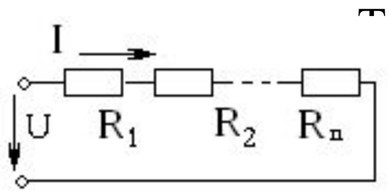
Электр тізбектерінің пассивтік бөліктерін эквивалентті түрлендіру. Тұрақты токтың қарапайым тізбектерін есептеу әдістері. Тұрақты токтың күрделі тізбектерін есептеу әдістері. Кирхгоф заңдарын пайдалану арқылы есептеу әдісі. Контурлық токтар әдісі. Қуаттар тепе-теңдігі.

Күрделі электр тізбектерін есептегенде және зерттегенде көп жағдайда электр тізбектері сұлбасын бір түрінен басқа түріне түрлендіру жолдарымен есепті әлдеқайда жеңілдетуге және көрнекті етіп жасауға болады. Барлық жағдайда берілген сұлбаны баламалы яғни басқа түрдегі сұлбаға ауыстыру үшін түрлендіруге кірмей қалған сұлба бөлігіндегі токтар мен кернеулердің өзгермейтін шарттары орындалуға тиісті.

1.Кедергілердің тізбектей жалғануы $R_1, R_2, \ldots, R_n$ кедергілер бірізді жалғанған кезде олар арқылы бір ғана ток өтеді, сондықтан бір тармақ пайда болады және оны кедергілердің бірізді жалғануы деп атайды. Кірердегі кернеу әр элементтердегі кернеулердің қосындысына тең. Тізбектің баламалы кедергісі n кедергілердің қосындысына тең



Т к тең: $R_{\text{áàë}} = \sum_{k=1}^{n} R_k$

Элементтердегі кернеу: $I = \dfrac{U}{R_{\text{áàë}}}$

Екі (ергіден тұратын тізбектегі ток: $U_1 = IR_1, U_2 = IR_2, \ldots, U_n = IR_n$

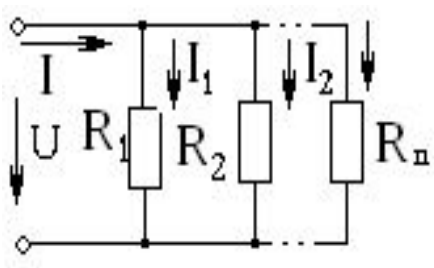
Элементтердегі кернеу:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

$$U_1 = IR_1 = \frac{U}{R_1 + R_2} R_1, \quad U_2 = IR_2 = \frac{U}{R_1 + R_2} R_2, \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}.$$

2. Кедергілердің параллель жалғануы. Егер тізбектің екі түйіні арасында бірнеше кедергі параллель жалғанған кезде олардың әрқайсысыңа бірдей кернеу беріледі, сонда Ом заңы бойынша әр кедергідегі ток:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, I_2 = \frac{U}{R_2}, ...I_n = \frac{U}{R_n}$$



элементтердегі токтардың қосындысына тең:

$$U = U_1 = U_2 = ... = U_n .$$

$$I = I_1 + I_2 + ... + I_n = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + ... + \frac{U}{R_n} =$$

$$= U\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_n}\right) = U\frac{1}{R_{áàë}} = UG_{áàë}$$

Мұндағы $G_{áàë}$ тізбектің баламалы өткізгіштігі. Параллель жалғанғанда:

$$\frac{1}{R_{áàë}} = \sum_{k=1}^{n}\frac{1}{R_k}, \quad G_{áàë} = \sum_{k=1}^{n} G_k$$

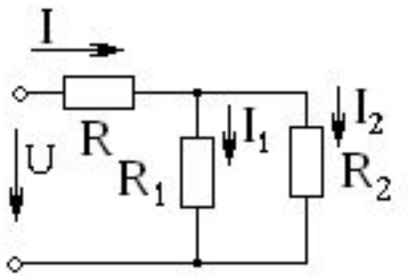
Екі кедергі параллель жалғанған кезде балама кедергі тең:

$$R_{áàë} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Тармақталмаған бөлігіндегі ток:

$$I = \frac{U}{R_{áàë}}$$

3. Кедергілердің аралас жалғануы. Аралас жалғану, ол бірізді және параллель жалғанған кедергілердің тіркестері.



Токтар тең болады:

$$I = \frac{U}{R_{\acute{a}\grave{a}\ddot{e}}}$$

$$R_{\acute{a}\grave{a}\ddot{e}.} = R_1 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}$$

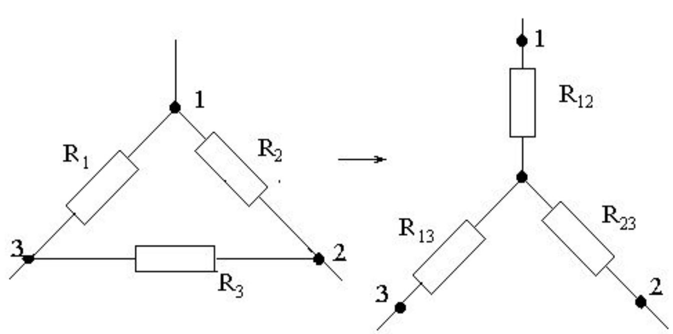
$$I_1 = I\frac{R_2}{R_2 + R_3}, I_2 = I\frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

Бірізді-параллель жалғанған элементтер үшін баламалы өткізгіштік:

$$G_{\acute{a}\grave{a}\ddot{e}.} = G_1 + G_{23} = G_1 + \frac{1}{R_2 + R_3}.$$

4. Үшбұрышты жалғанған кедергілерді жұлдызшаға түрлендіру.

Үшбұрыш түрінде жалғанған кедергілерді баламалы жұлдызшаға түрлендіру формулалары келесі түрге ие:



$$R_{12} = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2 + R_3},$$

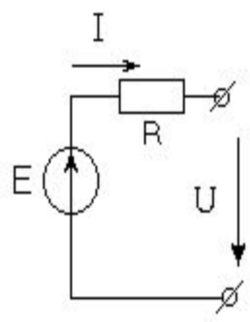
$$R_{23} = \frac{R_2R_3}{R_1 + R_2 + R_3},$$

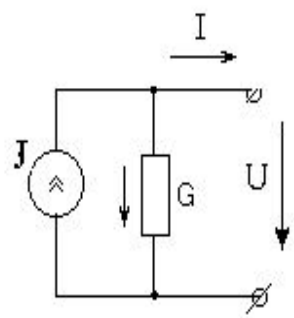
$$R_{13} = \frac{R_1R_3}{R_1 + R_2 + R_3}.$$

5. Үшсәулелі жұлдызша жалғанған кедергілерді баламалы үшбұрышқа түрлендіру. Түрлендіру формулалары келесі түрге ие:

$$R_1 = R_{12} + R_{13} + \frac{R_{12}R_{13}}{R_{23}}, \quad R_2 = R_{12} + R_{23} + \frac{R_{12}R_{23}}{R_{13}} \quad , \quad R_3 = R_{13} + R_{23} + \frac{R_{13}R_{23}}{R_{12}}.$$

6. Қорек көздерін түрлендіру. Кернеу көзі баламалы ток көзіне түрленуі мүмкін. Түрлендіру формуласы және керісінше формула келесі түрге ие:



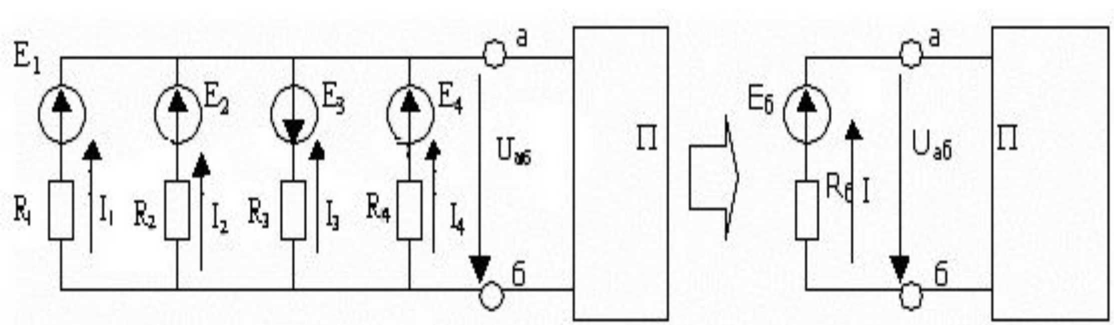


$$J = \frac{E}{R}, \quad E = \frac{J}{G}; \quad R = \frac{1}{G}.$$

7. Қоректендіргіштері бірізді немесе параллель жалғанған тізбекті есептеу үшін балама түрлендіру тәсілін пайдалануға болады.

а)Қоректендіргіштер бірізді жалғанса, онда оларды бір балама қоректендіргішпен айырбастауға (түрлендіруге) болады. Балама қоректендіргіштің э.қ.к.-і $E_б$ қоректендіргіштердің э.қ.к.-терінің алгебралық қосындысына тең, ал ішкі кедергісі $R_б$ қоректендіргіштердің ішкі кедергілерінің арифметикалық қосындысына тең: $R_б=R_1+R_2+...+R_n$. Бағыттары токтың бағыттымен бағыттас э.қ.к.-тер плюс таңбасымен алынады. Керісінше жағдайда таңбасы минус болады.

ә) Параллель жалғанған қоректендіргіштерді бір балама қоректендіргішпен айырбастауға (түрлендіруге) болады . Кирхгофтың бірінші заңы бойынша:
$I=I_1+I_2+I_3+I_4$, немесе
$(E_б – U_{аб})/R_б \ =(E_1 – U_{аб})/R_1+(E_2 – U_{аб})/R_2 +(-E_3 – U_{аб})/R_3+(E_4 – U_{аб})/R_4$.
Бұдан $E_б= (E_1G_1+ E_2G_2-E_3G_3+E_4G_4)/(G_1+G_2+G_3+G_4)$, $1/R_б=1/R_1+1/ R_2+1/ R_3+1/R_4= G_1+G_2+G_3+G_4$.



$$\sum E_i \cdot G_i \quad \sum G_i$$

Тұрақты токтың бірнеше э.қ.к-тері бар тармақталған тізбектерін есептеу үшін мынандай тәсілдерді қолдануға болады:

1) **Кирхгофтың заңдарын пайдаланып есептеу тәсілі;**
2) **Контурлық тоқтар тәсілі;**
3) **Түйіндік потенциалдар тәсілі;**
4) **Екі түйіндік тәсіл;**
5) **Балама генератор тәсілі.**

Кирхофтың заңдарын пайдалану арқылы есептеу тізбектің тармақтарындағы анықталуға тиісті токтарға қатысты теңдеулер құрудан басталады. Құрылатын теңдеулер саны белгісіз токтар санына тең. Кирхгофтың бірінші заңы бойынша құрылатын теңдеулер саны тізбектегі түйін санынан біреуге кем болады, яғни m-1 тең. Мұндағы m- тізбектегі түйіндер саны. Кирхгофтың екінші заңы бойынша құрылатын теңдеулер саны жалпы құрылатын теңдеулер саны мен бірінші заңы бойынша құрылатын теңдеулер санының айырмасына тең, яғни $к$ -(m-1). Мұндағы $к$- тізбектегі тармактар саны. Кирхгофтың екінші заңы бойынша теңдеулер құру кезінде басқа контурға кірмеген тармағы бар тәуелсіз контурлар үшін құруға тырысқан жөн.

1. Тізбекті Кирхофтың заңдарын пайдалану арқылы есептеуді мынадай ретпен жүргізгеді:

а) Тармақтардағы токтардың оң бағытын қалауымызша таңдап алып, оны сұлбада белгілеу қажет;

ә) Кирхгофтың екінші заңы бойынша теңдеулер құру үшін контурды айналу бағытын қалауымызша таңдап аламыз;

б) Э.қ.к.- нің алгебралық қосындысын тапқан кезде контурдағы э.қ.к.-нің бағыты контурды айналу бағытымен сәйкес келсе онда оның таңбасы «+», ал керісінше жағдайда «-» болады;

в) Токтың бағыты контурды айналу бағытымен сәйкес келсе, онда кернеудің түсуінің таңбасы таңбасы «+», ал керісінше жағдайда «-» болады;

г) Құрылған теңдеулер жүйесін белгілі тәсілдер арқылы шешу арқылы тармақтардағы токтарын табамыз.

Кирхгофтың заңдарын пайдаланып суретте көрсетілген тізбектің тармақтарындағы токтарды табайық. Ол үшін Кирхгофтың бірінші заңы бойынша үш теңдеу құрамыз:

$- I_6 - I_3 = 0$

б) $I_1 + I_2 - I_5 = 0$

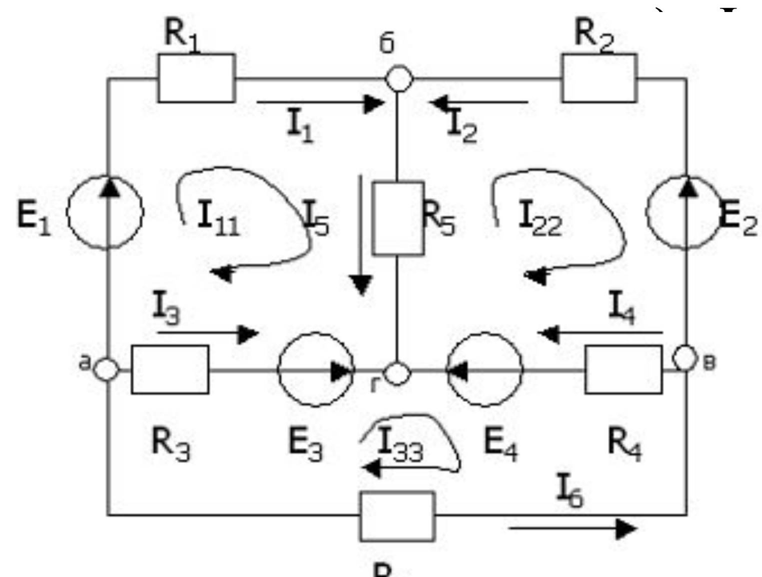
в) $I_6 - I_2 - I_4 = 0$

Контурлар үшін Кирхгофтың екінші заңы бойынша үш теңдеу құрамыз:

1-контур) $E_1 - E_3 = I_1 \cdot R_1 + I_5 \cdot R_5 - I_3 \cdot R_3$

2-контур) $-E_2 + E_4 = -I_2 \cdot R_2 + I_4 \cdot R_4 - I_5 \cdot R_5$

3-контур) $E_3 - E_4 = -I_6 \cdot R_6 - I_4 \cdot R_4 + I_3 \cdot R_3$



14-сурет

•

Құрылған алты теңдеуден тұратын жүйені өзімізге белгілі әдістер арқылы шешеміз де, $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6$ токтарды табамыз

2. Контурлық тоқтар тәсілі. Бұл тәсілді қолданған кезде электр сұлбасының тәуелсіз контурында тек өзінің контурлық тогы жүреді деп есептейді.

Контурлық ток деп қарастырылған контурдың барлық тармақтарымен жүреді деп шартты түрде қабылданған ток. Бұл тәсіл бойынша теңдеулер тек Кирхгофтың екінші заңы бойынша контурлық токтарға байланысты құрылады. Сондықтан есептеу жұмысы көп жеңілдейді. Контурлық токтар тәсілінің есептеу жұмысында қолданылуын суретте көрсетілген тізбектің тармақтарындағы токтарды анықтау арқылы қарастырайық. Әрбір контур үшін контурлық токтың бағытын өз қалауымызша, мысалы сағат тілінің жүрісінің бағытымен бағыттас етіп таңдап аламыз. Екі контурға ортақ тармақпен жүретін контурлық токтар бағыттас болса, онда олардың қосындысы алынады. Керісінше жағдайда олардың айырмасын алады. Жалпы жағдайда қарастыралатын тізбек үшін теңдеулер мынадай түрде жазылады:

- $E_{11} = I_{11} \cdot R_{11} + I_{22} \cdot R_{12} + I_{33} \cdot R_{13}$
- $E_{22} = I_{11} \cdot R_{21} + I_{22} \cdot R_{22} + I_{33} \cdot R_{23}$
- $E_{33} = I_{11} \cdot R_{31} + I_{22} \cdot R_{32} + I_{33} \cdot R_{33}$

.

Мұндағы E_{11}, E_{22}, E_{33}- бірінші, екінші және үшінші контурлардың контурлық э.қ.к.-тері; R_{11}, R_{22}, R_{33}- бірінші, екінші және үшінші контурлардың өзіндік кедергілері,

$$R_{11}= R_1+R_5 +R_3; \quad R_{22}= R_2+R_4+R_5; \quad R_{33}= R_6+R_4 +R_3.$$

$R_{12}=R_{21}$- бірінші мен екінші контурларға ортақ тармақтың кедергісі, “минус” таңбасымен алынады. $R_{13}= R_{31}$- бірінші мен үшінші контурларға ортақ тармақтың кедергісі, “минус” таңбасымен алынады. $R_{23}= R_{32}$- екінші мен үшінші контурларға ортақ тармақтың кедергісі, “минус” таңбасымен алынады.

Теңдеулер суретте көрсетілген тізбек үшін былай жазылады:

$$E_1 – E_3=I_{11}\cdot(R_1+R_5 +R_3) – I_{22}\cdot R_5 –I_{33}\cdot R_3$$

$$– E_2+E_4= I_{22}\cdot (R_2+R_4+R_5) – I_{33}\cdot R_4 –I_{11}\cdot R_5$$

$$E_3 – E_4=I_{33}\cdot (R_6+R_4 +R_3) – I_{11}\cdot R_3– I_{22}\cdot R_4$$

Әр теңдеудегі жақшаның ішінде кедергілердің қосындысы контурдың өзіндік кедергісі деп аталады. Теңдеулер жүйесін шешеміз де, $I_{11,}$ $I_{22,}$ I_{33} контурлық токтарын табамыз. Онан кейін тармақтардың токтарын (I_1 ... I_6) контурлық токтар арқылы табамыз: $I_1=I_{11}$, $I_2= –I_{22}$, $I_3= I_{33} – I_{11}$, $I_4=I_{22}–I_{33}$, $I_5=I_{11} – I_{22}$, $I_6= –I_{33}$.

Сонымен, біріктіріп шығаратын теңдеулер санының қысқаруымен есеп әлдеқайда қарапайым болған (алты теңдеулер жүйесі орнына үш теңдеулер жүйесін шешеміз).

Кез келген электр тізбектері үшін келесі теңдік орындалады:

$$\sum_{k=1}^{n} E_k I_k + \sum_{k=1}^{n} U_k J_k = \sum I_k^2 R_k$$

мұндағы : $\sum_{k=1}^{n} E_k I_k$ - э.қ.к. көздерінің өндіретін қуаттар қосындысы;

$\sum_{k=1}^{n} U_k J_k$ - ток көздерінің өндіретін қуаттар қосындысы;

$\sum_{k=1}^{n} I_k^2 R_k$ - тізбектегі тұтынылатын қуаттар қосындысы.

Келтірілген теңдік, қуаттар тепе-теңдігінің (балансының) матаматикалық жазылу түрі болып саналады. Энергия көздерінің өндіретін қуаттарының алгебралық қосындысы, тізбектердегі пайдаланатын қуаттар қосындысына тең.