

ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕР ТЕОРИЯСЫ-1

Дәріскер:

ф.-м.ғ.к., асс.профессор Алимгазина Назгүл Шәкәрімқызы

6-дәріс. Ом және Кирхгоф заңдары комплекстік түрінде

Ом заңы

1. $i_R = I_{mR} \sin(\omega t + \psi_{i_R})$



$$i_R = \frac{u_R}{R}$$

$$u_R = I_{mR} R \sin(\omega t + \psi_{i_R}).$$

$$u_R = U_{mR} \sin(\omega t + \psi_{u_R})$$

$$U_{mR} = I_{mR} R$$

$$\psi_{u_R} = \psi_{i_R}$$

Айнымалы ток кезінде резистивті элементі бар тізбек бөлігінде ток пен кернеу арасында фаза ығысуы болмайды

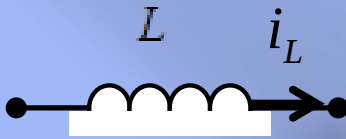
$$\dot{U}_R = U_{mR} e^{j\psi_{u_R}} \quad \dot{I}_R = I_{mR} e^{j\psi_{i_R}}$$

*комплекстік
түріндегі Ом заңы*

$$\dot{U}_R = \dot{I}_R \cdot R.$$

*резистивті
элементтегі кернеу
түсуі*

2.



$$i_L = I_{mL} \sin(\omega t + \psi_{i_L}).$$

$$u_L = -e_L, \quad e_L = -L \frac{di_L}{dt} \rightarrow u_L = I_{mL} \omega L \cos(\omega t + \psi_{i_L}).$$

$$u_L = I_{mL} \omega L \sin(\omega t + \psi_{i_L} + \frac{\pi}{2}).$$

$$U_{mL} = I_{mL} \omega L,$$

$$u_L = U_{mL} \sin(\omega t + \psi_{u_L})$$

$$\psi_{u_L} = \psi_{i_L} + \frac{\pi}{2}$$

$$X_L = \omega L$$

- индуктивті кедергі

Айнымалы ток кезінде индуктивті элементі бар тізбектің бөлігінде ток пен кернеу арасында фаза ығысуы болады: **индуктивті элементте кернеу фаза бойынша токтан $\frac{\pi}{2}$ бұрышқа озып отырады.**

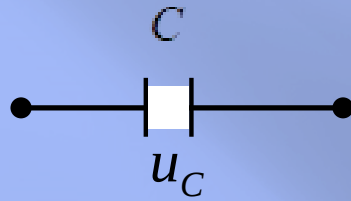
$$\dot{U}_L = U_{mL} e^{j\psi_{u_L}}, \quad \dot{I}_L = I_{mL} e^{j\psi_{i_L}}, \quad \dot{X}_L = j\omega L = jX_L.$$

комплекстік түріндегі Ом заңы

$$\dot{U}_L = \dot{I}_L \cdot \dot{X}_L = jX_L \cdot \dot{I}_L.$$

индуктивті элементтегі кернеу түсуі

3.



$$u_C = U_{mC} \sin(\omega t + \psi_{u_C}).$$

$$i_C = \frac{dq}{dt}, \quad q = u_C C. \quad \rightarrow \quad i_C = U_{mC} \omega C \cos(\omega t + \psi_{u_C}).$$

$$i_C = U_{mC} \omega C \sin\left(\omega t + \psi_{u_C} + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$I_{mC} = U_{mC} \omega C,$$

$$i_C = I_{mC} \sin(\omega t + \psi_{i_C})$$

$$\psi_{i_C} = \psi_{u_C} + \frac{\pi}{2}$$

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

- сыйымдылықты кедергі

Айнымалы ток кезінде сыйымдылықты элементі бар тізбек бөлігінде ток пен кернеу арасында фаза ығысуы болады: **сыйымдылықты элементтегі кернеу фаза бойынша токтан $\frac{\pi}{2}$ бұрышқа артқа қалып отырады.**

$$\dot{U}_C = U_{mC} e^{j\psi_{u_C}}, \quad \dot{I}_C = I_{mC} e^{j\psi_{i_C}}, \quad \dot{X}_C = \frac{1}{j\omega C} = -j \frac{1}{\omega C} = -jX_C.$$

комплекстік түріндегі Ом заңы

$$\dot{U}_C = \dot{I}_C \cdot \dot{X}_C = -jX_C \cdot \dot{I}_C$$

сыйымдылықты элементтегі кернеу түсуі

Кирхгоф заңы

Кирхгофтың I заңы:

Түйінде жинақталатын барлық комплекстік токтардың алгебралық қосындысы нөлге тең:

$$\sum_k \dot{I}_k = 0.$$

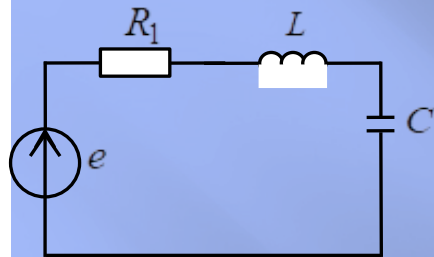
Кирхгофтың II заңы :

Тізбектің тұйықталған бөлігінде (контурда) барлық элементтердің комплекстік кернеу түсуінің алгебралық қосындысы осы тізбек бөлігіндегі (контурда) барлық комплекстік ЭҚК алгебралық қосындысына тең:

$$\sum_k \dot{U}_k = \sum_m \dot{E}_m.$$

Тізбектің жалпы комплекстік кедергісі

$$e = E_m \sin(\omega t + \psi_e)$$



$$e = u_R + u_L + u_C$$

$$\dot{E} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$$

$$\dot{U}_R = \dot{I}_R \cdot R,$$

$$\dot{U}_L = jX_L \cdot \dot{I}_L,$$

$$\dot{U}_C = -jX_C \cdot \dot{I}_C$$

$$\dot{E} = \dot{I} \cdot (R + j(X_L - X_C))$$

активті кедергі

реактивті кедергі

тізбектің жалпы
комплекттік кедергісі

$$\dot{Z} = R + jx$$

$$x = X_L - X_C$$

Егер комплекстік кедергінің құраушыларын комплекстік жазықтықтағы векторлармен бейнелесек, онда активті, реактивті және жалпы кедергі тікбұрышты үшбұрыш құрайды, оны **кедергілер үшбұрышы** деп атаймыз

$$\dot{Z} = \sqrt{R^2 + x^2}$$

$$\varphi = \arctg \frac{x}{R}$$

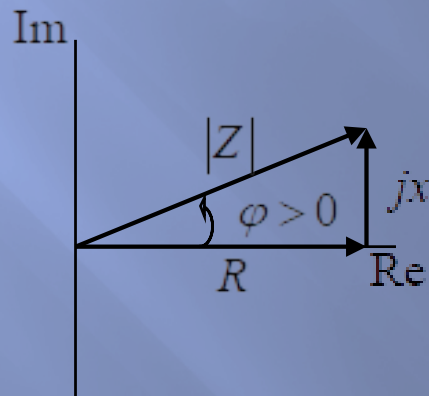
Тізбектегі ток пен кернеу арасындағы фаза ығысуы активті және реактивті кедергілердің қатынасымен анықталады. Активті құраушысы болмаса, фаза ығысуы:

- ✓ $+90^\circ$ - индуктивті сипаттамасында;
- ✓ -90° – реактивті кедергінің сыйымдылықты сипаттамасында болады.

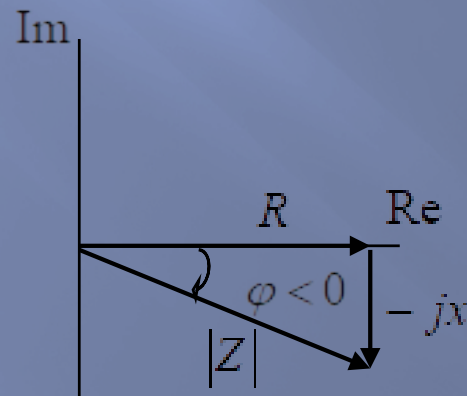
Активті құраушысы болса, сектордың фазалық ығысуы:

- ✓ $0 < \varphi < 90^\circ$ - комплекстік кедергінің активті-индуктивті сипаттамасына (а -сурет);
- ✓ $0 > \varphi > -90^\circ$ - активті-сыйымдылықты сипаттамасына (б-сурет) ие болады.

Комплекстік кедергінің реактивті құраушысы болмаса, ток пен кернеу арасындағы фаза ығысуы болмайды, $\varphi = 0$.



а)



б)

$$\dot{I} = \frac{\dot{E}}{\dot{Z}}$$

$$\dot{E} = E_m e^{j\psi_e}$$

$$\dot{Z} = Z_m e^{j\varphi}$$

$$\dot{I} = \frac{E_m e^{j\psi_e}}{Z_m e^{j\varphi}} = \frac{E_m}{Z_m} e^{j(\psi_e - \varphi)}$$

$$\dot{I} = I_m e^{j\psi_i}$$

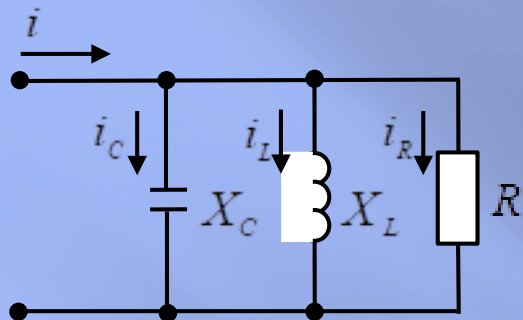
$$I_m = \frac{E_m}{Z_m}$$

$$\psi_i = \psi_e - \varphi$$

Кедергінің бастапқы фазасы сандық түрде тізбектегі ток пен кернеу арасындағы фаза ығысуына тең:

$$\varphi = \psi_e - \psi_i$$

Тізбектің жалпы комплекстік өткізгіштігі



$$\dot{Y} = \frac{1}{\dot{Z}}$$

*тізбектің жалпы
комплекстік өткізгіштігі*

активті өткізгіштік реактивті өткізгіштік

$$\dot{Y} = g + jb.$$

*Комплекстік өткізгіштіктің векторлары және оның құраушылары
комплекстік жазықтықта тікбұрышты үшбұрыш құрайды, ол
өткізгіштіктер үшбұрышы деп аталады*

$$\dot{Y} = \sqrt{g^2 + b^2}$$

$$\varphi = \arctg \frac{b}{g}$$

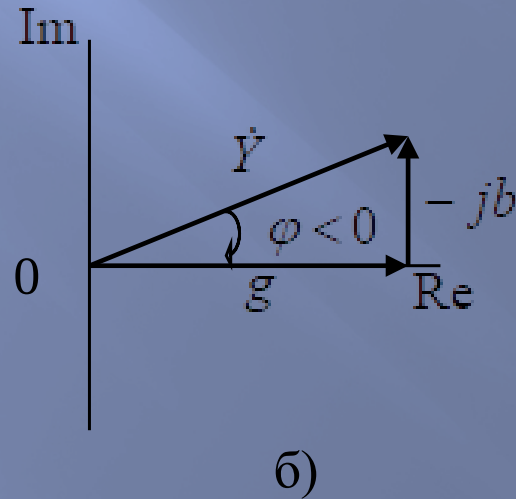
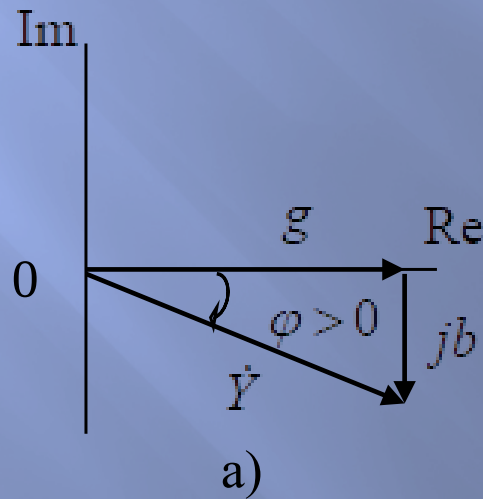
Тізбек активті-индуктивті сипаттамасына ие болса

$$\dot{Z} = R + jX_L,$$

$$\dot{Y} = \frac{1}{R + jX_L} = \frac{R - jX_L}{R^2 + X_L^2} = \frac{R}{|Z|^2} - j \frac{X_L}{|Z|^2} = g - jb_L,$$

активті өткізгіштік $g = \frac{R}{|Z|^2}$

реактивті индуктивті өткізгіштік $b_L = -\frac{X_L}{|Z|^2}$



Тізбек активті-сыйымдылықты сипаттамасына ие болса

$$\dot{Z} = R - jX_C,$$

$$\dot{Y} = \frac{1}{R - jX_C} = \frac{R + jX_C}{R^2 + X_C^2} = \frac{R}{|Z|^2} + j \frac{X_C}{|Z|^2} = g + jb_C,$$

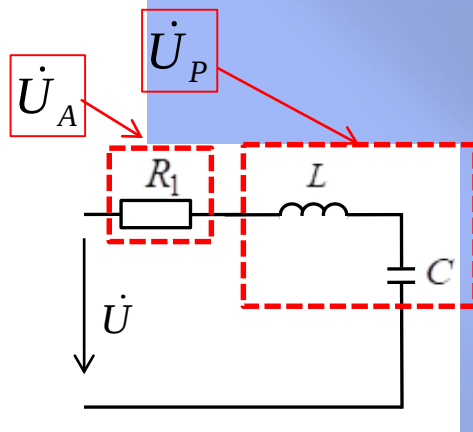
активті өткізгіштік

$$g = \frac{R}{|Z|^2}$$

реактивті сыйымдылықты өткізгіштік

$$b_C = \frac{X_C}{|Z|^2}$$

жалпы комплексті өткізгіштіктің жорамал бөлігі сыйымдылықты тізбек үшін оң және индуктивті тізбек үшін теріс болып келеді.



КЕРНЕУДІҢ АКТИВТІ ЖӘНЕ РЕАКТИВТІ ҚҰРАУШЫЛАРЫ

$$\dot{U} = \dot{I} \cdot \dot{Z} = \dot{I} \cdot (R + jX) = \dot{I} \cdot R + \dot{I} \cdot jX = \dot{U}_A + \dot{U}_P$$

Комплекстік активті кернеу $\dot{U}_A = \dot{I}R$

Комплекстік реактивті кернеу $\dot{U}_P = \dot{I} \cdot jX$

Активті кернеу - активті кедергідегі кернеуге,
реактивті – реактивті кедергідегі кернеуге сәйкес келеді.

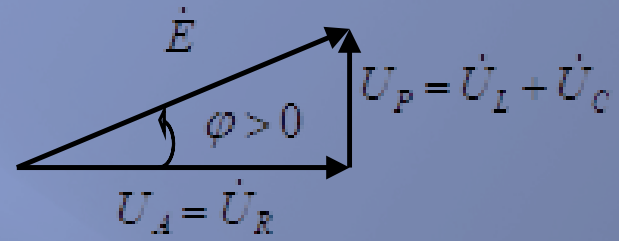
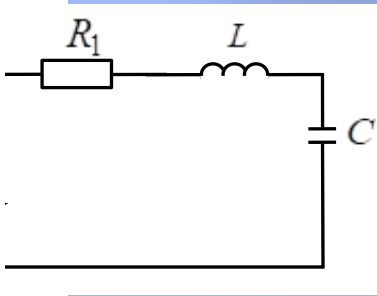
$$\dot{U} = U_A + jU_P;$$

$$U_A = U \cos \varphi; U_P = U \sin \varphi;$$

$$U = \sqrt{U_A^2 + U_P^2}; \varphi = \arctg \frac{U_P}{U_A}$$

Осы жағдайда активті кернеу тек қана оң бола алады, ал реактивті кернеудің таңбасы фазалық ығысудың φ таңбасымен анықталады.

Комплекстік жазықтықта активті және реактивті құраушыларымен бірге кернеу векторы тікбұрышты үшбұрыш құрайды, ол **кернеулер үшбұрышы** деп аталады



$$\dot{U}_R = \dot{I}R, \dot{U}_L = j\omega L\dot{I}, \dot{U}_C = \frac{1}{j\omega C}\dot{I} = -j\frac{1}{\omega C}\dot{I}$$