

ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
Физика-техникалық факультет
Электроника және астрофизика кафедрасы

Алимгазина Н.Ш.

Электр тізбектер теориясы -1

пәні бойынша дәрістер жинағы

«Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы
бойынша білім алушы студенттерге арналған

Алматы, 2025

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

Дәрістің мақсаты. Білім алушыларды сызықты электр тізбектерін есептеу әдістерімен таныстыру; Ом және Кирхгоф заңдарын қолдану арқылы күрделі тізбектерді талдауды үйрету; контурлы токтар, түйін потенциалдар, беттесу, компенсация принципінің мәнін түсіндіріп, оларды практикалық есептерде қолдана білуге дағдыландыру.

Жоспар

1. Беттесу әдісі
2. Компенсация әдісі
3. Екі түйін әдісі
4. Түйін потенциалдар әдісі.
5. Контурлы токтар әдісі

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.

1. Беттесу әдісі

Беттесу әдісі (БӘ) 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 принципі 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.

БӘ 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.

2. Компенсация әдісі

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.

3. Екі түйін әдісі

Егер тармақталған тізбекте тек екі түйіні ғана болса, сонда ТПӘ қарапайым **екі түйін әдісіне (ЕТӘ)** 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.

4. Түйін потенциалдар 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.

5. 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 тандап 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.

Бақылау сұрақтары

1. Контурлы токтар әдісінің қолдану кезеңдерін түсіндіріңіз.
2. Түйін потенциалдар әдісінің қолдану кезеңдерін түсіндіріңіз.
3. Екі түйін әдісінің қолдану кезеңдерін түсіндіріңіз.
4. Беттесу әдісінің қолдану кезеңдерін түсіндіріңіз.
5. Эквивалентті генератор әдісінің қолдану кезеңдерін түсіндіріңіз.
6. Компенсация мен өзара принциптері туралы айтып беріңіз.

Әдебиеттер тізімі

1. Н.Ш. Алимгазина, А.Б. Манапбаева. Электр тізбектер теориясы. Дәрістер жинағы. – Алматы: Қазақ университеті, 2017. – 228 б.
2. Н.Ш. Алимгазина, С.М. Манаков, А.Б. Манапбаева, А.Ә. Әлібек. «Электр тізбектер теориясы» пәні бойынша есептер жинағы. – Алматы: Қазақ университеті, 2017. – 162 б.
3. Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. Основы теории цепей: Учеб. для вузов.–8-е изд., перераб. –М., 2020 -528 с.
4. Л.А. Бессонов. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. Учеб. для студентов электротех., энергетич. и приборостроит. спец. вузов. –7-е изд., перераб. и доп. –М.: Высш. шк., 2015. –528 с.