

6D071600 – «Аспап жасау» мамандығы бойынша
философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылған
БАЯСИЛОВА ЗУХРА АНУАРОВНАНЫҢ
«ҚЫСЫМДАР ЖӘНЕ ТЕМПЕРАТУРАЛАР СӘЙКЕС ДАТЧИКТЕРДІҢ
ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ»
тақырыбы бойынша диссертациялық жұмысына
АҢДАТПА

Шешілетін ғылыми-технологиялық мәселенің (тапсырма) қазіргі жай-күйін бағалау

Ақпараттық және басқару жүйелерінің әлемдік дамуының тән белгісі өмір сүрудің барлық салаларында, негізінен электрлік емес, физикалық шамалары әртүрлі датчиктердің кеңінен қолдануы болып табылады. Физикалық шамалар датчиктері (ФШД) өнеркәсіптік бақылауда, өндірістік процестерді автоматтандыруда, автомобиль, авиациялық және темір жол көлігінде, авиациялық техника мен атом энергетикасында қолданылады. Әсіресе, соққы жүктемелері, радиация, діріл, температура сияқты пайдаланудың экстремалды жағдайларда ФШ өлшеу кезінде олардың рөлі зор.

ФШД ақпараттық және басқару жүйелерінің техникалық деңгейі мен құнын анықтайтын негізгі элементтеріне айналып отыр. Бұл ретте, жоғары метрологиялық сипаттамалардан басқа, ФШД жоғары сенімділік деңгейіне, ұзақ мерзімділікке, тұрақтылыққа, аз габариттерге, салмаққа және энергия тұтынуға ие болуы тиіс.

Қазіргі заманғы өнеркәсіптік ақпараттық жүйелер пирамидалық көп деңгейлі құрылымға ие екенін атап өткен жөн, бұл ретте объектінің жағдайы мен жұмыс істеуі туралы ақпарат төменгі деңгейден жоғарыға дейін беріледі. Әрбір жаңа деңгеймен ақпарат мөлшері азаяды, ал оның маңыздылығы артады. Төмен (нөлдік) деңгей - бұл сенсорлар мен атқарушы құрылғылар (актуаторлар) желілері.

Датчиктер мен орындаушы құрылғылар (RS485, 1-Wire, CAN) сандық және (0-5В, 4-20мА, 0-16мА, 0-24мА) аналогтық интерфейстер арқылы өнеркәсіптік контроллерге немесе датчиктің нақты түріне арналған арнайы деректер беру құрылғыларына қосылады.

Бұл деңгейдің ерекшелігі оның жоғары ақпараттылығы мен өлшеу құралдарының әртүрлілігі және амплитудасы, (аналогты, сандық, электрлік, электрлік емес) түрлері бойынша, жиілік диапазоны бойынша және т.б. сигналдардың түрлеріндегі айырмашылық болып табылады. ФШД-ның дұрыс жұмыс істеуі кезінде басқару жүйелерінің қалған деңгейлері де ФШД-нен ақпаратты қажетті түрге айналдыра отырып, штаттық режимде жұмыс істейтін болады.

Әдетте, көптеген ФШД-гі бір ғана шаманы, мысалы, қысымды, жылжуды, температураны қабылдайды, бұл ретте алу нүктелері ФШД-де әртүрлі болады, бұл объектінің бірыңғай моделін құруды қамтамасыз етуін қиындатады.

Сонымен қатар, аспапжасаудағы өлшеу практикасы техникадағы, өнеркәсіптегі және технологиялардағы барлық өлшенетін параметрлерден, барлық өлшеулердің қысымы (30-40) % және температурасы (10-20) % екенін көрсетеді.

Сонымен қатар, температура үнемі басқа параметрлердің негізгі өлшемдерінде қолданылатын жанама параметр болып табылады. Осылайша, газ бен сұйықтықтардың шығынын өлшеу кезінде температураны өлшеу міндетті болып табылады, өйткені оның шамасына түзету енгізіледі. Кейбір өлшеу әдістерінде температура негізгі бақыланатын өлшем болып табылады: жылулық шығын өлшегіштері, термокаталитикалық газ ұяшықтары, ылғалдылық датчиктері және т.б.

Осылайша, қысым мен температураны жиынтық өлшеу үлесіне шамамен ФШ өлшемінің 45-55%-ы келеді, сондықтан пайдаланудың экстремалды жағдайларында қысым мен температураны бір мезетте өлшейтін өлшеу түрлендіргіштерін (ӨТ) жасау өте өзекті тақырып болып табылады.

Бұл тақырыппен негізінен шетелдік фирмалар және Эндэвко, Кулайт (АҚШ), Мида, Метран, Сигнал (Ресей) сияқты ғылыми ұжымдар мен ғалымдар айналысады. Өкінішке орай, Қазақстанда жеке датчиктер өндірісі жоқ, сондықтан тек импортты пайдаланады.

Өлшеуіш түрлендіргіштерді әзірлеу және модельдеу саласындағы осы бағытқа айтарлықтай үлес қосқан Панич А.Е, Стучебникова В.М., Распопова В.Я., Михайлова П.Г сияқты ресейлік, сондай-ақ шетелдік Eller E.E., Jaffe H., Jackson R.G., Fraden J., Kurtz A.D. және басқа да бірқатар ғалымдарды атап өту қажет.

Осы диссертациялық жұмыста алғаш рет өлшеудің үйлесімділік міндеті қойылады және математикалық үлгілеу негізінде МЭМЖ конструкциялары мен технологияларын пайдалану негізінде қысымның және температураның біріктірілген датчиктерін құру мүмкіндігі көрсетілген.

Тақырыпты әзірлеу үшін негізгі және бастапқы деректер. Үкіметтік бағдарламалар мен қаулылар шетелдік жеткізілімдерден тәуелділікті азайтуға бағытталу негізінде, Қазақстан Республикасында қысым мен температураның микроэлектрондық датчиктері (ҚТ МЭД) қосылған құны жоғары импортты алмастыратын өнімді жасауды болжайды. Мұндай тақырып ҚР БҒМ желісі бойынша гранттық қаржыландыруға ұсынылды, сондықтан қазіргі уақытта ғылыми және өндірістік бағыттарда да белсенді әзірленуде.

Жүргізілген маркетингтік зерттеулер көрсеткендей, біріктірілген қысым мен температура датчиктері достастық елдерінде жоғары сұранысқа ие болып отыр.

Мұнай-химиядағы, мұнай өндірудегі және құбыр жүйесіндегі жаңа немесе жаңғыртылатын өндірістерді импорттық датчиктермен жарақтандыру олардың жоғары құнына байланысты орынсыз болып отыр.

Импортты алмастыру қажеттілігі мен қолданылуына байланысты диссертациялық жұмыстың тақырыбы өзекті және сұранысқа ие болып табылады.

Тақырыптың өзектілігі. ФШД-ін қолдану салаларының кеңеюіне байланысты, әсіресе температураның, агрессивті ортаның, дірілдің және үдеудің экстремалды сыртқы факторларының (СФ) әсеріне төзімді, бір қатар қысымның және температураның біріктірілген датчиктерін құру қажеттілігі туындады. Мұндай СФ терең мұнай ұңғымаларына, авиацияға, тасымалдағыш зымырандарға және т.б. тән. Сондықтан, әзірлеу кезінде сенімділігі, беріктілігі, өлшеуге және ескеруге өте күрделі датчик элементтері мен түйіндердегі жылулық деформация және механикалық генерация негізінен пайда болатын қателіктердің артуы ҚТД-нің сезімтал құрылымына СФ әсерін ескеру қажет.

Қазіргі уақытта бір нүктеде мысалы, қысым мен температура, температура мен ылғалдылық, қысым мен діріл және т.б. сияқты бірнеше ФШ бір уақытта өлшеуді жүргізуге мүмкіндік беретін микроэлектронды көпфункционалды ФШД неғұрлым маңызды болып табылатынын атап өткен жөн. Бұл ретте олардың модельдері мен конструкцияларын моделдеу өте қиын көп өлшемді құрылымдар болып табылады.

ФШД-ін әзірлеу және дайындау процестерінің қымбатшылығы мен еңбекті талап ету күрделілігіне байланысты, оларды жобалау процесінде математикалық үлгілеу әдістері ерекше рөл алады, яғни датчиктерді әзірлеуге кететін мерзімдер мен шығындарды айтарлықтай қысқартуға мүмкіндік береді.

Жүргізілген зерттеу барысында, датчиктердегі жылу және деформациялық өрістерді модельдеуге мүмкіндік беретін қымбат тұратын бағдарламалар мен әдістемелер бар екені анықталды. Өкінішке орай, бұл лицензиялық бағдарламалар, әрине, әр түрлі әдістерге негізделген, өте қымбат, сонымен қатар, олар игеруде көп еңбектену қажет. Сондықтан датчик элементтерін есептеу үшін практикалық нәтижелермен толықтырылған дәстүрлі инженерлік тәсіл ҚТД-ін тиімді модельдеуге мүмкіндік береді.

Осыған байланысты диссертациялық жұмыс, экстремалды жағдайларда пайдалануға есептелінген қысымның және температураның микроэлектронды біріктірілген датчиктерін әзірлеуге арналған.

Жұмыс мақсаттары:

- бірлескен ҚТД компоненттерінің жаңа құрылымдарын әзірлеу;
- сыртқы факторлардың әсерін компенсациялау бойынша алгоритмдер мен бағдарламалар, математикалық модельдер құру;
- бірлескен ҚТД эксперименттік макеттерін дайындау және сынау.

Зерттеу нысандары экстремалды жағдайларда пайдалану үшін арналған қысымдар және температуралар сәйкес көпфункционалды микроэлектронды датчиктері болып табылады.

Зерттеудің мәні қалыпты және экстремалды жағдайларда ҚТД элементтерін құру мен жұмыс істеуіне теориялық талдау жасау және эксперименттік зерттеу жүргізу болып табылады.

Зерттеудің міндеттері, олардың жалпы ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындаудағы орны

- пайдалану шарттары мен режимдеріне және сыртқы тұрақсыздандырғыш факторлардың ҚТД сипаттамаларына әсері мен талдау жүргізу.

- ЖӨСЭ-тегі МЭД-дағы қысым мен температураны түрлендірудің үйлесімді әдістерін зерттеу және таңдау;

- біріктірілген ҚТД-дағы СЭ пен ӨМ конструкциясын әзірлеу;

- ҚТД МЭ компоненттерінің электрофизикалық, конструктивтік және ақпараттық үйлесімділігінің мәселелерін зерттеу;

- бірлескен ҚТД-індегі құрылымдарын математикалық модельдеу алгоритмдері мен бағдарламаларын әзірлеу;

- ҚТД-нің эксперименттік үлгілерін дайындау және сынау.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы:

- экстремалды жағдайларды пайдалануды ескере отырып қысым мен температураны түрлендірудің үйлесімді физикалық әдістерін таңдау және талдау бойынша зерттеулер жүргізілді;

- СЭ-і пен ЖӨСЭ-ін оңтайландыру және модельдеу бағдарламалары мен алгоритмдері әзірленді;

- топологияны оңтайландыру және үйлесімді функционалдық материалдарды таңдау бойынша жаңа конструктивтік-технологиялық шешімдер ұсынылды;

- деформациялық және термотәуелді сенсорлық элементтері бар модульдік ЖӨСЭ-тің жаңа конструкциялары әзірленді және сынақтан өтті;

- пленкалы компенсаторлардың моделі әзірленді және әдістемесі ұсынылды.

Қорғауға шығарылатын ережелер

Ұсынылатын гипотезалар:

- СЭ пен ӨЭ ҚТД электрфизикалық сипаттамаларына механикалық және жылу кернеулерінің әсері анықталды және компенсация әдістері мен тәсілдері анықталды.

- бір СЭ-тегі қысым мен температураны түрлендірудің үйлесімді әдістері анықталды.

Ұсынылған гипотезалар негізінде қорғауға ұсынылатын ережелер әзірленді:

- датчиктерді пайдаланудың экстремалды шарттарын ескеретін күштік және жылу параметрлерін түрлендірудің үйлесімді әдістері.

- ақпараттық және метрологиялық сипаттамаларды болжау мүмкіндігін қамтамасыз ететін, өлшеу дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретін СЭ пен ӨМ-нің ҚТД математикалық модельдері.

- СЭ пен ӨМ-нің ҚТД сипаттамаларына механикалық кернеулердің әсерін талдау нәтижелері және оларды компенсациялаудың әдістері жасалды.

- микромеханикалық СЭ пен ӨМ-мен жабдықталған, ҚТД-нің эксперименттік үлгілерінің әзірленген, дайындалған және сыналған зерттеу нәтижелері.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы

Қазақстан жағдайында жаңа импорт алмастырушы өнім өндірісін әзірлеу және игеру мүмкіндігі: жоғары қосымша құны бар қысым мен температураның бірқатар микроэлектронды датчиктер көрсетілді. Жобаланған біріздендірілген СЭ пен ӨМ-нің қолданылуына негізделі отырып, жабдыққа ең аз салынғанда шағын кәсіпорындар жағдайында ҚТД-ын жинауға және реттеуге болады.

Жұмысты жариялау және апробациялау.

Диссертация тақырыбы бойынша 13 ғылыми мақала жарияланды, оның ішінде 1 нөлдік импакт-факторлы, 4 мақала ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған ғылыми басылымдарда жарық көрді.

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ "Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары" кафедрасының семинарларында (Қазақстан, Алматы); XII Халықаралық ғылыми-практикалық интернет-конференциясы «Жастар. Ғылым. Инновация» (Youth.Science.Innovation) К.Г. Разумовский атындағы ПФ ММУТУ (БКУ) (Ресей, Пенза, 2016); «Ғылым мен білім берудегі ақпараттық технологиялар. Мәселелер мен жетістіктер» атты III жыл сайынғы ЖОО аралық студенттік ҒПК «ПМУ» (Ресей, Пенза, 2016); «Ғылым, білім, мәдениет саласындағы жастар бастамалары» атты аймақтық жастар ғылыми конференциясы «М.Е. Евсевьев атындағы Мордов мемлекеттік педагогикалық институты» (Ресей, Саранск 19-20 мамыр 2016); XIII Mezinárodní vědecko - praktická conference «Aktuální vymoženosti vědy - 2017» (Česká republika, Praha, 22-30 června 2017); XV Mezinárodní vědecko – praktická conference «Efektivní nástroje moderních věd -2019» (Česká republika, Praha, 22-30 dubna 2019); «2019 тау-кен өнеркәсібі және көлік үшін инженерлік кадрларды даярлаудың заманауи инновациялық технологиялары» халықаралық конференциясы (Украина, Днепр, 26-27 сәуір 2019).

Диссертацияның құрылымы мен көлемі.

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыстың негізгі мәтіні 140 бет машинкамен жазылған, 91 сурет, 6 кесте бар, пайдаланылған әдебиеттер тізімі 128 атаудан тұрады.