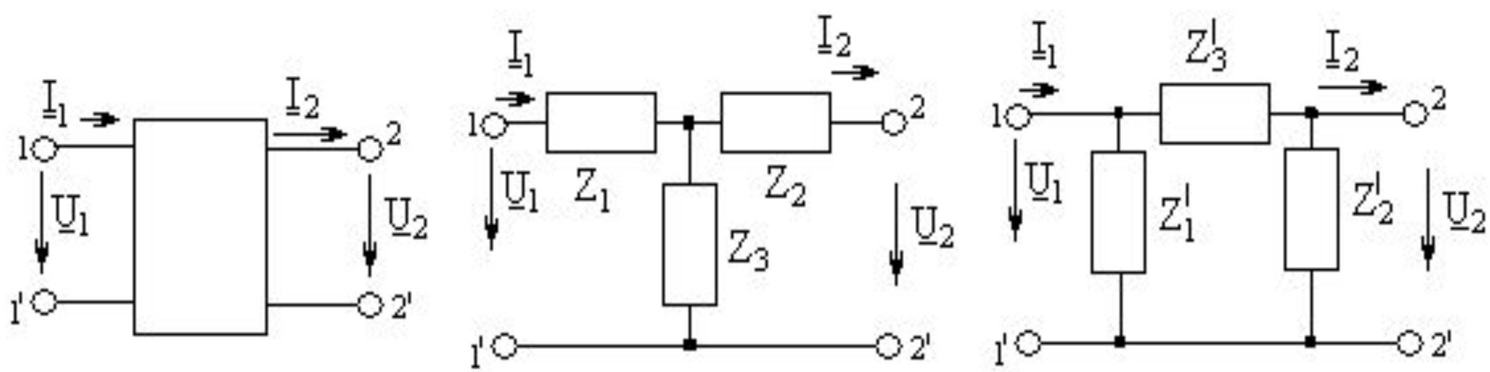
Төртұштықтылар және олардың негізгі теңдеулері, жалғану сұлбалары. Төртұштықтардың коэффициенттерін анықтау.

Электр тізбектеріндегі режімдерді зерттеу кезінде көбінесе екі ұштықтар және төртұштықтар пайдаланылады. Төртұштық қоректендіру көзі мен жүктеме арасындағы беріліс аймағы болып саналады.Төртұштықтар шарт бойынша тікбұрыштар
Түрінде белгіленеді, олар тиісті қысқыштар көмегімен тізбектің басқа бөліктерімен жалғанады. Тәртіп бойынша кіру $1-1'$ қысқыштарына қоректендіру көзін, ал шығу $2-2'$ қысқыштарына жүктемені жалғайды, кейде керісінше жалғануы да мүмкін. Төртұштықтарға электр сүзглер, трансформаторлар, желілер жатады.



Төртұштықтарды қарастырғанда, барлық сұлбалар сияқты кернеулердің және токтардың оң бағыттарын шарт бойынша келісіп, таңдап алу керек. Келтірілген суретте аса көп таралған баламалы П- тәрізді және Т- тәрізді сұлбалар келтірілген. Төртұштықтар өзінің тармақтарында энергия көздерін ұстамаса, онда оларды пассивті дейміз. Тікбұрыш ішіне «П» әрпі жазылады. Егер төртұштықтардын өзінің тармақтарында энергия көзі болса, онда оны активті дейміз.

Төртұштықтардың қасиеттері параметрлер және теңдеулер арқылы анықталады. Алты түрлі теңдеулері бар, біз үш түрін қарастырамыз: Z, A, Y

1. **Z-параметрлі кедергі** түріндегі төртұштықтың беріліс теңдеулері:

$$\underline{U}_1 = \underline{Z}_{11}\underline{I}_1 + \underline{Z}_{12}\underline{I}_2;$$
$$\underline{\mathrm{U}}_2 = \underline{Z}_{21}\underline{I}_1 + \underline{Z}_{22}\underline{I}_2;$$

Төртұштықтың беріліс теңдеулерінің коэффициенттері төртұштықтың параметрлері деп аталады.

$\underline{Z}_{11} = \left.\frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1}\right|_{\underline{I}_2=0}$ — шығар қысқыштары $2\text{-}2^1$ ажыратылған кезіндегі , кірмелі кедергі $1\text{-}1^1$қысқыштары жағынан,

$\underline{Z}_{21} = \left.\frac{\underline{U}_2}{\underline{I}_1}\right|_{\underline{I}_2=0}$ — шығар қысқыштары $2\text{-}2^1$ ажыратылған кезіндегі , беріліс кедергі деп аталады,

$\underline{Z}_{22} = \left.\frac{\underline{U}_2}{\underline{I}_2}\right|_{\underline{I}_1=0}$ — кірер қысқыштары $1\text{-}1^1$ ажыратылған кезіндегі , кірмелі кедергі $2\text{-}2^1$ қысқыштары жағынан,

$\underline{Z}_{12} = \left.\frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_2}\right|_{\underline{I}_1=0}$ — кірер қысқыштары $1\text{-}1^1$ ажыратылған кезіндегі , беріліс кедергі деп аталады,

Егер теңдеуден $\underline{I}_1$ және $\underline{I}_2$ анықтап алсақ , келесі теңдеулер болады :

$$\Delta = \begin{vmatrix} \underline{Z}_{11} & \underline{Z}_{12} \\ \underline{Z}_{21} & \underline{Z}_{22} \end{vmatrix}; \qquad \Delta_1 = \begin{vmatrix} \underline{U}_1 & \underline{Z}_{12} \\ \underline{U}_2 & \underline{Z}_{22} \end{vmatrix}; \qquad \Delta_2 = \begin{vmatrix} \underline{Z}_{11} & \underline{\mathrm{U}}_1 \\ \underline{Z}_{21} & \underline{\mathrm{U}}_2 \end{vmatrix};$$

$$\underline{I}_1=\frac{\Delta_1}{\Delta}=\frac{\underline{U}_1\underline{Z}_{22}-\underline{U}_2\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{11}\underline{Z}_{22}-\underline{Z}_{21}\underline{Z}_{12}}=\underline{U}_1\frac{\underline{Z}_{22}}{\underline{Z}_{11}\underline{Z}_{22}-\underline{Z}_{21}\underline{Z}_{12}}-\underline{U}_2\frac{\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{11}\underline{Z}_{22}-\underline{Z}_{21}\underline{Z}_{12}}=\underline{Y}_{11}\underline{U}_1+Y_{12}\underline{U}_2;$$

$$\underline{I}_2=\frac{\Delta_2}{\Delta}=\frac{\underline{U}_2\underline{Z}_{11}-\underline{U}_1\underline{Z}_{21}}{\underline{Z}_{11}\underline{Z}_{22}-\underline{Z}_{21}\underline{Z}_{12}}=\underline{U}_1\frac{\underline{Z}_{21}}{\underline{Z}_{11}\underline{Z}_{22}-\underline{Z}_{21}\underline{Z}_{12}}-\underline{U}_2\frac{\underline{Z}_{11}}{\underline{Z}_{11}\underline{Z}_{22}-\underline{Z}_{21}\underline{Z}_{12}}=Y_{12}\underline{U}_1+Y_{22}\underline{U}_2;$$

2. $\underline{Y}$ **параметрлері** өткізгіштік түріндегі төртұштықтың беріліс теңдеулері:

$$\begin{cases}\underline{I}_1=\underline{Y}_{11}\underline{U}_1+\underline{Y}_{12}\underline{U}_2\\ \underline{I}_2=\underline{Y}_{12}\underline{U}_1+\underline{Y}_{22}\underline{U}_2\end{cases};$$

$$\underline{Y}_{11}=\frac{\underline{Z}_{22}}{\underline{Z}_{11}\underline{Z}_{22}-\underline{Z}_{21}\underline{Z}_{12}};\quad \underline{Y}_{22}=\frac{\underline{Z}_{11}}{\underline{Z}_{11}\underline{Z}_{22}-\underline{Z}_{21}\underline{Z}_{12}};\quad \underline{Y}_{12}=\frac{\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{11}\underline{Z}_{22}-\underline{Z}_{21}\underline{Z}_{12}};\quad \underline{Y}_{21}=\frac{\underline{Z}_{21}}{\underline{Z}_{11}\underline{Z}_{22}-\underline{Z}_{21}\underline{Z}_{12}};$$

$\underline{Y}_{11}=\left.\frac{\underline{I}_1}{\underline{U}_1}\right|_{\underline{U}_2=0}$ - шығар қысқыштары 2-2[1] қысқа тұйықталған кезіндегі 1-1[1] жағындағы кірмелі өткізгіштік,

$\underline{Y}_{21}=\left.\frac{\underline{I}_2}{\underline{U}_1}\right|_{\underline{U}_2=0}$ - шығар қысқыштары 2-2[1] қысқа тұйықталған кезіндегі өзаралық өткізгіштік,

$\underline{Y}_{22} = \left.\frac{\underline{I}_2}{\underline{U}_2}\right|_{\underline{U}_1=0}$ - кірер қысқыштары 1-1[1] қысқа тұйықталған кезіндегі, шығар қысқыштары 2-2[1] жағындағы кірмелі өткізгіштік,

$\underline{Y}_{12} = \left.\frac{\underline{I}_1}{\underline{U}_2}\right|_{\underline{U}_1=0}$ - кірер қысқыштары 1-1[1] қысқа тұйықталған кезіндегі, өзаралық өткізгіштік.

3. A - параметрлер.

$$\underline{I}_1 = \underline{Y}_{11}\underline{U}_1 + \underline{Y}_{12}\underline{U}_2$$
$$\underline{I}_2 = \underline{Y}_{21}\underline{U}_1 + \underline{Y}_{22}\underline{U}_2$$

Егер $\underline{U}_1$ және $\underline{I}_!$ анықтап алсақ келесі теңдеулер болады:

$$\underline{U}_1 = -\frac{1}{\underline{Y}_{21}}\underline{I}_2 - \frac{\underline{Y}_{22}}{\underline{Y}_{21}}\underline{U}_2 = \underline{A}\underline{U}_2 + \underline{B}\underline{I}_2;$$

$$\underline{I}_1 = \underline{Y}_{11}\left(-\frac{1}{\underline{Y}_{21}}\underline{I}_2 - \frac{\underline{Y}_{22}}{\underline{Y}_{21}}\underline{U}_2\right) + \underline{Y}_{12}\underline{U}_2 = -\frac{\underline{Y}_{11}}{\underline{Y}_{21}}\underline{I}_2 + \left(\frac{\underline{Y}_{12}\underline{Y}_{21} - \underline{Y}_{11}\underline{Y}_{22}}{\underline{Y}_{21}}\right)\underline{U}_2 = \underline{C}\underline{U}_2 + \underline{D}\underline{I}_2;$$

$$\begin{cases} \underline{U}_1 = \underline{A}\underline{U}_2 + \underline{B}\underline{I}_2 \\ \underline{I}_1 = \underline{C}\underline{U}_2 + \underline{D}\underline{I}_2 \end{cases};$$

мұндағы

$\underline{A}$ – өлшемсіз шама;

$\underline{B} = -\frac{1}{\underline{Y}_{21}}$ – өлшемділігі кедергі;

$C = \frac{\underline{Y}_{12}\underline{Y}_{21} - \underline{Y}_{11}\underline{Y}_{22}}{\underline{Y}_{21}};$ – өлшемділігі өткізгіштік;

$\underline{D} = -\frac{\underline{Y}_{11}}{\underline{Y}_{21}},$ – өлшемсіз шама.

Егер төртұштық сұлбасындағы Э.Қ.К көзін және қабылдаштағы кедергінің орнын ауыстыратын болсақ, яғни 1-1[1] қысқыштарына $\underline{Z}_1$ кедергісін, ал 2-2[1] қысқыштарына Э.Қ.К көзін $\underline{U}_2$ кернеуіне тең етіп жалғасақ және ондағы $\underline{I}_1, \underline{I}_2$ токтарының оң бағыттарын керісінше бағыттасақ, онда теңдеу келесі түрде болады .

$$\underline{U}_2 = \underline{D}\underline{U}_1 + \underline{B}\underline{I}_1$$
$$\underline{I}_2 = \underline{C}\underline{U}_1 + \underline{A}\underline{I}_1$$

A,B,C,D коэффициенттері бір-бірімен келесі қатынаспен байланысқан:

$$\underline{A}\underline{D}-\underline{B}\underline{C}=-\frac{\underline{Y}_{22}}{\underline{Y}_{21}}\left(-\frac{\underline{Y}_{11}}{\underline{Y}_{21}}\right)-\left(-\frac{1}{\underline{Y}_{21}}\right)\left(\frac{\underline{Y}_{12}\underline{Y}_{21}-\underline{Y}_{11}\underline{Y}_{22}}{\underline{Y}_{21}}\right)=$$

$$=\frac{\underline{Y}_{22}\underline{Y}_{11}}{\underline{Y}_{21}\underline{Y}_{21}}+\frac{\underline{Y}_{12}\underline{Y}_{21}}{\underline{Y}_{21}\underline{Y}_{21}}-\frac{\underline{Y}_{11}\underline{Y}_{22}}{\underline{Y}_{21}\underline{Y}_{21}}=\frac{\underline{Y}_{12}}{\underline{Y}_{21}}$$

Егер $\underline{Y}_{12}=\underline{Y}_{21}$

$$\underline{A}\underline{D}-\underline{B}\underline{C}=1$$

Төртұштық коэффициенттерін анықтау. Жоғарғы формулалардан A,B,C,D коффициенттері үшін қажет нәрсе олардың мәндері үш әртүрлі тұрақты шамалардың байланыстығымен анықталады. Егер бір мезгілде бірінші қысқыштардағы $\underline{U}_1, \underline{I}_1$, сондай-ақ екінші реттік қысқыштардағы $\underline{U}_2, \underline{I}_2$ кернеуді және токты өлшеуге мүмкіндік болса, онда A,B,C,D коэффициенттерін анықтау үшін екі тәжірибенің нәтижелері жеткілікті болар еді, олар бос жүріс және қысқа тұйықталу тәжірибелерінің нәтижелері.

Екінші реттік қысқыштар ажыратылған кезде, яғни бос жүріс режимінде $\underline{I}_2 = 0$ болғанда теңдеудегі бірінші реттік кернеу және ток

$$\underline{U}_{1б} = A\underline{U}_2, \quad \underline{I}_{1б} = C\underline{U}_2$$

, осылардан:

$$A = \frac{\underline{U}_{1б}}{\underline{U}_2}, \quad C = \frac{\underline{I}_{1б}}{\underline{U}_2}.$$

Бос жүріс режиміндегі бірінші қысқыштар жағындағы кірер кедергі:

$$\underline{Z}_{1б} = \frac{\underline{U}_{1б}}{\underline{I}_{1б}} = \frac{A}{C}.$$

Екінші реттік қысқыштар қысқа тұйықталған кезде, яғни $\underline{U}_2 = 0$ тең болған теңдеуден $\underline{U}_{1к} = B\underline{I}_2, \underline{I}_{1к} = D\underline{I}_2$, осыдан

$$B = \frac{\underline{U}_{1к}}{\underline{I}_{2к}}, \; D = \frac{\underline{I}_{1к}}{\underline{I}_2}$$

Екінші реттік қысқыштар қысқа тұйықталған кезінде бірінші қысқыштар жағындағы кедергі

$$\underline{Z}_{1к} = \frac{\underline{U}_{1к}}{\underline{I}_{1к}} = \frac{B}{D}.$$

Демек, бос жүріс режимі кезіндегі $\underline{U}_{1б}, \underline{I}_{1б}, \underline{U}_2$ мәндері мен қысқа тұйықталу режимі кезіндегі $\underline{U}_{1к}, \underline{I}_{1к}$ модульдерінің фазаларын өлшеп, барлық төртұштық коэффициенттерін жеңіл анықтауға болады.

Керісінше де орындауға болады:

$$\underline{U}_2 = D\underline{U}_1 + B\underline{I}_1$$
$$\underline{I}_2 = C\underline{U}_1 + A\underline{I}_1$$

. Егер $\underline{U}_{1к} = 0$, $\underline{U}_2 = B\underline{I}_1$, $\underline{I}_2 = A\underline{I}_1$. Бірінші жағындағы қысқа тұйықталу кезінде қысқыштар жағындағы кірер кедергі

$$\underline{Z}_{2к} = \frac{\underline{U}_{2к}}{\underline{I}_{2к}} = \frac{B}{A}.$$

Төртұштықты екінші реттік қысқыштар жағынан қоректендіру кезінде $\underline{I}_1 = 0$ болса, $\underline{U}_{2б} = D\underline{U}_1, \underline{I}_{2б} = C\underline{U}_1$ осыдан $\underline{Z}_{2б} = \frac{\underline{U}_{2б}}{\underline{I}_{2б}} = \frac{D}{C}$. Сонымен белгісіз төрт A,B,C,D коэффициенттерін анықтау үшін төрт теңдеуіміз бар

$$\underline{Z}_{1б} = \frac{A}{C}, \underline{Z}_{1к} = \frac{B}{D}, \underline{Z}_{2к} = \frac{B}{A}, AD - BC = 1$$

Осыдан

$$A = \sqrt{\frac{\underline{Z}_{1б}\underline{Z}_{1к}}{\left(\underline{Z}_{1б} - \underline{Z}_{1к}\right)\underline{Z}_{2к}}} \qquad C = \frac{A}{\underline{Z}_{1б}}, B = A\underline{Z}_{2к}$$

және

$$D = \frac{A\underline{Z}_{2к}}{\underline{Z}_{1к}}$$