

ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕР ТЕОРИЯСЫ-1

Дәріскер:

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

4 дәріс. Беттесу әдісі. Компенсация әдісі. Екі түйін әдісі. Түйін потенциалдар әдісі.

Беттесу әдісі

Беттесу принципі (теоремасы) бойынша бірнеше энергия көздері бар күрделі схеманың кез-келген тармағындағы ток, әр энергия көзінен сол тармақта туындаған бөлшек токтардың (тек бір энергия көзімен генерацияланған) алгебралық қосындысына тең болады.

БӘ қолдану кезеңдері:

1. m - түйін, n - тармақ сандарын анықтаймыз, n_E - ЭҚК және n_J - ток көздерінің сандарын анықтаймыз. Кейіннен энергия көздерінің жалпы санын анықтаймыз: $n_{E,J} = n_E + n_J$.

2. Әр тармақтағы шынайы токтың оң бағытын шартты түрінде береміз. Энергия көздерін нөмірлейміз.

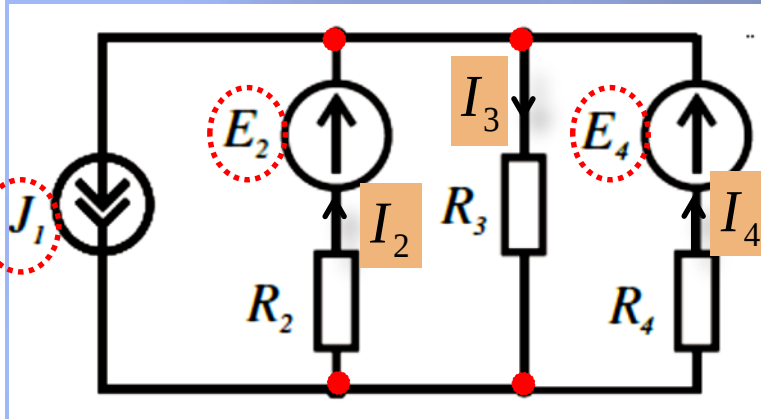
3. $n_{E,J}$ схемаларды құрастырамыз. Олардың құрамында тек бір энергия көзін қалдырамыз, ал қалған энергия көздерінің орнына ішкі кедергілерін қоямыз (идеалды ЭҚК көзінің ішкі кедергісі нөлге ұмтылады – ештеңке қойылмайды, ал идеалды ток көзінің ішкі кедергісі шексіздікке ұмтылады – тармақ есепке алынбайды).

4. Әр схемада тармақтардың бөлшек токтары анықталады.

5. Тармақтағы шынайы ток бөлшек токтардың алгебралық қосындысы арқылы анықталады. Анықталатын тармақ тоғының бағытымен сәйкес келетін бөлшек токтар «+» таңбасымен, ал бағыттары қарама-қарсы болатын бөлшек токтар «-» таңбасымен алынады.

6. Қажет болған жағдайда жеке элементтердегі кернеуді, энергия көзінің және энергия қабылдағыштың қуаттарын анықтауға болады.

Беттесу әдісін қолдану мысалы



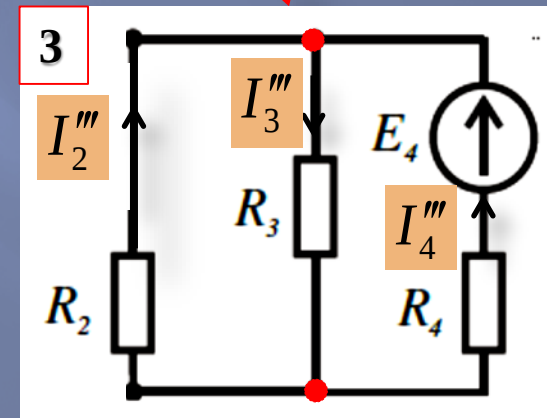
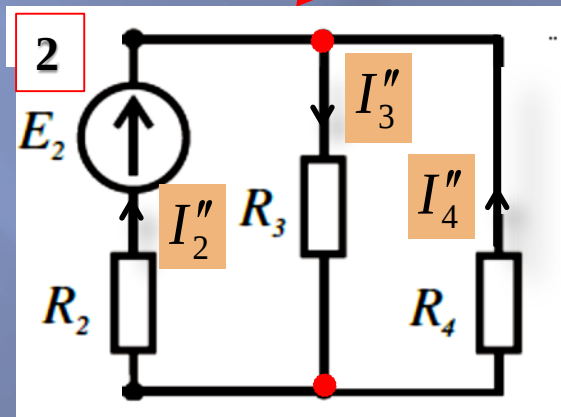
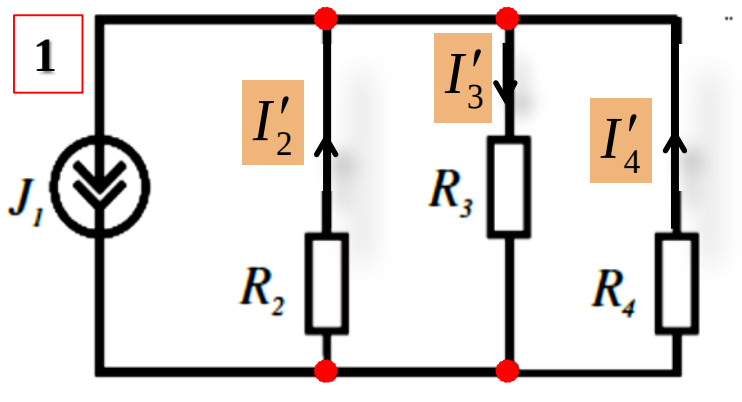
$$n = 4; \quad m = 2; \quad n_E = 2; \quad n_J = 1;$$

$$n_{E,J} = n_E + n_J = 3$$

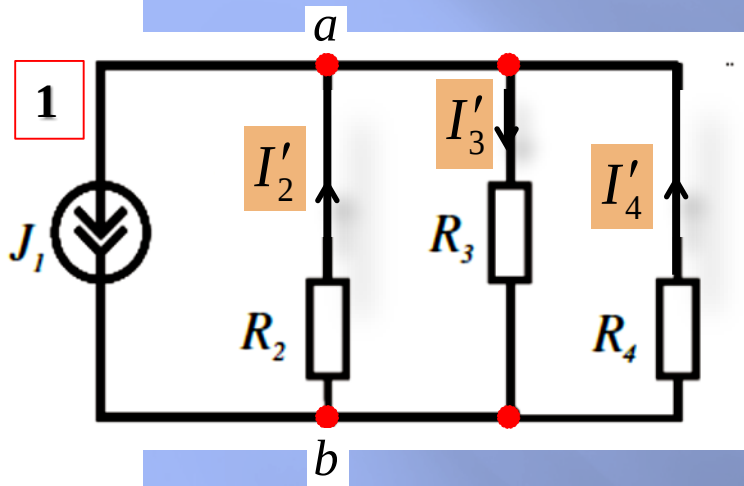
I_2, I_3, I_4 — **шынайы токтар**

энергия көздерінен пайда болатын
бөлшек токтар

$$\{I'_2, I'_3, I'_4; \quad I''_2, I''_3, I''_4; \quad I'''_2, I'''_3, I'''_4\}$$



Беттесу әдісін қолдану мысалы



$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3};$$

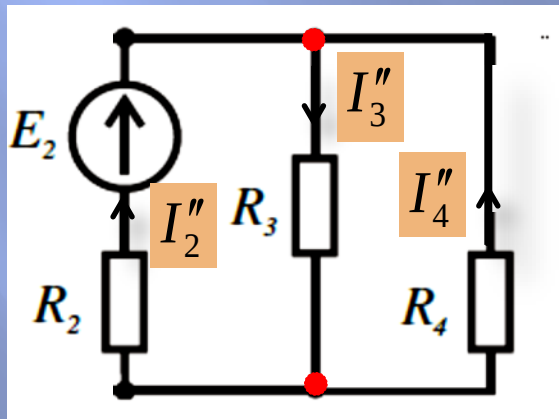
$$I'_1 = J_1$$

$$U_{ab} = J_1 \cdot R_{\text{экв}}$$

$$R_{\text{экв}} = \frac{R_{23} \cdot R_4}{R_{23} + R_4}$$

$$I'_2 = \frac{U_{ba}}{R_2}; I'_3 = \frac{-U_{ba}}{R_3}; I'_4 = \frac{U_{ba}}{R_4}$$

2



$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4};$$

$$I''_2 = \frac{E_2}{R_{\text{экв}}};$$

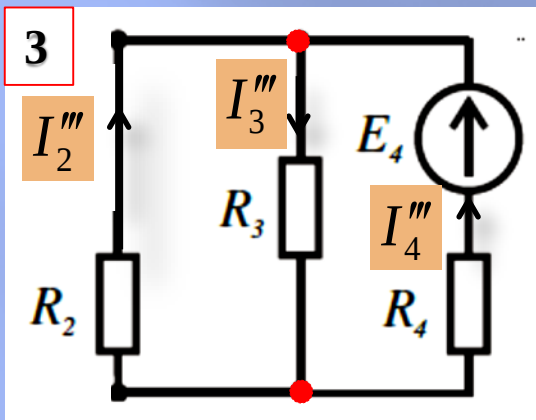
$$R_{\text{экв}} = R_2 + R_{34}$$

$$I''_3 = \frac{E_2 - I''_2 \cdot R_2}{R_3};$$

$$I''_1 = 0$$

$$I''_4 = I''_3 - I''_2$$

Беттесу әдісін қолдану мысалы



$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3};$$

$$R_{\text{экв}} = R_{23} + R_4$$

$$I_4''' = \frac{E_4}{R_{\text{экв}}};$$

$$I_1''' = 0$$

$$I_3''' = \frac{E_4 - I_4''' \cdot R_4}{R_3};$$

$$I_2''' = I_3''' - I_4'''$$

шынайы токтар

$$I_1 = I_1' + I_1'' + I_1'''$$

$$I_2 = I_2' + I_2'' + I_2''';$$

$$I_3 = I_3' + I_3'' + I_3''';$$

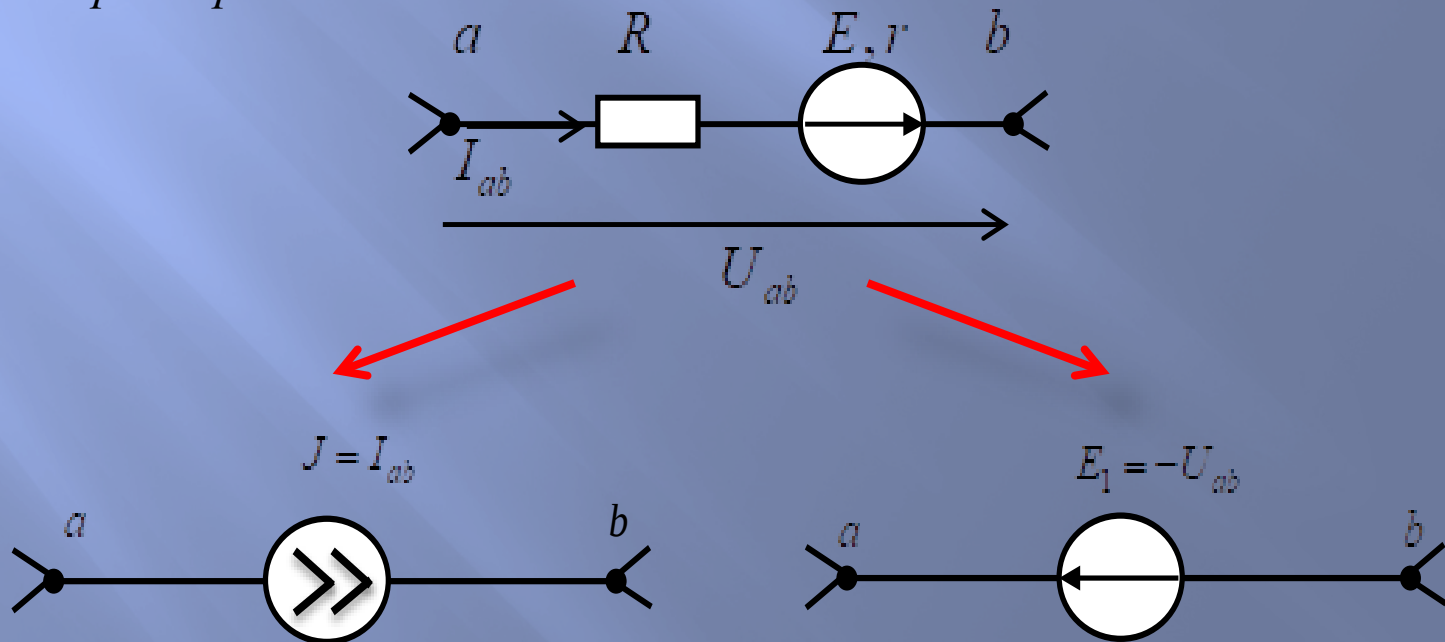
$$I_4 = I_4' + I_4'' + I_4'''$$

Компенсация принципі

Компенсация принципі (КП) - электр тізбектеріндегі есептеуді жеңілдету үшін қажет. Кернеу КП (ККП) және ток КП (ТКП) деп жіктеледі.

ККП - егер электр тізбектің кез-келген бөлігін ЭҚК көзімен алмастырса және оның шамасы осы тізбек бөлігіндегі кернеуге тең, ал бағыты сол кернеуге қарсы бағытталған болса, сонда электр тізбектің барлық тармақтарындағы токтар өзгермейді.

ТКП - егер электр тізбегінің кез-келген тармағын ток көзімен алмастырсақ және оның шамасы тармақтағы ағып өтетін токтың шамасы мен бағытына сәйкес келсе, сонда электр тізбектің барлық тармақтарындағы токтар өзгермейді.



Екі түйін әдісі

Екі түйін әдісін қолдану кезеңдері:

1. m - түйін, n - тармақ сандарын анықтаймыз.

2. Әр тармақтағы шынайы токтың оң бағытын шартты түрінде береміз. Түйіндерді белгілейміз.

3. a және b түйіндерінің арасындағы кернеуді келесі формула бойынша анықтаймыз:

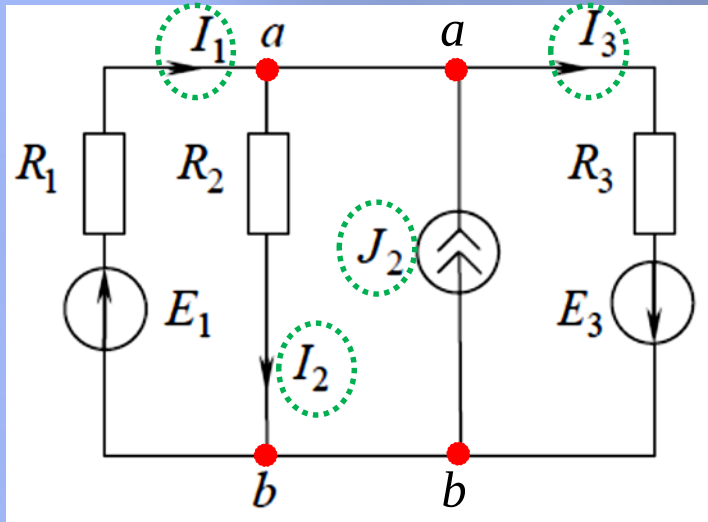
$$U_{ab} = \frac{\sum_j E_j g_j + \sum_i J_i}{\sum_n g_n},$$

мұндағы $g = \frac{1}{R}$ - тармақтың өткізгіштігі (g_j - құрамында E_j - ЭҚК бар тармақтың өткізгіштігі, а g_n - схемадағы барлық тармақтардың өткізгіштігі). U_{ab} кернеуін анықтаған кезінде алымындағы құраушылардың таңбасы «+» болады, егер энергия көздері a түйінге қарай бағытталса.

4. Ом заңы бойынша әр тармақтағы токты анықтаймыз.

5. Қажет болған жағдайда жеке элементтердегі кернеуді, энергия көзінің және энергия қабылдағыштың қуаттарын анықтауға болады.

Екі түйін әдісін қолдану мысалы



$$n = 4; \quad m = 2$$

$$g_1 = \frac{1}{R_1}; \quad g_2 = \frac{1}{R_2}; \quad g_3 = \frac{1}{R_3}$$

$$U_{ab} = \frac{E_1 \cdot g_1 - E_3 \cdot g_3 + J_2}{g_1 + g_2 + g_3}$$

$$I_1 = (E_1 - U_{ab})g_1$$

$$I_2 = U_{ab} \cdot g_2$$

$$I_3 = (E_3 + U_{ab})g_3$$

Түйін потенциалдар әдісі

ТПӘ қолдану кезеңдері:

1. m - түйін санын, n - тармақ санын анықтаймыз.

2. Әр тармақтағы шынайы токтың оң бағытын шартты түрінде береміз.

Түйіндерді белгілейміз.

3. Схемадағы бір түйінді «Жер» нүктесі ретінде немесе тірек түйіні ретінде белгілейміз. Оның потенциалын нөлге тең деп есептейміз.

4. Қалған ($m-1$) түйіндер үшін Кирхгофтың бірінші заңы бойынша теңдеу құрастырамыз.

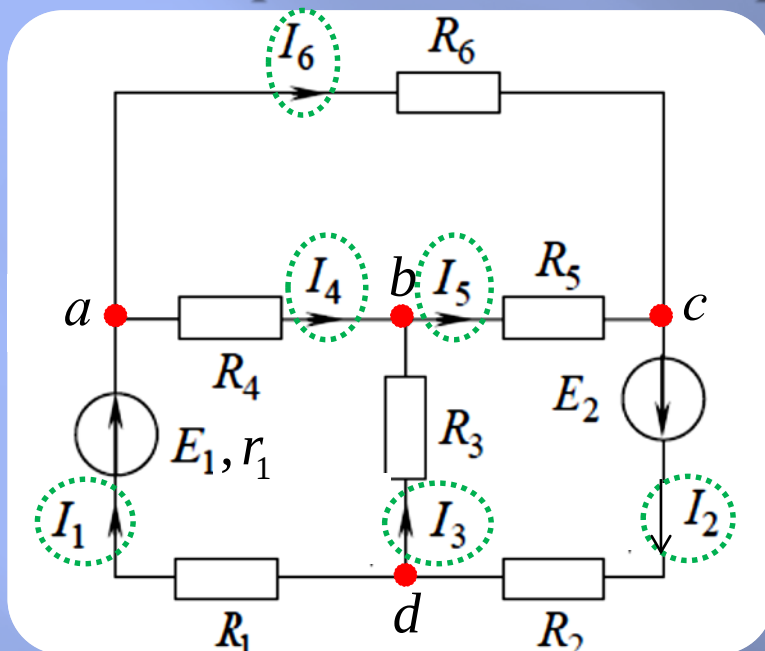
5. Ом заңын қолдана отырып барлық токтарды түйіндердің потенциалдары арқылы n теңдеуін жазамыз.

6. 5 п. алынған теңдеулерді 4 п. теңдеулеріне қоямыз. Алынған теңдеулер арқылы потенциалдардың мәндерін анықтаймыз.

7. Тармақтардың шынайы токтарын 5 п. және 4 п. теңдеулер арқылы анықтаймыз.

8. Қажет болған жағдайда жеке элементтердегі кернеуді, энергия көзінің және энергия қабылдағыштың қуаттарын анықтауға болады.

Түйін потенциалдар әдісін қолдану мысалы



3 мысал

$$n = 6; \quad m = 4;$$

$$\varphi_d = 0 \rightarrow \text{базис}$$

I Кирхгоф заңы

$$\begin{cases} I_1 - I_4 - I_6 = 0, \\ I_3 + I_4 - I_5 = 0, \\ I_5 - I_2 + I_6 = 0. \end{cases}$$

Ом заңы

$$\begin{cases} I_1 = \frac{\varphi_d - \varphi_a + E_1}{R_1 + r_1}, I_2 = \frac{\varphi_c - \varphi_d + E_2}{R_2}, I_3 = \frac{\varphi_d - \varphi_b}{R_3}, \\ I_4 = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_4}, I_5 = \frac{\varphi_b - \varphi_c}{R_5}, I_6 = \frac{\varphi_a - \varphi_c}{R_6}. \end{cases}$$

Түйін потенциалдар әдісін қолдану мысалы

$$\begin{cases} \frac{0 - \varphi_a + E_1}{R_1 + r_1} - \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_4} - \frac{\varphi_a - \varphi_c}{R_6} = 0, \\ \frac{0 - \varphi_b}{R_3} + \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_4} - \frac{\varphi_b - \varphi_c}{R_5} = 0, \\ \frac{\varphi_b - \varphi_c}{R_5} - \frac{\varphi_c - 0 + E_2}{R_2} + \frac{\varphi_a - \varphi_c}{R_6} = 0. \end{cases}$$

$$\begin{cases} -\varphi_a \left(\frac{1}{R_1 + r_1} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_6} \right) + \frac{\varphi_b}{R_4} + \frac{\varphi_c}{R_6} = -\frac{E_1}{R_1 + r_1}, \\ \frac{\varphi_a}{R_4} - \varphi_b \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) + \frac{\varphi_c}{R_5} = 0, \\ \frac{\varphi_a}{R_6} + \frac{\varphi_b}{R_5} - \varphi_c \left(\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_6} \right) = \frac{E_2}{R_2}. \end{cases}$$

$$\varphi_a = ?$$

$$\varphi_b = ?$$

$$\varphi_c = ?$$

Эквивалентті генератор әдісі

Күрделі схемада белгіленген тармақта ғана токты есептеу әдісі эквивалентті генератор теоремасы негізінде жасалынған және *эквивалентті генераторының кернеу (ток) әдісі* немесе *бос жүріс (б.ж) және қысқа тұйықталу (қ.т) әдісі* деген атқа ие болды.

Эквивалентті генератор туралы теоремасында: белгіленген тармақтың немесе жеке элементтің шығыс ұштарына байланысты күрделі схеманың қалған бөлігін екі жолмен алмастыруға болады:

а) E_{Δ} ЭҚК бар эквивалентті кернеу генераторымен. Осы кезде E_{Δ} белгіленген тармақтың немесе жеке элементтің шығыс ұштарындағы $U_{БЖ}$ - б.ж. кернеуіне тең болады ($E_{\Delta} = U_{БЖ}$). Эквивалентті кернеу генераторының R_0 ішкі кедергісі белгіленген тармақтың немесе элемент жағынан қарастырғанда $R_{кір}$ схеманың кедергісіне тең болады ($R_0 = R_{кір}$);

б) J_{Δ} тогы бар эквивалентті ток генераторымен. Осы кезде J_{Δ} белгіленген тармақтың немесе жеке элементтің шығыс ұштары қ.т. кезіндегі $I_{КТ}$ тогына тең болады ($J_{\Delta} = I_{КТ}$). Эквивалентті ток генераторының G_0 ішкі өткізгіштігі белгіленген тармақтың немесе элемент жағынан қарастырғанда $G_{кір}$ схеманың өткізгіштігіне тең болады ($G_0 = G_{кір}$).

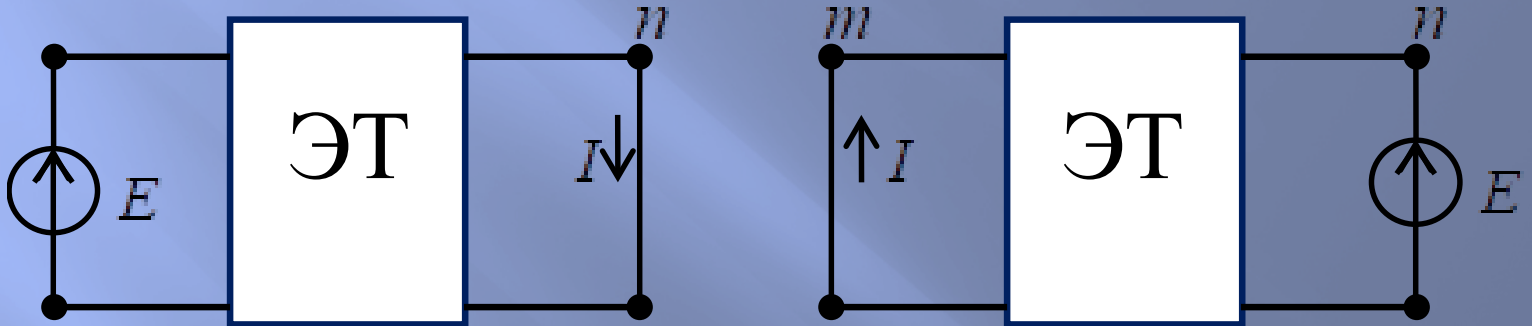
ЭГӘ қолдану кезеңдері:

1. m - түйін, n - тармақ сандарын анықтаймыз.
2. Әр тармақтағы шынайы токтың оң бағытын шартты түрінде береміз. Түйіндерді белгілейміз.
3. Күрделі схемадан белгіленген тармақты алып тастаймыз. Схеманың қалған бөлігін кез-келген есептеу әдіс көмегімен есептейміз және белгіленген тармақтарының ұштарына байланысты бос жүріс кернеуін анықтаймыз.
4. Күрделі схемадан белгіленген тармақты алып тастаймыз. Схеманың қалған бөлігін кез-келген есептеу әдіс көмегімен есептейміз және белгіленген тармақтарының ұштарына байланысты қысқа тұйықталу тоғын анықтаймыз.
5. Күрделі схемадан белгіленген тармақты алып тастаймыз. Схеманың қалған бөлігінде барлық энергия көздерін алып тастаймыз (ЭҚК көздері E қысқа тұйықталады, ал J ток көздері бар тармақтары жойылады). Пассивті схеманы түрлендіру арқылы белгіленген тармақтарының ұштарына байланысты схеманың кіріс кедергісін анықтаймыз.
6. Кернеу немесе ток генераторы бар эквивалентті орын басу схемаларының бірін құрамыз.
7. Эквивалентті схема есептеуін жүргіземіз және белгісіз токты анықтаймыз (Ом заңын немесе екі түйін әдісін қолдана отырып).

Өзара принципі

Өзара принципі (ӨП) пассивті тізбектегі екі тармаққа әртүрлі көздер әрекет еткен кездегі сол тармақтардағы ток пен кернеу арасындағы байланысты анықтайды.

ӨП - егер m тармағында жалғанған E ЭҚК көзі n тармағында I бөлік токты тудырса, сонда n тармағында жалғанған E ЭҚК көзі дәл сондай I бөлік токты тудырады.



Контурлы ток әдісі

КТӘ қолдану кезеңдері:

1. m - түйіндер, n - тармақтар және n_{TK} - ток көзі бар тармақтар сандарын анықтаймыз. Сол бойынша тәуелсіз контур санын келесі формуламен анықтаймыз: $k = n - m - n_{TK} + 1$.

2. Әр тармақтағы шынайы токтың оң бағытын шартты түрінде береміз. Тәуелсіз контурларды белгілейміз.

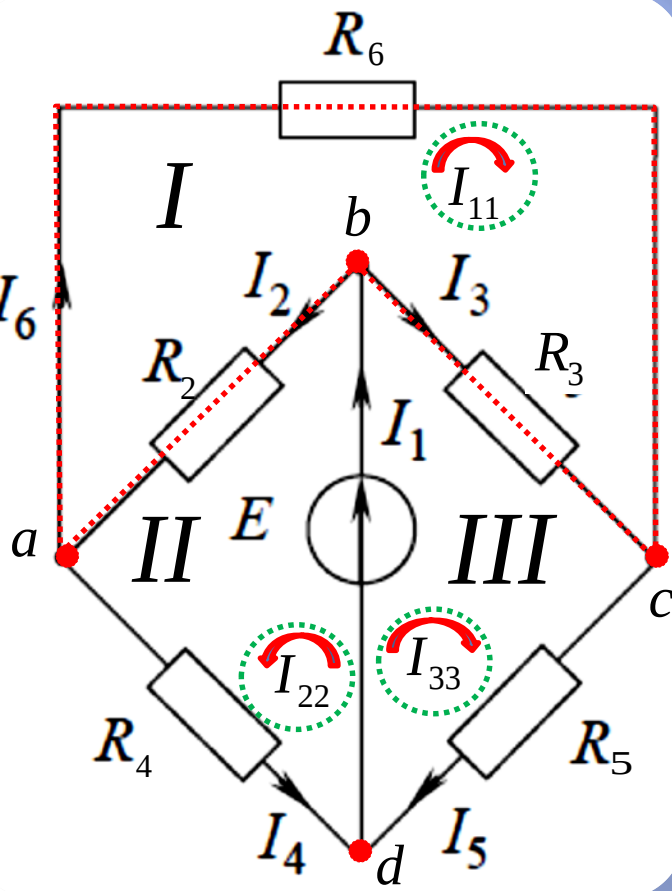
3. Берілген контурдың барлық элементтері арқылы тек бір контурлы ток өтеді деп аламыз. Контурлы токты $I_{11}, I_{22}, \dots, I_{kk}$ деп белгілесек, мұндағы k контурдың нөміріне сәйкес келеді. Тәуелсіз контурлардағы контурлы токтардың оң бағытын еркін түрінде береміз. Өзіне ток көздері бар тармақтарды қамтымайтын контурларды таңдап аламыз. Токтары белгілі J ток көзі бар тармақтар өз контурын құрастырады.

4. $I_{11}, I_{22}, \dots, I_{kk}$ контурлы токтары бар таңдалған контурлар үшін Кирхгофтың екінші заңы бойынша $k = n - m - n_{TK} + 1$ теңдеуін құрастырамыз. Теңдеулерінде көршілес контурларға ортақ элементіндегі пайда болған кернеу түсуін өз контурлы тоғы және көршілес контурлардың контурлы токтардан есепке алынады.

5. Контурлы теңдеулер жүйесін шешу арқылы белгісіз $I_{11}, I_{22}, \dots, I_{kk}$ контурлы токтар анықталады.

6. Тармақтағы шынайы токтың мәні осы тармақтар арқылы өтетін контурлы токтардың алгебралық қосындысы ретінде анықталады.

7. Қажет болған жағдайда жеке элементтердегі кернеуді, энергия көзінің және энергия қабылдағыштың қуаттарын анықтауға болады.



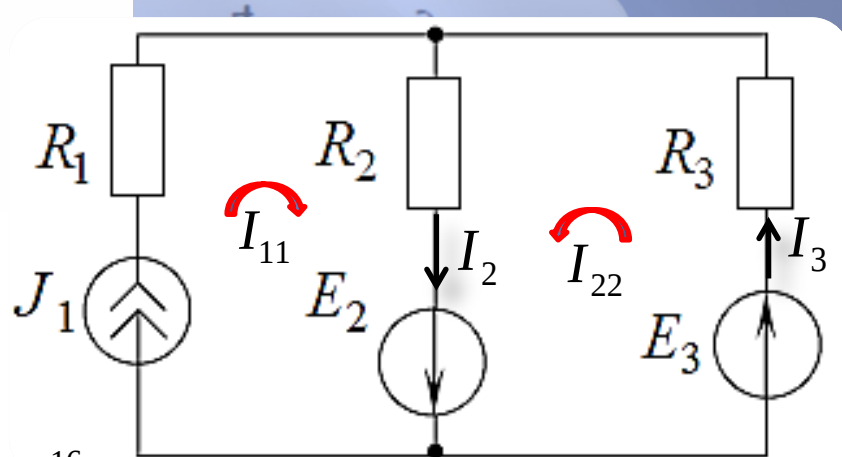
1 мысал

$$n = 6; \quad m = 4; \quad n_{TK} = 0; \quad k = 6 - 4 - 0 + 1 = 3$$

$$\begin{cases} I_{11} \cdot (R_6 + R_3 + R_2) - I_{33} \cdot (R_3) + I_{22} \cdot (R_2) = 0; \\ I_{22} \cdot (R_2 + R_4) + I_{11} \cdot (R_2) = E; \\ I_{33} \cdot (R_3 + R_5) - I_{11} \cdot (R_3) = E. \end{cases}$$

$$\begin{aligned} I_6 &= I_{11}; \quad I_4 = I_{22}; \quad I_5 = I_{33}; \\ I_2 &= I_{11} + I_{22}; \quad I_3 = I_{33} - I_{11}; \\ I_1 &= I_{22} + I_{33}. \end{aligned}$$

2 мысал



$$n = 3; \quad m = 2; \quad n_{TK} = 1; \quad k = 3 - 2 - 1 + 1 = 1$$

$$\begin{cases} I_{11} = J_1; \\ I_{22} \cdot (R_2 + R_3) + I_{11} \cdot (R_2) = E_3 + E_2. \end{cases}$$

$$\begin{aligned} I_3 &= I_{22}; \\ I_2 &= I_{11} + I_{22} = J_1 + I_{22}. \end{aligned}$$