Жауабы: 0,25 Гн

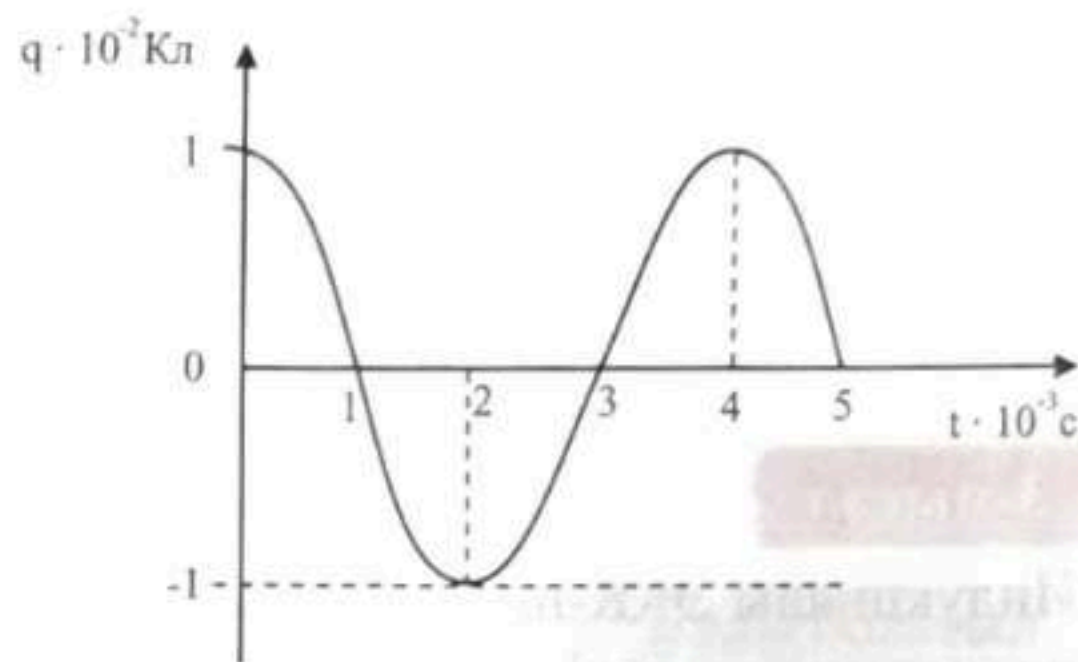
12. ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТЕРБЕЛІСТЕР ТЕНДЕУІ

	Конденсаторда максималды заряд жиналғанда	Катушкада максималды ток күші болғанда
Зарядтың лездік мәні	 $q(t) = q_m \cos(\omega t + \varphi_0)$	 $q(t) = q_m \sin(\omega t + \varphi_0)$
ток күшінің максималды мәні мен зарядтың максимал мәні арасындағы байланыс: $I_m = \omega q_m$		
Ток күшінің лездік мәні	 $I(t) = q'(t) = -I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$	 $I(t) = q'(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi_0)$
Кернеу	$U(t) = \frac{q}{C} = \frac{q_{max}}{C} \cos(\omega t + \varphi_0) =$ $= U_{max} \cos(\omega t + \varphi_0)$	$U(t) = \frac{q}{C} = \frac{q_{max}}{C} \sin(\omega t + \varphi_0) =$ $= U_{max} \sin(\omega t + \varphi_0)$

* ЭҚК (ε) лездік мәні үшін кернеуге арналған формулалар қолданылады

1-мысал

Суретте зарядтың уақытқа тәуелділігінің графигі көрсетілген. Ток күшінің уақытқа тәуелді өзгерісінің теңдеуін жазыңыз



Шешімі:

$$q_m = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Кл} = 10^{-2} \text{ Кл} \text{ ----- амплитуда.}$$

$$T = (4 \cdot 10^{-3} \text{ с}) - (0 \text{ с}) = 4 \cdot 10^{-3} \text{ с} \text{ ----- период.}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4 \cdot 10^{-3} \text{ с}} = 0,5 \cdot 10^3 \pi = 500\pi \text{ рад/с} \text{ ----- циклдік жиілік}$$

$$\varphi_0 = 0 \text{ ----- бастапқы фаза.}$$

$I(t) = q'(t) = -I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$ ----- Конденсаторда максималды заряд жиналғанда ток күшінің уақытқа тәуелді өзгерісінің теңдеуі.

$$I_m = q_m \omega \text{ ----- ток күшінің максималды мәні.}$$

$$I_m = (10^{-2} \text{ Кл}) \cdot (500\pi \text{ рад/с}) = 5\pi \text{ А}$$

$$I(t) = -I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$I(t) = -5\pi \cdot \sin(500\pi t)$$

Жауабы: $I(t) = -5\pi \cdot \sin(500\pi t)$.

2-мысал

Тізбектегі ток күші $i = -314 \sin 10^4 \pi t$ заңы бойынша өзгереді (барлық өлшем бірліктері ХБЖ бойынша өрнектелген). Зарядтың уақытқа тәуелді өзгерісінің теңдеуін жазыңыз

Шешімі:

$I(t) = q'(t) = -I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$ ----- Конденсаторда максималды заряд жиналғанда ток күшінің уақытқа тәуелді өзгерісінің теңдеуі

$$I_m = 314 \text{ А}$$

$$\omega = 10^4 \pi \text{ рад/с}$$

$$\varphi_0 = 0$$

$$I_m = q_m \omega \rightarrow q_m = \frac{I_m}{\omega}$$

$q(t) = q_m \cos(\omega t + \varphi_0) = \frac{I_m}{\omega} \cos(\omega t + \varphi_0)$ ----- Конденсаторда максималды заряд жиналғанда зарядтың уақытқа тәуелді өзгерісінің теңдеуі.

$$q(t) = \frac{314 \text{ А}}{10^4 \pi \text{ рад/с}} \cos(10^4 \pi t) = 10^{-2} \cos 10^4 \pi t$$

Жауабы: $q(t) = 10^{-2} \cos 10^4 \pi t$.

3-мысал

Индукциялы ЭҚК-нің лездік мәні $\varepsilon = 100 \sin 400\pi t$ заңы бойынша өзгереді. Айнымалы ток периодын есептеңіз

Шешімі:

$\varepsilon = \varepsilon_m \sin(\omega t + \varphi)$ ----- ЭҚК лездік мәні

$$\varepsilon = 100 \sin 400\pi t$$

Яғни, $\omega = 400\pi \text{ рад/с}$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$T = \frac{2\pi}{400\pi} = 0,005 \text{ с} = 5 \text{ мс}$$

Жауабы: $0,005 \text{ с} = 5 \text{ мс}$.

4-мысал

Айнымалы токтың жиілігі 10 Гц. Айнымалы ток жүйесінің тербеліс периодын есептеңіз

Кеңес: $\nu = \frac{1}{T}$ формуласын қолданып, шығарыңыз

Жауабы: $0,1 \text{ с}$.

5-мысал

Тізбектегі ток күші гармоникалық заң бойынша өзгереді: $I = 1,4 \sin 1256t$. Ток күшінің тербеліс жиілігін анықтаңыз.

Кеңес: $I(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$ және $\omega = 2\pi\nu$ формулаларын қолданып, шығарыңыз

Жауабы: 200 Гц .

6-мысал

Тізбектегі кернеу гармоникалық заң бойынша өзгереді: $U = 320 \cos 157 t$. Кернеудің тербеліс периодын анықтаңыз.

Кеңес: $U(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi_0)$ және $\omega = \frac{2\pi}{T}$ формулаларын қолданып, шығарыңыз

Жауабы: $0,04 \text{ с}$.

7-мысал

Тербелмелі контурда конденсатор астарларындағы кернеу $U = 2 \cos(2\pi \cdot 10^6)$ заңдылығымен өзгереді. Конденсатордағы энергия максималды болатын уақытты анықтаңыз

Шешуі:

$$U(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi_0) \text{ ----- ЭҚК лездік мәні}$$

$$U(t) = 2 \cos(2\pi \cdot 10^6)$$

$$\text{Яғни, } U_m = 2 \text{ В}$$

$2 = 4 \cos(2\pi \cdot 10^6 t)$ ----- Конденсатордағы энергия максималды болатын уақыт $\rightarrow U = U_m$ болатын уақыт.

$$2 = 4 \cos(2\pi \cdot 10^6 t) \rightarrow \cos(2\pi \cdot 10^6 t) = \frac{2}{4} = 0,5 \rightarrow 2\pi \cdot 10^6 t =$$

$$= \frac{\pi}{3} \rightarrow t = \frac{\pi}{3 \cdot 2\pi \cdot 10^6} \approx 0,17 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

Жауабы: $\approx 0,17 \cdot 10^{-6} \text{ с}$.

8-мысал

Айнымалы ток тізбегіндегі конденсатордың заряды мынадай заңдылықпен өзгереді:

$q = 44 \cdot 10^{-4} \cos \omega t$. Кернеу $U_m = 220 \text{ В}$. Конденсатордың сыйымдылығын есептеңіз.

Кеңес: $U(t) = \frac{q_{\max}}{C} \cos(\omega t + \varphi_0) = U_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0)$ теңдеулерін қолданып шығарыңыз.

Жауабы: $2 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$.

9-мысал

Айнымалы ток тізбегіндегі катушкадағы ток күшінің тербелісі кернеудің тербелісінен:

А) $\pi/3$ - ке кешігеді

С) $\pi/3$ - ке озады

В) $\pi/2$ - ге кешігеді

Д) $\pi/2$ - ге озады

Шешімі:

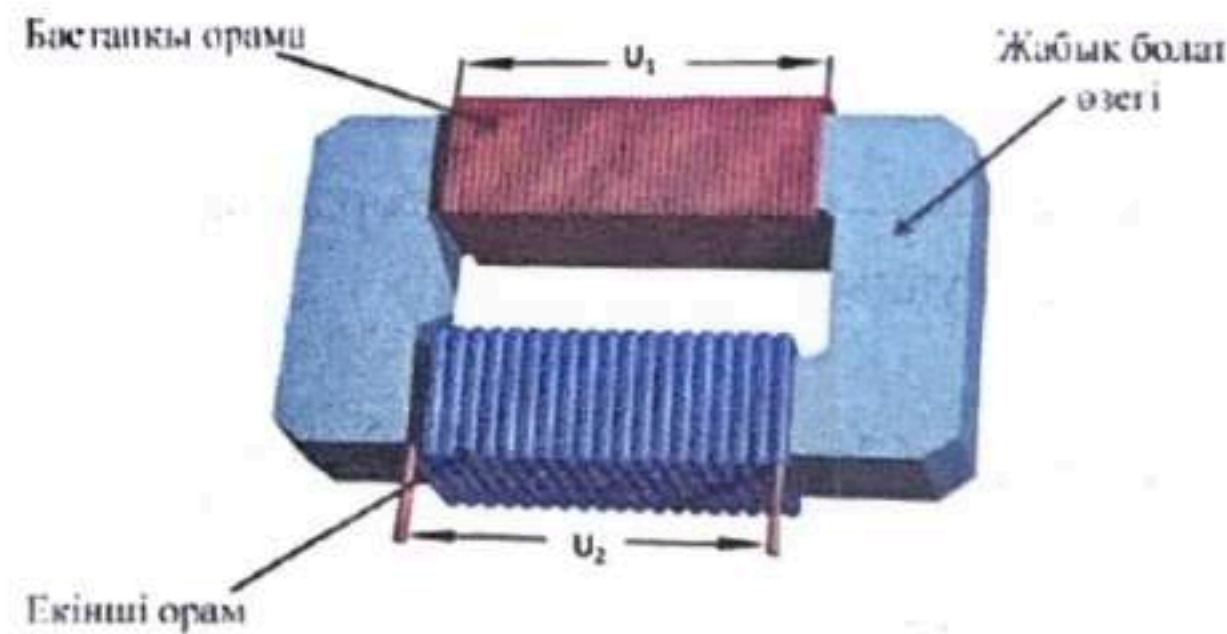
Айнымалы ток тізбегіндегі катушкадағы ток күшінің тербелісі кернеудің тербелісінен $\pi/2$ - ге кешігеді.

Жауабы: $\pi/2$ - ге кешігеді.

13. ТРАНСФОРМАТОР

Үлкен кернеумен тасымалданған энергиясының шығыны аз болады. Тұтынушыларға жеткенде, сол токтың кернеуін қайтадан түсіру керек. Сол кернеудің кемітілуі мен жоғарылатылуы **трансформаторлар** арқылы жүзеге асады.

Трансформатордың жұмысы электромагниттік индукция құбылысына сүйенеді. Қарапайым трансформатор екі катушкадан және олардан өтетін тұйық өзектен құралады.



Трансформация коэффициенті

$$k = \frac{\xi_1}{\xi_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$	орамадағы ЭҚК мәні (В)
U_1, U_2	орама терминалының кернеуі (В)
N_1, N_2	орама саны

Егер $k > 1$ болса, трансформатор берілген кернеуді төмендетеді,
Егер $k < 1$ болса, трансформатор берілген кернеуді көтереді.

1-мысал

Трансформатордың бірінші реттік орамында 500 орам бар, ал екінші реттігінде 1000. Екінші реттік орамның қысқыштарындағы кернеу 200 В болса, бірінші орамның қысқыштарындағы кернеуді табыңыз. Бұл трансформатордың қай түріне жатады?

Шешімі:

$$N_1 = 500$$

$$N_2 = 1000$$

$$U_2 = 200 \text{ В}$$

$$\text{Белгісіз: } U_1 = ?$$

///////

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow U_1 = U_2 \frac{N_1}{N_2}$$

$$U_1 = 200 \text{ В} \cdot \frac{500}{1000} = 100 \text{ В}$$

$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{500}{1000} = 0,5$$

$k < 1 \rightarrow$ трансформатор берілген кернеуді көтереді

Жауабы: $U_1 = 100 \text{ В}$, кернеуді көтеретін трансформатор.

2-мысал

Трансформатордың бірінші реттік орамасында ток күші $0,7 \text{ А}$, оның ұштарындағы кернеу 220 В . Екінші реттік орамасында ток күші 6 А , ал ұштарындағы кернеу 12 В . Трансформатордың ПӘК-і неге тең?

A) 42%

B) 45%

C) 47%

D) 48%

Шешімі:

Трансформатордың ПӘК-і екінші орамадағы қуатының бірінші орамадағы қуат қатынасымен анықталады:

$$\eta = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1} \times 100\%.$$

Сондықтан

$$\eta = \frac{6 \cdot 12}{0,7 \cdot 220} \times 100\% \approx 47\%.$$

Жауабы: 47%