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 7.

Физикалық қарама-қайшылықтар және оларды шешу тәсілдері

Дәрістің мақсаты: Білім алушыларға физикалық қарама-қайшылық ұғымын, оның техникалық қарама-қайшылықтан айырмашылығын және инженерлік есептерді шешудегі рөлін түсіндіру. Бір техникалық элементке қойылатын өзара қарама-қарсы физикалық талаптарды анықтау, оларды уақыт, кеңістік, құрылым, жұмыс шарттары және жүйелік деңгейлер бойынша бөлу тәсілдерін меңгерту. Электр энергетикалық жабдықтардың конструкциясын жетілдіруде осы тәсілдерді қолдану дағдыларын қалыптастыру.

Дәрістің жоспары:

1. Физикалық қарама-қайшылық ұғымы және оның ӨЕШТ теориясындағы орны.
2. Физикалық және техникалық қарама-қайшылықтардың айырмашылығы.
3. Физикалық қарама-қайшылықтарды тұжырымдау әдістері.
4. Физикалық қарама-қайшылықтарды шешу тәсілдері: уақыт, кеңістік, құрылым, шарттар және жүйелік деңгейлер бойынша бөлу.
5. Электр энергетикасындағы физикалық қарама-қайшылықтардың практикалық мысалдары.

Қысқаша теориялық мәліметтер

1. Физикалық қарама-қайшылық ұғымы және оның ӨЕШТ теориясындағы орны

Инженерлік жүйелерді жетілдіру барысында бір техникалық элементке өзара қарама-қарсы талаптар қойылатын жағдайлар жиі кездеседі. *Мысалы,* электр өткізгішінің температурасы электр энергиясының шығынын төмендету үшін мүмкіндігінше төмен болуы керек, ал электрлік қыздырғыштың жұмыс элементінде қажетті жылуды бөлу үшін температура жоғары болуы қажет. Бұл екі бөлек құрылғының әртүрлі міндеттері болғандықтан, өздігінен физикалық қарама-қайшылық болып саналмайды. Физикалық қарама-қайшылық бір объектінің немесе оның белгілі бір бөлігінің бір міндет аясында қарама-қарсы қасиеттерге ие болуы талап етілгенде туындайды.

Мысалы, электрлік коммутация аппаратының контактілері тұйықталған кезде токты жақсы өткізуі, ал ажыратылған кезде электрлік байланысты сенімді үзуі қажет. Яғни бір элементтің электрлік өткізгіштікке қатысты екі қарама-қарсы күйде болуы талап етіледі. Бұл талаптар әртүрлі жұмыс кезеңдерінде орындалатындықтан, оларды уақыт бойынша бөлу арқылы іске асыруға болады.

Өнертапқыштық есептерді шешу теориясында мұндай жағдайлар физикалық қарама-қайшылық ретінде қарастырылады.

Физикалық қарама-қайшылық – техникалық жүйенің бір элементіне, оның қасиетіне немесе физикалық күйіне инженерлік міндетті орындау үшін бір-біріне қарама-қарсы талаптардың қойылуы.

Мысалы, электр жабдығының оқшаулағыш қабаты жоғары электрлік беріктікке ие болуы үшін жеткілікті қалың болуы қажет. Алайда сол қабат арқылы жылуды тиімді әкету үшін оның жұқа болғаны тиімді. Бұл жағдайда бір объектіге – оқшаулағыш қабатқа – екі қарама-қарсы талап қойылады:

- Қабат қалың болуы керек, себебі электрлік оқшаулау сенімділігін қамтамасыз ету қажет.
- Қабат жұқа болуы керек, себебі жылулық кедергіні төмендету қажет.

Қарама-қайшылықтың негізгі мәні – оқшаулағыш қабаттың қалыңдығына бір мезгілде екі түрлі талап қойылуында.

Қарама-қайшылықтарды айқындау, идеалдық соңғы нәтижеге ұмтылу және ресурстарды пайдалану өнертапқыштық есептерді шешудің маңызды құралы. Физикалық қарама-қайшылықтарды анықтау инженерлік мәселенің түпкі мәнін нақтылауға мүмкіндік береді. ӨЕШТ әдіснамасында физикалық қарама-қайшылықты шешудің негізгі идеясы – бір элементке қойылған қарама-қарсы талаптарды әртүрлі жағдайларда немесе жүйенің әртүрлі бөліктерінде орындау мүмкіндігін іздеу. Бұл тәсіл техникалық жүйені күрделендірмей немесе оның күрделенуін шектей отырып, пайдалы функцияларды сақтауға мүмкіндік береді.

2. Физикалық және техникалық қарама-қайшылықтардың айырмашылығы

Алдыңғы дәрісте техникалық қарама-қайшылық жүйенің бір параметрін жақсарту нәтижесінде басқа параметрдің нашарлауы ретінде қарастырылды. Бұл – техникалық қарама-қайшылық, өйткені қозғалтқыштың қуаты мен жылулық режимі сияқты екі түрлі сипаттама арасындағы байланыс қарастырылады. Ал физикалық қарама-қайшылықта бір параметрдің немесе бір физикалық қасиеттің өзіне қарама-қарсы талаптар қойылады.

Мысалы, электр қозғалтқышының оқшаулағыш материалы жоғары электрлік кедергіге ие болуы, бірақ орамада бөлінетін жылуды жақсы өткізуі қажет. Мұнда электрлік және жылулық өткізгіштіктер әртүрлі физикалық қасиеттер екеніне назар аудару керек. Сондықтан бұл тұжырымды физикалық қарама-қайшылыққа айналдыру үшін ортақ басқарылатын параметрді анықтау қажет. Егер таңдалған параметр оқшаулағыш қабаттың қалыңдығы болса, онда: Оқшаулағыш қабат электрлік беріктікті арттыру үшін қалың, ал жылуды тиімді әкету үшін жұқа болуы тиіс. Бұл нақты физикалық қарама-қайшылық болып табылады.

2.1. Техникалық қарама-қайшылықтан физикалық қарама-қайшылыққа өту

Көп жағдайда физикалық қарама-қайшылық техникалық қарама-қайшылықты терең талдау нәтижесінде анықталады. *Мысалы,* электр жабдығында оқшаулау арақашықтығын арттыру электрлік беріктікті жоғарылатады, бірақ құрылғының габариттік өлшемдерін ұлғайтады. Бұл – техникалық қарама-қайшылық.

Оны тереңірек талдағанда мынадай физикалық талаптар пайда болады: Ток өткізетін бөліктер арасындағы арақашықтық электрлік беріктікті қамтамасыз ету үшін үлкен болуы керек, ал құрылғының өлшемдерін азайту үшін кіші болуы керек. Осы тұжырымда бір параметрге – оқшаулау арақашықтығына – қарама-қарсы талаптар қойылып отыр.

Салыстыру белгісі	**Техникалық қарама-қайшылық**	**Физикалық қарама-қайшылық**
Негізгі мазмұны	Бір параметр жақсарғанда екіншісі нашарлайды	Бір қасиетке қарама-қарсы талаптар қойылады
Қарастырылатын параметр	Әртүрлі сипаттамалар	Бір физикалық параметр немесе күй
Мысал	Оқшаулауды күшейту жабдық өлшемін арттырады	Арақашықтық үлкен де, кіші де болуы қажет
Шешу бағыты	Зиянды байланысты әлсірету немесе жою	Қарама-қарсы талаптарды бөлу
Негізгі сұрақ	Бір параметрді екіншісін нашарлатпай қалай жақсартамыз?	Бір объект қарама-қарсы талаптарды қалай орындай алады?

Физикалық қарама-қайшылықты анықтау инженерге мәселені неғұрлым нақты сипаттауға көмектеседі. Өйткені шешім іздеу барысында қандай параметрдің өзгеруі қажеттігі белгілі болады.

3. Физикалық қарама-қайшылықтарды тұжырымдау әдістері

Физикалық қарама-қайшылықты дұрыс тұжырымдау үшін алдымен техникалық жүйенің негізгі функциясы, оны орындауға кедергі келтіретін жағдай және қарама-қарсы талаптардың пайда болу себебі анықталады. Тұжырымдау барысында келесі сұрақтарға жауап беру қажет:

1. Қандай техникалық элемент қарастырылып отыр?
2. Оның қандай физикалық қасиеті немесе параметрі өзгертілуі тиіс?
3. Бұл қасиет не себепті бір мәнге немесе күйге ие болуы керек?
4. Сол қасиет не себепті қарама-қарсы мәнге немесе күйге ие болуы қажет?

3.1. Қарама-қарсы талаптарды тұжырымдау

Физикалық қарама-қайшылықтың жалпы құрылымы: «Элемент белгілі бір пайдалы функцияны орындау үшін А қасиетіне ие болуы керек, бірақ басқа қажетті функцияны орындау үшін оған қарама-қарсы А емес қасиетіне ие болуы тиіс».

Мысалы, электр контактісінің жұмыс бетін қарастырайық. Электрлік байланыс кедергісін төмендету үшін контакт материалының электрлік өткізгіштігі жоғары болуы қажет. Сонымен қатар коммутация кезінде пайда болатын электр доғасының әсерінен материалдың эрозияға төзімділігі жоғары болуы керек.

Мұнда екі түрлі физикалық қасиет – өткізгіштік пен эрозиялық төзімділік – талап етіледі. Сондықтан бұл тұжырым әлі физикалық қарама-қайшылықты толық ашпайды.

Оны нақтылау үшін материалдың құрамына немесе құрылымына қойылатын қарама-қарсы талаптарды анықтауға болады.

Мысалы: Контактінің жұмыс бетінде электрлік кедергіні төмендету үшін жоғары өткізгіштікті материал басым болуы керек, ал электр доғасының әсеріне төзімділікті арттыру үшін эрозияға төзімді құрамдас бөлік басым болуы керек. Осы талаптарды біртекті материалдың бірдей көлемінде толық орындау қиын болса, қарама-қайшылықты құрылым бойынша бөлу тәсілі қарастырылады.

3.2. Идеалдық соңғы нәтижені анықтау

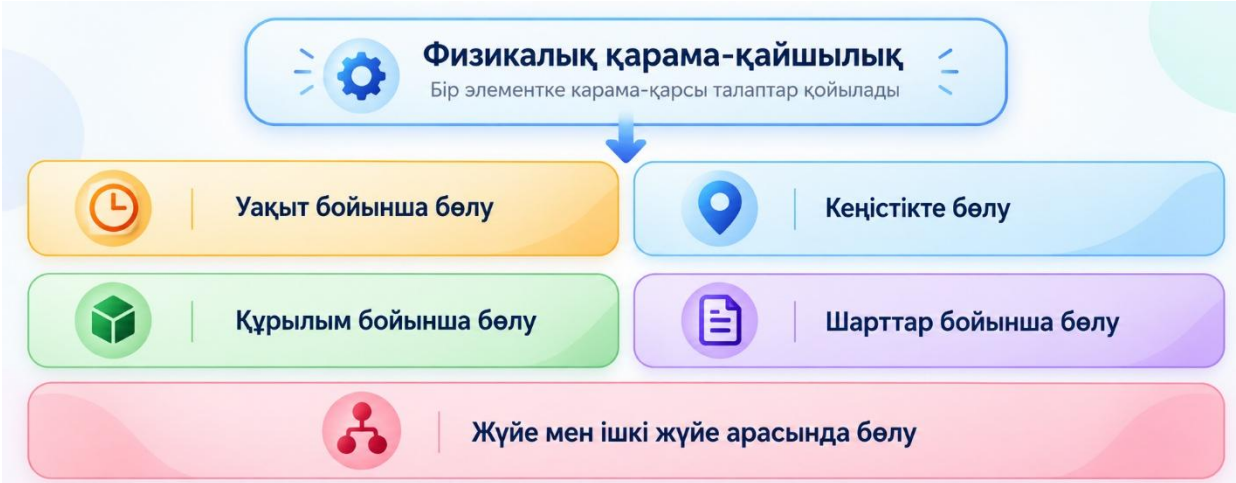
Физикалық қарама-қайшылықты шешу кезінде идеалдық соңғы нәтиже (ИСН) маңызды рөл атқарады. *Идеалдық соңғы нәтиже* – қажетті пайдалы функцияның мүмкіндігінше қосымша шығынсыз және қосымша күрделіліксіз орындалуы.

Мысалы, оқшаулағыш қабатқа қатысты идеалдық соңғы нәтиже: Оқшаулағыш қабат электрлік беріктікті сақтай отырып, жылуды тиімді өткізеді және құрылғының габариттік өлшемдерін ұлғайтпайды. Мұндай нәтижеге қол жеткізу үшін бір ғана параметрді өзгерту жеткіліксіз болуы мүмкін. Сондықтан оқшаулағыш материалдың құрамын, құрылымын, жылу өткізгіштігін және электрлік қасиеттерін бірге қарастыру қажет.

4. Физикалық қарама-қайшылықтарды шешу тәсілдері

ӨЕШТ теориясында физикалық қарама-қайшылықтарды шешудің негізгі тәсілдері қарама-қарсы талаптарды әртүрлі жағдайларда орындауға негізделген.

Оларға уақыт бойынша, кеңістікте, құрылым бойынша, жұмыс шарттарына байланысты және жүйелік деңгейлер арасында бөлу тәсілдері жатады. Бұл тәсілдер ӨЕШТ әдебиеттеріндегі қарама-қайшы қасиеттерді бөлу қағидаларымен байланысты.



1-сурет. Физикалық қарама-қайшылықтарды шешу тәсілдерінің жіктелуі

4.1. Қарама-қарсы талаптарды уақыт бойынша бөлу

Бұл тәсілде техникалық элементтің қарама-қарсы қасиеттері әртүрлі уақыт кезеңдерінде жүзеге асырылады. Яғни объект бір уақытта екі қарама-қарсы күйде болуы міндетті емес. Оның қасиеттері жұмыс кезеңіне байланысты өзгеруі мүмкін. *Мысал:* электрлік коммутация контактісі. Электрлік ажыратқыштың негізгі қызметі – тізбекті қажетті жағдайда қосу және ажырату. Тізбек қосылған кезде контактілердің электрлік кедергісі өте аз болуы керек. Ал тізбек ажыратылған кезде контактілер арасында ток өткізбейтін оқшаулау аралығы қалыптасуы қажет.

Физикалық қарама-қайшылық: Коммутация түйіні токты өткізу үшін өткізгіш күйде, ал токты тоқтату үшін өткізбейтін күйде болуы тиіс.

Бұл қарама-қайшылық уақыт бойынша бөлінеді:

- Қосылған күйде контактілер жанасып, ток өтеді.
- Ажыратылған күйде контактілер бөлініп, жеткілікті оқшаулау аралығы қалыптасады.

Нақты ажыратқышта контактілердің ашылуы токтың бірден тоқтауына кепілдік бермейді. Әсіресе жоғары токтар кезінде электр доғасы пайда болуы мүмкін. Сондықтан доғаны сөндіру жүйесі және электрлік беріктіктің қалпына келу процесі ескеріледі.

Осы тәсілдің басқа мысалдарына температураға тәуелді қосылатын желдеткіштерді, апаттық жағдайларда іске қосылатын қорғаныс жүйелерін және жүктемеге байланысты өзгеретін басқару режимдерін жатқызуға болады.

4.2. Қарама-қарсы талаптарды кеңістікте бөлу

Бұл тәсілде объектінің әртүрлі бөліктері қарама-қарсы физикалық қасиеттерге ие болады. Яғни бір элементтің барлық көлемі бірдей қасиетке ие болуы міндетті емес. *Мысал:* электр контактісінің өткізгіштігі мен эрозиялық төзімділігі. Электр контактісінің негізгі

бөлігінде токтың аз кедергімен өтуі қажет. Ал электр доғасының ең күшті әсеріне ұшырайтын аймақта эрозиялық төзімділік маңызды. Сондықтан контактінің әртүрлі бөліктеріне әртүрлі материалдар қолдануға болады.

Мысалы, ток тасымалдаушы негізгі бөлікті жоғары өткізгіштікті мыстан, ал доғаның әсеріне ұшырайтын бөлікті арнайы эрозияға төзімді контакт материалынан жасау мүмкін. Бұл шешімде жоғары электр өткізгіштік пен эрозиялық төзімділік бір материалдың бүкіл көлемінен бірдей талап етілмейді. Материалдар функциясына қарай әртүрлі аймақтарға орналастырылады. Контакт материалдарын таңдау барысында олардың электрлік және жылулық өткізгіштігі, доғаға төзімділігі, механикалық беріктігі, тотығуы және өзара қосылу технологиясы ескеріледі.

4.3. Қарама-қарсы талаптарды құрылым бойынша бөлу

Құрылым бойынша бөлу кезінде элементтің ішкі құрылысы өзгертіледі. Нәтижесінде әртүрлі құрылымдық бөліктер немесе фазалар қажетті қасиеттерді қамтамасыз етеді. Бұл тәсіл кеңістікте бөлумен тығыз байланысты. Оның ерекшелігі – қарама-қарсы талаптарды орындау үшін материалдың немесе объектінің ішкі құрылымын арнайы ұйымдастыру.

Мысал: электрлік оқшаулағыш материалдың электрлік беріктігі мен жылу өткізгіштігі. Электр қозғалтқышының орамаларын оқшаулайтын материал жоғары электрлік беріктікке ие болуы қажет. Сонымен қатар орамада бөлінетін жылуды корпусқа немесе салқындату ортасына тиімді жеткізуі тиіс. Оқшаулағыш қабат арқылы өтетін жылу ағынын бірөлшемді стационарлық жуықтауда:

$$\dot{Q} = \lambda \frac{A}{d}(T_1 - T_2)$$

өрнегімен анықтауға болады.

Мұндағы: $\lambda -$ материалдың жылу өткізгіштік коэффициенті; $A -$ жылу өтетін аудан; $d -$ оқшаулағыш қабаттың қалыңдығы; $(T_1 - T_2) -$ температуралар айырмасы. Бұл формуладан қабат қалыңдығы артқан сайын жылулық кедергінің өсетіні көрінеді. Қарапайым электрлік модельде:

$$E = \frac{U}{d}$$

яғни берілген кернеу кезінде қабаттың қалыңдығын арттыру орташа электр өрісінің кернеулігін төмендетеді.

Физикалық қарама-қайшылық: Оқшаулағыш қабат электрлік беріктікті қамтамасыз ету үшін қалың, ал жылуды тиімді өткізу үшін жұқа болуы тиіс.

Құрылымдық шешімдердің бірі – жылу өткізгіштігі жоғары, бірақ электрлік оқшаулау қасиетін сақтайтын композициялық материалдарды пайдалану.

Мысалы, полимерлі оқшаулағыш матрицаға электрлік оқшаулағыш болып табылатын, жылу өткізгіштігі жоғары керамикалық толтырғыштар енгізілуі мүмкін. Бұл жағдайда материалдың құрылымы оның электрлік және жылулық қасиеттерін бір уақытта жақсартуға бағытталады. Алайда композициялық материалдың тиімділігі толтырғыштың түріне, мөлшеріне, бөлшектердің орналасуына және материал ішіндегі қуыстарға тәуелді. Сондықтан электрлік беріктік пен жылу өткізгіштік тәжірибелік түрде бағалануы тиіс.

4.4. Қарама-қарсы талаптарды жұмыс шарттарына байланысты бөлу

Бұл тәсілде техникалық элементтің қасиеті сыртқы жағдайларға байланысты өзгереді. *Мысалы,* температура, қысым, электр өрісі, магнит өрісі немесе механикалық жүктеме өзгергенде материалдың қасиеттері де өзгеруі мүмкін. *Мысал:* температураға тәуелді кедергісі бар қорғаныс элементі. Кейбір электрлік қорғаныс құрылғыларында оң температуралық коэффициенті бар PTC-элементтер қолданылады. Қалыпты температурада мұндай элементтің электрлік кедергісі салыстырмалы түрде төмен болады. Токтың шамадан тыс артуы нәтижесінде элемент қызғанда оның кедергісі күрт ұлғаюы мүмкін. Бұл тізбектегі токты шектеуге мүмкіндік береді.

Физикалық қарама-қайшылық: Қалыпты жұмыс кезінде токты өткізу үшін элементтің кедергісі төмен, ал қауіпті қызу жағдайында токты шектеу үшін жоғары болуы тиіс. Мұнда қарама-қарсы талаптар температуралық жағдайға байланысты бөлінеді.

Жұмыс шарты	**Элементтің қасиеті**	**Нәтиже**
Қалыпты температура	Салыстырмалы төмен кедергі	Токтың өтуін қамтамасыз етеді
Артық қызу	Жоғары кедергі	Токты шектеуге ықпал етеді
Салқындағаннан кейін	Кедергі төмендеуі мүмкін	Қалыпты режимге қайту мүмкіндігі

Бұл мысал материалдың қасиетін сыртқы жағдайға тәуелді өзгерту арқылы физикалық қарама-қайшылықты шешу мүмкіндігін көрсетеді. PTC-элементтің нақты жұмыс сипаттамалары материал түріне және құрылғы конструкциясына байланысты. Ол барлық жағдайларда автоматты түрде толық ажыратуды қамтамасыз етпейді, сондықтан негізгі қорғаныс құралдарын алмастырады деп қабылдауға болмайды.

4.5. Қарама-қарсы талаптарды жүйе мен ішкі жүйе арасында бөлу

Бұл тәсілде қарама-қарсы талаптар техникалық жүйенің әртүрлі деңгейлерінде орындалады. *Мысалы,* бүкіл жүйе белгілі бір қасиетке ие болуы керек, бірақ оның жеке бөліктері қарама-қарсы қасиетке ие бола алады. *Мысал:* күштік трансформатордың магнитөткізгіші. Трансформатор магнитөткізгіші магнит ағынын тиімді өткізуі тиіс.

Сондықтан оның материалы жоғары магниттік өтімділікке ие болуы қажет. Алайда айнымалы магнит өрісінің әсерінен магнитөткізгіште құйынды токтар пайда болып, энергия шығынын тудырады. Құйынды токтарды азайту үшін магнитөткізгішті тұтас металдан емес, бір-бірінен электрлік оқшауланған жұқа электротехникалық болат табақшалардан жасауға болады.

Бұл жағдайда:

- Бүкіл магнитөткізгіш магнит ағынын өткізу функциясын орындайды.
- Жеке табақшалардың арасындағы оқшаулағыш қабаттар құйынды токтардың жолын шектейді.

Яғни жүйелік деңгейде магниттік өткізгіштік сақталып, ішкі жүйе деңгейінде электрлік токтардың тұйық контурлары шектеледі. Бұл мысал жүйе мен оның бөліктерінің қасиеттерін әртүрлі ұйымдастыру арқылы энергетикалық шығындарды азайтуға болатынын көрсетеді.

5. Электр энергетикасындағы физикалық қарама-қайшылықтардың практикалық мысалдары

5.1. Бірінші мысал. Электрлік оқшаулағыш қабаттың қалыңдығы

Жоғары кернеулі электр жабдықтарында оқшаулағыш материалдың электрлік беріктігі өте маңызды. Оқшаулағыш қабаттың қалыңдығын арттыру электрлік тесіп өту ықтималдығын азайтуға көмектесуі мүмкін. Бірақ қабат қалыңдаған сайын оның жылулық кедергісі де артады. *Мысалы,* жылу өткізгіштік коэффициенті λ =0,2 Вт/(м·К), ауданы A=0,01 м² болатын оқшаулағыш қабатты қарастырайық. Қабаттың жылулық кедергісі:

$$R_{\text{th}} = \frac{d}{\lambda A}$$

формуласымен анықталады.

Егер қабат қалыңдығы d1=1 мм болса: $R_{\text{th},1} = 0{,}5$ К/Вт

Ал қабат қалыңдығы d2=2 мм болған жағдайда: $R_{\text{th},2} = 1$ К/Вт. Яғни қабат қалыңдығы екі есе артқанда, осы қарапайым модель бойынша оның жылулық кедергісі де екі есе өседі.

Физикалық қарама-қайшылық: Оқшаулағыш қабат электрлік беріктікті қамтамасыз ету үшін қалың, ал жылуды тиімді әкету үшін жұқа болуы қажет.

Оны шешудің ықтимал бағыттары:

- Электрлік беріктігі жоғары материал қолдану арқылы қабат қалыңдығын азайту.
- Жылу өткізгіштігі жоғары электрлік оқшаулағыш материалды пайдалану.
- Көпқабатты немесе композициялық оқшаулағыш құрылымды қолдану.
- Электр өрісінің таралуын оңтайландыру арқылы жергілікті өріс шоғырлануын азайту.

Бұл шешімдер физикалық қарама-қайшылықты материал қасиеттерін және құрылымын өзгерту арқылы әлсіретуге бағытталған.

5.2. Екінші мысал. Жоғары кернеулі электр қондырғысындағы оқшаулау арақашықтығы

Жоғары кернеулі электр жабдықтарында ток өткізетін бөліктер арасындағы арақашықтық электрлік беріктікке әсер етеді. Арақашықтықты арттыру электр өрісінің орташа кернеулігін төмендетуге көмектеседі, бірақ құрылғының габариттік өлшемдерін арттырады.

Техникалық қарама-қайшылық: Егер оқшаулау арақашықтығын арттырсақ, онда электрлік беріктік жоғарылауы мүмкін, бірақ қондырғының өлшемдері ұлғаяды.

Физикалық қарама-қайшылық: Оқшаулау арақашықтығы электрлік беріктік үшін үлкен, ал құрылғыны ықшамдау үшін кіші болуы қажет.

Бұл қарама-қайшылықты шешудің мүмкін жолдарына электр өрісінің таралуын басқару, оқшаулағыш ортаның қасиеттерін өзгерту және арнайы экрандау элементтерін пайдалану жатады. *Мысалы,* электродтардың пішінін өзгерту арқылы электр өрісінің жергілікті шоғырлануын төмендетуге болады. Мұнда геометриялық арақашықтықты міндетті түрде ұлғайтпай, электрлік беріктікті жақсарту мүмкіндігі ізделеді. Бірақ нақты шешім электр өрісінің сандық модельдерімен және жоғары кернеулі сынақтармен тексерілуі тиіс.

5.5. Физикалық қарама-қайшылықтарды шешудің жалпы алгоритмі

Жоғарыда қарастырылған тәсілдерді инженерлік тәжірибеде қолдану үшін келесі алгоритм ұсынылады.

1-кезең: Инженерлік мәселені анықтау

2-кезең: Техникалық қарама-қайшылықты тұжырымдау

3-кезең: Қарама-қарсы талап қойылатын бір физикалық параметрді анықтау

4-кезең: Физикалық қарама-қайшылықты нақты тұжырымдау

5-кезең: Уақыт, кеңістік, құрылым, шарттар немесе жүйелік деңгей бойынша бөлу тәсілін таңдау

6-кезең: Қолда бар ресурстар негізінде шешім ұсыну

7-кезең: Шешімді есептеу, модельдеу және тәжірибе арқылы тексеру

Бұл алгоритм қарама-қайшылықтарды жүйелі түрде талдауға, тиімді шешімдерді іздеуге және алынған нәтижелерді инженерлік тұрғыдан бағалауға мүмкіндік береді.

Өзіндік тексеруге арналған бақылау сұрақтары

1. Физикалық қарама-қайшылық дегеніміз не?
2. Техникалық және физикалық қарама-қайшылықтардың негізгі айырмашылығы қандай?
3. Физикалық қарама-қайшылықты дұрыс тұжырымдау үшін қандай кезеңдер орындалады?
4. Қарама-қарсы талаптарды уақыт бойынша бөлу тәсілін түсіндіріңіз.
5. Кеңістікте және құрылым бойынша бөлу тәсілдерінің айырмашылығы қандай?
6. Қандай жағдайларда физикалық қарама-қайшылықты шарттарға байланысты бөлу тиімді?
7. Электр контактілерінің өткізгіштігі мен эрозиялық төзімділігі мәселесін қалай шешуге болады?
8. Электрлік оқшаулағыш қабаттың қалыңдығына қойылатын қарама-қарсы талаптарды түсіндіріңіз.
9. Жүйе мен ішкі жүйе деңгейлеріндегі қарама-қайшылықтарды бөлуге мысал келтіріңіз.

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.