

ҚИСАБЕКОВА ПЕРИЗАТ ӘУЕЛҚЫЗЫ

Энергетикалық нысандардың жылу параметрлерін бақылауға арналған жылуөлшеуіш құрылғыны әзірлеу және құру

8D05303 – Жылуфизика және теориялық жылу техника білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған диссертацияна

АННОТАЦИЯ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Қазіргі уақытта маңызды міндеттердің бірі өнеркәсіптік және энергетикалық жүйелердің сенімділігі мен тиімділігін қамтамасыз ету. Әсіресе, жылу желілеріндегі ақаулар мен кемшіліктерді дер кезінде анықтау жылу шығындарын азайтуға, жабдықтардың қызмет ету мерзімін ұзартуға және энергетикалық тиімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

Бұл міндетті шешу үшін бұзбайтын бақылау әдістері кеңінен қолданылады, себебі олар нысанның техникалық жағдайын оның құрылымына зақым келтірмей бағалауға мүмкіндік береді. Солардың ішінде жылулық бақылау әдісі жасырын ақауларды жылу ағыны мен температуралық өзгерістерді талдау арқылы анықтауға мүмкіндік беретін тиімді құрал ретінде ерекшеленеді. Бұл әдіс материалдар мен жабдықтардағы ішкі өзгерістерді дәл диагностикалауға, оқшаулау ақауларын, ағуларды және басқа да кемшіліктерді анықтауға жағдай жасайды.

Алайда қазіргі қолданыстағы жылулық бақылауға арналған құрылғылардың көпшілігі өлшеу дәлдігі, әсер ету уақыты және әртүрлі жылу ағындары аясында тұрақты жұмыс істеу мүмкіндігі жағынан шектеулерге ие. Сондықтан жоғары сезімталдыққа ие, жылулық ағын тығыздығын дәл өлшей алатын және жылу желілеріндегі ақауларды ерте кезеңде анықтайтын жаңа құрылғыларды әзірлеу өзекті мәселе болып табылады.

Осыған байланысты, бүтіндігін бұзбайтын бақылау әдісіне негізделген және жылулық өлшеулерді жоғары дәлдікпен жүргізе алатын құрылғыны жасау өзекті ғылыми-техникалық міндет болып табылады. Мұндай құрылғыны жасау жылу жүйелерінің сенімділігі мен қауіпсіздігін арттыруға, қызмет көрсету мен жөндеуге кететін шығындарды азайтуға, сондай-ақ өнеркәсіптік және энергетикалық нысандардың энергия тиімділігін жақсартуға мүмкіндік береді.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты: энергетикалық объектілердің жылу параметрлерін бақылауға арналған жылу ағынын өлшейтін термоэлектрлік түрлендіргіштер негізіндегі жылуөлшеу құрылғысының метрологиялық және пайдалану қасиеттерін жақсарту болып табылады.

Зерттеу міндеттері. Диссертациялық зерттеуді жүргізу аясында келесі міндеттер қойылды:

- «Жартылай сфера–цилиндр» күрделі құрылымындағы сезімтал элементтің температуралық өрісін сипаттайтын жылу өткізгіштік теңдеуінің шешімін алу;

- әртүрлі физикалық параметрлердің (E , Q , α) мәндерінде дененің кез келген нүктесіндегі температуралық өрістерді сипаттайтын аналитикалық шешімдерді алу, соның негізінде әртүрлі пайдалану жағдайларында термодатчиктерді жобалау мен калибрлеуді жеңілдетуге мүмкіндік беруге қажетті әмбебап есептеу формулаларын $T_1(r, \varphi, z, t)$ және $T_2(r, \varphi, \mu, t)$ алу;

- сезімталдық және дәлдік сипаттамалары жақсартылған жылу ағынының термоэлектрлік түрлендіргіштерінің құрылымын теориялық негіздеу;

- жылу параметрлерін бақылауға арналған жылуөлшеуіш құралдың эксперименттік үлгісін әзірлеу және жасау;

- әзірленген диагностикалық құрылғыны тексеру және оның градуирлеу сипаттамаларын зерттеу үшін аттестациялық стендті әзірлеу;

- әзірленген жылу параметрлерін өлшеуіштің дәлдігін, сенімділігін және тұрақтылығын бағалау бойынша зертханалық және өндірістік жағдайларда эксперименттік зерттеулер жүргізу.

Зерттеу нысаны энергетикалық объектілердің жылулық шамалары мен параметрлерін өлшеу процесі болып табылады.

Зерттеу әдістемесі. Зерттеуде аналитикалық әдіс, математикалық модельдеу, эксперименттік зерттеулер, калибрлеу және градуирлеу әдістері, сондай-ақ жылу ағынын бұзбайтын бақылаудағы құрылғының сипаттамалары мен тиімділігін бағалау үшін салыстырмалы талдау қолданылды.

Ғылыми жаңашылдығы:

1. Алғаш рет сфералық және цилиндрлік геометрияны ескеретін жылуөткізгіштік есебінің шешімі алынды. Бұл шешім Бессель функциялары мен Лежандр көпмүшелері арқылы интегралдық түрлендірулерді қолдануға негізделген және сыртқы жылу ағыны әсерінен жартылай сфера төбесі мен цилиндр табаны арасындағы температура айырмасының динамикасын дәл сипаттауға мүмкіндік береді.

2. Алғаш рет температура айырымы ($\Delta T(t)$) есептеу үшін цилиндр табанының температурасын аудан бойынша орташа алу әдісі ұсынылды. Бұл тәсіл нәтижені радиал координатаға тәуелсіз етеді және датчик сигналының бірыңғай мәнін қамтамасыз етіп, модельдің нақты пайдалану жағдайларындағы дәлдігі мен практикалық қолданылуын арттырады.

3. Эталонды жылу ағынын тудыру үшін тек калибрлеу режимінде ғана белсендірілетін және сыртқы құрылғыларды қолданбай құралдың өзін-өзі калибрлеуін қамтамасыз ететін жұқа мыс фольгадан жасалған кіріктірілген қыздырғыш элементін пайдалану.

4. Жылу өткізгіш алюминий пластинасын (жылу өткізгіштігі ~ 200 Вт/м•К) және жылу өткізгіш пастаны интеграциялау, жылу ағынының біркелкі таралуы мен жылу шығындарын азайтуды қамтамасыз етеді (байланыс қабаттарындағы температураның төмендеуі $0,2^\circ\text{C}$ -ден аз), бұл

құралдың жарықшақтар немесе жылу ағуы сияқты ақауларға сезімталдығын арттырады.

5. Термоэлектрлік батареялы түрлендіргішті әзірлеуде, оның жұмыс бетіне 5–10% көмір ұнтағы қосылған эпоксидті шайыр құю жылу ағынына сезімталдықты арттыра отырып, шамамен 0,9 жұтылу коэффициентін қамтамасыз етеді.

6. ТермоЭҚК коэффициенті 5,415 мВ/°С жылу ағынын өлшеуге арналған құрылғының әзірленген моделі -30 °С-тан 100 °С-қа дейінгі жұмыс температура диапазонында жылу тасымалдағыштар мен құрылымдардың ақауларын анықтау кезінде жоғары сезімталдық пен дәлдікті қамтамасыз етеді.

Құрылғының әмбебаптығы оның эталондық жылу ағынын тудыру қабілетіне байланысты, бұл оны әртүрлі жағдайларда, соның ішінде далалық жағдайда, калибрлеу мен өлшеулерге арналған икемді құралға айналдырады. Құрылымына қыздырғыш элемент пен термоэлектрлік салқындатқыш кіреді, олар термоэлектрлік батареялық түрлендіргіш арқылы басқарылатын жылу ағынын тудыруға мүмкіндік береді. Бұл құрылғыны тікелей пайдалану орнында, стационарлық зертханалық жабдықты қолданбай-ақ, калибрлеуге мүмкіндік береді.

Негізгі нәтижелерге мыналар жатады:

1. «Жартылай сфера-цилиндр» түріндегі сезімтал элементі бар жылу ағыны датчигіндегі температура айырымының ($\Delta T(t)$) аналитикалық есептеу әдістемесі әзірленді. Бұл әдістеме жартылай сфера мен цилиндр шекарасындағы температура мен жылу ағынының үздіксіздігін ескере отырып, жылуөткізгіштік теңдеулерін шешуге негізделген және датчиктің қыздыру динамикасын жоғары дәлдікпен бағалауға мүмкіндік береді.

2. Бұзбайтын бақылау әдісін қолданатын, термоэлектрлік батареялық түрлендіргіші бар және термоЭҚК коэффициенті 5,415 мВ/°С болатын, әзірленген жылу ағынын өлшеуге арналған құрылғы -30°С-тан 100°С-қа дейінгі температура диапазонында жылу тасымалдағыштағы ақауларды анықтау кезінде жоғары сезімталдық пен дәлдікті қамтамасыз етеді.

3. Әзірленген жылу ағынын өлшейтін құрал жоғары дәлдік пен сенімділікті қамтамасыз етеді, ол 10-нан 900 Вт/м² дейінгі диапазонда жылу ағыны тығыздығын 2,408 Вт/(м²·мВ) түрлендіру коэффициентімен және 3%-дан аспайтын жүйелі қателікпен өлшейді, бұл тәжірибелік зерттеулермен расталып, өнеркәсіптік пайдалану талаптарына сәйкес келеді.

Жұмыстың ғылыми-практикалық құндылығы: әзірленген құрал жылу желілерін, сондай-ақ өнеркәсіптік және жылуэнергетикалық жабдықтарды диагностикалау үшін пайдаланылуы мүмкін. Зерттеу барысында жасалған зертханалық стендтер физика-техникалық факультетінің студенттері үшін оқу базасы ретінде қызмет етіп, дипломдық және ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындауда қолданыла алады.

Жылу ағынын өлшеуге арналған құрылғы жылу желілерінде және жылу техникалық объектілерде өндірістік сынақтан өткізілді. Ғылыми-зерттеу және технологиялық жұмыстардың нәтижелері бойынша Қарағанды

қаласындағы «Энергосервис LTD» ЖШС кәсіпорынында сынақ актісі рәсімделді.

Жұмыстың апробациясы. Жұмыстың негізгі нәтижелері профессор Ж.С.Ақылбаев атындағы инженерлік жылуфизика кафедрасының ғылыми семинарларында және келесідей халықаралық конференцияларды баяндалып, талқыланды: XI-й Международной научной конференции «Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент» (Қарағанда, 2019); Ninth International Conference «Modern Trends in Science» FMNS-2021 (Болгария, 2021).

Басылымдар. Диссертациялық жұмыстың қорытындысы бойынша 11 баспа жұмысы жарияланды: Scopus базасына кіретін журналдарда 4 мақала; ҚР ҒЖБССҚК ұсынған журналдарда 3 мақала; РҒДИ деректер базасына кіретін журналдарда 1 мақала; халықаралық конференциялар материалдарында 4 мақала жарияланды және «Жылу ағынын өлшеуге арналған құрылғы» атты пайдалы моделге патент алынды (№6393, 03.09.2021).

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыстың құрылымы қойылған мақсаттармен айқындалған және кіріспе, төрт бөлім, қорытындыдан тұрады. Жұмыс 121 бет басылған мәтіннен, 42 суретпен, 12 кестемен безендірілген және 118 атаудан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімін қамтиды.