



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Айнымалы ток көзіндегі кешенді толық кедергілер, фазорлық талдау және қуат

*PhD докторы ЭТжҒТ кафедрасының
қауымдастырылған профессоры
Хабай Анар
Email: a.khabay@satbayev.university*

Алматы қаласы, 2025 ж.

Дәріс №10. Айнымалы ток көзіндегі кешенді толық кедергілер (импеданстар), фазорлық талдау және қуат

Дәрістің мақсаты:

Импеданс ұғымын түсіндіру және оны әртүрлі элементтер үшін анықтау (R , L , C).

Фазорлық формадағы Ом заңын қолдануды үйрету.

Фазорлық диаграммалар арқылы ток пен кернеудің фазалық байланысын көрсету.

Кирхгоф заңдарын фазорлық түрде пайдалану.

Айнымалы ток тізбектерінде қуат түрлерін (орташа, реактивті, айқын) талдау.

Қуат факторы және оны түзету жолдарын түсіндіру.

Тевенен мен Нортонның эквивалентті тізбектерін синусоидалы режимде қолдануды үйрету.

Максималды қуат беру шарттарын көрсету.

КЕШЕНДІ ТОЛЫҚ КЕДЕРГІЛЕР (ИМПЕДАНСТАР)

Импеданс (Z):

- Импеданс – бұл кернеу мен тоқтың фазорлық қатынасын сипаттайтын кешенді сан.
- Синусты тұрақты-күйдегі талдау, кешенді арифметиканы қолдануды ескермегенде, резистивті тізбектерді талдаумен бірдей.
- Кедергілерде, өздерінің кедергісіне тең импеданстар бар.

Фазорлық формадағы Ом заңы:

- Кешенді импеданс (Z) енгізілгеннен кейін, Ом заңы АТ тізбектеріне де қолданылады.
- Фазордың кернеуі фазордың тогы мен импедансының көбейтіндісіне тең болады.
- Бұл – фазор формасындағы Ом заңы болып табылады.

R, L, C ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ИМПЕДАНСТАРЫ

Индуктивтілік (L):

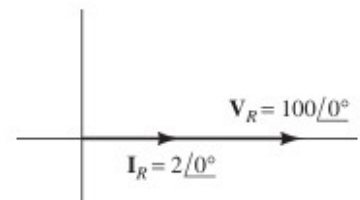
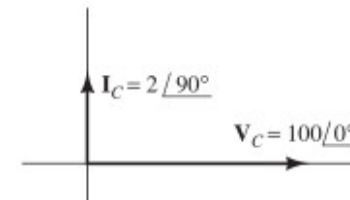
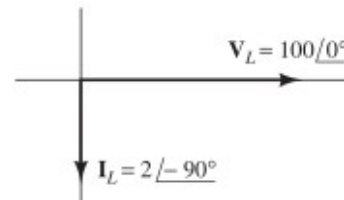
- Индуктивтілік үшін импеданс таза жорамал сан болып табылады (реактивті кедергі деп аталады).
- Фазалық қатынас: Таза индукциядағы ток кернеуден 90° -та артта қалады.
- Есте сақтауға арналған оңай тәсіл: ELI (E – кернеу, L – индукция, I – ток).

Сыйымдылық (C):

- Сыйымдылықтың импедансы да таза жорамал сан екен.
- Сыйымдылықтың импедансы – теріс жорамал санмен беріледі.
- Фазалық қатынас: Таза сыйымдылық үшін ток кернеуге 90° -та келеді (озады).
- Есте сақтауға арналған оңай тәсіл: ICE (I – ток, C – сыйымдылық, E – кернеу).

Кедергі (R):

- Кедергінің импедансы нақты сан болып табылады.
- Фазалық қатынас: Ток пен кернеу кедергі үшін фазада болады.



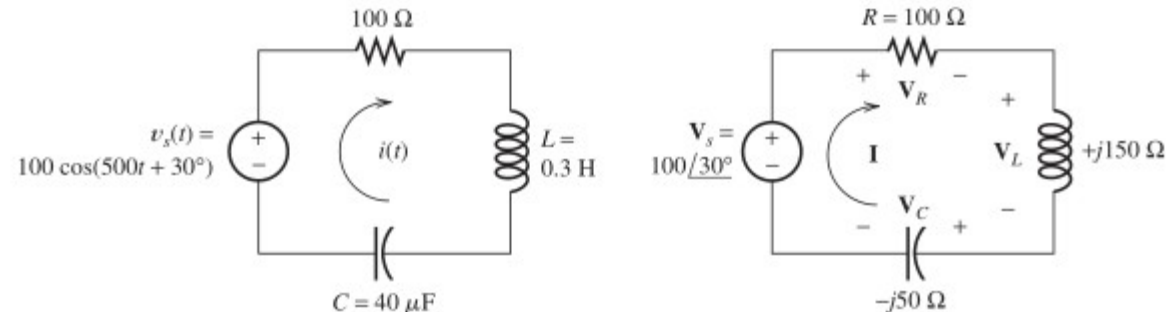
ФАЗОРЛЫҚ ТАЛДАУ ЖӘНЕ КИРХГОФ ЗАҢДАРЫ

Кирхгоф заңдары (Фазорлық түрде):

- Кирхгофтың Кернеулер Заңы (ККЗ): Фазордың кернеулерінің сомасы кез-келген жабық жол үшін нөлге тең болады.
- Кирхгофтың Токтар Заңы (КТЗ): Түйінге кіретін фазор токтарының сомасы – шығатын фазор токтарының сомасына тең болуы керек.
- КТЗ және ККЗ фазорларға тікелей қолданылуы мүмкін.

Тізбекті талдау қадамдары:

1. Кернеу мен ток көздерінің уақытша сипаттамаларын тиісті фазорлармен ауыстыру. Барлық көздердің жиілігі бірдей болуы керек.
2. Индукциялар мен сыйымдылықтарды өздерінің кешенді импеданстарымен ауыстыру.
3. Тізбекті талдау үшін 2-ші тарауда қарастырылған тәсілдердің қолдануы (мысалы, түйіндік-кернеу немесе ұяшықтық-ток әдісі) қолдану.



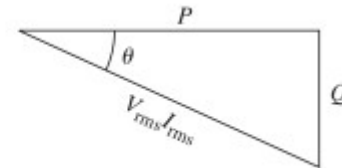
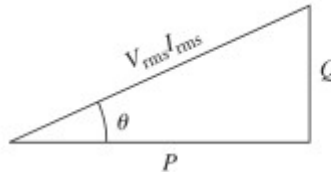
ҮШБҰРЫШТЫ ЖӘНЕ КЕШЕНДІ ҚУАТ

Үшбұрышты қуат:

- Бұл – Нақты қуат (P), Реактивті қуат (Q) және Айқын қуат ($V_{rms} I_{rms}$) арасындағы қатынасты көрсететін жинақы тәсіл.
- Индуктивті жүктеме үшін Q оң, сыйымды жүктеме үшін Q теріс болады.

Кешенді қуат (S):

- Кешенді қуат (S) – тізбекке жеткізілетін қуатты сипаттайды.
- Кешенді қуаттың нақты бөлігі ($\text{Re}(S)$) Орташа қуатты (P) білдіреді.
- Кешенді қуаттың жорамал бөлігі ($\text{Im}(S)$) Реактивті қуатты (Q) білдіреді.
- Кешенді қуаттың магнитудасы Айқын қуатқа тең.



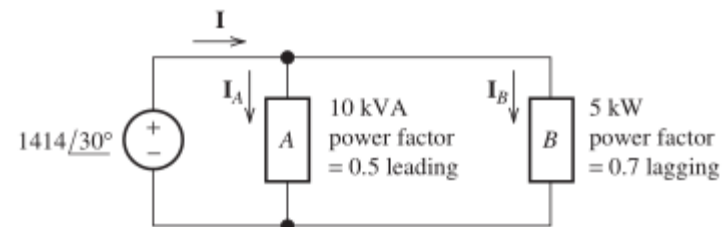
ҚУАТ ФАКТОРЫ ЖӘНЕ ТҮЗЕТУ

Қуат факторы (PF):

- Қуат факторы – ток пен кернеу арасындағы фазалық бұрыштың (θ) косинусы болып табылады.
- Ол токтың кернеуден артта қалғанын немесе оған келетінін сипаттайды.
- Индуктивті жүктеме: Ток кернеуден артта қалса (lagging), қуат факторы индуктивті деп саналады. Реактивті қуат (Q) оң болады.
- Сыйымды жүктеме: Ток кернеуге келсе (leading), қуат факторы сыйымды деп саналады. Реактивті қуат (Q) теріс болады.

Қуат факторын түзету:

- Реактивті қуат ағыны желілер мен трансформаторларда қуаттың таралуына себепші болады және үлкен токтарды тудырады.
- Қуат факторын ұлғайту үшін индуктивті жүктемемен бірге конденсаторларды параллель орналастыру қолданылады.
- Түзету экономикалық артықшылықты қамтамасыз етеді, өйткені электр қуатын өндіруші компаниялар төменгі қуат факторы үшін жоғарь



Қорытынды

- ✓ Айнымалы ток тізбектерін талдаудың кілті фазорлар мен импеданс ұғымдарында жатыр. Импеданс, кедергіден айырмашылығы, тізбек элементтерінің тек пассивті қасиеттерін ғана емес, сонымен қатар реактивті қасиеттерін де (индуктивтілік пен сыйымдылықты) кешенді түрде сипаттайды. Осы ұғымдардың арқасында, дәстүрлі Ом және Кирхгоф заңдары күрделі арифметиканы қолдану арқылы АТ тізбектерін талдауға мүмкіндік береді.
- ✓ Тізбектегі қуат үш түрлі өлшеммен бағаланады: Нақты (орташа) қуат жылу ретінде таралады, ал Реактивті қуат энергияны сақтау элементтері арасында ғана ауысады. Қуат факторы – токтың кернеуден қаншалықты озып немесе қалып қоятынын көрсетеді, және ол үлкен жүйелердің тиімділігін анықтайды. Төменгі қуат факторын түзету үшін тізбекке қосымша сыйымдылықтарды орналастыру арқылы электр қуатының таралу шығындарын азайтуға болады.

Қайталау сұрақтары

Импеданс және фазорлар

1. Импеданс дегеніміз не? Оның кедергіден айырмашылығы қандай?
2. Индуктивтіліктің, сыйымдылықтың және резистордың импеданстары қандай формуламен өрнектеледі?
3. Неліктен индуктивтіліктің импедансы оң жорамал, ал сыйымдылықтікі теріс жорамал санмен беріледі?
4. Фазорлық формадағы Ом заңы қалай жазылады?
5. Таза индукцияда ток пен кернеу арасындағы фазалық ығысу қанша градусқа тең? Ал таза сыйымдылықта ше?

Фазорлармен тізбекті талдау

6. Фазорлық түрде Кирхгоф заңдары қалай қолданылады?
7. Тізбекті талдау үшін индуктивтілік пен сыйымдылықты қалай алмастырамыз?
8. Жүйелі (тізбектей) және параллель қосылған импеданстарды қалай есептейміз?
9. Неліктен барлық көздердің жиілігі бірдей болуы қажет?
10. Түйіндік кернеу әдісін фазорлар арқылы қалай қолдануға болады?

Қуат және қуат факторы

11. Айнымалы токтағы орташа қуат, реактивті қуат және айқын қуаттың анықтамаларын жазыңыз.
12. Қуат факторы дегеніміз не? Ол нені сипаттайды?
13. Индуктивті және сыйымдылықты жүктемелер үшін реактивті қуаттың таңбасы қандай?
14. Үшбұрышты қуат диаграммасы нені көрсетеді?
15. Қуат факторын түзету үшін қандай тәсіл қолданылады?

Назарларыңызға рақмет!