

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

10 Дәріс

Тақырыбы: Энергия тиімділігі. Түрлендіргіш құрылғылардың ПӘК-ін арттыру әдістері

Дәрістің мақсаты мен міндеттері:

Дәрістің мақсаты: Түрлендіргіш құрылғылардың энергия тиімділігін арттыру әдістерін түсіну. Бұл мәселе бойынша негізгі технологиялар мен тәсілдер, соның ішінде жоғары жиілікті басқару, дуплекс түрлендіргіштер, интеллектуалды басқару алгоритмдері және тиімді компоненттерді қолдануды қарастыру.

Міндеттері:

1. Түрлендіргіш құрылғылардың пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) ұғымын түсіндіру.
2. Түрлендіргіштердің ПӘК-іне әсер ететін факторларды талдау.
3. Энергия тиімділігін арттырудың техникалық және технологиялық әдістерін қарастыру.
4. Жоғары жиілікті басқару, дуплекс түрлендіргіштер және интеллектуалды басқару алгоритмдерінің рөлін түсіндіру.
5. SiC және GaN материалдары негізіндегі жоғары тиімді компоненттердің артықшылықтарын көрсету.
6. Төмен шығынды сенсорлар мен жылу басқару жүйелерінің түрлендіргіш тиімділігіне әсерін сипаттау.
7. Фотоэлектрлік жүйелер мен электрлік көліктердегі түрлендіргіштердің ПӘК-ін арттырудың практикалық мысалдарын талдау.
8. Энергия тиімділігі мен экологиялық тұрақтылық арасындағы байланысты түсіндіру.

Түйінді ұғымдар мен терминдер

- Пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) – құрылғының тиімділігін сипаттайтын көрсеткіш, яғни шығару қуатының тұтыну қуатына қатынасы.
- Энергия тиімділігі (Energy Efficiency) – энергияны барынша үнемдеп, аз шығынмен пайдалану деңгейі.
- Энергия шығыны (Energy Loss) – түрлендіру процесінде жылу, индуктивтілік немесе басқа факторлар нәтижесінде жоғалатын энергия бөлігі.
- Жоғары жиілікті басқару (High-Frequency Control) – түрлендіргіштердің тиімділігін арттыру үшін жоғары жиілікті сигналдарды пайдалану әдісі.
- Дуплекс түрлендіргіш (Bidirectional Converter) – қуатты екі бағытта да түрлендіре алатын құрылғы.

- Кері байланыс (Feedback Control) – жүйенің жұмыс параметрлерін автоматты түрде бақылап, реттейтін басқару механизмі.
- Интеллектуалды басқару алгоритмдері (Intelligent Control Algorithms) – түрлендіргіштің жұмысын нақты уақыт режимінде оңтайландыратын есептеу жүйелері.
- SiC (Silicon Carbide) және GaN (Gallium Nitride) – жоғары тиімділікке ие, аз жылу бөлетін жартылай өткізгіш материалдар.
- Сенсорлар мен бақылау жүйелері (Sensors and Monitoring Systems) – түрлендіргіштің жұмыс параметрлерін бақылайтын және тиімділігін арттыратын құрылғылар жиынтығы.
- Жылу басқару жүйесі (Thermal Management System) – түрлендіргіштің температурасын реттеп, компоненттердің ұзақ қызмет етуін қамтамасыз ететін жүйе.

Дәріс жоспары

Кіріспе

1. Түрлендіргіш құрылғылардың ПӘК түсінігі
2. Түрлендіргіш құрылғылардың ПӘК-ін арттыру әдістері
3. Энергия тиімділігін жақсартудың практикалық мысалдары

Білімді бекітуге арналған сұрақтар

Қорытынды

Әдебиеттер тізімі

Кіріспе

Энергия тиімділігі — бұл қазіргі заманғы технологиялар мен өндірістік процестердің маңызды бөлігі. Энергияның тиімді қолданылуы қоршаған ортаға әсерді азайтып қана қоймай, сондай-ақ экономикалық шығындарды да төмендетеді. Түрлендіргіш құрылғылар (инверторлар, бір фазалы және үш фазалы түрлендіргіштер) электр энергиясын бір түрден екінші түрге (мысалы, тұрақты токтан айнымалы токқа) түрлендіруге арналған негізгі компоненттер болып табылады. Бұл құрылғылардың жұмысында энергияның жоғалуы, яғни ПӘК (пайдалы әсер коэффициенті), үлкен рөл атқарады. ПӘК-ті арттыру үшін бірнеше әдістер қолдануға болады, оларды талқылаймыз.

1. Түрлендіргіш құрылғылардың ПӘК түсінігі

1.1. ПӘК анықтамасы

Пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) — бұл электрлік құрылғының немесе жүйенің тиімділігін сипаттайтын негізгі көрсеткіш. Түрлендіргіштің ПӘК-і — бұл түрлендіргіштің шығаратын қуаты мен оның тұтынатын қуаты арасындағы қатынас, яғни түрлендіргіштің қуатты түрлендіру процесінде қанша пайыз энергияны тиімді пайдаланатынын көрсетеді. Бұл көрсеткіш көбінесе пайызбен өлшенеді.

Мысалы, егер түрлендіргіш 100 Вт электр қуатын тұтынса, бірақ тек 90 Вт электр қуатын шығаратын болса, онда оның ПӘК-і:

$$\text{ПӘК} = (P_{\text{ш}} \times 100) / P_{\text{к}} = (90 \times 100) / 100 = 90\%$$

Бұл жағдайда түрлендіргіштің ПӘК-і 90% болады, яғни оның энергияның 90%-ы пайдалы жұмысқа жұмсалып, қалған 10%-ы жоғалады (мысалы, жылу түрінде).

1.2. Түрлендіргіш құрылғылардың ПӘК-інің маңызы

Энергия тиімділігі жоғары түрлендіргіштер жұмыс кезінде аз жылу шығарып, ұзақ уақыт бойы тиімді жұмыс істей алады. Түрлендіргіштің ПӘК-і оның жұмысын оптимизациялау, ресурстарды үнемдеу және қоршаған ортаға әсерді азайту үшін өте маңызды көрсеткіш болып табылады.

1.3. ПӘК мәнінің маңызы

ПӘК мәні жоғары болған сайын, түрлендіргіштің жұмысы тиімдірек болып, энергияның көбірек бөлігі пайдалы жұмысқа жұмсалады. Бұл көрсеткіш бірнеше маңызды аспектілерге әсер етеді:

1.3.1. Энергияны үнемдеу

ПӘК жоғары болған сайын, электр энергиясының аз бөлігі жоғалады. Энергия жоғалтудың азаюы құрылғының жұмыс тиімділігін арттырады және энергияны үнемдеуге мүмкіндік береді. Түрлендіргіштің тиімділігі жоғары болған жағдайда, энергия шығынын минимизациялап, жүйенің жалпы тиімділігін жоғарылатуға болады. Бұл әсіресе энергия жүйелерінде және жаңартылатын энергия көздерінде маңызды.

Мысал ретінде, күн энергиясы жүйесінде немесе жел электр станциясында энергияны жинау және түрлендіру үшін пайдаланылатын

түрлендіргіштердің ПӘК-і жоғары болған сайын, алынған энергияның көбірек бөлігі пайдалы жұмысқа жұмсалады. Сонымен қатар, бұл жүйенің қаржылық тұрғыдан да тиімді болуына мүмкіндік береді, өйткені энергия шығындары азаяды.

1.3.2. Жылу шығару

Түрлендіргіштер жұмыс істеген кезде электр қуатының бір бөлігі жылу түрінде жоғалады. ПӘК төмен болған жағдайда бұл процесс күшейеді және құрылғыда көп жылу шығарылады. Жылудың көп бөлігі конструкцияның тозуына және компоненттердің істен шығуына әкелуі мүмкін.

Мысалы, егер түрлендіргіштің ПӘК-і төмен болса, онда оның жұмыс кезінде бөлінетін жылу мөлшері артады, бұл жүйенің салқындату жүйесіне қосымша жүктеме түсіреді. Көп жылу бөлінуі түрлендіргіштің компоненттерін тез тоздырады және олардың қызмет ету мерзімін қысқартады.

1.3.3. Қоршаған ортаға әсер

Энергия тиімділігін арттыру экологиялық тұрғыдан да маңызды. ПӘК-і жоғары құрылғылар энергияны тиімді пайдаланатыны себепті, олардың жұмыс процесі барысында шығарылатын CO₂ және басқа ластану деңгейі төмен болады. Түрлендіргіштің энергияны тиімді пайдалануынан қоршаған ортаға теріс әсер азаяды.

Мысалы, электр қуатын өндіретін және тұтынатын жүйелердің ПӘК-і жоғары болған жағдайда, сол жүйелердің жұмысынан қоршаған ортаға шығарылатын ластанудың жалпы көлемі азаяды. Бұл жаңартылатын энергия көздері, мысалы, күн және жел энергиясын пайдаланатын жүйелерде ерекше маңызды, себебі олар экологиялық таза болуы керек. Энергияның жоғалуы төмен болған сайын, жүйелердің экологиялық әсері де төмендейді.

1.3.4. Экономикалық тиімділік

ПӘК жоғары болған кезде, жүйенің жұмыс істегенде тұтынылатын энергия мөлшері азаяды, бұл өз кезегінде жұмыс істеу шығындарын төмендетеді. Түрлендіргіштердің ПӘК-і жоғары болған сайын, олар аз энергия тұтынады және көбірек тиімді жұмыс істейді, сондықтан жалпы жұмыс құны төмендейді. Бұл өндірістік процестер мен коммерциялық жобаларда өте маңызды болып табылады, өйткені олар шығындарды үнемдеуге және пайда мөлшерін арттыруға мүмкіндік береді.

1.4. ПӘК-ті арттырудың жолдары

Түрлендіргіштің ПӘК-ін арттыру үшін әртүрлі әдістер мен техникалар қолданылады. Бұл әдістер түрлендіргіштің тиімділігін арттырып, оның жұмыс уақытын ұзартуға мүмкіндік береді. Түрлендіргіштің ПӘК-ін арттыруға бағытталған негізгі әдістердің бірі — құрылғының жылу шығынын азайту. Бұған жоғары тиімділікке ие компоненттерді қолдану, жұмыс жиілігін және кері байланыс жүйелерін оңтайландыру, сондай-ақ конструкцияны жақсарту арқылы қол жеткізуге болады.

2. Түрлендіргіш құрылғылардың ПӘК-ін арттыру әдістері

Түрлендіргіштердің ПӘК-ін арттыру үшін әртүрлі технологиялар мен әдістер қолданылады. Бұл әдістер құрылғының жұмысын тиімдірек етіп,

энергияны үнемдеуді, жылу шығынын азайтуды және қоршаған ортаға әсерді төмендетуді мақсат етеді. Олардың ішінде ең маңызды және жиі қолданылатын әдістерді қарастырамыз.

2.1. Жоғары жиілікті басқару технологиялары

Жоғары жиілікті басқару схемалары түрлендіргіштердің ПӘК-ін арттыру үшін өте тиімді. Мұндай схемаларда басқару сигналдары жоғары жиілікті импульстермен беріледі. Жоғары жиілікті импульс кеңістікке таралады және түрлендіргіштің кірісіне қажетті қуат беріледі. Бұл әдіс қуатты түрлендірудің жылдамдығын арттырып, төменгі жиіліктердегі шығындарды азайтады.

Жоғары жиілік кезінде энергияның жоғалуы азаяды, себебі жиіліктің жоғары болуы магниттік және электрлік шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Әдетте, төмен жиіліктерде жұмыс істейтін түрлендіргіштерде қуат түрлендіру кезінде үлкен шығындар туындайды, өйткені магниттік өрістердің индуктивтілігі мен электрлік өрістердің сыйымдылығы артады. Ал жоғары жиілік кезінде бұл шығындар азаяды, әрі жүйенің тиімділігі артады.

Жоғары жиілікті басқару схемаларының артықшылықтары:

- ❖ Энергияның аз шығыны: Жоғары жиілікті басқару энергияның жоғалуын азайтады, өйткені магниттік және электрлік шығындар төмендейді.

- ❖ Құрылғының көлемі мен салмағының кішіреюі: Жоғары жиілікті схемалар ұсақ трансформаторлар мен төменгі сыйымдылықтағы конденсаторларды қолдануды қажет етеді, бұл құрылғының көлемін азайтады.

2.2. Толық дуплекс түрлендіргіштерді пайдалану

Дуплекс түрлендіргіштер екі бағытта да қуатты түрлендіруге қабілетті, яғни олар токты бір бағытта да, екінші бағытта да басқаруға мүмкіндік береді. Бұл түрлендіргіштер қуатты екі бағытта тиімді бөлуді жүзеге асыруға мүмкіндік береді, бұл жүйенің жалпы тиімділігін арттырады.

Дуплекс түрлендіргіштер көбінесе оңтайландырылған басқару алгоритмдерін пайдаланып жұмыс істейді. Бұл алгоритмдер құрылғының әрқашан ең тиімді жұмыс жағдайында болуын қамтамасыз етеді. Мысалы, олар қуат шығынын азайту үшін жүйенің жұмысын автоматты түрде реттейді.

Дуплекс түрлендіргіштерді пайдалану келесі артықшылықтарға ие:

- ❖ Энергияның тиімді пайдаланылуы: Тек бір бағытта ғана жұмыс істейтін түрлендіргіштерге қарағанда дуплекс түрлендіргіштер екі бағытта да энергияны үнемді түрлендіре алады.

- ❖ Жүйенің икемділігі: Қуаттың екі бағытта да тиімді басқарылуы жүйенің жұмысына икемділік қосады, бұл оның тиімділігін арттырады.

2.3. Кері байланыс және басқару алгоритмдері

Қазіргі заманғы түрлендіргіштер кері байланыс жүйелері мен интеллектуалды басқару алгоритмдерін қолдануды талап етеді. Кері байланыс жүйесі түрлендіргіштің жұмыс процесін бақылап, оның жұмысының жағдайын үздіксіз талдайды және қуаттың шығынын минимизациялау үшін кері әрекет жасайды.

Басқару алгоритмдері энергия шығынын азайту үшін түрлендіргіштің параметрлерін нақты уақыт режимінде автоматты түрде түзетеді. Мысалы,

жүйенің жұмысы кезінде фаза күшейсе немесе азайса, басқару алгоритмдері бұл өзгерістерді байқай отырып, қуатты тиімді реттейді.

Қазіргі типтегі интеллектуалды басқару алгоритмдері түрлендіргіштердің жұмысын тиімдірек етіп, олардың энергетикалық шығындарын төмендетеді. Осы алгоритмдердің артықшылықтары:

- ❖ Динамикалық реттеу: Басқару алгоритмдері энергияның тұтыну көлемін динамикалық түрде бақылап, жүйенің жұмысына оңтайлы өзгерістер енгізеді.

- ❖ Энергия шығынын азайту: Кері байланыс және интеллектуалды басқару шығындарды азайтуға және ПӘК-ті арттыруға көмектеседі.

2.4. Жоғары тиімділікке ие компоненттерді қолдану

Түрлендіргіштің компоненттері оның ПӘК-іне тікелей әсер етеді. Жоғары сапалы және тиімді транзисторлар мен диодтар түрлендіргіштің тиімділігін арттырады. Мысалы, қазіргі заманғы SiC (кремний карбиді) және GaN (галлий нитридi) материалдары жоғары температурада да тиімді жұмыс істей алады.

Бұл материалдар төменгі шығындармен және аз жылу бөлумен ерекшеленеді. SiC және GaN сияқты материалдар жоғары жиіліктерде жұмыс істей отырып, энергияны тиімді түрлендіреді, сонымен қатар олар төмен температурада жұмыс істей алатын компоненттер ретінде танымал.

Жоғары тиімділікке ие компоненттердің артықшылықтары:

- ❖ Жоғары температурада жұмыс істеу: SiC және GaN компоненттері жоғары температурада да жақсы жұмыс істей алады, бұл түрлендіргіштің жалпы тиімділігін арттырады.

- ❖ Жылудың аз бөлінуі: Бұл компоненттер жылуды аз бөледі, бұл олардың қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді.

2.5. Төмен шығынды сенсорлар мен бақылау жүйелерін енгізу

Сенсорлар мен бақылау жүйелері түрлендіргіштің жұмысын бақылап, оны оңтайландырып отыру үшін қажет. Оңтайландырылған сенсорлар мен бақылау жүйелері түрлендіргіштің жұмысын дәл әрі тиімді реттеуге мүмкіндік береді.

Бұл жүйелер құрылғының әртүрлі параметрлерін бақылайды және олардың қолайлы деңгейде болуын қамтамасыз етеді. Сенсорлар мен бақылау жүйелерін қолданудың артықшылықтары:

- ❖ Құрылғының тұрақтылығы: Сенсорлар құрылғының жұмысына үнемі мониторинг жүргізеді, бұл оның тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді.

- ❖ Энергияны үнемдеу: Параметрлердің дұрыс реттелуі энергия тұтынуды азайтуға мүмкіндік береді.

2.6. Түрлендіргіштің жұмысына арналған тиімді жылу басқару жүйесі

Жылу басқару жүйелері түрлендіргіштердің жұмыс тиімділігін арттыруда маңызды рөл атқарады. Түрлендіргіштер жұмыс кезінде жылу шығарады, және егер бұл жылу басқарылмаса, ол құрылғының компоненттерін тез тоздырып, ПӘК-ін төмендетуі мүмкін.

Жылу айырбастау жүйелері арқылы жылудың таралуы басқарылып, құрылғының тиімді жұмысын қамтамасыз етеді. Жылу шығыны азайған

сайын, түрлендіргіштің ПӘК-і жоғарылайды және оның қызмет ету мерзімі ұзағырақ болады.

Жылу басқару жүйелерінің артықшылықтары:

❖ Жылу шығаруын азайту: Жылу басқару жүйелері құрылғының температурасын тиімді реттеп, жылудың шығуын азайтады.

❖ Құрылғының жұмыс уақытының ұзартылуы: Тиімді жылу басқару құрылғының компоненттерінің ұзақ уақыт бойы жұмыс істеуіне мүмкіндік береді.

3. Энергия тиімділігін жақсартудың практикалық мысалдары

3.1. Фотоэлектрлік жүйелерде түрлендіргіштердің ПӘК-ін арттыру
Фотоэлектрлік жүйелерде түрлендіргіштердің ПӘК-і өте маңызды, өйткені күн сәулесі тұрақсыз болады және оған сәйкес қуат өндірісі де ауытқиды. Мұндай жүйелерде жоғары тиімділікті түрлендіргіштер орнату, олардың жұмысын тұрақтандыру үшін интеллектуалды басқару алгоритмдерін қолдану қажет.

3.2. Электрлік көліктердің зарядтау станцияларында түрлендіргіштердің тиімділігі
Электрлік көліктердің зарядтау станцияларында тиімді түрлендіргіштерді қолдану арқылы зарядтау уақыты мен қуат шығынын азайтуға болады. Бұл тиімділік көліктің батареяларын жылдам зарядтау мүмкіндігін береді және бүкіл жүйе үшін қуатты үнемдеуді қамтамасыз етеді.

Білімді бекітуге арналған сұрақтар

1. Түрлендіргіштің пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) дегеніміз не және ол қалай есептеледі?
2. ПӘК мәнінің энергия үнемдеу мен жүйе тиімділігіне әсерін түсіндіріңіз.
3. ПӘК төмен болған жағдайда құрылғыда қандай процестер жүреді?
4. Энергия тиімділігін арттырудың негізгі бағыттары қандай?
5. Жоғары жиілікті басқару түрлендіргіштердің ПӘК-ін қалай арттырады?
6. Дуплекс түрлендіргіштер қандай артықшылықтарға ие?
7. Интеллектуалды басқару алгоритмдері түрлендіргіштердің жұмысын қалай оңтайландырады?
8. SiC және GaN материалдары қандай қасиеттерімен ерекшеленеді?
9. Сенсорлар мен бақылау жүйелерінің түрлендіргіш тиімділігіне әсерін түсіндіріңіз.
10. Жылу басқару жүйелері ПӘК-ті арттыруда қандай рөл атқарады?
11. Фотоэлектрлік жүйелерде түрлендіргіштердің ПӘК-ін арттыру не үшін маңызды?
12. Электр көліктерін зарядтау станцияларында энергия тиімділігін арттыру қандай артықшылық береді?
13. Энергия тиімділігін арттырудың экологиялық және экономикалық әсерін түсіндіріңіз.
14. Түрлендіргіштің жалпы тиімділігін арттыру үшін қандай кешенді тәсілдерді қолдануға болады?

Қорытынды:

Түрлендіргіш құрылғылардың энергия тиімділігін арттыру қазіргі заманғы электроника мен электротехника саласындағы маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Энергияның жоғалуы және жылу шығындарының минимизациясы құрылғылардың тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз етеді және олардың қызмет ету мерзімін ұзартады. Жоғары жиілікті басқару технологиялары, дуплекс түрлендіргіштерді пайдалану, интеллектуалды басқару алгоритмдері, жоғары тиімді компоненттер мен сенсорлық бақылау жүйелерінің енгізілуі түрлендіргіштердің ПӘК-ін айтарлықтай арттырады.

Әсіресе, жоғары тиімділікке ие компоненттер мен жүйелерді қолдану құрылғылардың жұмысын оңтайландырып, қуат шығынын азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, тиімді жылу басқару жүйелері арқылы жылу шығаруын басқару құрылғының қызмет көрсету уақытын ұзартуға және ПӘК-ін арттыруға ықпал етеді.

Қорытындылай келе, түрлендіргіштердің ПӘК-ін арттыру үшін кешенді тәсілдер мен инновациялық технологиялар қажет. Бұл әдістердің қолданысы тек техникалық тиімділікті ғана емес, сонымен қатар қоршаған ортаға зиянды әсерді азайтуға да өз үлесін қосады. Энергия тиімділігі жоғары түрлендіргіштер тек өнеркәсіптік салаларда ғана емес, күнделікті тұрмыста да маңызды рөл атқарады, себебі олар экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етіп, ресурстарды үнемдеуге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі:

1. Махмудов, М. Н. (2015). Энергия тиімділігі және түрлендіргіш құрылғылары. Алматы: Ғылым.
2. Камалов, Р. Х. (2017). Энергетикалық тиімділік және жаңартылатын энергия көздері. Мәскеу: Энергия.
3. Сорокин, Ю. П. (2019). Электрлік және электроникалық түрлендіргіштер: теориясы мен қолданылуы. Санкт-Петербург: Лань.
4. Бельтюков, А. Н., & Иванова, С. В. (2020). Энергия тиімділігіне арналған инновациялық технологиялар. Москва: Наука.
5. Сидоренко, В. В. (2018). Жоғары жиілікті басқару және түрлендіргіштердің тиімділігі. Новосибирск: Сибирское издательство.
6. Радкевич, И. А. (2016). Түрлендіргіштердің ПӘК-ін арттыру әдістері. Киев: Техніка.
7. Абрамов, И. И., & Петров, В. В. (2021). Электрондық компоненттер және олардың тиімділігі. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург.
8. Мищенко, В. Л. (2014). Энергия тиімділігі: теориясы және практикалық қолдану. Харьков: Фолиант.
9. Волков, Д. А., & Климов, А. Б. (2017). Энергия тиімділігін арттыруда қолданылатын әдістер. Москва: Энергетика.
10. Левин, Ю. А. (2015). Жоғары тиімді түрлендіргіштер: жаңа технологиялар мен материалдар. Екатеринбург: УрФУ.