

СЫЗЫҚТЫ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІН ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕРІ

Жоспар

- 5.1 Ом және Кирхгоф заңдарын қолдану әдістері
- 5.2 Контурлы токтар әдісі
- 5.3 Түйін потенциалдар әдісі. Екі түйін әдісі
- 5.4 Беттесу әдісі
- 5.5 Эквивалентті генератор әдісі
- 5.6 Компенсация және өзара принциптері

Электр тізбектерін талдау және есептеу жолдары әртүрлі болады. Неғұрлым жиі кездесетін электр тізбектерінің есептерін үш топқа бөлуге болады:

- 1) Тізбектің әртүрлі элементтердің белгілі параметрлері бойынша осы элементтердің қуатын, кернеуін және тоғын анықтау.
- 2) Қажетті токты, қуатты, кернеуді алуды қамтамасыз ететін элементтердің параметрлерін анықтау.
- 3) Әртүрлі шамалар мәндерінің өзгеріс сипаттамасын немесе олардың тізбек параметрінің өзгерісі кезіндегі өзара байланысын анықтау.

5.1 Ом және Кирхгоф заңдарын тікелей қолдану әдістері

Ом заңы бір немесе бірнеше резисторлардан және ЭҚК көзінен тұратын электр тізбектерінің жекеленген бөліктердің режимдерін есептеу үшін қолданылады. Алайда эквивалентті түрлендірумен байланыстырылған жағдайда ол күрделірек есептерге қолданылуы мүмкін. Жекелей алғанда, оны екіконтурлы электр тізбектің қандай-да бір тармақтарындағы токты анықтау есептерінде немесе жеке элементтердегі кернеулерді есептеуде қолдануға болады.

Ом заңын қолдану кезеңдері:

1. Тізбектегі тармақтар (n) мен түйіндер (m) санын анықтаймыз.
2. Схеманың эквиваленттік түрленуін (есептің шартын ескере отырып) жасаймыз. Әр тармақтағы шынайы токтардың шартты түрінде оң бағытын береміз, түйіндерді белгілейміз.
3. Тізбектің эквивалентті параметрлерін анықтаймыз.
4. Ом заңын қолдана отырып белгісіз шамаларды есептейміз.

Кирхгоф заңдары түрлі күрделілігі бар кез-келген электр тізбектерін есептеу кезінде қолданылады.

Кирхгоф заңдарын қолдану кезеңдері:

1. m - түйіндер, n - тармақтар және n_{TK} - ток көзін қамтитын тармақтар сандарын анықтаймыз. Олар бойынша $k = n - m - n_{TK} + 1$ формуласына сәйкес тәуелсіз контурлар санын анықтаймыз.

2. Әр түйінді $(a, b, c, \dots)$ және контурларды $(I, II, \dots)$ белгілейміз. Электрлік схемада шартты түрінде барлық тармақтардағы $(I_1, I_2, \dots, I_n)$ шынайы токтардың оң бағытын және контурларды айналып өту бағытын көрсетеміз.

3. $(m-1)$ түйіндер үшін Кирхгофтың бірінші заңы бойынша теңдеулерін жазамыз.

4. k контурлар үшін Кирхгофтың екінші заңы бойынша теңдеулерін жазамыз.

5. Құрылған теңдеулер жүйесін шешеміз. Тармақтардағы белгісіз шынайы токтарды табамыз.

Ом және Кирхгоф заңдарының көмегімен ғана есептеуге болатын күрделі электр тізбектері бар. Алайда бұл жағдайдағы шешімдер тым қолайсыз болуы мүмкін және үлкен уақыт шығынын қажет етеді. Осы себептен күрделі электр тізбектерін есептеу үшін Ом және Кирхгоф заңдарының негізінде есептеудің неғұрлым ұтымды әдістері жасалды. Ұсынылған тізбекті есептеу үшін әдістердің қайсысын қолдану керектігі - тағайындалған шартқа және есептелетін тізбектің құрылымына байланысты анықталады.

5.2 Контурлы токтар әдісі

Контурлы токтар әдісі (КТӘ) Кирхгофтың екінші заңын қолдануға негізделеді. Бұл әдісті тәуелсіз контурлардың аз ғана саны бар схемаларда қолдану айырықша ұтымды.

Кез-келген күрделі тізбек бірнеше көршілес контурлардан тұрады, олардың әрқайсысында жеке сол контурға тиесілі ғана болатын тармақтардан және көршілес контурлар құрамына да кіретін ортақ тармақтардан құрылады. КТӘ келісе келе, тізбектің әр контурында барлық элементтер арқылы өтетін және бірдей болатын өз контурлы тоғы болады. Контурлы токтар белгісіз шамалар ретінде алынады, сондықтан Кирхгофтың екінші заңы бойынша контурлы токтар арқылы теңдеу құрылады.

КТӘ электр тізбектерін есептеулерін төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл Кирхгоф заңдарын қолданумен салыстырғанда есептеуді анағұрлым жеңілдетіп береді.

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.

5.3 Түйін потенциалдар әдісі. Екі түйін әдісі

Түйін потенциалдар әдісінде (ТПӘ) Кирхгофтың бірінші заңы қолданылады. Түйін саны контур санына қарағанда аз схемаларда әдісті қолданғанға тиімді.

Бұл әдісте тізбектің бір түйіні - тірек (немесе базисті) ретінде анықтайды. Оның потенциалын нөлге тең десе, қалған $(m-1)$ түйіндердің потенциалдары белгісіз ретінде алынады. Құрамында активті және пассивті элементтері бар бірнеше тармақты схемалар үшін тірек түйінін есептің шартына сәйкес немесе еркін түрінде алуға болады. Схеманың бір түйінде бірнеше идеал ЭҚК көзі бар (пассивті элементтерсіз) тармақтар қосылса, осы ортақ түйін – тірек түйіні ретінде қабылданады. Сонда осы тармақтардың екінші жағындағы түйіндердің потенциалдары осы тармақтағы идеал ЭҚК көзінің мәніне тең болады (« $+E$ », егер идеал ЭҚК көзі тірек түйіннен бағытталса және « $-E$ » - кері жағдайда).

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.

Кейбір жағдайларда 4 п. және 5 п. біріктіруге болады, бірақ оның алдында түйіндердің өткізгіштігін анықтау қажет.

Егер тармақталған тізбекте тек екі түйіні ғана болса, сонда ТПӨ қарапайым **екі түйін әдісіне (ЕТӨ)** айналады. Бірнеше параллельды жалғанған тармақтары бар тізбектерді қорытындылау жеңілдетіледі, егер де бастапқыда a және b түйіндерінің арасындағы тармақтарындағы кернеу көздерін эквивалентті ток көздеріне түрленуін қолдана отырып анықтаса.

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.

5.4 Беттесу әдісі

Беттесу әдісі (БӨ) беттесу принципіне негізденген.

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. Беттесу принципін кернеу үшін де түсіндіруге болады.

Беттесу принципі сызықты алгебралық теңдеумен сипатталатын физикалық шамалар үшін орындалады. Мысалы, сызықты тізбектегі ток пен кернеу үшін. Беттесу принципі қуат үшін орындалмайды, себебі ол токпен $P = I^2 R$ бейсызықты теңдеу арқылы байланысады.

БӨ бойынша құрамында бірнеше энергия көздері бар күрделі схемаларда әр энергия көзінен пайда болған бөлшек токты жеке есептеуі көзделген. Бөлшек токты есептеуі схеманы түрлендірумен іске асады. Шынайы токтарды бөлшек

токтардың алгебралық қосындысы арқылы анықтайды. Бөлшек токтардың тармақтардағы бағыты ескерілу қажет.

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.

5.5 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_3 ЭҚК бар эквивалентті кернеу генераторымен. Осы кезде E_3 белгіленген тармақтың немесе жеке элементтің шығыс ұштарындағы $U_{БЖ}$ - б.ж. кернеуіне тең болады ($E_3 = U_{БЖ}$). Эквивалентті кернеу генераторының R_0 ішкі кедергісі белгіленген тармақтың немесе элемент жағынан қарастырғанда $R_{к\text{іп}}$ схеманың кедергісіне тең болады ($R_0 = R_{к\text{іп}}$);

б) J_3 тогы бар эквивалентті ток генераторымен. Осы кезде J_3 белгіленген тармақтың немесе жеке элементтің шығыс ұштары қ.т. кезіндегі $I_{КТ}$ тогына тең болады ($J_3 = I_{КТ}$). Эквивалентті ток генераторының G_0 ішкі өткізгіштігі белгіленген тармақтың немесе элемент жағынан қарастырғанда $G_{к\text{іп}}$ схеманың өткізгіштігіне тең болады ($G_0 = G_{к\text{іп}}$).

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).

5.6 Компенсация және өзара принциптері

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

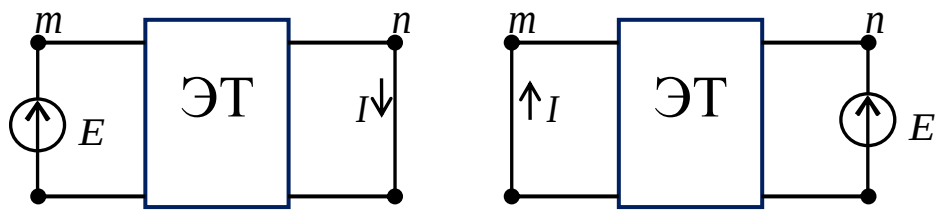
ККП - егер электр тізбектің кез-келген бөлігін ЭҚК көзімен алмастырса және оның шамасы осы тізбек бөлігіндегі кернеуге тең, ал бағыты сол кернеуге қарсы бағытталған болса, сонда электр тізбектің барлық тармақтарындағы токтар өзгермейді.

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.

Тізбек бөлігін алмастыратын ЭҚК немесе ток көзі сол тізбек бөлігіндегі токқа тәуелді екенін еске алған жөн. Тізбектегі басқа элементтердің параметрлерін өзгерту барысында сол бөліктегі ток жалпы жағдайда өзгереді, сондықтан, көрсетілген энергия көзі – тәуелді (басқарылатын) ЭҚК немесе ток көзі болады.

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.



5.1-сурет

ӨП практикалық қолдану кезінде токтар мен ЭҚК көздерінің бағыттарының өзара сәйкестігін ескеру жөн.

Тізбектерде ӨП орындалса - қайтымды тізбектер, ал егер ӨП орындалмаса - қайтымсыз тізбектер (мысалы, бейсызық тізбектер) деп аталады.

Бақылау сұрақтары

1. Ом және Кирхгоф заңдары арқылы есептерді шешу әдістерін түсіндіріңіз.
2. Контурлы токтар әдісінің қолдану кезеңдерін түсіндіріңіз.
3. Түйін потенциалдар әдісінің қолдану кезеңдерін түсіндіріңіз.
4. Екі түйін әдісінің қолдану кезеңдерін түсіндіріңіз.
5. Беттесу әдісінің қолдану кезеңдерін түсіндіріңіз.
6. Эквивалентті генератор әдісінің қолдану кезеңдерін түсіндіріңіз.
7. Компенсация мен өзара принциптері туралы айтып беріңіз.