

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Шағыр Жанар Саябекқызы

Жоғарғы қуатты турбогенераторлардың статор орамаларының температурасын өлшеу үшін электронды жүйені құруға арналған тар диодтық материалдардың сипаттамаларын зерттеу

дипломдық жобасына

**ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ**

5B071600 - Аспап жасау мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

РТЖАТҚ кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. кандидаты

 Қ.А. Ожикенов

«22» маусым 2019 ж.

дипломдық жобаның

### ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ

Тақырыбы: «Жоғарға қуатты турбогенераторлардың статор орамаларын температурасын өлшеу үшін электронды жүйені құруға арналған тар диодтық материалдардың сипаттамаларын зерттеу»

5B071600 - Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындаған

Шағыр Ж.С.

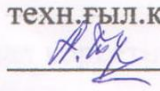
Сын пікір жазушы

PhD доктор

 Муратов М.М.

Ғылыми жетекшісі

техн. ғыл. канд., ас. профессор

 Туякбаев А.А.

«13» маусым 2019 ж.

«13» маусым 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

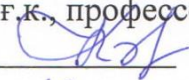
«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 - Аспап жасау

**БЕКІТЕМІН**

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі

Т.ғ.к., профессор

 Қ.А. Ожикенов

«22» мамыр 2019 ж.

Дипломдық жобаны орындауға

**ТАПСЫРМА**

Білім алушыға Шағыр Жанар Саябекқызы

Жобаның тақырыбы: Жоғарғы қуатты турбогенераторлардың статор орамаларының температурасын өлшеу үшін электронды жүйені құруға арналған тар диодтық материалдардың сипаттамаларын зерттеу

Университет Ректорының № 2018 жылғы «06 қараша» 1252-б бұйрығымен бекітілген.

Орындалған жобаны өткізу мерзімі «24» мамыр 2019 жыл

Дипломдық жобаның бастапқы мәліметтері: жобаның құрылымдық сұлбасы, принципіалды сұлбалары құрастырылып, электронды сұлба сипатталды.

Есеп-түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша дипломдық жобаның мазмұны:

а) Турбогенератордың құрылымын қарастыру

б) Электронды сұлбаны құру

в) Тар аймақты жартылай өткізгіш материалдарды талдау

г) Түрлендіргіш құрылғыларды таңдау

д) Операционды күшейткішті таңдау

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген) 15 слайд

Ұсынылған негізгі әдебиеттер 15 әдебиеттер тізімі

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

**КЕСТЕСІ**

Бөлімдер қарастырылатын сұрақтардың тізімі	атауы,	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескертулер
Негізгі бөлім		05.02 – 10.03.2019 ж.	<i>Орындалған</i>
Құрастыру бөлімі		14.03 – 04.04.2019ж.	<i>Орындалған</i>
Бағдарламалау бөлімі		05.04 – 07.05.2019 ж.	<i>Орындалған</i>

Аяқталған дипломдық жұмыс (жобаға) және оған қатысты бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының

**ҚОЛТАҢБАЛАРЫ**

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні,тегі, ғылыми дәрежесі,атағы)	Қолтанба қойылған мерзімі	Қолы
Қалып бақылаушы	Ж.С.Бигалиева, техникалық ғылымның магистрі, лектор	15.05.2019ж	<i>Биг</i>

Ғылыми жетекшісі

*А.А.Туякбаев*

А.А.Туякбаев

(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

*Ж.С.Шағыр*

Ж.С.Шағыр

(қолы)

Күні «22» мамыр 2019 ж.

## АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс жоғары қуатты турбогенераторларының статор орамаларының температурасын өлшеу үшін электронды жүйені құруға арналған тар диодтық материалдардың сипаттамаларын зерттеу болып табылады.

Қазіргі уақытта жоғары қуатты турбогенераторлардың статордың орамаларының температурасын байланыссыз өлшеу үшін электронды сұлба жасалған. Бұл электронды жүйе сезімтал датчиктердің салыстырмалы қолдануға негізделген. Сезімтал датчиктер тар аймақты жартылай өткізгіш материалдар негізінде дайындалған.

Тар аймақты жартылай өткізгіш материалдардың талдауында қорғасын сульфаты PbS температураның сұйық азотсыз ИК ауқымында жарық сезгіш элементтің функцияларын орындауға қабілеттілігі салдарынан турбогенераторлардың статор орамаларының температурасын контактсыз өлшеудің электронды жүйесі үшін пайдаланылуы мүмкін екендігін көрсетті.

## АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа представляет собой исследование характеристик узкозонных материалов для формирования электронной системы измерения температуры обмоток статора мощных турбогенераторов.

В настоящее время составлена электронная схема бесконтактного измерения температуры обмоток мощных турбогенераторов. Эта электронная система основана на относительном использовании чувствительных датчиков. Чувствительные датчики изготовлены из узких полупроводниковых материалов.

Анализ узких полупроводниковых материалов показал, что температура сульфата свинца PbS может быть использована для бесконтактной системы измерения обмоток статора турбогенератора в результате возможности выполнения светочувствительных элементов в ИК-диапазоне жидкого азота.

## ANNOTATION

This is a diploma project study of the characteristics of narrow-gap materials for the formation of an electronic system for measuring the temperature of the stator windings of powerful turbo-generators.

At present, an electronic circuit has been drawn up for contactless measurement of the temperature of the windings of powerful turbo-generators. This electronic system is based on the relative use of sensitive sensors. Sensors are made of narrow semiconductor materials.

Analysis of narrow semiconductor materials showed that lead sulphate PbS temperature can be used for a contactless measurement system for the stator windings of a turbogenerator as a result of the possibility of performing photosensitive elements in the IR range of liquid nitrogen.

## МАЗМҰНЫ

	КІРІСПЕ	9
1.	Турбогенератордың конструкторлық ерекшелеріктерін талдау.	10
	Турбогенератордың салқындату жүйесі	
1.1	Толық сумен салқындату турбогенераторының техникалық сипаттамалары	10
1.2	Генераторда салқындатқыштардың орналасуы	14
1.3	Статор бойынша ортақ ерекшеліктер	18
1.4	Өткізгіштің құрылымы	19
1.5	Статор орамасын салқындату	20
1.6	Салқындатқышпен бөлу. Сумен жабдықтау. Салқындатқыштың қымтаулылығы	21
1.7	Электрлік машинаның габариттілік және өлшеудің дәл еместігін талдау	22
2	Тар аймақты тік зоналы жартылай өткізгіш материалдардың артықшылықтары мен кемшіліктерін талдау	24
2.1	Индий арсениді	24
2.2	Индий антимониді	24
2.3	Қорғасын теллуриді	25
2.3.1	Қорғасын теллуридiнiң электр физикалық қасиетi	26
2.3.2	Қорғасын теллуридiнiң оптикалық қасиеттерi	28
2.4	Плюмбум қалайы теллур	29
2.5	Селен және теллур	29
2.5.1	Қолданылу аймағы	30
2.5.2	Селен мен теллурдың өнеркәсіптік өндірісі	31
2.6	Қорғасын сульфиді	31
2.6.1	Алынуы	32
2.6.2	Физикалық қасиеті	32
2.6.3	Қолданылуы	32
3	Өлшеу жүйесі үшін есептеу-графикалық бөлімі	33
3.1	Операциялық күшейткішті таңдау және есептеу	33
3.2	Нормалаушы түрлендіргішті таңдау	34
3.3	Аналогты-сандық түрлендіргішті таңдау	37
	ҚОРЫТЫНДЫ	41
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	42



## КІРІСПЕ

Дипломдық жұмыс жоғары қуатты турбогенераторларының статор орамаларының температурасын өлшеу үшін электронды жүйені құруға арналған тар диодтық материалдардың сипаттамаларын зерттеу болып табылады.

Қазіргі уақытта жоғары қуатты турбогенераторларда статор орамдарын оқшаулау жүзеге асырылады және сол картонды оқшаулар арасына ойыққа орнатылатын кедергі термометрлерінің едәуір мөлшері қолданылады. Бұндай жүйе турбогенератордың конструкциясын қиындатады, оның өлшемдерін ұлғайтады және өлшеу кезінде қателіктер жоғары болады және жалпы электрлік машинаны дайындау технологиясын күрделендіреді.

Статордың орамаларының температурасын байланыссыз өлшеу үшін электронды сұлба жасалған. Жасалған электронды сұлба турбогенератордың корпусына ерекше конструкторлық өзгерістер енгізбейді. Ол сұлбада статор орамаларының орамдарын оқшаулағыш картонды қоршау қажет болмауы сияқты кішігірім қысқартулар болуы мүмкін. Олар негізінен араларына кедергі термометрін орналастыру үшін қызмет етеді. Сонымен қатар өзінің температураны байланыссыз өлшеу ерекшелігімен жасалатын электронды жүйе температуралық өрісте стататордың орамаларының айналасында картонды қоршаудың әсерінің болмау себебіне байланысты дәл өлшеулерге ықпал етеді.

Бұл электронды жүйе сезімтал датчиктердің салыстырмалы қолдануға негізделген. Сезімтал датчиктер тар аймақты жартылай өткізгіш материалдар негізінде дайындалған. Жасалатын электронды жүйенің бірегейлігі олардың негізінде жасалатын, қарастырылатын фоторезисторлар оптоэлектронды күшейткіш арқылы қосылған және микропроцессормен түйіндестіру блогы арқылы жоғары сезімталдыққа ие бола отырып, инфрақызыл аймақта сәулеленудің интенсивтілігінің өзгеруі бойынша статордың орамаларының температурасын жанама әдіспен өлшеуге мүмкіндік береді.

Өйткені, фотосезгіш элементті жылыған судың жинағыш коллекторына бағыттас орнатады. Тар аймақты жартылай өткізгіш материалдың негізінде жасалған фотосезгіш элементтен алынатын сигналдар қосымша аспапта күшейтіледі, сосын түрлендіргіштерден өткен соң, компьютерге немесе басқа индикаторлы аспапқа келіп түседі.

## 1 Негізгі бөлім

### 1.1 Турбогенератордың конструкторлық ерекшелеріктерін талдау. Турбогенератордың салқындату жүйесі

#### 1.1.1 Толық сумен салқындату турбогенераторының техникалық сипаттамалары

Турбогенераторларды сумен салқындату ең тиімді жақтары судың жоғары жылуды әкету қабілеті мен оның циркуляциясы үшін аз шығындардың болуы және толық сумен салқындатуды қолдану мен сутектен бас тартудың маңызды артықшылығы машинаның ішіндегі жарылыс пен жану мүмкінділігін болдырмау болып табылады. Бірақ, соңғы кезде турбогенераторларды жобалау мен дайындаудың ғасырлық тәжірибесіне қарамастан, ротор мен статордың белсенді болатын сумен салқындатудың сенімді жүйелерін жасау қиыншылықтарынан өту мүмкін болмады.

ТЗВ типті турбогенераторлардың сумен салқындату жүйесін және конструкциясын өңдеу қуаты **63** және 800 МВт машиналарда жүргізілді. Мұндай турбогенераторларда құрылымын жасаушыларға пайдалану тәжірибесінің болмауына байланысты жобалау сатысында болжау мүмкін емес құбылыстар қатарымен соқтығысуға тура келді. Осындай қақтығыстардан кейін алынған деректердің нәтижесінде конструкцияға келесі жетілдірулер енгізілді:

- циркуляция мен ауаны кептіру жүйелері енгізілді;
- резеңкелік құбыршектер статордың өзекшесінің салқындату шынжырларының гидравликалық беріктігін қамтамасыз ету үшін өздігінен тығыздалатын фтор қабаттыға ауыстырылған;
- қажау-қажу зақымдарды болдырмау үшін ротордың ток жолдарының ойықсыз конструкциясы қолданылған;
- өзекшенің қысқыш сақиналарының су салқындатылатын мысты шиналарында қиын дәнекерлеу алып тасталған;
- өзекше мен статордың орамаларының температураларын теңестіру үшін өзекшенің ортаңғы бөлігінде 68 ден 91 ге дейін белсенді болатын пакетінің қалыңдығы ұлғайтылған;
- өткізгіштер қабырғаларының тозуға төзімділігін арттыру үшін ротордың орамындағы судың жылдамдығы 10 нан 7 м/с дейін төмендетілген;
- силуминдінің орнына қалқандардың ішкі жиектері мен тығыздалуды жою үшін оларды бекіту орындарына қысқа тұйықталған мысты шиналардың құрылғысымен шынытекстолитті тығыздау қолданылған;
- шентемірлі сақиналар коррозиялы-берікті болаттан жасалған (немесе титан қорытпасынан);
- статор орамасының маңдай бөліктерінде фаза аралық зоналардың изоляциясы күшейтілген және ауа ортасында тәжденуді болдырмау үшін жоғары диэлектрлік өтімділікті арнайы жақпа қолданылған;

– бақылау, диагностика және генераторды қорғау жүйелері жетілдірілген.

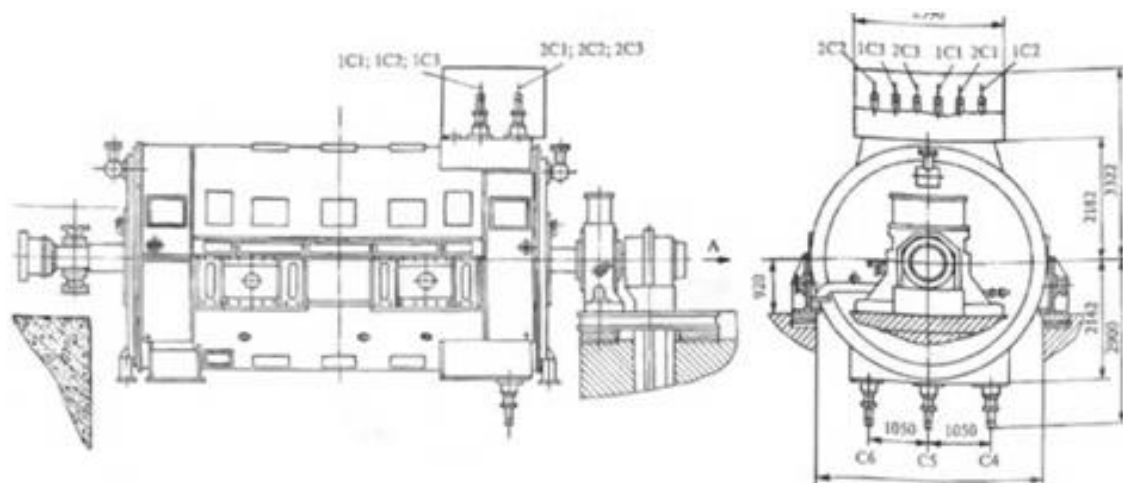
ТЗВ сериясының турбогенераторлары жетілдірулер енгізгеннен кейін оның ПӘК, сенімділігі, қыздыру мен діріл деңгейі, габаритті-массалық көрсеткіштері, қызмет көрсету қарапайымдылығы мен жөндеуге жарамдылығы шетелдік турбогенераторлардан асып түседі. Ал барлық параметрлері халықаралық стандарттардың талаптарына сәйкес келеді.

Серияның барлық турбогенераторлары қуатқа сәйкес келетін блоктардың стандартты негіздеріне орнатылады және сондықтан қайтадан құрастырылатын электр станциялар үшін сияқты (соның ішінде газ турбиналы және бу-газды құрылғылар үшін), әрекеттегі электр станцияларына жұмыс істеген генераторларды ауыстыру үшін бірдей жарамды болып табылады.

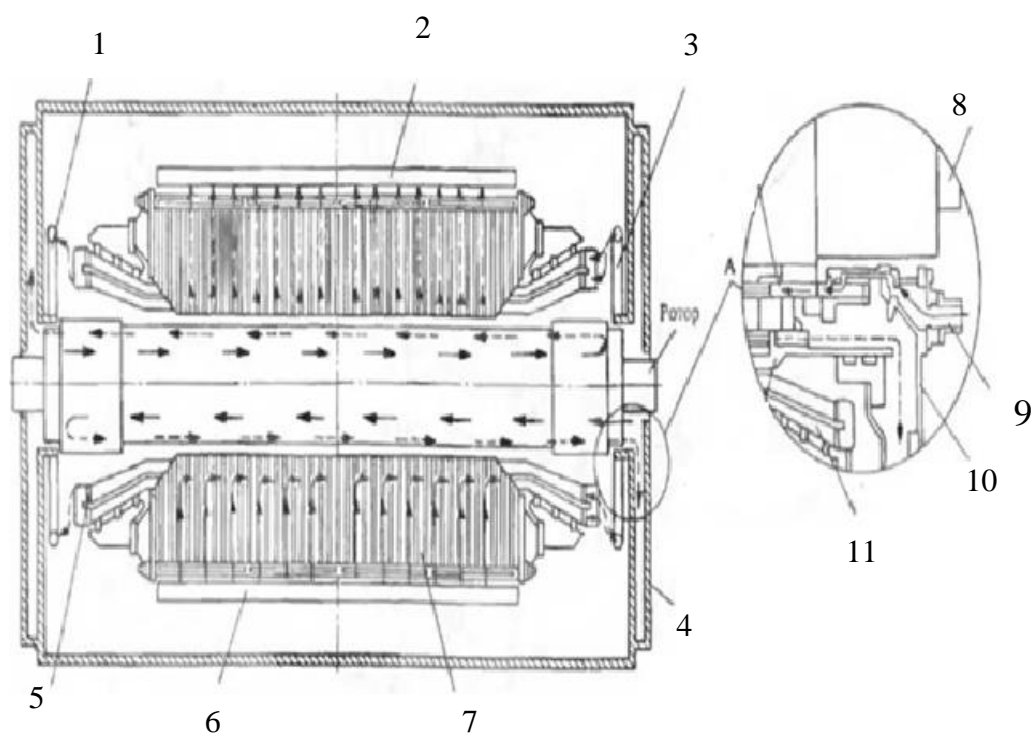
1.1 Кесте – ТЗВ-63 толық сумен салқындату екі полюсті турбогенераторының техникалық деректері

Аталуы	ТЗВ-63
Белсенді қуат, МВт	63
Толық қуат МВ*А	78,75
Максималды қуат, мА	-
Қуат коэффициенті	0,8
Статордың кернеуі, кВ	10,5
Статордың тогы, кА	4,33
Статордың орамасының сұлбасы	УУ
Айналу жиілігі, айн/мин	3000
Пайдалы әсер коэффициенті, %	98,4
Қысқа тұйықталудың қатынасы, қат. бірл.	0,56
Статикалық артық жүк тиеу, қат. бірл.	1,81
Өтпелі индуктивті кедергі, қат. бірл.	0,256
Статор орамасының суының температурасы, °С	85
Номиналды белсенді кезіндегі тұтынылатын реактивті қуат, Мвар	20,7
Статор/ротор орамасының оқшаулау класы	F/F
Генератордың салмағы, т	100
Қоздыру жүйесі	СТС

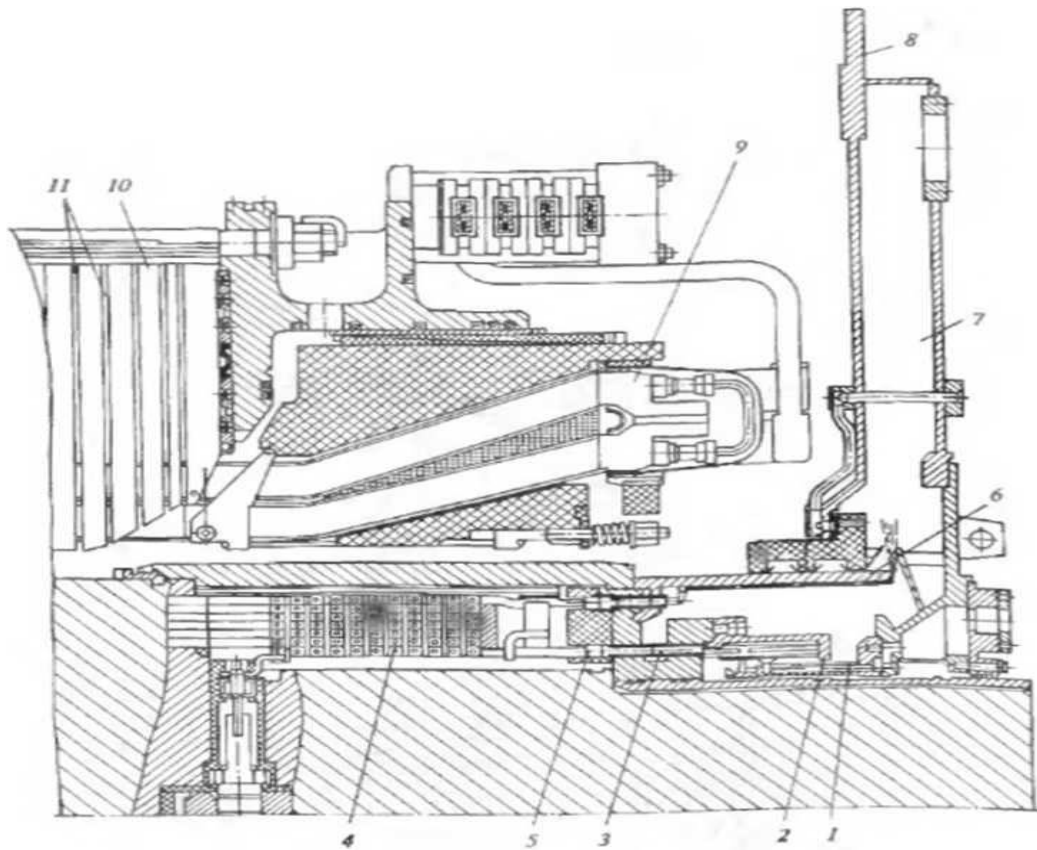
Қуаты 63 МВт ТЗВ турбогенераторларының жалпы түрі 1.1-суретте көрсетілген, ал 1.2-суретте оларды салқындату сұлбалары келтірілген. ТЗВ турбогенераторының бойлық тілігі 1.3-суретте көрсетілген.



1.1 Сурет – Қуаты 63 МВт толық сумен салқындату ТЗВ типті турбогенераторы



1.2 Сурет – ТЗВ типті турбогенератордың салқындату сұлбасы



1.3 Сурет – ТЗВ типті толық сумен салқындату турбогенераторы (соңғы бөлігінің бойлық тілігі): 1 — қозғалмайтын тегеурінді коллектор. 2 — тегеурінді сақина; 3 — ротор орамасының төменгі шықпалары. 4 – ротордың орамасы. 5 — ротор орамасының жоғары шықпалары, 6 – ағызу сақинасы. 7 ағызудың қозғалмайтын камерасы, 8 — статор корпусының түйісім қалқаны; 9 – статор орамасының маңдай бөліктері; 10 - өзекше, 11 – өзекшенің салқындатқышы

Шетелде барлық жасалғандардан ерекшеленетін сенімді сумен салқындайтын роторды жасаудың тапсырмаларын практикалық түрде шешудің негізгі техникалық жетістігі қоздыру орамы салқындатудың өзіндік тегеурінді жүйесі болып табылады.

Орамалардың каналдарының гидравликалық кедергілерінен өту үшін айналмалы тегеурінді коллекторға еркін ағыспен құйылатын және статордың қапталдық қалқанының ағызу камерасына үлкен диаметрде түсіретін судың ортадан тепкіш күші пайдаланылады (1.3-сурет). Демпферлі ораманың қуыс өткізгіштері қоздыру орамы сияқты салқындатылады және бір мезетте ротор болатының, шентемір сақиналарының және саңылаудағы ауаның белсенді салқындатқышы болып табылады. Бұл техникалық шешіммен желдеткіштер мен газдың салқындатқыштарын орнату қажет болмайды. Роторды салқындату жүйесінде басқа өндірушілердің генераторларында көптеген болатты және оқшаулағыш құбырларды, тығыздау және білікке су беру арқылы ротордың конструкциясының жеткіліксіз сенімділігін анықтайтын жоғары жүктелген

дәнекерлі байланысты қосатын, қоздыру орамының білікпен гидравликалық байланысы болмайды («тегеурінді жүйе»).

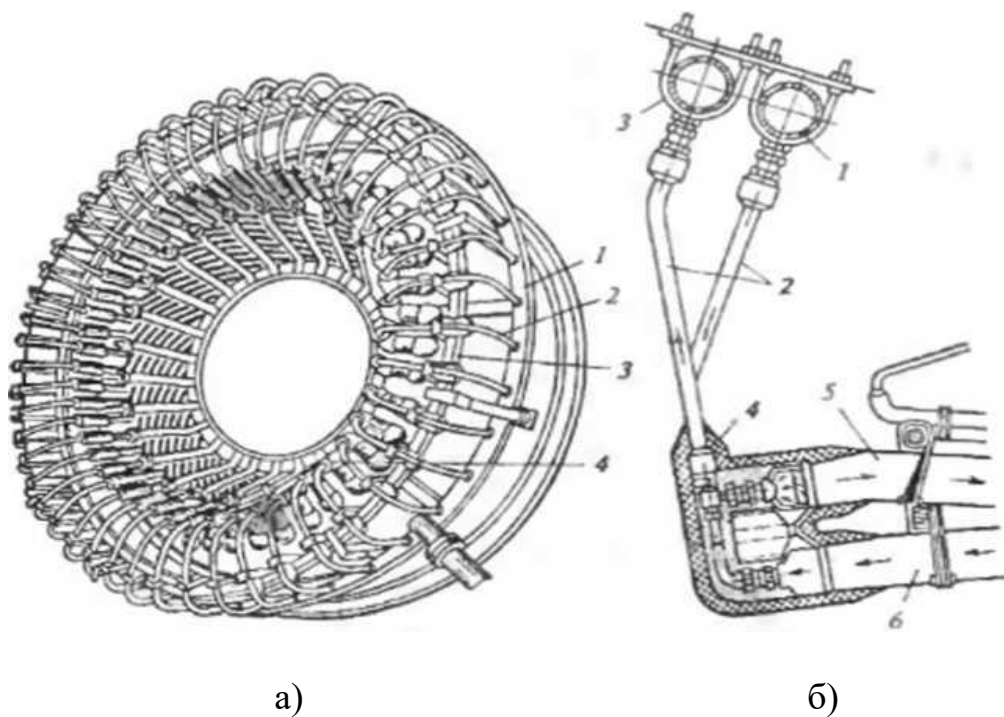
### **1.1.2 Генераторда салқындатқыштардың орналасуы**

Салқындатқыштар корпусының жоғары бөлігіне орналастырылады және статордың өсіне симметриялы қойылады. Олар ауа жүйесінің шектерінде симметриялы орналасады. Салқындатқыштар су жүйесінде параллельді байланысады.

Статордың орамын тікелей салқындату үшін сырықтардың элементарлы өткізгіштерінің жартысы судың циркуляциясы үшін ішкі каналдармен орындалған. Бұл қуыс өткізгіштер үлкен өлшемдерге ие және ойықтық тарату өрісі оларда жоғары қосымша шығындар тудыратын құйын токтарын шақырады. Шығынды азайту үшін қалған өткізгіштер тұтас орындалады. ТЗВ-63 генераторлары орамның сырығында әрбір үш тұтас өткізгіште бір қуыс өткізгішке ие. Турбогенераторларды жобалау мен жасау тәжірибесі тиімді салқындату және барлық өткізгіштердің қуыс түрінде болуы кезінде қосымша шығындардың рұқсат етілген деңгейден аса алмайтындығын көрсетеді.

Статордың орамын салқындату үшін қолданылатын, жоғары кернеуде болатын су жақсы диэлектрлік қасиеттерге ие болуы қажет, сондықтан салқындату үшін дистиллятты (тұзсыздандырылған суды) қолданады, судың жоғары су бұру қасиетінің арқасында оның температурасы салқындатылатын өткізгіштің температурасына тең: олай болса, судың температурасын және мөлшерін өзгерту жолымен орамның температурасын мыс пен оқшаулағыштың температураларының теңдігін сақтау үшін осылайша реттеуге болады. Бұл мыс орамының оқшаулауға қатысты температуралық ажыратымдылығының нәтижесінде орын ауыстырудың алдын алу үшін қажетті болып табылады. Тікелей сумен салқындату кезінде температураның орам бойынша бөлінуі тікелей газбен салқындатуға қарағанда едәуір бірқалыпты болады.

Статордың корпусының ішінде екі сақина тәріздес коллектор орналасқан турбина жағынан қарағанда сәйкес суды беру және ағызу үшін арналған, 1.4-суретте көрсетілген.



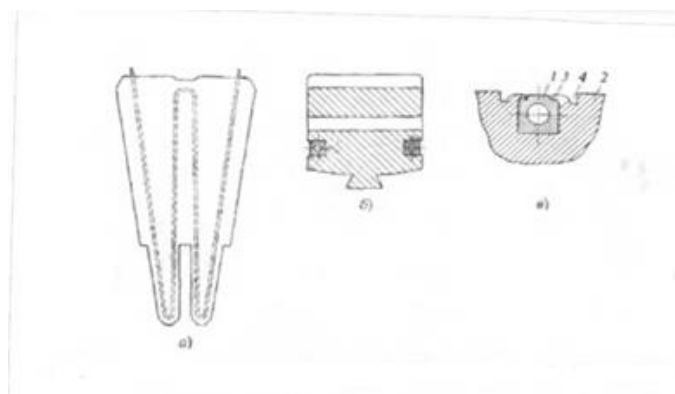
1.4 Сурет – Статордың орамының өткізгіштеріне салқындатылатын суды беру және бұру үшін құрылғы: а — жалпы түрі, б — конструкторлық сұлбасы, сызбадағы: 1, 3 — салқын және жылытылған судың коллекторлары; 2 — иілгіш оқшаулағыш құбыршектер; 4 — су бөлгіш ұштықтар; 5,6 — сырықтың бастары

Коллекторлар статордың қысқыш плиталарына бекітілетін тірек оқшаулағыштарында орналасқан сақиналы мысты құбырларды қамтиды. Коллекторлардың сыртқы құбыр желілерімен жалғануы өтпелі оқшаулағыштар арқылы жүзеге асырылады. Коллектордың корпустан оқшаулағышы қуыс өткізгіштердің сумен толтырылуы кезінде статордың орамының оқшаулағышының кедергісін өлшеуге мүмкіндік береді. Су электр оқшаулағыш материалдан жасалған құбыршек арқылы сырықтардың басына беріледі (және әкетіледі). Әрбір бастан су бір мезетте екі сырыққа келіп түседі және екі параллельді ағындармен түйіспелі сақина жағынан орамның басына келеді. Бұл жерде су мысты байланыстырғыш құбырлар арқылы келесі сырыққа өтеді және оның бойымен кері бағытта жылыған судың сақиналы коллекторына оралады. Статордың орамының шықпалары мен байланыстырғыш шиналары да сумен салқындатылады. 1 Жылыған су коллектордан жылу алмастырғыштарға құйылады және сол жерде салқындатылады. Салқындату жүйесіндегі су үздіксіз механикалық және химиялық өңделеді. Судың кемуі бу турбиналы қондырғыдағы конденсатпен толтырылады.

ТЗВ типті турбогенераторлардың құрылымының маңызды ерекшелігі статордың өзекшесінің белсенді болатын салқындату үшін 1.5а-суретте көрсетілген, тот баспайтын болатты құбырдың жылан түтіктерімен толтырылған сегменттер түрінде тегіс силуминді салқындатқыштарды қолдану болып табылады. Мұндай конструкция тиімді салқындатудан басқа, жоғары тығыздық

пен өзекшенің тығыздағышының тұрақтылығын қамтамасыз етеді, желдеткіш кергілердің едендерін газбен салқындататын турбогенераторларда бақыланатын белсенді болаттың беттерін оқшаулап жабудың жергілікті кері құйылу мүмкінділігі болмайды.

ТЗВ типті турбогенераторларда 1.5б-суреттегі тартпа қабырғалар, 1.5в-суреттегі қысқыш сақиналар, түйісім зоналардағы мыс экрандар, сонымен қатар соңғы бөліктер, статордың түйісім қуысы, соңғы шықпалары мен шықпалық шиналар сумен салқындатқыш элементтер болып табылады.



1.5 Сурет – ТЗВ типті турбогенератордың статорының құрылымдық элементтерін салқындату: *a* – өзекшені салқындатқыш; *б* – клин-қабырғаны салқындату; *в* – қысқыш сақинаның мыс шинасын салқындату; 1 – шина; 2 – қысқыш сақина; 3 – қыры; 4 – ойық

ТЗВ типті барлық турбогенераторларда ауаның бағытталған қозғалысын қамтамасыз ететін, тоқырау зоналарының түзілуін болдырмайтын, төмен деңгейде ауаның ылғалдылығын сақтайтын желдету жүйесі енгізілген. Құрғақ ауа машина залынан ауа сүзгісі арқылы статордың ортаңғы бөлігіне ішкі желдеткішпен айдалады. Сосын ауа статордың қапталдық қалқандарында орналасқан ротордың орамаларынан дистилляттың ағызу камерасына келіп түседі. Ағызу камераларынан дымқыл ауа сепараторлар арқылы кері машина залына түседі.

Ауаның үздіксіз ағыны статордың ортаңғы бөлігінен ағызу камераларына бағытталған ротордың лабиринтті тығыздағыш білігінің сақиналық саңылаулары арқылы генератордың ішіне дымқылдың енуіне кедергі болады.

Статорда судың қысымы 0,1-0,2 кПа деңгейде, судың шығыны 1000-1200 м<sup>3</sup>/сағ құрайды. Статордың ішіндегі кішігірім артық қысым корпусстың мүмкін қуытығы кезінде шаңның енуіне кедергі келтіреді.

Статордың өзекшесінің қапталдық зоналарының тістердің қисаю пішіндерімен, шеткі пакеттердің желімнен арылтылуы мен желімделуімен, салқындатқыштардың рационалды орналастырылуымен, мысты сумен салқындатқыш экрандардың қысқыш сақиналармен жылулық және электрлік түйіспесінің тұрақтылығымен сипатталатын оңтайландырылған конструкциясы



капталдық зонаның қыздырылуының төменгі деңгейін, қуаттың қорын, жете қозбау режимінде ұзақ мерзімді жұмыс істеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Қаптаудағы люктердің едәуір мөлшері, статордың корпусының соңғы бөліктерінің кеңдігі, корпусының қымтаулығының болмауы бақылау мен жөндеу үшін ішкі элементтердің жоғары қол жетімділігін анықтайды.

Статордың сырықты орамы аударылған қуыс және тұтас мысты өткізгіштері қуатты турбогенераторларда кең қолданылатын дәстүрлік сұлба бойынша салқындатылады.

Елеулі жетілдірулер оқшаулағышты құрылымдау мен оны дайындау технологиясына енгізілді, өйткені ауа ортасында жұмыс жасау статордың жоғары вольтты оқшаулағыш элементінің құрылымы мен материалына қойылатын ерекше талаптарды айқындайды.

Ең алдымен, маңызды мәселе өзекше зонасы (ойықтық разрядтар) мен орамның маңдайлы бөліктеріндегі разрядты үрдістерді басу болып табылады.

Орамның маңдайлы бөліктерінде озондауды максималды басу, сонымен қатар статор мен ротордағы резеңкеден жасалған құрылымдық элементтердің ұзақтылығын қамтамасыз ету үшін де қажетті.

Бір жылдан аз мерзімде оқшаулаудың бұзылуына әкелетін ең бұзушы разрядты үрдіс түйіспелердің сырықты сыртқы жартылай өткізгішпен қаптау ойықтарының қуысымен үзілу немесе тұйықталуы кезінде пайда болатын сыйымдылықты токтың микродоғасы (қуыстық разрядтар) болып табылады.

Бұл құбылысты толықтай болдырмау үшін қуысқа сырықтың лірілін шектеу және түйіспелердің «үздіксіздігін» қамтамасыз ету қажет.

ТЗВ сериялы турбогенераторларда бұл мәселе сырыққа радиалды және тангенциалды бағыттарда тұрақты қысымды тудыратын «біріктірілген» қуыстық тығыздауышты қолдану жолымен шешілген.

Тангенциалдық күшейту сырықтың бүйір беттерінің біреуі мен өзекшенің арасына «толқындардың» 95% дейінгі биіктігінде қысылғыш, жартылай өткізгішті шыны текстолитті толқын тәріздес төсемдерді орнату арқылы жасалады.

Сыналы еденді сырықта серпімді радиалды күшті құру үшін динамикалық модулі 100 Гц жиілікте статикалықтан 2,5 есе асатын тұтқыр серпімді қасиеттерге ие материалдан жасалатын төсемдер қолданылады. Бұл материалдың салыстырмалы қысуының төмен модулі оқшаулауға қарағанда екі ретке аз, оқшаулауды зақымдамай қарсы сыналармен орамды сыналауды орындауға және 10% аз емес төсемдерді қысуға мүмкіндік береді. Бұл еденді 250 Н·см жуық сынамен күшейтуді қамтамасыз етеді. Осылайша, тангенциалды және радиалды элементтермен жасалатын, дірілге қарсы тұратын күшті бекіту электр динамикалықтан шамамен екі есе асып түседі.

Генератордағы озондаудың тағы да бір көзі сызықтық кернеу әсер ететін түрлі фазалы маңдайлы сырықтардың орналасу зонасы мен қуыстың шығыс зонасындағы разрядты үрдістер болып табылады. Корпусты оқшаулаудың беттері мен маңдай бөліктердің арасында орналасқан тангенциалды бекіту элементтері бойынша разрядтардың мүмкін жолдары 1.6-суретте көрсетілген.

Сырықтың беттерінің түзу еместігі мен бекіту элементтерінің әсерімен байланысқан өрістің кернеулігін күшейту орта тескіш кернеулігінің жұмыс кернеулігінен аз мәнге дейін төмендетуге әкеледі. Сонымен бірге, бекіту элементтерін орналастыру кезінде қуыс пен қатпарда түзілетін оқшаулаудың болуы әбден мүмкін (1.6-суреттегі бағыттауыштар 5,6).

Мәселенің шешімі құрамында толтырғыш ретінде кремний карбиді бар және жоғары диэлектрлік өтімділік пен өткізгіштікке ие салқынмен қатайту композициясын (пастаны) қолдану және фаза аралық зоналарда сырқытардың оқшаулау беттерін жартылай өткізгішті эмальмен сызықты өткізгіштікпен жабу болып табылады.

Сырықтар арасындағы аралықты жартылай өткізгіш құрамымен тапталып тегістелген жабынмен толтыру озондаудың интенсивтілігін екі ретке төмендетеді.

Сонымен қатар, өрісті тегістеу мен фазалар арасындағы аралықта орамның жоғарғы және төменгі қабаттарына терморективті слюдалық оқшаулауынан қосымша тосқауылдарды орнатады.

I және III зоналарындағы беттік разрядтар (1.6-сурет) эмаль негізіндегі карборундтың микроұнтағымен сызықты емес жартылай өткізгіш жабын көмегімен басылады.

Статордың орамаларының сырықтарын шиналармен байланыстыру жерлерінің оқшаулауының құрылымының ерекшелігі резеңкешыныматаның арматураланған қабаттарымен кезектесетін, анықталған тартылыспен қойылатын, ЛЭТСАР кремний органикалық резеңкесінен жасалған таспаны қолдану болып табылады.

Материалды таңдау (кремний органикалық резеңкені) осы материалдың су жұқпайтындығымен анықталады және онымен оралатын бөлшектің бетінде елеулі қысымды тудыруға және осы байланысты қымтауға мүмкіндік береді.

### **1.1.3 Статор бойынша ортақ ерекшеліктер**

Статор генератордың қозғалмайтын бөлігі болып табылады. Оның орамалар мен магнитті өзекшеден тұратын негізгі компоненті немесе «белсенді бөлігі» ротордың механикалық энергиясын электрлік энергияға түрлендіреді және оның тұтынушыға берілуін қамтамасыз етеді.

Өзекше мен орам қалыпты жұмыс кезінде түзілетін механикалық күштерді іргетасқа беретін табанға бекітілген.

Статордың сипаттамасы келесі бөлімдерден тұрады:

- негізделуі;
- магнитті өзекше;
- статордың орамасы;
- салқындату жүйесі.

Табанның тұтасқұймалық торабы беріліс қорабы, статор, мойынтірек және қоздырғыш үшін тірек қызметін атқаратын арқалықтар мен қалың плиталардан пісірілген құрылымды білдіреді.

Құрылым сонымен қатар магнитті шынжырдың құрамына кіретін магнитті өзекшені орналастыруға мүмкіндік береді.

Осылайша, магнитті өзекше мен ораманы сақтау үшін берік және мықты құрылым пайда болады.

Бұл құрылым ротордың магнитті тартылысын, сонымен бірге номиналды немесе паразитті айналмалы моменттерді төзе алады. Төрт шетмойын (цапфа) қызмет көрсету мен барлық тораптың орын ауыстыруын жеңілдетеді.

Генератор блогының өңделген беттерінің астында орналасқан табанның тақталары берілістердің қораптарының, мойынтіректің және негізгі ауыр жабдықтың орналасқан жерлерінде іргетастың тақталарында генератордың бекітілуі мен дәлдемесін қамтамасыз етеді.

Екі қиылысатын арқалықтардың төменгі бөлігінде іргетастарға кіріктірілген және шекті арқалықтарда люктер арқылы қол жетімді ортақтандырғыш блоктарды орнату үшін қазындылар бар.

Тұғырдың екі жағында жерлендіру үшін екі арнайы шығыңқы жер бар.

Статордың орамы генератордың негізгі бөлігі болып табылады. Ол магнитті өзекшеге оралған сымдардан тұрады. Электрлік энергия орамда жүргізіледі және сол жерден сыртқа беріледі.

Орам екі әр түрлі бөліктен тұрады:

- магнитті өзекшенің шектерінде орналасатын тура бөліктен;
- өзекшенің сыртында орналасқан және орамды жүзеге асыратын түрлі қуыстарды байланыстыратын маңдай бөліктен.

Статор орамасын сипаттау келесі бөлімшелер бойынша жүзеге асырылады:

- өткізгіш сырықтарды (планкаларды) құрылымдау;
- өзекшеге сырықтарды (планкаларды) радиалды және тангенциалдық ажырату;
- ораманың маңдайлы бөлігін бекіту жүйесі;
- фазаларды цилиндрлік жалғау;
- орама мен шықпалар арасындағы байланыс;
- статор орамасын салқындату.

#### **1.1.4 Өткізгіштің құрылымы**

Статордың өткізгіштік сырықтары қарапайым мысты тарамдардың шоғырынан жасалған. Осы оқшауланған тарамдар Ребель әдісі бойынша магнитті өзекшенің барлық ұзындығы бойына орналасқан. Осылайша, шашыраудың көлденең ағынымен туындайтын қосымша шығындар минимумға келеді.

Электрлік өткізгіш әдеттегі мысты тарамдардың жиналған жиынтығы болып табылады. Ол оқшауланған орамның өзекшесінен оқшауланған.

Оқшаулау жоғары температурада полимерленетін эбонитті шайырмен байланыстыратын ерітінді сіңірілген шыныталшық пен табақ слюдадан жасалған ISOTENAX немесе DURITENAX таспамен сырықтың орамына жетеді.

Тәждік разрядтың немесе ұшқынның туындауын болдырмау үшін сырықтың қуыс бөлігі өткізгіш бояумен жабылған, алд соңғы орамалар өткізбейтін бояумен жабылған.

Сырықтың ұштарында барлық тарамдар екі сырықтың арасындағы электрлік түйіспені қамтамасыз ететін мысты пластиналардың көмегімен электрлі байланысқан. Бұл байланыс сыналған сырықтар өздерінің саңылауларында сыналғаннан кейін ғана жүзеге асырылады.

### **1.1.5 Статор орамасын салқындату**

Статордың сырықтары бойынша ағатын ток жылудың бөлінуін тудырады, ол сырықтың тура бөлігі үшін магнитті өзекше көмегімен жойылуы мүмкін: орам мен өзекше арасындағы тура түйіспеге байланысты әрбір сырықта түрлендірілетін жылу радиалды каналдар арқылы ағатын сумен салқындатылатын өзекшеге кетуі мүмкін.

Сырықтарда түрлендірілетін жылу салқындатқыш агентке келесідей беріледі:

– магнитті өзекше мен қапталдың салқындатылуы;

Магнитті өзекше жоғалатын калориялар тегеурін әсерінен радиалды тармақтар арқылы келіп түсетін салқын сумен жойылады. Көрсетілген тармақтар өзекшеде барлық ұзындық бойынша өзекшенің радиалды бөлгіш қабырғалармен бөлінген бөліктерге бөлінуімен жасалған. Сондықтан өзекшені салқындату – радиалды типті.

– салқындатқышпен бөлу корпусының жоғары бөлігінде орналасады;

Салқындатқыштар статордың бойлық өсіне қатысты горизонталь және симметриялы орналасқан. Салқындатқышпен бөлу сонымен қатар желдеткіш каналдың қызметін орындайды. Ыстық ауа магнитті өзекшенің сыртқы жағынан шығады және салқындатқыш құрылғы бойынша тең бөлінеді. Содан кейін салқын ауа генератордың белсенді бөліктеріне бағыттайтын желдеткіштермен сорылады. Салқындатқыш құрылғы мен бөлу арасындағы қымтаулық резеңкелік төсемдерді қамтамасыз етеді. Бөлгіш жылыстау кезінде салқындатылатын суды жинауға мүмкіндік беретін резервуармен жабдықталған.

– әрбір құбырлы экранда су камералары орналасқан;

Су камерасы кірісте/шығыста кіргізу және шығару құбырларымен қамтамасыз етілген. Камера ішінен бөлгіш қабырға арқылы екі бөлгішке бөлінеді. Су камерасы қарама-қарсы соңында құбырлы экранның жай корпусы болып табылады. Жүйе құбырлар жүйесінде көптеген өткізу ағындарын қамтамасыз етеді, ол жылу алмастырғыштың тиімділігін көтереді, ішкі

температуралар арасындағы айырмашылықты азайтады және салқындату құбырларын біріктіреді.

– салқындатқыштар генераторда горизонталь орналасады, бұрандық тығындар камераның толтырылғанын көрсете отырып, ауаны шығару мен қондырғыны құрғатуға рұқсат бере отырып әрбір камераның ең жоғары және төменгі нүктелірінде орналасады. Су камерасының ішкі беті эпоксидті бояудың қабатымен қорғалған, ал сыртқысы коррозияға қарсы бояумен жабылады.

– қоздырғыш жағында табанның қапталында орналасқан ұстатқыш қорап күштік кабельдер мен генератордың бақылау-өлшеуіш аспаптарын қосу үшін арналған.

### **1.1.6 Магнитті өзекше. Өткізгіштің құрылымы. Магнитті өзекше мен шетжақты салқындату**

Ол жоғары сапалы беттерден қалыпталған, тесілген жақсы оқшаулағыш пластиналардан жиналған. Бетті оқшаулау уақыттың өтуімен нашарламайды және жұмыс шарттарында белгіленген максималды температуралардан жоғары температурада өзінің оқшаулау қасиеттерін сақтайды.

Пластиналар магнитті емес қыспақтау саусақтары құрайтын екі ауыр плиталардың арасында байланған және қысылған периферийлі қайрақтарға төселген.

Қайрақтар тұтасқұйма модульді алу үшін пластиналар мен қысқыш плиталарға пісірілген.

Өзекшенің бекітпе аяқтары магнитті шынжырдың көлденең өстерінің әрбір жағына орналасқан осындай төрт қайрақтарға ерітіп жабыстырылған.

Дәнекерленген жұмыстар екі алынып салынбалы шетмойынның жылжымалы құрылғысы болатын магнитті шынжырдың деформациясының қаупін алдын алу мақсатында орнатылған арнайы нұсқаулық бойынша жүргізіледі.

Магнитті шынжырдың барлық аралығы бойында статорды салқындату үшін желдеткіш саңылаулар бар.

Қапталдық пластинкалар магнитті шынжырдың соңында магнитті ағындардың шеткі эффектісінің қыздырылуының алдын алу үшін кадамдық сегменттерден жасалған.

Алюминийлі немесе мысты сөндіргіш қысқыш плиталарды соңғы орамаларда ағынның таралуынан қорғайды.

Өткізгіштік сырықтар қарапайым мысты тарамдардың шоқтарынан жасалған.

Бұл оқшауланған тарамдар Ребель әдісі бойынша магнитті өзекшенің барлық ұзындығының бойына орналасқан. Осылайша, шашыраудың көлденең ағынымен туындайтын қосымша шығындар минимумға келеді.

Электрлік өткізгіш әдеттегі мысты тарамдардың жиналған жиынтығы болып табылады. Ол оқшауланған орамның өзекшесінен оқшауланған.

Оқшаулау жоғары температурада полимерленетін эбонитті шайырмен байланыстыратын ерітінді сіңірілген шыныталшық пен табақ слюдадан жасалған ISOTENAX немесе DURITENAX таспамен сырықтың орамына жетеді.

Тәждік разрядтың немесе ұшқынның туындауын болдырмау үшін сырықтың қуыс бөлігі өткізгіш бояумен жабылған, алд соңғы орамалар өткізбейтін бояумен жабылған.

Сырықтың ұштарында барлық тарамдар екі сырықтың арасындағы электрлік түйіспені қамтамасыз ететін мысты пластиналардың көмегімен электрлі байланысқан. Бұл байланыс сыналған сырықтар өздерінің саңылауларында сыналғаннан кейін ғана жүзеге асырылады.

Статордың сырықтары бойынша ағатын ток жылудың бөлінуін тудырады, ол сырықтың тура бөлігі үшін магнитті өзекше көмегімен жойылуы мүмкін: орам мен өзекше арасындағы тура түйіспеге байланысты әрбір сырықта түрлендірілетін жылу радиалды каналдар арқылы ағатын сумен салқындатылатын өзекшеге кетуі мүмкін, соңғы орамалар зонасындағы салқын судың циркуляциясымен. Сырықтарда түрлендірілетін жылу осылайша, салқындатқыш агентке беріледі.

### **1.1.7 Салқындатқышпен бөлу. Сумен жабдықтау. Салқындатқыштың қымтаулылығы**

Салқындатқыштармен бөлу корпустың жоғары бөлігінде орналасады. Салқындатқыштар статордың бойлық өсіне қатысты горизонталь және симметриялы орналасқан.

Салқындатқышпен бөлу сонымен қатар желдеткіш каналдың қызметін орындайды. Ыстық ауа магниті өзекшенің сыртқы жағынан шығады және салқындатқыш құрылғы бойынша тең бөлінеді. Содан кейін салқын ауа генератордың белсенді бөліктеріне бағыттайтын желдеткіштермен сорылады.

Салқындатқыш құрылғы мен бөлу арасындағы қымтаулық резеңкелік төсемдерді қамтамасыз етеді.

Бөлгіш жылыстау кезінде салқындатылатын суды жинауға мүмкіндік беретін резервуармен жабдықталған.

Әрбір құбырлы экранда су камералары орналасқан.

Су камерасы кірісте/шығыста кіргізу және шығару құбырларымен қамтамасыз етілген. Камера ішінен бөлгіш қабырға арқылы екі бөлгішке бөлінеді.

Су камерасы қарама-қарсы соңында құбырлы экранның жай корпусы болып табылады.

Жүйе құбырлар жүйесінде көптеген өткізу ағындарын қамтамасыз етеді, ол жылу алмастырғыштың тиімділігін көтереді, ішкі температуралар арасындағы айырмашылықты азайтады және салқындату құбырларын біріктіреді.

Салқындатқыштар генераторда көлденең орналасады, бұрандық тығындар камераның толтырылғанын көрсете отырып, ауаны шығару мен қондырғыны

құрғатуға рұқсат бере отырып әрбір камераның ең жоғары және төменгі нүктелерінде орналасады.

Су камерасының ішкі беті эпоксидті бояудың қабатымен қорғалған, ал сыртқысы коррозияға қарсы бояумен жабылады.

Ауа және су жүйелері арасындағы қымтаулық.

Бұл жағдайда қымтаулық әрбір салқындатқыш құбырдың асқын сапасы есебінен қамтамасыз етіледі. Берілген сапа дайындау үрдісінде сынаудан өтеді.

Қымтаулық сонымен қатар әрбір құбырдың құбырлы экранға дұрыс өтуімен де қамтамасыз етіледі.

Су-ауа және ауа-су кемуінің болмауы дайын салқындатқышта жүргізілетін гидравликалық сынаулармен тексеріледі.

Су жүйесі мен қоршаған ауа арасындағы қымтаулық.

Құбырлы экран мен су камерасы арасындағы жазық төсем көмегімен және сосын осы екі бөліктің арасындағы сәйкес қысқыш құрылғымен қол жеткізіледі.

### **1.1.8 Электрлік машинаның габариттілік және өлшеудің дәл еместігін талдау**

Термодатчиктер негізінен генератордың салқындату циклінде температураны өлшеу үшін қолданылады. Детекторлар көмегімен температураны өлшеу метал сымның температура әсерінен электрлік кедергісінің өзгеру принципіне негізделеді. Асыл элементті платинаны резисторда қолдану тұрақты және сенімді өлшеуді қамтамасыз етеді. Барлық детекторлар генератордың ішінде сөндірілуі және резервтік күйге ауыстырылуы мүмкін.

Статордың бақылау-өлшеу аспаптарының арналуы статордың «сезімтал» түйінінің температурасын өлшеу болып табылады. Генератордың жұмыс кезінде температураны бақылау сонымен қатар турбогенератордың машина залын кептіру циклінде жылы және салқын ауа ағынының температурасын өлшеуді қосады.

Турбогенератордың өзекшесінің орамының маңдай бөлігіндегі температураның көтерілуі машинаның жұмыс режиміне тәуелді болады. Өзекшенің ұштарындағы температураны бақылау статордың қуыстарында орнатылған термодатчиктер есебінен қамтамасыз етіледі.

Пісірмелі жіктер статордың қуысында ауа саңылауының сырығына қарсы орналасады. Қабықтың шөгуі температураның әсерінен оқшаулауды күшейтеді:

- статор 9 термодатчикпен жабдықталған;
- орамның ортасында 6 термодатчик;
- турбинаның қарама-қарсы жағында 3 термодатчик.

Термодатчик егер температура  $90^{\circ}\text{C}$  жетсе, апаттық жүйені өшіреді. Қондырғының өшірілуі егер температура  $105^{\circ}\text{C}$  жетсе де жүзеге асырылады.

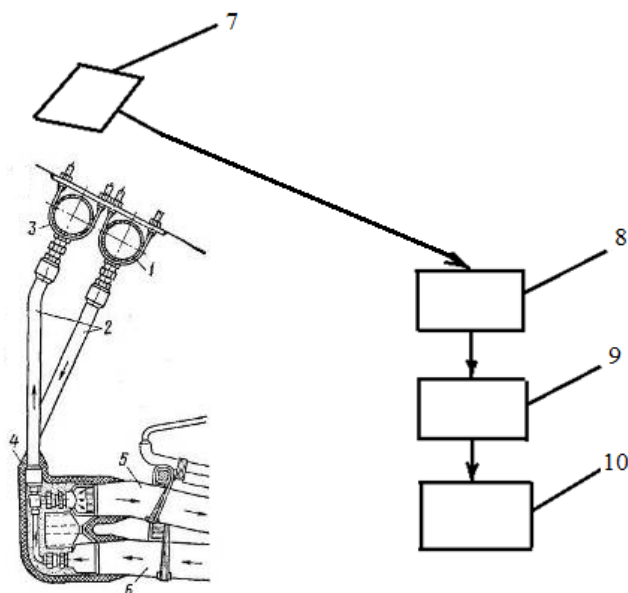
Генератор әр түрлі температураларды бақылайтын датчиктермен жабдықталған.

Датчиктер жылы және салқын ауа циклдерінде орналасқан:

– генератордың бойлық ортақ өсінен қатысты симметриялы орналасқан 2 датчик тұғырдың ішіне бекітіледі (генераторға бетімен муфтаның соңында орналасқан бақылаушыға оң жағында). Датчиктер жылу ауаның температурасын өлшейді. Номиналды мән  $79,3^{\circ}\text{C}$ ;

– 2 датчик (1 датчик қоздырғыштың соңында және 1 датчик турбинаның соңында) генератордың ішіне қаптама бөлігінің жоғары бөлігіне бекітіледі. Датчиктер салқын ауаның температурасын өлшейді. Номиналды мән  $51^{\circ}\text{C}$ ;

Жоғарыда көрсетілген өлшеу тәсілдерінің негізгі кемшіліктері турбогенераторда статордың орамаларының арасындағы қуысқа орнатылатын кедергі термометрлері турбогенератордың конструкциясын қиындатады, оның өлшемдерін ұлғайтады және жалпы электрлік машинаның дайындау технологиясын күрделендіреді.



1.7 Сурет – Ұсыныстың сұлбалық мәні: 1 – салқындататылатын судың жинауыш коллекторы; 2 – иілгіш оқшаулау құбыршектер; 3 – қыздырылған судың жинауыш коллекторы; 4 – су бөлгіш ұштықтар; 5 – суды орамға жеткізуші сырық-құбыр; 6 – суды орамнан әкетуші сырық-құбыр; 7 – фоторезисторлы матрица; 8 – қосымша аспап; 9 – түрлендіргіштер; 10 – компьютер.

Сезімтал элементті 7 жылытылған судың 3 жинауыш коллекторына бағыттас орнатады. Қорғасын теллурид негізінде жасалатын фотосезгіш элементтен алынатын сигналдар. Сигнал қосымша аспапта 8 күшейеді және сосын түрлендіргіштерден 9 өткізу арқылы компьютерге 10 немесе басқа индикаторлы аспапқа беруге болады.



## 2 Тар аймақты тік зоналы жартылай өткізгіш материалдардың артықшылықтары мен кемшіліктерін талдау

### 2.1 Индий арсениді

Индий арсениді – электронды техниканың перспективалық материалы. Индий арсениді құрамындағы электрондардың жоғары қозғалғыштығы тік зоналы құрылымы оны жоғары тиімді электронды және оптоэлектронды аспаптарды, көбінесе тез әрекет етуші транзисторлар мен интегралды сұлбаларды, ИҚ-диапазонды фотоқабылдағыш детекторларды, толқын ұзындығы – 3,5 мкм инжекциялық лазерлерді дайындау үшін қолдануға мүмкіндік береді.

Бірақ индий арсенидінің жұқа қабықшалы құрылымды кең қолдануы индий арсенидінің тыйым салынған зонасының аз қалыңдығына байланысты жартылай оқшаулау төсемдерінің болмауымен тежеледі. Сонымен бірге материалдың жеткіліксіз механикалық беріктігін айта кету керек. Көрсетілген мәселелер индий арсенидін гетероэпитаксиалды өсіру кезінде шешілуі мүмкін. Бұл жағдайда, эпитаксияны бетті бағдарламалаумен галлий арсенидінің төсемдерде жүргізеді.

Индий арсениді мен галлий арсенидінің торларының параметрлерінің едәуір үйлесімсіздігін 7.4% едәуір қалыңдықты өтпелі қабаттың түзілуі мен морфологиялық және құрылымдық ақаулардың үлкен тығыздалуына газ тасымалдаушы және сұйық фазалы эпитаксия әдістерімен индий арсениді мен галлий арсенидінің гетероэпитаксиалды қабықшаларын алу кезінде әкеледі. Бұл берілген эпитаксиалды технологияларға тән физикалық сипаттар сияқты шектеулермен қатар, өсу үрдісінің «қадағаламаушылықпен» байланысқан шектеулермен қамтамасыз етіледі.

Едәуір практикалық қызығушылықты өзіндік жұту шетіне жақын спектралды диапазонда көрсетеді. Дәл осы аймақта толқындардың ұзындықтары (3-5 мкм) индий арсенидінің эпитаксиалды құрылымынан жасалған фотоқабылдағыштар жұмыс істейді.

Бағалаулар  $\lambda = 3$  мкм және  $n = 10^{18} \text{ см}^{-3}$  кезінде қалыңдығы 400 мкм индий арсенидінің пластинасында жарық ағының шамамен 80% жұтылады.

Индий арсениді ені кішкентай тыйым салынған зонаға – 0,36 эВ және электрондардың жоғары қозғалғыштығына ие.

### 2.2 Индий антимониді

Индий антимониді – кристаллды бинарлы бейорганикалық химиялық байланыс, индий мен сүрменің байланысы. Химиялық формуласы InSb.

Жартылай өткізгішті инфрақызыл фотосезгіш датчиктерде мысалы, өзін-өзі бағыттау инфрақызыл бастарда (ӨБИҚБ) ИҚ-сәулелену бойынша зымырандарды өзін-өзі дәлдеу үшін, инфрақызыл астрономияда қолданылады.

Детекторлар InSb негізінде толқын ұзындығы 1-5 мкм электромагнитті толқындардың жақын ИҚ-диапазонына сезімтал.

InSb жақында жылу көрудің механикалық сканерленетін жүйелерінің «нүктелік» детекторларында кең қолданылды.

Индий антимониді көк-сұр күмісті метал немесе шыныкөру жылтырлы ұнтақ түрінде болады. 500 °С жоғары температурада балқиды, бұл ретте сүрме бу немесе оның оксидтері (ауада InSb ыдырауы кезінде) түрінде ұшып кетеді. Тұрақты кристаллдық торы 0,648 нм, мырышты қоспа типті кристаллдық құрылым.

Индий антимониді инфрақызыл фотодетекторларда қолданылады. Жоғары квантты тиімділікке ие (80-90 %). Кемшілігі жоғары тұрақсыздығы болып табылады: детектордың сипаттамалары әдетте уақыт бойынша дрейфтеледі. Осы тұрақсыздықтың кесірінен детекторлар метрологияда жиі қолданылады. Тыйым салынған зонаның тарлығына байланысты жартылай өткізгіш материал ретінде индий антимониді қолданылатын детекторлар терең салқындатуды қажет етеді, өйткені олар тек криогендік температураларда жұмыс істей алады (әдетте, 77 К – азоттың атмосфералық қысымда қайнау температурасы). Жеткілікті жоғары ажыратымдылықты фотоқабылдағыш матрицалар жасалған (2048x2048 пискелдерге дейін). Фотоқабылдағыштарда индий антимонидінің орнына HgCdTe және PtSi қолданылуы мүмкін.

### 2.3 Қорғасын теллуридi

Қорғасын теллуридi (PbTe) – NaCl типті кубтық құрылымда кристалданатын қорғасын мен теллурдың бинарлы бейорганикалық байланысы.  $A^{IV}B^{VI}$  тобының тарзоналы тура зоналы, 300 К кезінде тыйым салынған зонасының ені 0,31 эВ жартылай өткізгіш. Танымал термоэлектрлік материал. Табиғатта алтаит минералы түрінде кездеседі.

Қорғасын теллуридi жартылай өткізгіштер үшін жоғары диэлектрлік өтімділікке (300 К кезінде  $\epsilon_0 = 410$ ) ие, шамасы 4,2 К дейін салқындатқанда 3000 дейін артады. Сондықтан қорғасын теллуридін виртуалды сегнетэлектрикке жатқызады.

Үлкен практикалық мәнге тыйым салынған зонасының ені қалайының мөлшерінен тәуелді болатын үштік байланысқа қорғасын-қалайы-теллур ие. Ол спектрдің инфрақызыл аймағында жұмыс істейтін фоторезисторларды дайындау кезінде қолданылады.

Теллур-қорғасын жүйесінің күй диаграммасында бір химиялық байланыс – PbTe белгіленеді, құрамында 38 салм.% Te бар. PbTe + Te эвтектикасы 405° кезінде балқиды және 78,5 салм. % Te ие. Pb+ PbTe эвтектикасының балқу температурасы қорғасынның балқу температурасына тең (теллурдың концентрациясы эвтектикада 0,05-0,1 салм. % Te құрайды).

### 2.3.1 Қорғасын теллуридiнiң электр физикалық қасиетi

Теллуридтi қорғасын – байланыстың атомды-коваленттi күштерi басым болатын кристалдық зат. РЬТе жылу өткiзгiштiгiнiң коэффициентi 25° кезiнде  $5,25 \cdot 10^{-3} \text{ кал/см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}$  тең. Тасымалдағыштардың концентрациясы  $n. = 3 \cdot 10^{19} - 2 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$  кезiнде қоспалардың болуы әсерiнен туындайтын қосымша жылу кедергiлерi енгiзiлетiн галогендердiң концентрацияларына пропорционалды болады. РЬТе жылу өткiзгiштiгi енгiзiлетiн галогеннiң мөлшерiне қарамастан бiрдей шамаға өзгередi.

90-200°К интервалда жылу өткiзгiштiк температураға керi пропорционалды өзгередi.

Барлық үлгiлер үшiн, тек ерекше жылулық өндеуге түскен бiреуiнен басқаларына тәжiрибелiк нүктелер бiр тура түзуде жатады. Жылу өткiзгiштiктi айқындау үшiн  $0,022 \text{ вт/см} \cdot \text{град}$  тең тұрақты торлы құраушының және электр өткiзгiштiкке тура пропорционалды электронды құраушының қосындысы түрiнде қолданылатындығын көрсетуге болады.

РЬТе үшiн пропорционалдық коэффициентi  $2 \text{ (к/е)}^2 T$  жақын.

Тасымалдаушылардың концентрациясы  $10^{20} \text{ см}^{-3}$  болатын үлгiлерде 90-600 ° К диапазонда өлшенген қорғасын теллуридiнiң магниттi сезгiштiгi 0° К экстрароляция кезiнде  $148 \cdot 10^{-6}$  құрайды. Қорғасын теллуридiнiң диэлектрлiк өтiмдiлiгi 4,2-130° К температуралық интервалда 400 тең болуы мүмкiн.

Еркiн электрондарының концентрациясы  $1 \cdot 10^{18} - 1 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$  болатын РЬТе термоэлектрлiк қасиеттерiн зерттеу дифференциалды т. э. д. с. Тасымалдағыштардың концентрациясы мен температурасынан тәуелдi екендiгiн көрсетедi. Қорғасын теллуридi үшiн т. э. д. с. мәнi бөлме температурасында 50-100 мкв тең болуы мүмкiн. Қоспалау т.э.д.с. абсолюттi мәнiнiң өзгерiсiн және оның температурадан тәуелдiлiгiн тудырады.

Тасымалдағыштарының концентрациясы  $10^{17} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$  қорғасын теллуридi 25° кезiнде  $60-1800 \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$  шектерде меншiктi электр өткiзгiштiкке ие. РЬТе монокристалды үлгiлер өткiзгiштiктiң кемтiктiк сипатына ие.

РЬТе электр өткiзгiштiгiнiң температуралық тәуелдiлiгiнiң сипаты теллуридтың тазалығынан ғана емес, сонымен қатар қоспаланатын қосындының табиғатына да байланысты болады. Кварцты түтiкшелерде пайдаланылатын 400° кезiнде 100 сағат бойы кристалдарды қыздыра жұмсарту тасымалдағыштардың концентрацияларының төмендеуiне әкеледi.

РЬТе электрлiк қасиеттерi қысымды қосқан кезде едәуiр өзгередi. Қысымның 500 кбар. дейiн *p*-и *n*-типтi РЬТе кедергiсiне әсерiн зерттеу, төменгi қысым аймағында қысымның өсуi бойынша кедергiнiң тез азаятындығын көрсетедi. 75–80 кбар қысым кезiнде РЬТе үшiн кедергi мен Холл коэффициентiнiң өсуiмен дүретiн фазалық өткел бақыланады. Жаңа фазаның кедергiсi қысымның өсуi кезiнде түседi.

Электр кедергісін  $200\ 000\ \text{кГ/см}^2$  дейінгі қысымда өлшеу, қысымның өсуіне байланысты электрлік кедергінің басында анықталған қысымда минимумға жете отырып азаятындығын көрсетеді, сосын тағы да өседі және максимум арқылы өтеді, содан кейін тағы да азаяды. Минимум мен максимумның абсолютті мәндері қорғасын теллуридін тазалық дәрежесіне тәуелді болмайды, әдетте тұрақты тордың өсуімен ұлғаяды.

Тыйым салынған зонаның енінің қысымға тәуелді өзгеруі жалпы формада  $dE/dP = -7 \cdot 10^{-6}\ \text{эВ/атм}$  түрінде жазылуы мүмкін. РЬТе электрөткізгіштігі және т.э.д.с. қоспаланатын галогендердің қосындыларының түрі мен  $0,5-3,0$  салм.% интервалда енгізілген қорғасынның артық мөлшеріне тәуелді болмайды. Қорғасын теллуридін қалайы теллуридмен  $20$  салм.% дейінгі мөлшерде қоспалау, қоспаланған үлгілер үшін  $0,3-0,36$  эВ интервалда тербелетін тыйым салынған зонаның еніне аз әсер етеді. Қорғасын теллуридін үшін Зеебек коэффициенті  $440^\circ\ \text{К}$  кезде максималды мәніне  $350\ \text{мкВ/град}$  жетеді. Құрамында SnTe өсуіне байланысты Зеебек коэффициенті жоғары температураларда кемтіктен электронды өткізгіштікке өтуге көрсететін бағытты өзгертеді. Сонымен қатар термокедергінің шамасы (тордың кері жылу өткізгіштігі)  $300-400^\circ\ \text{К}$  кезінде максимумға жете отырып, температураның артуымен өседі, кейін ол азаяды.

Өткізгіштік зонасының электрондары РЬТе да катиондардың субторы бойынша, ал кемтіктер сәйкес аниондардың субторлары бойынша қозғалады.

Сәйкес p- және r-типті РЬТе да электрондар мен кемтіктердің тиімді массалары  $0,22_{m_0}$  және  $0,29_{m_0}$  тең.

Пьезокедергі эффектісін зерттеу РЬТе зоналық құрылымының ерекшелігін айқындауға мүмкіндік берді. Пьезокедергінің үлкен эффекті жартылай өткізгіштерде бір өсті деформацияға қатысты эквивалентті емес орналасқан зоналардың минимумдарының энергияның әр түрлі мәндерімен сипатталатынына байланысты. Токты тасымалдағыштардың жартысы үлкен энергиямен минимумдардан аз энергиялы минимумдарға өтеді, соңғылардың анизотропиясы басым болады, және меншікті кедергінің өзгеруіне әкеледі. Сонымен қатар эффекттің анизотропиясы зонаның анизотропиясымен тығыз байланысқан және эффект  $1/T$  пропорционалды.

Деформация кезінде, атом аралық қашықтықтар мен байланыс бұрыштарының өзгеруі нәтижесінде энергетикалық беттердің орналасуымен қатар, олардың пішіндері, яғни тиімді массалары да өзгеруі мүмкін. Деформация кезінде тиімді массаның өзгеруі кедергінің өзгеруіне де әкеледі. Пьезокедергі эффектісіне сәйкес үлес температураға әлсіз тәуелді. Өйткені температураның өзгеруі орта атома аралық қашықтықтың өзгеруіне әкеледі, онда РЬТе да тиімді массаның температураға тәуелділігі бақыланады және тәжірибеде дәлелденеді.

### 2.3.2 Қорғасын теллуридін оптикалық қасиеттері

Оптикалық жұтудың қисығы 4-28 мк аймақта РbTe кристалдарында қалыңдығы 0,1-1 мм үш учаскеден тұрады. Бірінші учаске қысқа толқындарға сәйкес келеді және жұтудың классикалық өзгеріс мысалын келтіреді, екінші учаске 10 мк үлкен толқын ұзындығы үшін еркін тасымалдағыштардың ішкі зоналы өткелдерімен байланысқан жұтуды еске салады, үшінші учаске – 5 және 10 мк арасында, жұтылу еркін тасымалдағыштар мен қандай да бір қосымша факторлармен тудырылған.

Ұзын толқындар аймағындағы жұту қисығы еркін тасымалдағыштармен жұтылуға сәйкес келеді. Оптикалық жұтылудың қимасы (G) әр түрлі толқындар үшін 2.1-кестеде көрсетілген.

## 2.1 Кесте – Әр түрлі толқындар үшін оптикалық жұтылудың қимасы (G)

$\lambda$ , мк	15(300°K)	13(195°K)	12(77°K)
G, см <sup>2</sup>	$10 * 10^{-17}$	$8,1 * 10^{-17}$	$5 * 10^{-17}$

Температураның көтерілуі жұтылу коэффициентін қысқа толқындар жағына қосады.

Токты тасымалдаушылардың 300 және 77° K кезінде, келтірілген деректерден есептелген тиімді массалары сәйкес  $m^* = 0,1 m_0$  және  $m^* = 0,04 m_0$  тең. Тасымалдаушылардың температурасы мен концентрациясының көтерілу шамасы бойынша олар артады. 5-10 мк интервалда анықталған қосымша жұтылуды төмендетілген температурамен кемітеді, ал оның абсолютті шамасы еркін тасымалдаушылардың концентрациясына пропорционалды болады.

Өткізгіштіктің электронды типті РbTe үлгілерде қосымша жұтылу болмайды, ал еркін тасымалдаушылармен байланысқан жұтылу пропорционалды  $\lambda^2$  өзгереді. Жұтылу қимасы мен тасымалдаушылардың тиімді массалары n-типті РbTe үшін p-типтіден алынған мәндерге жуық. Жұтылу шетінің орналасуы белгілі температурада тасымалдаушылардың концентрациясы  $5 \cdot 10^{17} - 3,7 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  p-типті материалда және концентрациясы  $2,5 * 10^{18} \text{ см}^{-3}$  n-типті материалда бірдей.

Оптикалық деректерден есептелген, РbTe тыйым салынған зонасының ені 300° K кезінде 0,296 эв және 0° K кезінде 0,17 эв тең. Оптикалық және электрлік деректерден есептелген тыйым салынған зонаның енінің мәнінің сәйкес болмауы РbTe да ток тасымалдаушыларын түрлендіруге қабілетті ақаулардың болуымен түсіндірілуі мүмкін.

Бойлық сияқты көлденең ультрадыбыстық толқындардың жұтылуының квантты осцилляциясы p- және n-типті РbTe қадағаланды. Ультрадыбысты толқындардың жұтылуын өлшеу магнитті өрісте сұйық гелийді температурасы 90 кгс кезінде қорғасын теллуридін бағытталған монокристалдарында жүргізілді. 20-45 кгс интервалда бақылған жиілік эллипсоидтер үшін күтуге болатын жиіліктен шамамен екі есе асып түседі. Қорғасын теллурид үшін

спиндік ажыратылумен түсіндірілетін жұтылу шындарының әлсіз ажыратылу белгіленеді.

## 2.4 Плюмбум қалайы теллур

$\text{PbSnTe:In}$  қатты еріндісінің фотоэлектрлік қасиеттерінің кешені гелийлі температураларда «диэлектрлік күйде» қақпандардың болуы кезінде кеңістіктік зарядтармен шектелген инъекциялық токтардың теорияларының шектерінде жақсы сипатталады. Вольт-амперлік сипаттамалар қақпандардың электрондар үшін өткізгіштік зонасынан шамамен 0,001-0,01 эВ төмен орналасқандығын көрсетеді. Іргетастық жұту аймағындағы жоғары фотосезімталдық жарық кезінде Холл эффектісі бойынша деректермен дәлелденетін, осы қақпандарға электрондардың жарығымен қоздырылған қармаудың нәтижесі ретінде түсініктемесін табады. Инъекцияның жоғары деңгейінде түйіспелерден электрондарды қақпандармен қармау төмен энергетикалық фотондардың әсерінен осы қақпандардың тозуы нәтижесінде пайда болатын толқын ұзындықтарының субмиллиметрлі диапазонында фотосезімталдықты анықтайды.  $\text{PbSnTe:In}$  негізінде фотоқабылдағыш құрылғылардың алынған рекордты шекті параметрлерінің жоғары мәндері ИҚ диапазонда және ұзақ толқынды сәулеленудің тура емес тіркегіш жүйелерінде субмиллиметрлі қосымшалар үшін қолданысқа ие болуы мүмкін.  $\text{A}_4\text{B}_6$  байланысының болашағы сонымен қатар кремнийлі төсемдерде тікелей фотосезгіш қабаттарды алу және субмиллиметрлі диапазондағы құрылғылар үшін маңызды үлкен физикалық өлшемді монолитті фотоқбылдағыш құрылғыларды құру мүмкіндігімен анықталады.

## 2.5 Селен және теллур

Селен және теллур – элементтердің периодты жүйесінің топтарының басты VI топшасының элементтері. Олар  $ns^2np^4$  электрондармен аяқталатын электронды қабықшалардың құрылымдылығымен түсіндірілетін, жақын химиялық және физикалық қасиеттерге ие.

Селен және теллур VIA топшасының құрамында метал еместер (O, S) мен металдардың ( $P_0$ ) арасында аралық орынға ие. Күкіртке ұқсайтын элементарлы селен аллотропияға бейімділігімен ерекшеленеді, теллур үшін модификацияның металдық түрі тән.

Селеннің атмосфералық қысымда болатын бірнеше модификациясы белгілі. Шыны тәрізді селен балқытылған селенді ең тез салқындатқан кезде пайда болады, сынғыш қара түсті, тығыздығы  $4,28 \text{ г/см}^3$  жартылай өткізгіш болып табылмайды. Аморфты селенді күкірт газымен селенді қышқылды тұзумен алады, түсі ашық қызылдан қараға дейін, тығыздығы  $4,26 \text{ г/см}^3$ .

Моноклинді селен екі модификацияда болады, олар селеннің ерітіндісін CS-немесе бензолды буландыру кезінде кристалданады. Қызғылт-қызыл а-селен (тығыздығы 4,46 г/см<sup>3</sup>) ерітіндіні баяу буландырғанда, ал көк-қызыл р-селен (тығыздығы 4,50 г/см<sup>3</sup>) – ерітінді жылдам буландырғанда алынады. Гексагоналды (у) селен басқа модификацияларды ұзақ қыздырғанда алынады, түсі сұр, тығыздығы 4,80 г/см<sup>3</sup>.

Теллур күмісті-ақ түске, металданған жылтырға ие, гексагоналды кристалды тормен, екі модификациямен сипатталады, өткелдің температурасы 354 С.

Сілтілердің концентрацияланған ерітінділері қыздырылу кезінде селен мен теллурды ерітеді.

### 2.5.1 Қолданылу аймағы

Селен мен теллурды қазіргі уақытта электр және радио техникада, металлургияда, химиялық өнеркәсіпте және басқа да аймақтарда қолданады.

Электротехника және радиотехника. Жарықтың интенсивтілігінің тербелісіне селеннің үлкен сезімталдылығы фототранзисторларда, термоэлектрлік құрылғыларда, күн батареяларында, люминофорларда қолданылады. Қорғасынның, қалайының, сынаптың және кадмийдың теллуридтері инфрақызыл сәулелендіргіштерді, радиацияның детекторларын жасау үшін қызмет етеді.

Металлургия. Теллур мен селен аз көміртекті және кейбір тот баспайтын болаттардың механикалық өңдеуге қабілеттерін жақсартады. Теллур азоттың жұтылуын сұйық шойын және болатпен бірден төмендетеді, олардың құймаларының кеуектілігін азайтады. Теллурмен мысты оның өңделгіштігін жақсарту үшін қоспайлады (0,75 % теллурға дейін мыста оның электр өткізгіштігін төмендетпейді). Теллурдың қорғасынға 0,1-0,5 % қосындысы оның беріктігін және кабельдің қабықшаларын, химиялық аппаратураның қаптамаларын дайындау барысында қажетті коррозиялық төзімділігін арттырады.

Шыны өнеркәсібі. Селен сигналды шамдар үшін шыныны күлгіннен көк-қызыл («рубинді») дейін алуға мүмкіндік береді. Теллурдың қосылуы қоңыр әйнекті алуға мүмкіндік береді. ТеО<sub>2</sub> негізінде жоғары сыну көрсеткіштерімен шыныларды, сонымен қатар толқын ұзындықтарының кең диапазонында инфрақызыл сәулелерді өткізетін шыныларды алады. Селен мен теллур керамика, глазурь және эмальдар үшін пигменттер құрамына кіреді.

Химиялық өндіріс. Селен мен теллурды резеңкенің икемділігін жақсарту мен беріктігін көтеру үшін вулканизаторлар мен үдеткіштер ретінде қолданылады. Олардың химиялық және фармацевтикалық өнеркәсіптерде тотықтыру, сутектендіру, сутексіздендіру, галогендеу катализаторлары үшін қолданылуы әрқашан кеңейтіледі. Селен және теллур тотықтырғышқа қарсы жағармайлардың төзімділігін арттырады. Өтпелі металдардың селенидтері мен

теллуридтері – атифрикционды жабындар мен материалдардың компоненттері. Дезинфекциялаушы заттардың, инсектицидтердің, фунгицидтер мен гербицидтердің құрамына кіреді.

### **2.5.2 Селен мен теллурдың өнеркәсіптік өндірісі**

Селен мен теллурдың 1985-1986 жылдардағы әлемдік өндірісі шамамен 720-1600 және сәйкес 220 т құрады.

Селен мен теллурдың негізгі өндірушілері – Жапония (~ 450 т/жыл Se) және Канада (~350 т/жыл Se).

Жер қыртысындағы селеннің құрамы  $6 \cdot 10^{-5}$ , теллурдың құрамы  $1 \cdot 10^{-6}$  % (массасы бойынша). Олар селенидтар, теллуридтер, тотыққан минералдар көрсетілген 80 өзіндік минералдарға ие. Селен мен теллур өзіндік кен орындарды түзбейді, басқа металдардың кендерінде қоспа түрінде кездеседі.

Селен мен теллурдың жүрісі және олардың байланысы кенді байыту үрдісінде концентраттарға төмен дәрежесімен өтуімен сипатталады. Селективті флотация кезінде мысты концентраттарға алу кендегі селен мен теллурдың құрамының 10-25 %; мырышты 5-10 %, қорғасынды 20-35 %, никельді және молибденді 0,5-5 % құрайды. Селен мен теллурдың үлкен бөлігі байытудың соңындарында және пиритті концентрацияларда қалады.

Сульфидті кендер мен концентраттарды (мысты, никельді, мырышты, қорғасынды), құрамында алтын бар кендерді және пиритті концентраттарды металлургиялық өңдеу үрдісінде селен мен теллур қалдықтар мен кәсіпорынның жартылай өнімдерінде бөлінеді және жиналады: агломерацияның, балқытудың және түсті металдардың концентраттарын күйдіру үрдістерінде, мысты, никельді электролиттік тазарту қалдықтарында, күкірт қышқылды өндірістің қалдықтары мен тұнбаларында, қорғасынды тазалау қалдықтарында және т.б.

Селен мен теллурдың негізгі көзі – қара мысты электролиттік тазалаудың анодты қалдықтары. Селен мен теллурды қалдықтан мысты, алтын мен күмісті алу арқылы шығарады.

Селен мен теллурдың басқа маңызды көзі – құрамында 3-42 % Se және 0,2-14 % Te бар, күкірт қышқылды және целлюлоза-қағаз өнеркәсібінің қалдықтары. Қорғасын өндірісінің қалдықтары мен жартылай өнімдерді селен мен теллурды шығара отырып өспелі мөлшерде қайта өңделеді.

### **2.6 Қорғасын сульфиді**

Қорғасын сульфиді (галенит, қорғасынды жалтыр) көк-сұрдан күмісті-сұрға дейін бояумен кристалды байланысты білдіретін қорғасын мен күкірттің бейорганикалық химиялық байланысы.

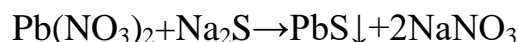


### 2.6.1 Алынуы

Қорғасынның балқытпаларының немесе буларының күкіртпен өзара әсерлесуімен:



Су ерітіндісінен  $\text{Pb}^{2+}$  күкіртсутекпен немесе қандай да бір басқа сульфидтермен алынатын тұндырумен:



Қорғасын сульфидін сонымен қатар күкірттің органикалық байланыстарымен өзара әсерлесу кезінде қорғасынды-органикалық заттардан алуға болады (меркаптандардан, тиофендерден және т.б.):



### 2.6.2 Физикалық қасиеті

Қорғасын сульфидінің физикалық қасиеті болып:

- балқу температурасы 1114 °С;
- қайнау температурасы 1281 °С;
- алыну немесе табиғи орналасуына тәуелді қаттылығы 2-ден 3-ке дейін;
- тығыздығы 7,5 г/см<sup>3</sup>;
- булардың қысымы 800 °С кезінде – 0,2 мм рт. ст., ал 900 °С – 2 мм рт;
- Когурэнтты булану шарттарында будың қысымының температуралық тәуелділігінің теңдеуі:  $\lg P_{\text{PbS, атм}} = -11597/T + 6,61$ .

### 2.6.3 Қолданылуы

Керамикалық өнеркәсіпте қолданылады.

Қорғаныс үлдірлерін, жартылай өткізгіштерді, жаңа заманауи наноматериалдарды алу үшін қолданады.

Қорғасын сульфиді – жартылай өткізгіш техниканың, фотоқабылдағыштардың және ИҚ-диапазонды детекторлардың жақсы материалы.

### 3 Өлшеу жүйесі үшін есептеу-графикалық бөлімі

#### 3.1 Операциялық күшейткішті таңдау және есептеу

Операциялық күшейткіш (ОК) – бұл тұрақты және айнымалы сигналдарды күшейтуге арналған және теріс кері байланыспен сұлбада жұмыс жасағанда аналогты шамалардың түрлі операцияларын орындайтын жоғары сапалы күшейткіш.

Жобаланатын аппаратта кернеу фоторезистордың шығысынан күшейткіш көмегімен АСТ максималды кіріс кернеуіне дейін күшейтілуі керек. Жұмыс тапсырмасы бойынша объектінің (технологиялық үрдістің) өлшенетін температурасы 65...100 °С шектерде орналасады, өлшеу қателігі  $\pm 2$  °С. Сұлбадағы өлшеу температурасының 105 °С дейінгі қормен күшейту коэффициентінің қорын есептейміз.

Фоторезистордағы сигналды операциялық күшейткішпен күшейтеміз.

АСТ шығысында кернеудің максималды мәні 3 В тең болуы қажет.

ОК параметрлері:

– күшейту коэффициенттері ОК = 1000 (60 дБ);

– шығыс кедергісі = 300 Ом;

– кіріс кедергісі = 10,26 Ом;

– кіріс ток (номиналды мән) = 6,05 мА.

Сұлба 3.5 максималды кіріс пен минималды шығыс кедергілер кезінде күшейту коэффициентін  $K = 42$  қамтамасыз етеді. Минималды кіріс сигнал – 53,8 мВ, максималды – 70,8 мВ.

$R_1$  резистордың параметрін номиналды кіріс ток кезінде түсетін кернеу минималды кіріс сигналдан 10 % аспауы керек. Минималды кіріс сигнал 53,8 мВ тең және кіріс ток 6,05 мА болса, резисторда кернеудің түсуінің рұқсат етілген мәнін аламыз:

$$0,1/53,8 \text{ мВ} = 5,38 \text{ мВ}.$$

$R_1$  кедергіні Ом заңы бойынша анықтаймыз:

$$R_1 = 5,38 \text{ мВ} / 6,05 \text{ мА} = 0,88 \text{ Ом}.$$

$R_1 = 0,88$  Ом және сұлбаның күшейту коэффициенті  $K = 42$  кезінде резистордың кедергісін  $R_2$  есептейміз:

$$R_2 = (K - 1) R_1 = (42 - 1) \cdot 0,88 = 36,08 \text{ Ом}.$$

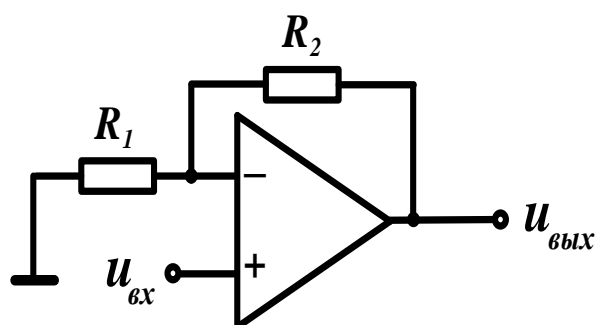
$K = 42$  кезінде сұлбаның кіріс кедергісі:

$$Z_{\text{вх}} = Z_{\text{оу}} \cdot K = 10,26 \text{ Ом} \cdot 42 = 430,92 \text{ Ом}.$$

Күшейткіштің сұлбасының шығыс кедергісін келесі формула бойынша есептейміз:

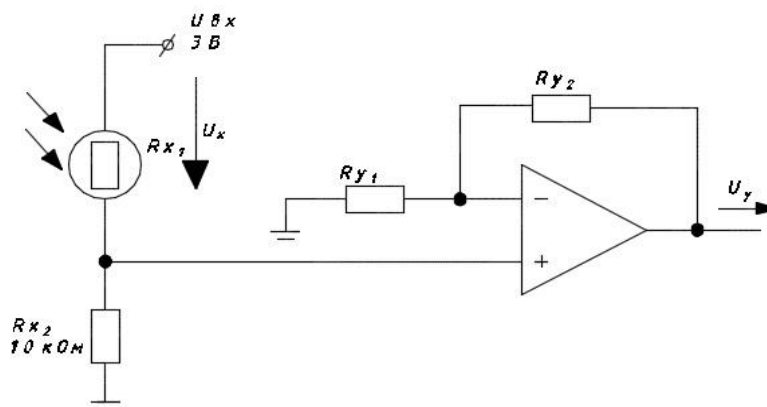
$$Z_{\text{ВЫХ}} = \frac{300}{1 + 1000 \left( \frac{0,88}{36,08 + 0,88} \right)} = 12,09 \text{ Ом}$$

Осылайша, қарастырылған сұлбамен күшейткіш үлкен кіріс кедергісімен  $R = 430,92 \text{ Ом}$  және аз шығыс кедергісімен  $R = 12,09 \text{ Ом}$  ерекшеленеді.



3.3 Сурет – Инверттемейтін күшейткіштің сұлбасы

Есептерге негізделе отырып 3.4-суретте көрсетілгендей өлшеуіш жүйенің құруға болады.



3.4 Сурет – Фотосезгіш элементтің және ОК өзара байланысы

### 3.2 Нормалаушы түрлендіргішті таңдау

Одан кейін сигналды аналогты-сандық түрлендіргішке беру үшін сәйкес параметрлерге ие нормалаушы түрлендіргішті таңдау керек.

Біріншіден, нормалаушы түрлендіргіштер сұлбаны және алғашқы сигналдарды өлшеу әдісін жүзеге асырады. Әсіресе бұл сигналдарды өлшеу кезінде кедергі термометрлері мен температураны өлшеу барысында термоэлектрлік түрлендіргіштер үшін (терможұп) өте маңызды. Нормалаушы түрлендіргіштер үш-төрт өткізгішті сұлбаны қосуды (термокедергілер үшін), «салқын дәнекердің» әсерінің компенсациясын (терможұп үшін), сызықты емес статикалық сипаттамалардың сызықтандырылуын, кедергілерді сүзгілеуді қамтамасыз етеді. Осымен нормалаушы түрлендіргіштер өлшеу жүйесінің екінші деңгейін жүктейді және қысқартады.

Екіншіден, нормалаушы түрлендіргіштер сигналдың гальваникалық түйінін қамтамасыз етеді. Бұл әр түрлі потенциалдардағы алыс жатқан датчиктерін қосуға мүмкіндік береді және өлшеу трактіне енетін электрмагнитті кедергілердің деңгейін қысқартады.

Үшіншіден, нормалаушы түрлендіргіштер сигналдарды жүйеде бірыңғайландырады және ол тағы да көп каналды жүйелердің екінші деңгейлі құрылуын қысқартады.

Сонымен бірге, сигналдардың нормалаушы түрлендіргіштерін қолданылуын қарастыра отырып, біз мәні өзгертін болса тек баяу өзгертін тұрақты сигналдар деп аталатын сигналдармен жұмыс істедік. Егер технологиялық үрдістердегі температураны өлшеу туралы айтатын болсақ, температураның өзгеру уақыты – бірліктер және ондаған секунд. Нормалаушы түрлендіргіш өзгертін сөлшеу сигналдарын ақырын тоқтаусыз беруі үшін, оның өткізу жолағы бар болғаны Герц бірліктерін құруы қажет.

Бұл жағдайда желіде 50 Гц жиілікпен ток пен кернеудің айнымалы сигналдарын түрлендіру туралы айтылады. Гальваникалық түйіндер мен сигналдардың бірыңғайланған сигналдардың рөлі ток пен кернеудің электрлік сигналдарының параметрлерін өлшеу кезінде белгілі және стандартты. Талқылануға лайықты мәселе, нормалаушы түрлендіргіште жүзеге асырылған айнымалы сигналдардың әрекет етуші мәндерін өзгеру әдісі, сонымен қатар шынайы сигналдарды өлшеудің кейбір ерекшеліктері болып табылады.

Практикада айнымалы сигналдың мәні – барлық уақытта өзгертін шама – өзіндік қызығушылықты жиі тудырады. Ең қызықтысы сигнал туралы толық мәлімет беретін айнымалы сигналдардың кейбір анықталған сипаттамаларын білу болып табылады.

Айнымалы ток желісіндегі 50 Гц сигнал туралы айтқанда, әдетте гармоникалық (синусоидалы) сигналды білдіреді. Бар жоғы үш параметр белгілі – амплитуда, жиілік және фаза – сигналды толығымен сипаттайды және сигнал жайлы ақпарат алғысы келгенде оларды өлшейді.

Технологиялық үрдістерді бақылау мен басқару, электр энергиясын есептеу, күштік коммутациялы техниканың жұмыс қабілеті мен қызмет етуін бақылау тапсырмаларында айнымалы сигналдың жұмысты істеу қабілетін сипаттайтын энергетикалық қасиеттерді білу маңызды. Айнымалы сигналдың осындай параметрі оның орта квадратты мәні болып табылады. Сонымен қатар

«әрекет етуші мән», «тиімді мән» сияқты терминдер де кең қолданылады. Болашақта біз «әрекет етуші мән» терминін қолданатын боламыз.

Сигналдарды өлшеу мен өңдеудің сандық әдістерін қолдану әрекет етуші мәндердің және синусоидалы емес пішіндегі сигналдар үшін өлшеуді нақты жүргізуге мүмкіндік береді. Өлшеудің сандық әдістері сигналдың әрекет етуші мәндерін тікелей интегралды есептеу арқылы санауға мүмкіндік береді. Бірақ бұл жағдайда да өлшеудің ескеру қажет кейбір ерекшеліктері бар.

Бірыңғайланған сигналдардың түрлендіргіштерінің сипаттамалары.

Айнымалы сигналдардың әрекет етуші мәнді нормалаушы түрлендіргіштерді таңдау кезінде ескеру қажетті негізгі сипаттамалар мен ерекшеліктерді қарастырайық. Мысал ретінде «КонтрАвт» Ғылыми-өндіруші фирмасымен шығарылатын НПСИ-ДНТВ нормалаушы түрлендіргіштерін келтірейік.

Өзінің негізгі қызметтік арналуының күшінен нормалаушы түрлендіргіштер ең алдымен кіріс және шығыс сигналдардың типтері және диапазондарымен сипатталады.

НПСИ-ДНТВ түрлендіргіштерде кіріс және шығыс сигналдарды таңдау қолданушымен бағдарламаланады. Диапазондармен қатар сигналдардың типтері (ток және кернеу) таңдалады. Түрлендіргіштің сигналдарының типтері мен диапазондарын таңдау кестеде келтірілген.

НПСИ-ДНТВ нормалаушы түрлендіргіштердің ерекшелігі айнымалы кернеу және токпен олар тұрақты кернеу мен токты өлшей және түрлендіре алады. Әрекет етуші мәннің физикалық мәнін есепке алумен, тұрақты сигналдың өлшенген әрекет етуші мәні тұрақты сигналдың деңгейіне тең болады.

НПСИ-ДНТВ түрлендіргіштер кіріс және шығыс сигналдардың гальваникалық түйіндерін қамтамасыз етеді. Оқшаулаудың кернеуі 1500 В кұрайды.

НПСИ-ДНТВ түрлендіргіштері сигнал жіберу жүйесінің функциясымен және функциясыз шығарылады. Сигнал беру жүйесінің модификацияларында орындалатын функция мүмкін төрт нұсқадан қолданушы арқылы таңдалады:

– 1-функция. Егер сигнал берілген деңгейден үлкен болса, сигнал беру жүйесі іске қосылады;

– 2-функция. Егер сигнал берілген деңгейден аз болса, сигнал беру жүйесі іске қосылады;

– 3-функция. Егер сигнал берілген деңгейден үлкен болса, сигнал беру жүйесі іске қосылады және осы күйде қолданушымен лақтырылғанға дейін тіркеледі;

– 4-функция. Егер сигнал берілген деңгейден аз болса, сигнал беру жүйесі іске қосылады және осы күйде қолданушымен лақтырылғанға дейін тіркеледі;

Сигнал беру жүйесінің функциясын орындаудан басқа түрлендіргіштер жүйеде пайда болуы мүмкін апаттық жағдайларды анықтайды: кіріс және шығыс сигналдардың байланыс сызықтары (тек 4...20 мА үшін), сигналдардың шекті диапазоннан шығыс сигналдары, энергияға тәуелді жадының параметрлерінің тұтастығы. Апатты жағдайларды анықтаған кезде (сигнал беру жүйесімен

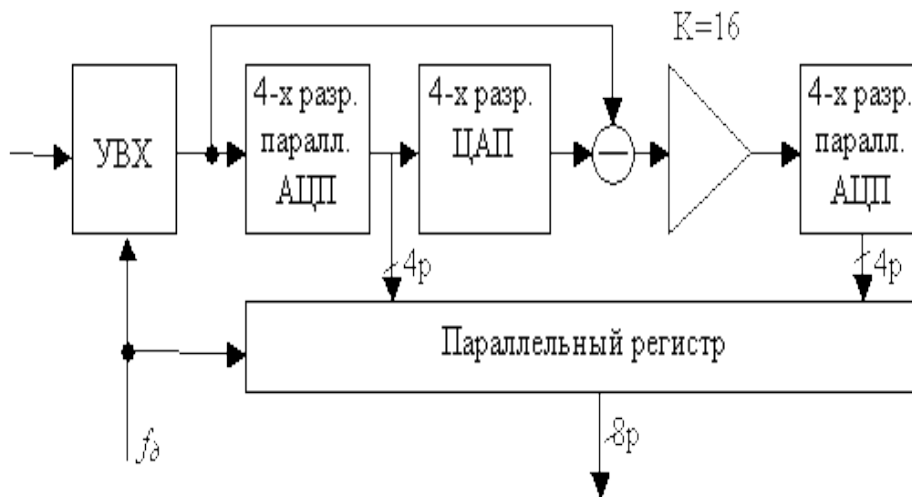
шатастырмау керек) түрлендіргіште АПАТ индикаторы жанады, дисплейде апаттық жағдайдың коды бейнеленеді, ал шығыс ток конфигурациялау кезінде қолданушы беретін мәнді – төмен немесе жоғары апатты деңгейді қабылдайды. Түрлендіргіштердің сигналдарын қабылдаушы өлшеу жүйелері осы апаттық деңгейлерді тіркейді және сәйкес апаттық жағдайларды анықтайды.

НПСИ-ДНТВ түрлендіргіштердің қуат көзі модификацияға байланысты айнымалы кернеу желісінен 220 В (жұмыс кернеулерінің рұқсат етілген диапазоны 85...265 В) немесе тұрақты кернеуден (жұмыс кернеулерінің рұқсат етілген диапазоны 10...42 В) жүргізіледі.

НПСИ-ДНТВ түрлендіргіштері құрылымы жағынан корпуста EN 50 022 стандарт бойынша DIN-рельсие 35 мм монтажды қамтамасыз ететін 115 × 110 × 22,5 мм (D×H×W) габаритті өлшемдермен орындалған.

### 3.3 Аналогты-сандық түрлендіргішті таңдау

Жылдам параллельді АСТ мен кең таралған тізбектекті жақындау АСТ арасындағы аралық орынды алатын аналогты-сандық түрлендіргіштердің келесі түрі тізбекті-параллельді АСТ болып табылады. Тізбекті-параллельді АСТ жұмысын сегізразрядты АСТ мысалында қарастырамыз. Бұл АСТ құрылымдық сұлбасы 3.5-суретте көрсетілген.



3.5 Сурет – Сегізразрядты тізбекті-параллельді АСТ құрылымдық сұлбасы

Сегізразрядты тізбекті-параллельді АСТ сұлбасында екі параллельді төртразрядты АСТ қолданылады. Екінші аналогты-сандық түрлендіргіш сандық-аналогты түрлендіргіш пен аналогты есептегіш көмегімен айқындалатын кванттау қателігін сандыққа түрлендіреді. Егер біз кіріс сигналды қателіксіз сандық пішінге түрлендіретін болсақ, онда АСТ шығысында (сосын сандық-аналогты түрлендіргіштің шығысында) біз кіріс сигналдың нақты көшірмесін

алатын едік, бірақ бұл олай болмайды. Сондықтан аналогты есептегіштің шығысында түрлендіру қателігінің сигналы пішінделеді.

Сұлбада бірдей АСТ қолдану мүмкін болуы үшін, бірінші аналогты-сандық түрлендіргіштің қателік сигналы 16 есе күшейеді. Нәтижесінде екінші АСТ кірісіндегі сигналдың деңгейі бірінші АСТ кірісіндегі сигналдың деңгейіне тең, яғни бірінші аналогты-сандық түрлендіргішке толығымен сәйкес келетін сұлбаны қолдануға болады. Әдетте есептеуіштерді операциялық күшейткіштерді қолданумен орындайды, сондықтан тізбекті-параллельді түрлендіргіштің құрамында күшейткіш есептеуіш қолданылады.

Өйткені параллельді түрлендіргіштердің разрядтылығы екі есе төмендетілсе, онда олардың 1 суретте келтірілген жүзеге асу жағдайында тек  $2 * 15 = 30$  компараторлар керек болады. Сегізразрядты АСТ жүзеге асыру үшін алдыңғы бөлімде айтылғандай бізге 255 компараторлар керек болар еді. Яғни сұлбаны жүзеге асыру қиындығы бойынша ұтыс шамамен он есе құрайды.

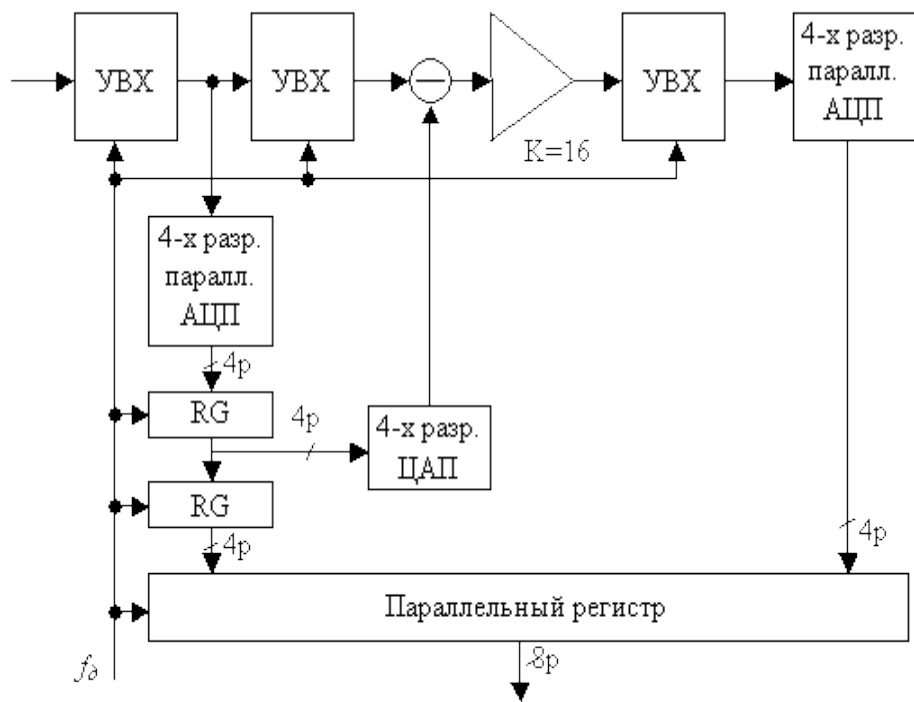
Ең алдымен шығыста сегізразрядты екілік кодты құрастыра аламыз, сигналдың бірінші АСТ сандық пішініне түрлендірілуі, қайтадан санды-аналогты түрлендіргішпен аналогты пішінге түрлендірілуі қажет. Сосын сигнал қателігі құрастырылуы керек және бұл сигнал тағы да цифрлану керек. Сипатталған әрекеттердің нәтижесінде кіріс аналогты сигналдың түрлену уақыты төрт есе өседі.

Түрлендіру уақыты тактілі жиілік болып табылмайды. Параллельді АСТ кезінде түрлендіру уақыты тактілі жиіліктің периодынан бірнеше есе үлкен (аналогты сигналдың дискреттеуінің жиілігі). Бүкіл уақытта түрлендіргіштің кірісіндегі сигнал өзгермеуі тиіс. Бұл тізбекті-параллельді АСТ құрамында іріктеу және сақтау құрылғылары орналасуы қажет.

Параллельді аналогты-сандық түрлендіргіштер жағдайында сияқты барлық жүйенің тез әрекеттілігі конвейерлік өңдеуді қолдану есебінен үлкейтілуі мүмкін. Түрлендіру алгоритмін бір уақытта орындалатын бірнеше кезеңдерге бөлу жеткілікті.

Түрлендіргіштің сандық бөлігінде кезеңдерге бөлу параллельді резисторларды қолдану көмегімен жүзеге асырылады. Осы мақсат үшін аналогты бөлікте іріктеу және сақтау құрылғылары қызмет етеді. Іріктеу мен сақтау регистрлері мен құрылғыларына аналогты-сандық түрлендіргіштің тактілік жиілігі беріледі. Бұл жиілік кіріс аналогты сигналдың дискреттеу жылдамдығына сәйкес келеді.

Сигналдың конвейерлік түрлендіру принципін қолданатын сегізразрядты тізбекті-параллельді түрлендіргіштің құрылымдық сұлбасы 3.6-суретте көрсетілген.



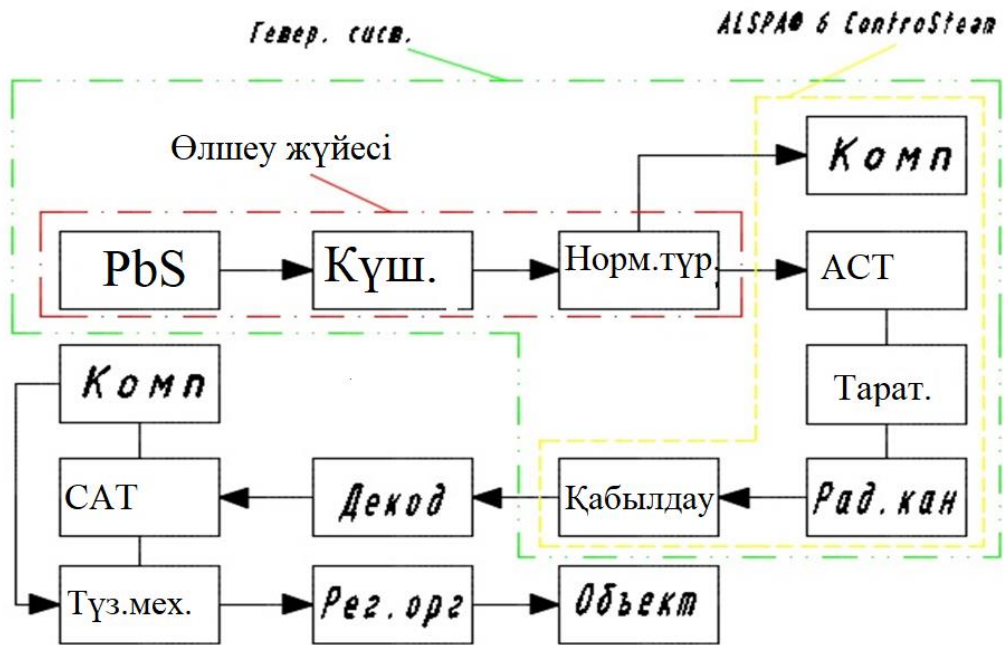
3.6 Сурет – Конвейерлі сегізразрядты тізбекті-параллельді АСТ құрылымдық сұлбасы

Бұл сұлбада қателік сигналының сандық түрге түрленуі жүзеге асырылады, келесі сигналды есептеуде қателік сигналады қалыптасады. Келесі сигналды санаудың қателік сигналы қалыптасқанша, үлкен төртразрядты шығыс кодтың қалыптасуы жүзеге асырылады. Жалғыз қиындық уақыт бойынша құрылған үлкен және кіші разрядтарды үйлестіру қасиетіне негізделеді. Бұл параллельді регистрлерде жиналған іркілістің сандық сызықтарындағы үлкен разрядтардың іркілісі есебінен жүзеге асырылады.

Келтірілген сұлбада кіріс сигналдың шығыс санауы тек үш тактілі импульстен кейін ғана пайда болады. Кіріс аналогты сигналдың барлық келесі санаулары әрбір кезекті тактілі импульспен пайда бола бастайды.

Оңтайлы сипаттамалары бар аспаптарды таңдаудың жүргізілген талдауына сүйене отырып өлшеуіш кешеннің принципіалды блок сұлбасын құруға болады.





3.7 Сурет – Турбогенератордың өлшеу кешенінің сұлбасының принципіалды сұлбасы

## ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе қазіргі уақытта жоғары қуатты электрлік машиналарда статордың орамаларының орамдарын оқшаулау жүзеге асырылады. Сондай-ақ картонды оқшаулар арасына ойыққа орнатылатын кедергі термометрлерінің көп мөлшері қолданылады. Бұндай жүйе өз кезегінде турбогенератордың конструкциясын қиындатады. Турбогенератордың өлшемдерін ұлғайтады және өлшеу кезінде қателіктердің себебі болып табылады. Жалпы электрлік машинаны дайындау технологиясын күрделендіреді.

Статордың орамаларының температурасын байланыссыз өлшеу үшін электронды сұлба жасалған. Жасалған электронды сұлба турбогенератордың корпусына ерекше конструкторлық өзгерістер енгізбейді.

Бұл электронды сұлба сезімтал датчиктердің салыстырмалы қолдануға негізделген. Сезімтал датчиктер тар аймақты жартылай өткізгіш материалдар негізінде дайындалған. Жасалатын электронды жүйенің бірегейлігі олардың негізінде жасалатын, қарастырылатын фоторезисторлар оптоэлектронды күшейткіш арқылы қосылған және микропроцессормен түйіндестіру блогы арқылы жоғары сезімталдыққа ие бола отырып, инфрақызыл аймақта сәулеленудің интенсивтілігінің өзгеруі бойынша статордың орамаларының температурасын жанама әдіспен өлшеуге мүмкіндік береді.

Тар аймақты жартылай өткізгіш материалдардың талдауында қорғасын сульфаты PbS температураның сұйық азотсыз ИК ауқымында жарық сезгіш элементтің функцияларын орындауға қабілеттілігі салдарынан турбогенераторлардың статор орамаларының температурасын контактсыз өлшеудің электронды жүйесі үшін пайдаланылуы мүмкін екендігін көрсетті.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Азбукин Ю.И., Аврух В.Ю. Модернизация турбогенератора. М., 1980.
- 2 Булаткин В.,А., Гурьев И.Я., Семкин Р.М. Ремонт роторных бандажей турбогенератора. М., 1973.
- 3 Справочник по ремонту турбогенераторов/ В.С. Гурвич, И.Я.Гурьев, М.И. Каплуновский и др. М., 1978.
- 4 Мураховская М.А., Силин Л.Ф. Конструкция турбогенераторов. Красноярск, 1981.
- 5 Поляк Н.А. Современные крупные двухполюсные турбогенераторы. М., 1972.
- 6 Хутарецкий Г.М., Титов В.,В. Турбогенераторы. Расчет и конструкция. Л. 1967.
- 7 Абрамов А.И., Извенков В.И., Серихин Н.А, Проектирование турбогенераторов. М,1990.
- 8 Хазан С.И. Турбогенераторы. Повреждение и ремонт. М.1983.
- 9 Глебов И.А. Данилевич Я.Б. Научные основы проектирования турбогенераторов. Л.1986.
- 10 Титов В.В., Хутарецкий Г.М Турбогенераторы. Расчет реконструкция.Л. 1987..
- 11 Макаричев Ю.А. Проектирование турбогенераторов: Учеб. пособие.— Самара: СамГТУ, 2000. – 69 с.
- 12"Өндірістік объектілерге қойылатын санитариялықэпидемиологиялық талаптар" санитариялық ережесі.
- 13 Н.Г. Приходько, Ф.Р. Жандаулетова. Основы пожарной безопасности. Методические указания к выполнению курсовой работы. Алматы: АУЭС,2013-31с.
- 14 Гавалешко Н.П., Горлей П.Н., Шендеровский В.А. Узкозонные полупроводники. Получение и физические свойства. Киев, Наукова думка, 1984, с.288.