

ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Құттыбай Н.Б.

Түрлендіру техникасы

«Өндірістік электроника және басқару жүйелері», «Радиотехника,
электроника және телекоммуникациялар» мамандықтары бойынша білім
алушы студенттерге арналған

Алматы

1 Дәріс

Тақырыбы: Түрлендіргіш техникаға кіріспе. Түрлендіргіш техниканың негізгі ұғымдары. Мақсаты, классификациясы, қолдану салалары

Дәрістің мақсаты мен міндеттері:

Дәрістің мақсаты: Түрлендіргіш техниканың негізгі ұғымдары мен маңызын түсіндіру, түрлерін, қолдану салаларын және оның заманауи энергетика мен техникадағы рөлін ашып көрсету. Лекция барысында энергия түрлендіру процесінің мәнін, түрлендіргіш құрылғылардың түрлерін (DC/DC, AC/DC, DC/AC), олардың жұмыс істеу принциптерін және тиімді қолдану жолдарын меңгеру.

Міндеттері:

1. Түрлендіргіш техника ұғымын және оның негізгі принциптерін түсіндіру.
2. Түрлендіргіштердің негізгі түрлері мен құрылымын сипаттау (DC/DC, AC/DC, DC/AC, AC/AC).
3. Түрлендіргіш техника арқылы энергия тиімділігін, сапасын және басқару мүмкіндіктерін арттыру жолдарын түсіндіру.
4. Түрлендіргіштердің қолдану салаларын көрсету: энергетика, күн және жел энергетикасы, электр көліктері, тұрмыстық және өнеркәсіптік техника.
5. Түрлендіргіш техникадағы негізгі құрылғылардың (трансформатор, түзеткіш, инвертор, конвертер) жұмыс принципін меңгерту.

Түйінді ұғымдар мен терминдер

- Түрлендіргіш техника (Power Conversion Technology) – электр энергиясын бір түрден екінші түрге тиімді түрде түрлендіру және басқару саласы.
- Энергия түрлендіру (Energy Conversion) – электр энергиясын бір формадан екіншісіне немесе параметрден параметрге ауыстыру процесі (кернеу, ток, жиілік).
- DC/DC түрлендіргіштер – тұрақты токты бір кернеу деңгейінен басқа деңгейге өзгерту құрылғылары:
 - Step-up / Boost – кернеуді арттырады;
 - Step-down / Buck – кернеуді төмендетеді;
 - Buck-Boost – кернеуді қажетті деңгейге өзгерте алады.
- AC/DC түрлендіргіштер (түзеткіштер) – айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіреді.
 - Жарты толқынды түзеткіш
 - Толық толқынды түзеткіш
 - Көп фазалы түзеткіш
- DC/AC түрлендіргіштер (инверторлар) – тұрақты токты айнымалы токқа түрлендіреді.

- Желілік (Grid-tied) инверторлар
- Автономды инверторлар
- Гибридті инверторлар
- Конвертерлер – кернеу, ток немесе жиілікті бір параметрден екіншісіне түрлендіретін құрылғылар.
- Трансформатор – айнымалы ток кернеуін жоғарылату немесе төмендету үшін қолданылатын құрылғы.
- Энергия тиімділігі (Efficiency) – энергияны түрлендіру кезінде жоғалтусыз жұмыс жасау қабілеті.
- Энергия сапасы (Power Quality) – кернеу мен жиіліктің тұрақтылығы, гармоникалық бұрмаланудың төмендігі.
- PWM (Pulse Width Modulation / Импульстік ені модуляциясы) – қозғалтқыштар мен қуатты басқаруда қолданылатын технология.

Дәріс жоспары

Кіріспе

1. Түрлендіргіш техника: жалпы түсінік
2. Түрлендіргіш техниканың негізгі ұғымдары
3. Түрлендіргіш техниканың мақсаты
4. Түрлендіргіш техниканың классификациясы
5. Түрлендіргіш техниканың қолдану салалары

Білімді бекітуге арналған сұрақтар

Қорытынды

Әдебиеттер тізімі

1. Түрлендіргіш техника: жалпы түсінік

Түрлендіргіш техника — бұл электрлік энергияны түрлендірумен айналысатын технологиялар мен құрылғылар жүйесі. Оның негізгі мақсаты — энергияны бір түрден екінші түрге тиімді түрде түрлендіру. Түрлендіргіш техникасы әр түрлі өнеркәсіп салаларында қолданылады, оның ішінде электр энергетикасы, электроника, автокөлік және т.б.

Түрлендіргіштер электр энергиясын түрлендіру процесін басқару және реттеу үшін қажетті құрылғылар мен жүйелерді қамтиды. Түрлендіру процесі электрлік энергияның бір түрін екінші түрге айналдыруды қамтиды. Мысалы, айнымалы тоқты тұрақты токқа (AC to DC), тұрақты тоқты ауыспалы токқа (DC to AC), және тағы басқаларын түрлендіру мүмкіндігі.

2. Түрлендіргіш техниканың негізгі ұғымдары

Энергия түрлендіру ұғымы

Энергия түрлендіру — бұл бір түрдегі электрлік энергияны екінші бір түрге немесе басқа сипаттағы электрлік параметрлерге (кернеу, ток, жиілік, т.б.) түрлендіру процесі. Түрлендіру нәтижесінде алынған энергия түрі белгілі бір тұтынушы немесе технологиялық процесс үшін ыңғайлы әрі тиімді болуы тиіс. Бұл процесс, әдетте, арнайы электрондық құрылғылар немесе электротехникалық жабдықтар арқылы жүзеге асырылады.

Энергия түрлендірудің негізгі мақсаттарының бірі — энергия көзінен алынған электрлік қуатты тұтынушы құрылғының талаптарына сай етіп бейімдеу, мысалы:

- ❖ Күн батареясынан келетін тұрақты тоқты айнымалы токқа түрлендіру;
- ❖ Электр желісінен келетін айнымалы токтың кернеуін төмендету немесе жоғарылату;
- ❖ Электр көлігінде батареядан алынған тұрақты токтың деңгейін реттеу және қозғалтқышқа қажетті параметрге дейін өзгерту.

Түрлендіргіштер туралы түсінік

Түрлендіргіштер — электр энергиясын бір формада екінші формаға немесе бір параметрден басқа параметрге түрлендіруге арналған құрылғылар. Түрлендіргіштер электр энергиясының сапасын, бағытын, кернеуін, жиілігін немесе ток сипаттамаларын өзгертеді.

Түрлендіргіштер құрылымы мен функциясы бойынша бірнеше негізгі топтарға бөлінеді:

1) Тұрақты ток түрлендіргіштері (DC/DC түрлендіргіштер)

DC/DC түрлендіргіштер — тұрақты токтың бір кернеу деңгейін басқа кернеу деңгейіне түрлендіретін құрылғылар. Бұл түрлендіргіштер көбіне аккумуляторлық жүйелерде, портативті құрылғыларда, электр көліктерінде және өнеркәсіптік автоматтандыруда қолданылады.

Негізгі түрлері:

- ❖ Step-up (boost) түрлендіргіштері – кернеуді арттырады;
- ❖ Step-down (buck) түрлендіргіштері – кернеуді төмендетеді;
- ❖ Buck-boost түрлендіргіштері – кернеуді қажетті деңгейге (жоғары не төмен) өзгерте алады.

Мысалы, 3.7 В батареядан келетін кернеуді 5 В-қа дейін арттыру үшін boost түрлендіргіші қолданылады.

2) *Айнымалы ток түрлендіргіштері (AC/DC және DC/AC түрлендіргіштері)*

❖ AC/DC түрлендіргіштері (түзеткіштер) — айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіреді. Бұл түзеткіштер тұрмыстық техникада, тұрмыстық қуат адаптерлерінде, дербес компьютерлерде және электрлік құрылғылардың қуат көздерінде жиі қолданылады.

Түзеткіштің түрлері:

- Жарты толқынды түзеткіш
- Толық толқынды түзеткіш
- Көп фазалы түзеткіштер

❖ DC/AC түрлендіргіштері (инверторлар) — тұрақты токты айнымалы токқа түрлендіреді. Мұндай құрылғылар жел генераторларында, күн панельдерінде, UPS құрылғыларында, сондай-ақ күн энергиясын тұрмыстық айнымалы токқа айналдыруда қолданылады.

Инвертордың негізгі сипаттамалары:

- Айнымалы кернеудің амплитудасы (мысалы, 220 В)
- Жиілігі (50 Гц)
- Шығыс толқынының түрі (синусоидалық, модифицирленген синус, квадрат)

3) *Түрлендіруші жабдықтар*

Бұл санатқа келесі құрылғылар кіреді:

❖ Трансформаторлар — айнымалы токтың кернеуін жоғарылатуға немесе төмендетуге арналған құрылғылар. Тек айнымалы токпен жұмыс істейді.

❖ Түзеткіштер — айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіреді.

❖ Инверторлар — тұрақты токты айнымалы токқа айналдырады.

❖ Конвертерлер — жалпы алғанда, кернеуді, токты немесе жиілікті бір параметрден екіншісіне өзгертуге арналған құрылғылар. Олар бірнеше түрлендіргіш функцияларын біріктіруі мүмкін.

Конвертерлер туралы кеңірек

Конвертерлер — бұл энергияны бір электрлік формада екіншісіне түрлендіру арқылы оны басқаруға мүмкіндік беретін күрделі құрылғылар. Олар көбіне сандық және аналогтық басқару схемаларымен бірге қолданылады.

Мысалы:

❖ Айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіріп, әрі қарай оны қажетті деңгейге жеткізу үшін DC/DC конвертер қолданылуы мүмкін.

❖ Жел генераторындағы айнымалы токты тұрақты токқа, содан соң қайтадан тұрақты жиілікті және кернеулі айнымалы токқа түрлендіру арқылы желілік қуат көздерімен синхрондауға мүмкіндік береді.

Инверторлар туралы толығырақ

Инверторлар — тұрақты токты айнымалы токқа түрлендіретін құрылғылар. Олар қазіргі таңда күн энергиясы жүйелерінде, резервтік қуат көздерінде (UPS), электр көліктерінде және өнеркәсіптік автоматтандыруда кеңінен қолданылады.

Инверторлардың түрлері:

- ❖ Желілік (Grid-tied) инверторлар – күн панельдері сияқты тұрақты ток көздерін электр желісіне қосуға мүмкіндік береді.

- ❖ Автономды инверторлар – энергияны тек аккумулятордан немесе күн батареясынан тұтынатын жүйелер үшін арналған.

- ❖ Гибридті инверторлар – желі мен аккумуляторды біріктіріп жұмыс істейді.

Олардың басты артықшылықтары:

- ❖ Электр энергиясын тиімді пайдалану;
- ❖ Тұтынушыларды сенімді қуатпен қамтамасыз ету;
- ❖ Қуат сапасын жақсарту (нақты жиілік, тұрақты амплитуда және таза синусоидалық толқын).

3. Түрлендіргіш техниканың мақсаты

Түрлендіргіш техниканың негізгі мақсаты — электр энергиясын тұтынушы талаптарына сәйкес келетін қажетті формада алу, оны тиімді басқару және сапалы жеткізу. Бұл мақсат қазіргі заманғы энергия жүйелерінің сенімділігі, үнемділігі және функционалдығы тұрғысынан аса маңызды.

Электр энергиясын өндіру мен тұтыну арасындағы айырмашылықтар көбінесе түрлендіргіш техника арқылы жойылады. Түрлендіргіштер энергия көзінен келетін ток пен кернеудің түрін, деңгейін және жиілігін өзгертіп, оны нақты қолданбаларға бейімдейді.

Түрлендіргіш техниканың нақты мақсаттарын төмендегі тармақтар арқылы қарастыруға болады:

1) Энергия тиімділігін арттыру

Энергияның тиімділігін арттыру — кез келген электрлік жүйе үшін басты міндеттердің бірі. Түрлендіргіш құрылғылар энергияны жоғалтусыз немесе минималды шығынмен түрлендіруі керек. Бұл әсіресе:

- ❖ Энергия сақтау жүйелерінде (батарея, суперконденсатор),
- ❖ Күн және жел энергетикасында,
- ❖ Электр көліктерінде өзекті.

Түрлендіргіштер қандай жолмен тиімділікті арттырады?

- ❖ Тұтынушыға тек қажетті қуатты береді (жүктемеге бейімделеді);
- ❖ Жоғары жиілікті түрлендіру арқылы құрылғы өлшемін кішірейтеді және шығынды азайтады;

- ❖ Қуат коэффициентін жақсарту және реактив қуатты шектеу арқылы желідегі жүктемені оңтайландырады.

Мысалы, заманауи инверторлар мен импульстік түрлендіргіштер 95–98% аралығындағы тиімділікпен жұмыс істей алады.

2) Электр энергиясының сапасын жақсарту

Электр энергиясының сапасы — бұл кернеудің тұрақтылығы, жиіліктің дәлдігі, гармоникалық бұрмаланулардың төмендігі сияқты сипаттамалармен анықталады. Сапасыз қуат тұтынушы құрылғылардың жұмысына зиян келтіреді, олар қызып кетуі, істен шығуы немесе дұрыс жұмыс істемеуі мүмкін.

Түрлендіргіштер энергия сапасын қалай жақсартады?

- ❖ Кернеуді тұрақтандыру (стабилизация);
- ❖ Жиілікті дәл сақтау (мысалы, $50 \text{ Гц} \pm 0.1 \text{ Гц}$);
- ❖ Электрлік шу мен гармоникаларды сүзгілеу;
- ❖ Кері байланыс арқылы тұтынушыға бейімделу.

Мысалы, UPS (үздіксіз қуат көздері) немесе күн жүйелерінің инверторлары кернеудің ауытқуын тегістеп, сапалы энергиямен жабдықтайды.

3) Қуатты басқару және бақылау

Электр энергиясын түрлендіру — тек бір параметрді өзгерту емес, сонымен бірге қуатты нақты деңгейде басқару мүмкіндігі. Түрлендіргіштер арқылы электр қозғалтқыштарының жылдамдығы, моменті немесе ток шамасы дәл реттеледі.

Бұл басқару мүмкіндігі мына салаларда аса маңызды:

- ❖ Автоматтандыру және робототехника;
- ❖ Электр жетектер жүйесі;
- ❖ Жылу және жарық жүйелерін басқару;
- ❖ Энергия үнемдейтін құрылғыларда.

Жүзеге асыру:

❖ PWM (импульстік ені модуляциясы) технологиясы арқылы қозғалтқыштардың айналу жиілігін басқару;

❖ Сандық контроллерлер мен датчиктер арқылы кері байланыспен реттеу;

❖ Қуатты нақты тұтынушы жүктемесіне қарай бейімдеу.

Мысалы, өндірістік жабдықтарда VFD (айнымалы жиілікті жетек) арқылы қозғалтқыштың жылдамдығы реттеліп, энергия үнемделеді.

4) Түрлі энергия көздерін біріктіру және үйлестіру

Қазіргі таңда энергияның балама көздері кеңінен қолданылуда: күн, жел, су, биомасса, т.б. Бұл көздердің ерекшелігі — тұрақты емес және әр түрлі сипаттағы энергия өндіреді. Оларды тиімді қолдану үшін энергия түрлендіргіштер қажет.

Түрлендіргіштер қандай рөл атқарады?

- ❖ Түрлі ток түрлерін (тұрақты/айнымалы) бір жүйеге біріктіреді;
- ❖ Желіден тәуелсіз автономды жүйелер құруға мүмкіндік береді;
- ❖ Микрожелілерде (microgrid) әртүрлі генераторларды үйлестіреді;
- ❖ Артық энергияны аккумуляторларға сақтауға мүмкіндік береді.

Мысал:

Күн панелі тұрақты ток береді → ол инвертор арқылы айнымалы токқа түрленеді → желіге беріледі немесе тұрмыстық құрылғыларда қолданылады. Қажет болса, артық энергия батареяда сақталады.

4. Түрлендіргіш техниканың классификациясы

Түрлендіргіш техниканы классификациялау түрлі параметрлер бойынша жүзеге асырылады. Олардың негізгі түрлері:

1) Энергия түріне байланысты:

❖ AC/DC түрлендіргіштер: Ауыспалы токтан тұрақты токқа түрлендіретін құрылғылар.

❖ DC/AC түрлендіргіштер: Тұрақты токтан ауыспалы токқа түрлендіретін құрылғылар.

❖ DC/DC түрлендіргіштер: Тұрақты токты бір деңгейден екінші деңгейге түрлендіретін құрылғылар.

❖ AC/AC түрлендіргіштер: Ауыспалы токтың бір деңгейін екінші деңгейге түрлендіретін құрылғылар.

2) Қолдану саласына байланысты:

❖ Энергия өндірісінде қолданылатын түрлендіргіштер: Электр станциялары мен энергия өндіру саласында қолданылатын түрлендіргіштер.

❖ Көлік құралдарында қолданылатын түрлендіргіштер: Автокөліктерде, электр көліктерінде қолданылатын түрлендіргіштер.

❖ Электрондық жабдықтарда қолданылатын түрлендіргіштер: Электроника мен тұрмыстық техникада қолданылатын түрлендіргіштер.

3) Жұмыс принципі бойынша:

❖ Аналогтық түрлендіргіштер: Қолданылатын энергияның түрлендіру процесі тұрақты немесе өзгермейтін болып табылады.

❖ Цифрлық түрлендіргіштер: Цифрлық сигналдарды өңдеу үшін қолданылатын түрлендіргіштер.

5. Түрлендіргіш техниканың қолдану салалары

Түрлендіргіш техниканың қолдану салалары өте кең. Олар күнделікті өмірде, өнеркәсіпте және ғылымда маңызды рөл атқарады.

1) Энергетика: Түрлендіргіштер электр энергиясын өндіру, тарату және тұтыну жүйелерінде маңызды рөл атқарады. Мысалы, трансформаторлар электр энергиясын жоғары вольттан төмен вольтқа немесе керісінше түрлендіреді.

2) Жел және күн энергетикасы: Жел немесе күн батареяларынан алынған тұрақты токты ауыспалы токқа түрлендіру үшін инверторлар қолданылады.

3) Электр көліктері: Электр көліктерінде DC/AC түрлендіргіштері қозғалтқыштарды басқару үшін қолданылады.

4) Тұрмыстық техника: Түрлендіргіштер тұрмыстық техникаларда, мысалы, компьютерлерде, теледидарларда, кір жуғыш машиналарда және басқа да құрал-жабдықтарда энергияны түрлендіру үшін қолданылады.

5) Өнеркәсіптік қолданулар: Түрлендіргіштер өндірістік автоматтандыруда, робот техникасында және электрлік машиналарда кеңінен қолданылады.

Білімді бекітуге арналған сұрақтар

1. Түрлендіргіш техника ұғымы неден тұрады және оның мақсаты қандай?

2. DC/DC түрлендіргіштердің негізгі түрлерін атаңыз және әрқайсысының қызметін түсіндіріңіз.
3. AC/DC және DC/AC түрлендіргіштердің айырмашылығы неде?
4. Инверторлардың қандай түрлері бар және олардың қолданылу салалары қандай?
5. Трансформатордың функциясы қандай және қай жерде қолданылады?
6. Түрлендіргіш техника энергия тиімділігін қалай арттырады?
7. Электр энергиясының сапасын жақсарту үшін қандай әдістер қолданылады?
8. Түрлендіргіш техника арқылы қуатты қалай басқаруға болады?
9. Түрлендіргіш техниканы қолдану салаларын мысалдармен сипаттаңыз.
10. Конвертер мен инвертор арасындағы негізгі айырмашылық неде?

Қорытынды:

Түрлендіргіш техника — электр энергиясын тиімді және сапалы түрлендіру мен басқаруға арналған маңызды сала. Бұл техника әртүрлі ток түрлері мен деңгейлерін өзгерту арқылы заманауи энергетикалық, өнеркәсіптік және тұрмыстық жүйелердің жұмысын қамтамасыз етеді. Түрлендіргіштердің негізгі мақсаты — энергия тиімділігін арттыру, қуатты басқару және түрлі энергия көздерін үйлестіру.

Әдебиеттер тізімі:

1. Әбдіқадыров Т.Т., Орынбасарова К.А. Электр энергетикасы және түрлендіргіш техника негіздері – Алматы: Эверо, 2020.
2. Батырбаев М.Ж. Электр машиналары және түрлендіргіштер – Алматы: КазНТУ, 2018.
3. Рашид М.Х. Силовая электроника: схемотехника, управление и применение – Москва: ДМК Пресс, 2019.
4. Кусайнов К.К. Электр жетегі және электр түрлендіргіштері – Алматы: Қазақ университеті, 2021.
5. Bimal K. Bose. Power Electronics and Motor Drives – Academic Press, 2021.
6. Erickson R., Maksimovic D. Fundamentals of Power Electronics – Springer, 2020.
7. Mohamed A. El-Sharkawi. Electric Energy: An Introduction – CRC Press, 2019.