ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Физика-техникалық факультеті

Плазма физикасы, нанотехнология және компьютерлік физика кафедрасы

Дәріс оқушы, профессор Досболаев М.Қ.

merlan@physics.kz

Техника-интеллектуалды қызмет және инженерлік мәселелерді шешу теориясы

пәні бойынша дәрістер жинағы

«8D07108 Электр энергетикасы»

білім беру бағдарламасы докторанттарына арналған

Алматы, 2026

Дәріс 10.

Өнертапқыштық есептерді шешу стандарттары

Дәрістің мақсаты: Білім алушыларды ӨЕШТ жүйесіндегі өнертапқыштық есептерді шешудің стандартты тәсілдерімен таныстыру, техникалық жүйелердің заттық-өрістік модельдерін түрлендіру заңдылықтарын түсіндіру және электр энергетикасындағы инженерлік мәселелерді шешуде стандарттарды қолдану дағдыларын қалыптастыру.

Дәріс жоспары:

1. Өнертапқыштық есептерді шешу стандарттары туралы жалпы түсінік.
2. ӨЕШТ стандарттарының қалыптасуы және жіктелуі.
3. Заттық-өрістік жүйелерді құрастыру және бұзу стандарттары.
4. Заттық-өрістік жүйелерді дамыту және күрделі өзара әрекеттесулерге көшу.
5. Техникалық жүйелерді жоғары деңгейге және микро-деңгейге көшіру.
6. Өлшеу мен анықтау стандарттары. Қосымша заттар мен физикалық өрістерді пайдалану.
7. Электр энергетикасындағы өнертапқыштық есептерді стандарттар арқылы шешу мысалдары.

Қысқаша теориялық мәліметтер

1. Өнертапқыштық есептерді шешу стандарттары туралы жалпы түсінік

Техникалық жүйелердің дамуы барысында инженерлер көптеген күрделі мәселелерге тап болады. Мұндай мәселелерді шешу кезінде көбінесе жаңа құрылымдар, материалдар, физикалық әсерлер немесе басқару тәсілдері қолданылады. Алайда техниканың әртүрлі салаларындағы өнертабыстарды талдау көптеген инженерлік мәселелердің ұқсас заңдылықтар бойынша шешілетінін көрсетеді. *Мысалы,* электр қозғалтқышындағы үйкелісті азайту, жоғары кернеулі аппараттардағы электр доғасының зиянды әсерін төмендету және трансформаторлардағы жылу алмасуды жақсарту бір-бірінен ерекшеленетін міндеттер болып көрінеді. Бірақ олардың барлығында техникалық жүйенің элементтері арасындағы өзара әрекеттесуді өзгерту қажеттілігі туындайды. ӨЕШТ-те осындай ұқсас мәселелерге арналған жалпыланған шешімдер өнертапқыштық есептерді шешу стандарттары деп аталады.

Өнертапқыштық есептерді шешу стандарты – белгілі бір типтік техникалық мәселені шешу үшін заттық-өрістік жүйенің құрылымын немесе оның элементтері арасындағы өзара әрекеттесуді мақсатты түрде түрлендіруге арналған жалпыланған ереже.

Стандарттар нақты құрылғыға арналған дайын техникалық сызбалар немесе жобалық шешімдер емес. Олар инженерге мәселені шешудің перспективалы бағытын көрсететін

әдістемелік құрал болып табылады. *Мысалы,* егер екі заттың өзара әрекеттесуі жеткіліксіз болса, стандарт жүйеге қосымша физикалық өріс енгізуді ұсынуы мүмкін. Егер заттардың өзара әрекеттесуі зиянды болса, стандарт олардың арасындағы байланысты өзгерту немесе аралық затты енгізу бағытын қарастырады. Стандарттарды қолданудың басты ерекшелігі – мәселені кездейсоқ нұсқаларды сынау арқылы емес, алдын ала анықталған модельдер мен түрлендіру ережелері негізінде шешу. Бұл тәсіл шешім іздеудің тиімділігін арттырып, көптеген ықтимал нұсқалардың ішінен физикалық тұрғыдан негізделген шешімдерді таңдауға мүмкіндік береді.

1.1. Стандартты шешімдердің ӨЕШТ жүйесіндегі орны

Техникалық жүйелердің даму заңдылықтары, қайшылықтар, жүйелік талдау және физикалық әсерлерді мақсатты пайдалану қағидалары болады. Өнертапқыштық стандарттар осы тәсілдерді біріктіріп, белгілі типтегі мәселелерді шешу үшін жүйелі ұсынымдар береді. Стандартты шешімдердің заттық-өрістік талдаумен байланысы ерекше маңызды. Алдыңғы дәрісте қарастырылғандай, заттық-өрістік модель екі зат пен олардың өзара әрекеттесуін қамтамасыз ететін физикалық өрістен тұрады.

Қарапайым модель:

$$З_1 \leftarrow Ө \rightarrow З_2$$

мұндағы: $З_1$ – әсер қабылдайтын зат немесе объект; $З_2$ – әсер етуші зат немесе құрал; $Ө$ – физикалық өріс немесе әрекет.

Заттық-өрістік талдау жүйедегі кемшілікті анықтаса, өнертапқыштық стандарт сол кемшілікті жою үшін модельді қандай бағытта түрлендіруге болатынын көрсетеді. Осылайша екі әдіс өзара байланысты: заттық-өрістік талдау мәселенің моделін анықтайды, ал стандартты шешімдер сол модельді жетілдіру жолдарын ұсынады.

2. ӨЕШТ стандарттарының қалыптасуы және жіктелуі

Г.С. Альтшуллер және оның ізбасарлары әртүрлі техникалық салалардағы көптеген өнертабыстарды зерттеу барысында қайталанатын шешім принциптерін анықтады. Осы зерттеулердің нәтижесінде өнертапқыштық есептерді шешудің стандарттар жүйесі қалыптасты. Классикалық ӨЕШТ әдістемесінде 76 өнертапқыштық стандарт қарастырылады. Олар бес негізгі класқа топтастырылған. Бұл жіктеу Г.С. Альтшуллердің стандарттар жүйесінде берілген.

2.1. Стандарттардың негізгі кластары

Класс	**Стандарттар тобы**	**Негізгі мақсаты**	**Стандарттар саны**
1	Заттық-өрістік жүйелерді құрастыру және бұзу	Толық емес жүйелерді толықтыру және зиянды байланыстарды жою	13
2	Заттық-өрістік жүйелерді дамыту	Жүйенің тиімділігін арттыру және күрделі өзара әрекеттесулерге көшу	23
3	Жоғары жүйеге және микро-деңгейге көшу	Жүйенің құрылымдық даму мүмкіндіктерін кеңейту	6
4	Анықтау және өлшеу стандарттары	Физикалық шамалар мен жүйе күйлерін анықтау тәсілдерін жетілдіру	17
5	Стандарттарды қолдану ережелері	Заттарды, өрістерді және физикалық әсерлерді тиімді енгізу	17
	Барлығы		**76**

Бұл жіктеу инженерге мәселенің сипатына қарай қажетті стандарттар класын таңдауға мүмкіндік береді. *Мысалы,* егер техникалық жүйеде пайдалы әрекетті қамтамасыз ететін элемент жетіспесе, бірінші класқа жататын стандарттар қарастырылады. Егер жүйе жұмыс істегенімен, оның тиімділігі жеткіліксіз болса, екінші класқа жататын стандарттар қолданылуы мүмкін. Ал жүйенің мүмкіндіктері шегіне жеткен жағдайда оны жоғары деңгейдегі жүйемен біріктіру немесе жұмыс принципін микро-деңгейге көшіру тәсілдері қарастырылады. Стандарттар жүйесін қолдану инженерлік ізденісті белгілі бір ретпен ұйымдастыруға көмектеседі.

3. Заттық-өрістік жүйелерді құрастыру және бұзу стандарттары

Бірінші класқа жататын стандарттар техникалық жүйенің бастапқы құрылымын қалыптастыруға немесе зиянды өзара әрекеттесулерді жоюға бағытталған.

Бұл класс екі негізгі топтан тұрады:

1. Заттық-өрістік жүйені құрастыру.
2. Зиянды заттық-өрістік байланысты бұзу немесе өзгерту.

3.1. Толық емес заттық-өрістік жүйені толықтыру

Толық емес заттық-өрістік жүйеде қажетті пайдалы әрекетті жүзеге асыру үшін заттардың бірі, физикалық өріс немесе тиісті байланыс жетіспейді. Мұндай жүйені жетілдірудің негізгі тәсілі – жетіспейтін элементті енгізу арқылы толық заттық-өрістік құрылым қалыптастыру. *Мысалы,* жоғары кернеулі электр жабдығының температурасын бақылау қажет делік. Жабдық жұмыс кезінде қызады, бірақ жүйеде температураны қашықтан тіркейтін құрал жоқ. Бұл жағдайда температураны бақылау жүйесі толық емес болып табылады. Мәселені шешу үшін инфрақызыл сәулеленуді қабылдайтын датчик енгізуге болады. Нәтижесінде құрылғыдан таралатын жылулық сәулелену өлшенетін электрлік сигналға түрленеді.

Жаңа заттық-өрістік модельде:

- $З_1$ – қызған электр жабдығы;
- $З_2$ – инфрақызыл сәулелену датчигі;
- Ө – жылулық электр магниттік сәулелену.

Бұл жерде жүйеге жаңа өлшеу элементін енгізу арқылы қажетті пайдалы қызмет жүзеге асырылады.

3.2. Зиянды өзара әрекеттесуді жою

Техникалық жүйедегі заттар арасындағы өзара әрекеттесу кейде қажетсіз немесе зиянды нәтижеге әкеледі. Мұндай жағдайда мәселе өзара әрекеттесуді әлсірету, оның сипатын өзгерту немесе зиянды байланысты жою арқылы шешіледі. *Мысалы,* жоғары кернеулі коммутациялық аппаратта электр түйіспелері ажыраған кезде электр доғасы пайда болады. Электр доғасының жоғары температурасы түйіспелердің балқуына және эрозиясына әкелуі мүмкін. Мұндай жүйеде пайдалы қызмет – электр тізбегін ажырату, ал зиянды әсер – түйіспелердің тозуы.

Заттық-өрістік модель:

- $З_1$ – электрлік түйіспе;
- $З_2$ – доғалық плазма;
- Ө – электрлік және жылулық әсерлер;
- Зиянды нәтиже – түйіспе материалының эрозиясы.

Бұл мәселені шешудің бір бағыты – доғалық разрядтың түйіспе бетіне әсер ету сипатын өзгерту. *Мысалы,* арнайы электрод геометриясы арқылы магнит өрісін қалыптастыруға және доғаның қозғалысын басқаруға болады.

Магнит өрісіндегі ток өткізетін плазмаға әсер ететін электромагниттік күштің көлемдік тығыздығы:

$$\vec{f} = \vec{J} \times \vec{B},$$

мұндағы: $\vec{J}$ – ток тығыздығы, А/м²; $\vec{B}$ – магнит индукциясы, Тл; $\vec{f}$ – күштің көлемдік тығыздығы, Н/м³.

Бұл әсердің көмегімен белгілі конструкцияларда доғаның түйіспе бетіндегі шоғырлануын азайтуға немесе доға сөндіру процесін басқаруға болады. Осылайша зиянды өзара әрекеттесуі бар жүйеге қосымша басқарылатын өріс енгізу арқылы оның жұмыс сипаттамаларын өзгертуге болады.

3.3. Үшінші затты енгізу

Зиянды байланысты жоюдың тағы бір тәсілі – екі заттың арасына қосымша үшінші зат енгізу. *Мысалы,* механикалық жүйелерде үйкелісті азайту үшін майлау материалы қолданылады. Электр энергетикасында мұндай принципті салқындатқыш, қорғаныш немесе оқшаулағыш материалдарды енгізу арқылы жүзеге асыруға болады. Атап айтқанда, күштік трансформаторларда сұйық диэлектрик электрлік оқшаулау және жылуды тасымалдау қызметтерін атқара алады. Мұндай шешімде жаңа зат жүйедегі жылулық және электрлік өзара әрекеттесулердің сипатын өзгертеді. Дегенмен қосымша затты енгізу әрдайым тиімді бола бермейді. Ол құрылғының массасын, құнын немесе құрылымдық күрделілігін арттыруы мүмкін. Сондықтан ӨЕШТ бойынша жүйедегі бұрыннан бар ресурстарды пайдалану мүмкіндігі алдымен қарастырылады.

4. Заттық-өрістік жүйелерді дамыту стандарттары

Екінші класқа жататын стандарттар техникалық жүйеде қажетті элементтер болғанымен, олардың өзара әрекеттесу тиімділігі жеткіліксіз болған жағдайда қолданылады. Бұл стандарттардың мақсаты – пайдалы әсерді күшейту, жүйенің басқарылуын жақсарту, энергия шығындарын азайту және жаңа функционалдық мүмкіндіктер қалыптастыру. Жүйені дамыту барысында қарапайым заттық-өрістік модель күрделі, тізбекті немесе бірнеше өріс қатысатын құрылымға түрленуі мүмкін.

4.1. Күрделі заттық-өрістік жүйелерге көшу

Қарапайым заттық-өрістік жүйеде бір негізгі физикалық әсер қарастырылады. Алайда кейбір жағдайларда қажетті нәтижеге жету үшін бірнеше әсерді біріктіру қажет болады. *Мысалы,* плазмалық құрылғыда электр өрісі зарядталған бөлшектерді үдетеді. Бірақ тек электр өрісінің әсері бөлшектер қозғалысын қажетті деңгейде басқаруға жеткіліксіз болуы мүмкін. Бұл жағдайда қосымша магнит өрісін қолдануға болады. Зарядталған бөлшекке әсер ететін Лоренц күші:

$$\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right),$$

Электр өрісі бөлшектің энергиясын өзгерте алады, ал магнит өрісі оның қозғалыс траекториясына әсер етеді. Нәтижесінде бастапқы электрлік жүйе электрлік-магниттік өзара әрекеттесу жүйесіне айналады. Мұндай түрлендіру плазмалық үдеткіштерде, магнит өрісімен басқарылатын разрядтарда және кейбір электр технологиялық құрылғыларда қолданылады. Бұл жерде қосымша өріс енгізу әрқашан пайдалы нәтиже береді деп есептеуге болмайды. Оның тиімділігі плазманың параметрлеріне, құрылғының геометриясына және жұмыс режиміне байланысты.

4.2. Тізбекті заттық-өрістік жүйелер

Тізбекті заттық-өрістік жүйеде бір элементке әсер ету нәтижесі келесі элементке беріліп, бірнеше физикалық түрлендіру арқылы соңғы пайдалы қызмет жүзеге асырылады. *Мысалы,* электрлік өлшеу жүйесінде температура алдымен сезімтал элементтің электрлік параметрін өзгертеді, кейін бұл өзгеріс электрондық схема арқылы өлшенетін сигналға түрленеді. Түрлендіру тізбегі:

Температура → Электрлік параметр → Сигнал → Өлшеу нәтижесі

Мұндай жүйеде әрбір аралық элемент белгілі бір функцияны атқарады. Тізбекті құрылым күрделі физикалық шамаларды өлшеуге және бақылауға мүмкіндік береді. Алайда оның әрбір элементі қосымша қателік немесе энергия шығынын енгізуі мүмкін. Сондықтан жүйені дамыту кезінде түрлендіру кезеңдерінің санын ғана арттыру емес, олардың қажеттілігі мен тиімділігін бағалау да маңызды.

4.3. Физикалық әсерлердің параметрлерін үйлестіру

Заттық-өрістік жүйелерді дамытудың тағы бір бағыты – физикалық әсерлердің уақыттық, жиіліктік және кеңістіктік сипаттамаларын өзара үйлестіру. *Мысалы,* электрлік резонанстық контурда индуктивтік пен сыйымдылықтың өзара әрекеттесуі нәтижесінде тербелістер пайда болады. Идеал LC-контурдың меншікті бұрыштық жиілігі:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}},$$

ал жиілігі:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

Жүйенің жиіліктік сипаттамаларын дұрыс таңдау белгілі жағдайларда қажетті энергия алмасуын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл қағида резонанстық түрлендіргіштерде, индукциялық қыздыру құрылғыларында және жоғары жиілікті электрлік жүйелерде қолданылады. Алайда резонанстық режимде токтар мен кернеулердің артуы мүмкін болғандықтан, элементтердің электрлік және жылулық шектеулері ескерілуі тиіс.

5. Техникалық жүйелерді жоғары жүйеге және микро-деңгейге көшіру

Үшінші класқа жататын стандарттар техникалық жүйені тек жеке элементтерін жетілдіру арқылы дамыту мүмкіндігі шектелген кезде қолданылады. Бұл жағдайда жүйенің жұмыс істеу принципін өзгерту, бірнеше жүйені біріктіру немесе әсерді микро-деңгейде ұйымдастыру қарастырылады.

5.1. Жоғары жүйеге көшу

Жоғары жүйе – қарастырылып отырған техникалық жүйені өз құрамына енгізетін ауқымдырақ жүйе. *Мысалы,* жеке трансформатор электр станциясының немесе қосалқы станцияның құрамына кіреді. Ал қосалқы станция электр энергетикалық жүйенің элементі.

Жеке құрылғының белгілі бір мәселесін шешу үшін оны жоғары жүйенің басқа элементтерімен біріктіруге болады. *Мысалы,* электр желісіндегі реактивті қуатты реттеу міндеті жеке тұтынушы құрылғысының деңгейінде ғана емес, бүкіл электр энергетикалық жүйе деңгейінде шешілуі мүмкін. Осы мақсатта конденсаторлық батареялар, статикалық реактивті қуат компенсаторлары және басқа да басқару құрылғылары қолданылады. Нәтижесінде мәселе жеке элементтің қасиетін өзгерту арқылы емес, жоғары деңгейдегі жүйенің жұмысын ұйымдастыру арқылы шешіледі.

5.2. Екі және көп жүйелерге көшу

Техникалық жүйелерді дамытудың кең тараған бағыты – бірдей немесе әртүрлі элементтерді біріктіру. *Мысалы,* электр энергетикасында бірнеше генератордың параллель жұмысы қажетті қуатты қамтамасыз етуге және жүйенің жұмыс икемділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сол сияқты электрлік энергия жинақтау жүйелерінде бірнеше аккумулятор модулі біріктіріледі. Бірақ модульдерді жай ғана біріктіру жеткіліксіз. Олардың өзара әрекеттесуі, басқарылуы және қорғаныс жүйелері үйлестірілуі тиіс. Бұл мысалдар жеке жүйеден көпэлементті жүйеге көшудің инженерлік маңызын көрсетеді.

5.3. Микро-деңгейге көшу

Микро-деңгейге көшу – техникалық функцияны жүзеге асыру үшін ірі құрылымдардың орнына ұсақ бөлшектерді, микроқұрылымдарды немесе молекулалық және атомдық деңгейдегі физикалық құбылыстарды пайдалану. *Мысалы,* электрлік оқшаулағыш материалдың қасиеттерін жақсарту үшін оның микроқұрылымын өзгертуге болады. Полимерлік диэлектриктердің құрамына арнайы таңдалған микро- немесе нанобөлшектерді енгізу арқылы материалдың жылуөткізгіштігін, механикалық беріктігін немесе электрлік сипаттамаларын өзгерту мүмкіндігі зерттеледі. Мұндай материалдардың қасиеттері бөлшектердің түріне, өлшеміне, концентрациясына және матрицада таралу

біркелкілігіне тәуелді. Осылайша макродеңгейдегі техникалық мәселе материалдың микроқұрылымын басқару арқылы шешілуі мүмкін.

Микро-деңгейге көшудің тағы бір мысалы – электрлік түйіспелердің беткі қабатын микроқұрылымдау. Беткі құрылымды өзгерту түйіспенің нақты жанасу ауданына, жылу таралуына және электрлік байланыс сипаттамаларына әсер етуі мүмкін. Дегенмен мұндай өзгерістердің нәтижелері материалға және жұмыс жағдайына байланысты болғандықтан, тәжірибелік зерттеулер жүргізуді талап етеді.

6. Өлшеу және анықтау стандарттары. Қосымша заттар мен өрістерді пайдалану

Төртінші класқа жататын стандарттар техникалық жүйелердегі физикалық шамаларды анықтау және өлшеу мәселелерін шешуге арналған. Электр энергетикасында көптеген маңызды параметрлерді тікелей өлшеу қиын немесе қауіпті болуы мүмкін. Олардың қатарына жоғары кернеу, үлкен ток, күштік аппараттардың ішкі температурасы, электр доғасының сипаттамалары және оқшаулағыш материалдардың күйі жатады. Мұндай жағдайда тікелей өлшеудің орнына жанама физикалық әсерлерді тіркеу әдістері қолданылады.

6.1. Тікелей өлшеудің орнына жанама өлшеу

Мысалы, жоғары кернеулі өткізгіш арқылы өтетін токты тікелей өлшеу қиын болған жағдайда оның айналасында пайда болатын магнит өрісін өлшеуге болады. Ток өткізетін түзу өткізгіштің айналасындағы магнит индукциясы ұзын, түзу өткізгіш және біртекті орта үшін:

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r},$$

Бұл тәуелділік магнит өрісін өлшеу арқылы ток туралы ақпарат алуға болатынын көрсетеді. Практикада мұндай принципке негізделген Холл датчиктері, ток өлшеу қысқыштары және басқа өлшеу құрылғылары пайдаланылады. Бұл жағдайда өлшенетін физикалық шама ток болғанымен, өлшеу магниттік әсер арқылы жүзеге асырылады.

6.2. Өлшеу жүйесін заттық-өрістік модель арқылы сипаттау

Мысалы, күштік трансформатордың температурасы жылулық камера арқылы өлшенсін.

Заттық-өрістік жүйенің элементтері:

- $З_1$ – трансформатордың қызған беті;
- $З_2$ – инфрақызыл қабылдағыш;
- Ө – жылулық сәулелену;
- Нәтиже – температура туралы ақпарат.

Бұл жағдайда температураны өлшеу үшін объектімен тікелей жанасудың қажеті жоқ. Жанама өлшеу тәсілдері жоғары кернеулі электр жабдықтарының қауіпсіз диагностикасын ұйымдастыруда маңызды орын алады.

6.3. Қосымша заттар мен өрістерді енгізу стандарттары

Бесінші класқа жататын стандарттар жүйеге қажетті қосымша заттар мен физикалық өрістерді қалай тиімді енгізуге болатынын қарастырады. Негізгі қағидалардың бірі – жаңа затты немесе қосымша энергия көзін енгізбес бұрын жүйеде бұрыннан бар ресурстарды пайдалану. *Мысалы,* техникалық жүйеде қалдық жылу пайда болса, оны белгілі жағдайларда қосымша технологиялық процестерге пайдалану мүмкіндігі қарастырылады. Сол сияқты электрлік құрылғының жұмыс кезінде туындайтын магнит өрісін оның күйін диагностикалау үшін қолдануға болады. Бұл тәсіл қосымша датчиктердің немесе күрделі аралық құрылғылардың қажеттілігін азайтуы мүмкін.

6.4. Фазалық ауысуларды пайдалану

Материалдардың фазалық ауысуы кезінде жылу жұтылуы немесе бөлінуі техникалық жүйелерде пайдалы қызмет атқара алады. *Мысалы,* жылуды уақытша жинақтау үшін фазалық ауысатын материалдар қолданылады. Балқу процесі кезінде материал жылу жұтып, белгілі температура аралығында энергияны жасырын жылу түрінде жинақтайды. Фазалық ауысу кезіндегі жылу мөлшері:

$$Q = m\lambda,$$

мұндағы: m – материал массасы, кг; λ – меншікті балқу жылуы, Дж/кг.

Осындай материалдарды электрлік құрылғылардың жылулық режимін тұрақтандыру мақсатында қолдану қарастырылуы мүмкін. Бұл – материалдың фазалық күйін өзгерту арқылы жүйедегі жылулық өзара әрекеттесуді басқарудың мысалы.

7. Электр энергетикасындағы өнертапқыштық есептерді стандарттар арқылы шешу мысалдары

Стандарттарды қолдану инженерлік мәселені қарапайым физикалық модельге келтіруден басталады. Одан кейін жүйедегі кемшілік анықталып, сәйкес келетін стандарт таңдалады. Төменде электр энергетикасы саласындағы үш инженерлік мәселе қарастырылады.

7.1. Бірінші мысал. Күштік трансформатордың салқындату тиімділігін арттыру

Мәселенің қойылуы. Күштік трансформатордың жүктемесі артқан кезде орамаларда бөлінетін жылу мөлшері өседі. Табиғи конвекция арқылы салқындату кейбір режимдерде жеткіліксіз болуы мүмкін.

Техникалық қайшылық: трансформатордың жүктемелік мүмкіндігін арттыру қажет, бірақ оның температурасының шамадан тыс жоғарылауына жол бермеу керек.

Заттық-өрістік модель:

- З₁ – трансформатор орамасы;
- З₂ – салқындатқыш орта;
- Ө – жылулық әсер;
- Кемшілік – жылуды әкетудің жеткіліксіз қарқындылығы.

Бұл жағдайда екінші класқа жататын жүйені дамыту стандарттарын қарастыруға болады. Мүмкін болатын шешім – табиғи конвекцияға негізделген салқындатуды мәжбүрлі циркуляциямен толықтыру. Жылу алмасудың қарапайым теңдеуі:

$$\dot{Q} = hA(T_s - T_f),$$

Салқындатқыш сұйықтықтың қозғалысын күшейту белгілі жағдайларда жылу беру коэффициентін арттырады.

Стандарт бойынша шешім: бастапқы жылулық заттық-өрістік жүйені қосымша механикалық әсермен толықтыру арқылы күрделірек басқарылатын жүйе құрастыру. Бұл шешім трансформатордың салқындату тиімділігін арттыруы мүмкін. Бірақ сорғының энергия тұтынуы, жүйенің сенімділігі және қосымша шығындар да ескеріледі.

7.2. Екінші мысал. Жоғары кернеулі электр ажыратқышындағы түйіспелер эрозиясын азайту

Мәселенің қойылуы. Электр тізбегін ажырату кезінде пайда болатын электр доғасы түйіспелердің бетіне жылулық әсер етеді.

Нәтижесінде түйіспе материалының балқуы, буланuы және эрозиясы байқалуы мүмкін.

Заттық-өрістік модель:

- З₁ – электрлік түйіспе;
- З₂ – доғалық плазма;
- Ө₁ – электрлік және жылулық әсерлер;
- Зиянды нәтиже – түйіспенің тозуы.

Бұл мәселені шешу үшін бірінші класқа жататын зиянды өзара әрекеттесуді жою стандарттарын пайдалануға болады. Мүмкін болатын шешімдердің бірі – доғалық разрядқа қосымша магнит өрісі арқылы әсер ету. Магнит өрісі ток өткізетін плазмаға электр магниттік күш түсіріп, разрядтың қозғалысын өзгертуі мүмкін. Осының нәтижесінде кейбір конструкцияларда жылулық жүктеменің белгілі бір нүктеде шоғырлануы азаяды.

Стандарт бойынша шешім: зиянды өзара әрекеттесуді басқарылатын электрлік-магниттік жүйеге түрлендіру. Бұл тәсіл доғаны басқарудың ықтимал бағытын көрсетеді, ал нақты нәтижені анықтау үшін электрод геометриясын, ток шамасын және магнит өрісінің конфигурациясын есептеу қажет.

7.3. Үшінші мысал. Жоғары кернеулі жабдықтағы оқшаулау ақауларын анықтау

Мәселенің қойылуы. Жоғары кернеулі электр жабдықтарында оқшаулаудың жергілікті ақаулары нәтижесінде ішінара разрядтар пайда болуы мүмкін. Мұндай разрядтар оқшаулаудың қартаюын жылдамдатып, жабдықтың сенімділігін төмендетуі ықтимал. Алайда оқшаулаудың ішкі күйін тікелей бақылау әрдайым мүмкін емес. Бұл жағдайда төртінші класқа жататын өлшеу және анықтау стандарттары қолданылады.

Ішінара разрядтар кезінде электрлік импульстер, электр магниттік сәулелену немесе акустикалық сигналдар пайда болуы мүмкін. Осы әсерлерді тіркеу арқылы оқшаулаудың күйі туралы ақпарат алуға болады. *Мысалы,* ультрадыбыстық датчик арқылы акустикалық сигналдарды тіркеу немесе жоғары жиілікті электрлік импульстерді өлшеу тәсілдері қолданылуы мүмкін.

Стандарт бойынша шешім: объектінің ішкі күйін тікелей бақылаудың орнына онымен байланысты жанама физикалық әсерді өлшеу. Бұл тәсіл электр жабдығын тоқтатпай диагностикалаудың кейбір түрлерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

7.4. Стандарттарды қолдану нәтижелерін салыстыру

Техникалық мәселе	**Стандарттар класы**	**Ұсынылатын түрлендіру**
Трансформаторды салқындату жеткіліксіз	2-класс	Жылулық жүйеге қосымша механикалық әсер енгізу
Ажыратқыш түйіспелерінің эрозиясы	1-класс	Зиянды әсерді магнит өрісі арқылы басқару
Оқшаулау ақауын тікелей анықтау қиын	4-класс	Жанама электрлік немесе акустикалық әсерді өлшеу
Жеке жүйенің мүмкіндігі шектелген	3-класс	Бірнеше жүйені біріктіру немесе микро-деңгейге көшу
Қосымша зат немесе өріс енгізу қажет	5-класс	Жүйенің қолданыстағы ресурстарын пайдалану

8. Өнертапқыштық стандарттарды қолдану алгоритмі

Стандартты шешімдерді тиімді пайдалану үшін техникалық мәселені жүйелі түрде талдау қажет. ӨЕШТ стандарттары арқылы өнертапқыштық есептерді шешу алгоритмі:

1. Техникалық мәселені анықтау: Қандай пайдалы қызмет жеткіліксіз немесе қандай зиянды әсер бар?

2. Заттық-өрістік модель құрастыру: $З_1$, $З_2$ және Ө элементтерін анықтау

3. Жүйенің кемшілігін жіктеу: Толық емес, зиянды, жеткіліксіз тиімді немесе өлшеу мәселесі

4. Тиісті стандарттар класын таңдау

5. Жүйені түрлендіру нұсқаларын ұсыну

6. Инженерлік шешімді бағалау: Физикалық негізділігі, тиімділігі, қауіпсіздігі және шығындары

Бұл алгоритмді қолданғанда бір мәселе үшін бірнеше стандарттың сәйкес келуі мүмкін екенін ескеру қажет. Сондықтан инженер балама шешімдерді салыстырып, нақты техникалық шарттарға сай келетін нұсқаны таңдауы тиіс.

Өзіндік тексеруге арналған бақылау сұрақтары

1. Өнертапқыштық есептерді шешу стандарты дегеніміз не?
2. ӨЕШТ әдістемесіндегі классикалық өнертапқыштық стандартмен кластар.
3. Заттық-өрістік талдау мен өнертапқыштық стандарттардың өзара байланысы.
4. Толық емес заттық-өрістік жүйені қандай тәсілдер арқылы толықтыруға болады?
5. Зиянды өзара әрекеттесуді жою стандарттарының негізгі мақсаты қандай?
6. Күрделі ЗӨЖ-ге көшудің электр энергетикасындағы мысалдарын келтіріңіз.
7. Техникалық жүйені микро-деңгейге көшірудің қандай артықшылықтары бар?
8. Жанама өлшеу стандарттарын жоғары кернеулі жабдықтарды диагностикалауда қалай қолдануға болады?
9. Қосымша заттар мен физикалық өрістерді енгізу кезінде ескерілетін факторлар.
10. Өнертапқыштық стандарттарды қолдану инженерлік шешімдерді іздеу аймағын қалай қысқартады?

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Альтшуллер Г. Найти идею: Введение в ТРИЗ - теорию решения изобретательских задач. -М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. Стр. 400.

2. Гольдштейн Е.И. Теория решения изобретательских задач: Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПТУ, 2009. Стр. 153.

3. Петров В.М. Теория решения изобретательских задач - ТРИЗ: учебник по дисциплине «Алгоритмы решения нестандартных задач». М.: СОЛОН-Пресс, 2017 . Стр. 500 с.

4. Злотин Б.Л., Литвин С.С. Теория изобретательских задач: современный подход и примеры применения. - Москва: Эксмо, 2017.

5. Зусман А.В. Методология ТРИЗ: Теория и практика инновационного мышления. - Москва: Наука и Техника, 2019.

Профессор Досболаев М.Қ.