

Айнымалы ток тізбегіндегі актив кедергі

R кедергіні айнымалы ток тізбегіндегі активті кедергі деп атайды.

Айнымалы ток күшінің лездік мәні () синусоидалық заңға сәйкес белгілі бір уақыт ішінде мынадай заң бойынша өзгереді:

$$i(t) = I_m \cdot \sin(\omega t + \alpha)$$

Сондай жиіліктегі кернеу де синусоидалық заң бойынша өзгереді:

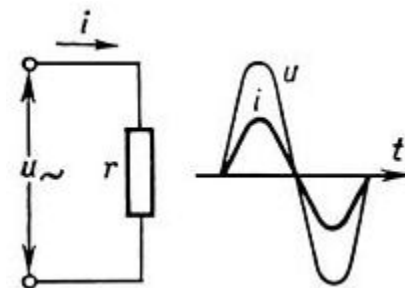
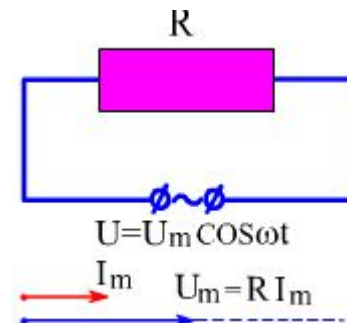
$$u(t) = U_m \cdot \sin(\omega t + \beta)$$

Мұндай айнымалы токтың әсерлік мәндері мынаған тең болады:

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

Тек активті кедергісі бар тізбектегі айнымалы токтың бір период ішіндегі орташа қуаты әсерлік ток мәні мен әсерлік кернеу мәнінің көбейтіндісінен кем болады:

$$\overline{p} = \frac{I_m^2 R}{2} \quad \overline{p} = I^2 R$$



Айнымалы ток тізбегіндегі индуктивті кедергі

Айнымалы ток тізбегінде катушка индуктивті қосымша кедергі тудырады. Катушкада лездік мәні

$$\varepsilon_L = -L \frac{dI}{dt} = -\omega L I_m \cos(\omega t + \alpha) = \omega L I_m \sin(\omega t + \alpha - \frac{\pi}{2})$$

болатын өздік индукцияның ЭҚК-і пайда болады.

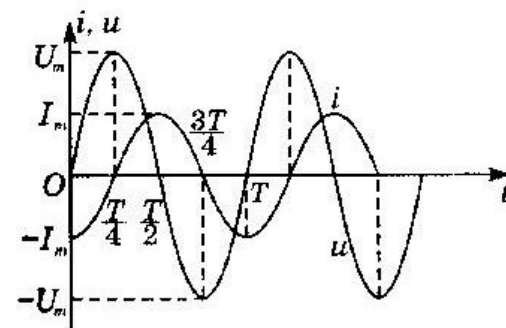
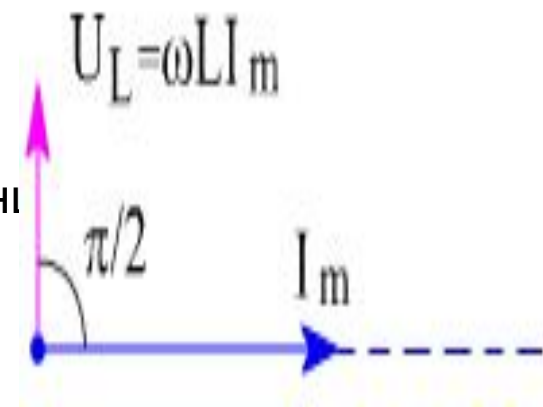
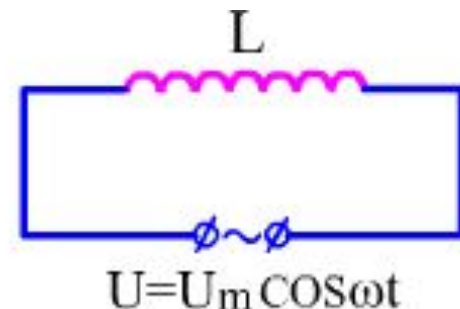
Өздік индукцияның ЭҚК-і ток өзгерісіне кері әсер етеді, сондықтан тек индуктивтілік бар тізбекте ток фаза бойынша кернеуден ширек периодқа, яғни $\frac{\pi}{2}$ -ге қалыс қалады. Катушкадағы ток күшінің амплитудасы

$$I = \frac{U}{x_L} = \frac{U}{\omega L}$$

$$x_L = \omega L$$

- идеал катушкасы бар айнымалы ток тізбегі үшін Ом заңы

- катушканың индуктивті кедергісі



Айнымалы ток тізбегіндегі сыйымдылық кедергі

Конденсаторды айнымалы кернеу көзіне қосса, ол үнемі қайта зарядталып отырады да тізбек арқылы ток жүреді.

Сыйымдылық C шамасы U -ге тең кернеуге қосылғанда, оның заряды: $q = CU$

Периодты түрде өзгеріп отыратын кернеу периодты түрде өзгертін зарядты тудырады да, сыйымдылық тогы пайда болады:

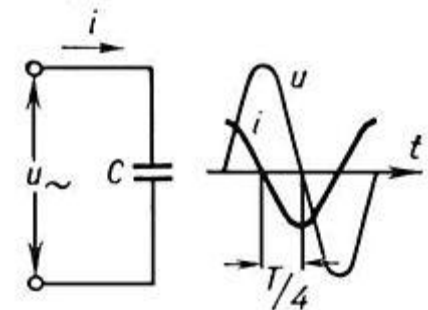
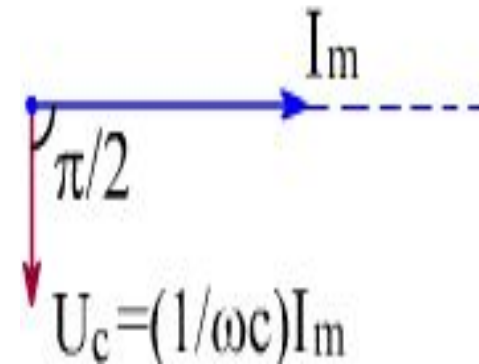
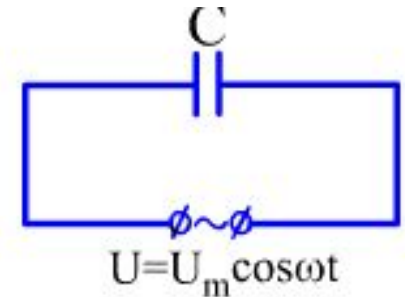
$$I = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU}{dt} = \omega C U_m \cos(\omega t + \beta) = \omega C U_m \sin(\omega t + \beta + \frac{\pi}{2})$$

Ток күшінің амплитудасы

$$I_m = \omega C U_m = \frac{U_m}{X_c}$$

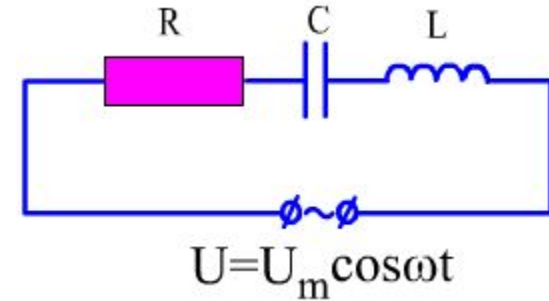
Сыйымдылық кедергі

$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$



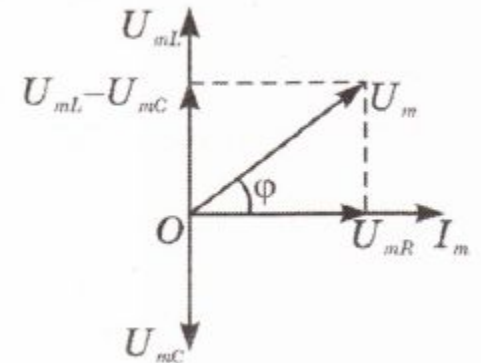
Айнымалы токтың толық тізбегі үшін Ом заңы

Бір-біріне тізбектей жалғанған индуктивтігі L катушкадан, сыйымдылығы C конденсатордан және кедергісі R резистордан тұратын тізбекті *айнымалы токтың толық тізбегі* деп атайды.



$$U = U_R + U_L + U_C$$

Түсірілген кернеудің амплитудасын $\overline{U_m} = \overline{U_{mR}} + \overline{U_{mL}} + \overline{U_{mC}}$



Барлық тізбектегі кернеудің амплитудасы Пифагор теоремасы бойынша

$$U_m = \sqrt{U_{mR}^2 + (U_{mL} - U_{mC})^2}$$

Ом заңына сәйкес

$$U_m = \sqrt{I_m^2 R^2 + (I_m X_L - I_m X_C)^2} = I_m \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Айнымалы токтың толық тізбегі үшін Ом заңы

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

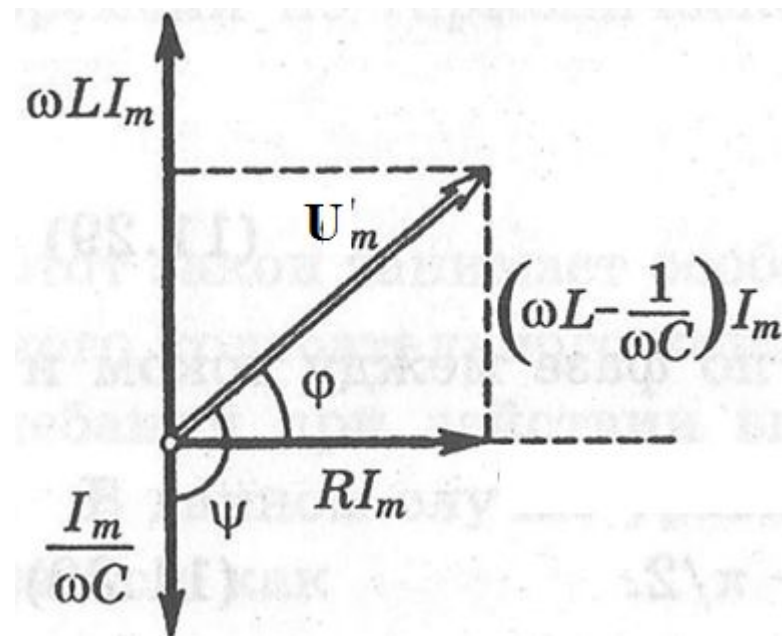
$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$$

Импеданс (толық кедергі)

$$X = \omega L - 1/\omega C \quad - \text{реактивті кедергі}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_{mL} - U_{mC}}{U_{mR}}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R}$$



$$X_L = \omega L, X_C = 1/\omega C, X = X_L - X_C, Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Индуктивті кедергі Сиымдылықты кедергі

Кернеу резонансы. Резонанстық жиілік.

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

Егер индуктивті кедергі мен сыйымдылық кедергі бір-біріне тең болса, толық кедергі ең аз мәнге ие болады.

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$Z = R$$

Мұндай жағдайда ток пен кернеудің тербеліс фазаларының айырымы

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} = 0$$

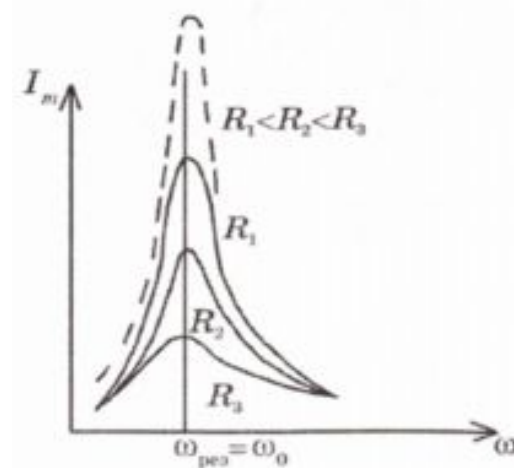
Ом заңы бойынша ток амплитудасы

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

Резонанс байқалу үшін тізбекке түсірілген кернеудің жиілігі

$$\omega_{\text{рез}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$T = 2\pi\sqrt{LC}$ - Томсон формуласы



Айнымалы ток тізбегінде бөлінетін қуат

Қуаттың лездік мәні

$$P(t) = UI = U_m I_m \cos \omega t \cos(\omega t - \varphi)$$

$$\cos(\omega t - \varphi) = \cos \omega t \cos \varphi + \sin \omega t \sin \varphi$$

$$P(t) = U_m I_m (\cos^2 \omega t \cos \varphi + \sin \omega t \cos \omega t \sin \varphi)$$

Қуаттың тербеліс периоды бойынша орташа мәні

$$\langle \cos^2 \omega t \rangle = 1/2, \langle \sin \omega t \cos \omega t \rangle = 0$$

Айнымалы ток тізбегіндегі орташа қуат

$$\langle P \rangle = \frac{U_m I_m}{2} \cos \varphi$$

$$U_m \cos \varphi = RI_m \quad (\text{векторлық диаграммадан})$$

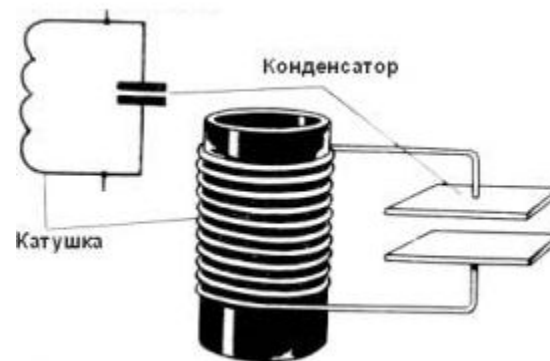
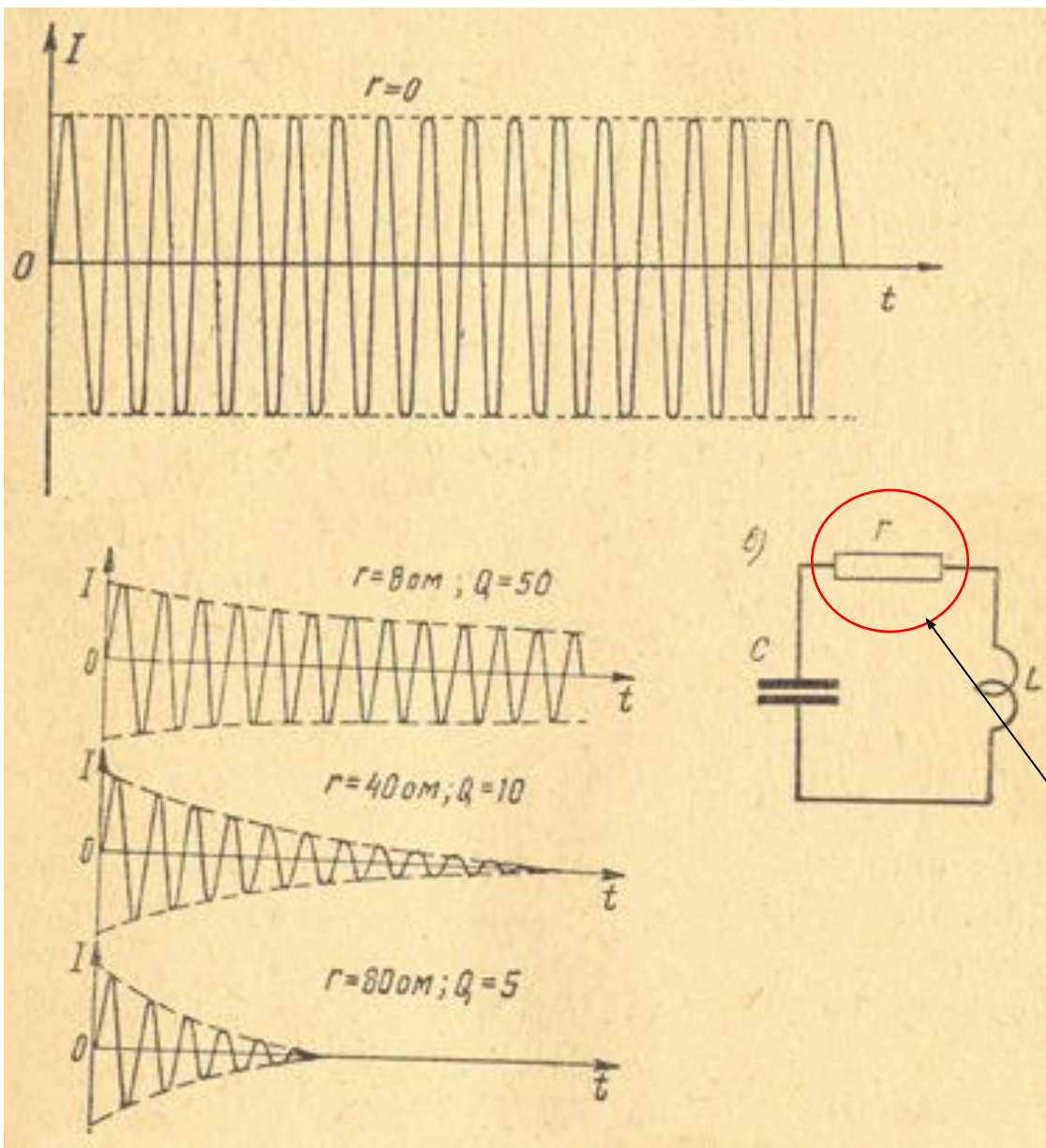
$$I = I_m / \sqrt{2}, U = U_m / \sqrt{2}$$

$$\langle P \rangle = RI_m^2 / 2$$

Барлық амперметрлер мен вольтметрлер осы мән бойынша көрсетеді

$$\langle P \rangle = UI \cos \varphi \rightarrow \text{Қуат коэффициенті}$$

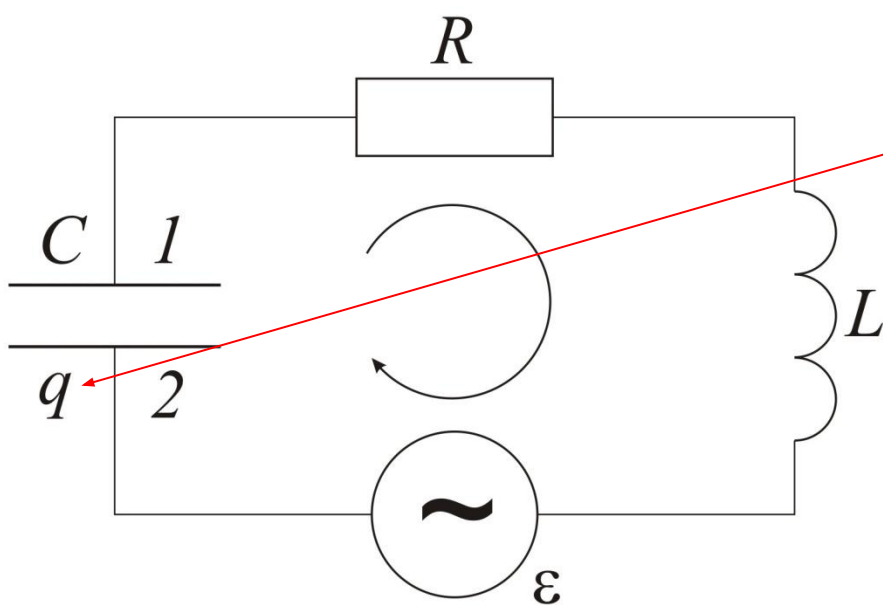
Тербелмелі контур



Индуктивтілік катушка L және конденсатор C бар электр тізбегінде электрлік тербеліс пайда болады, осы себепті мұндай тізбекті **тербелмелі контур** деп атайды.

Активті кедергі

Тербелмелі контурдың теңдеуі



$$q > 0$$

$$I = \frac{dq}{dt}$$

Контурдағы ток

1RL2 тізбегі үшін Ом заңына сәйкес келесіні аламыз

$$RI = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_S + \varepsilon$$

$$= \frac{q}{C}$$

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

$$L \frac{dI}{dt} + RI + \frac{q}{C} = \varepsilon$$

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = \varepsilon$$

$$q + 2\beta q + \omega_0^2 q = \frac{\varepsilon}{L}$$

$$= R / L$$

$$= 1 / LC$$

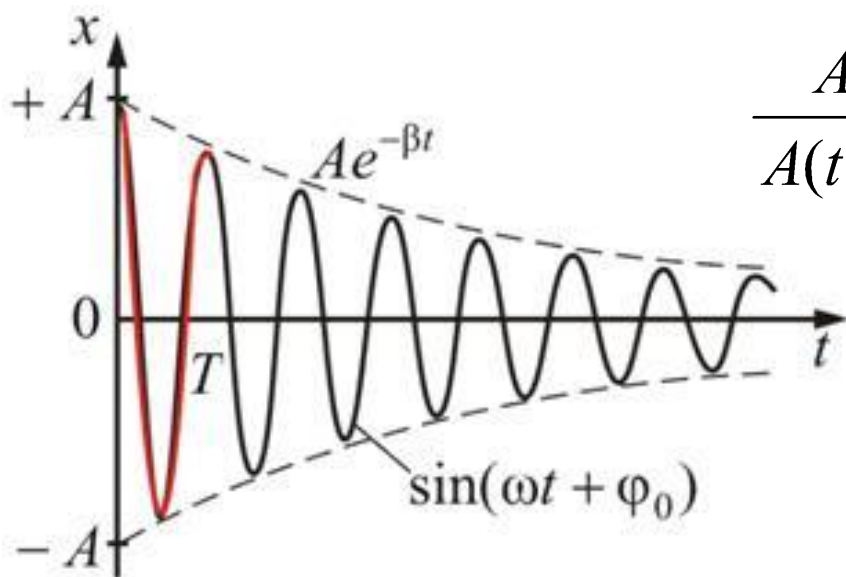
Өшу коэффициенті

Контурдың өздік жиілігі

Өшуді сипаттайтын шамалар

* Өшу коэффициенті β

t және $t+T$ уақыт моменттеріндегі өшпелі тербелістің амплитудалары шамаларының қатынасын табайық



$$\frac{A(t)}{A(t+T)} = \frac{A_0 e^{-\beta t}}{A_0 e^{-\beta(t+T)}} = \frac{e^{-\beta t}}{e^{-\beta t} e^{-\beta T}} = e^{\beta T}$$

$\beta^2 < \omega_0^2$ немесе $\frac{R^2}{4L^2} < \frac{1}{LC}$ орындалса, өшетін тербелістің теңдеуі мына түрде болады

$$q = q_m e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0)$$

* Өшудің логорифімдік декременті χ

(T периодты көршілес амплитудалар қатынастарының натураль логорифмі)

$$\chi = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \ln e^{\beta T} = \beta T$$