

Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

КОРЕНЬКІВСЬКИЙ Назарій Андрійович

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПАРОВИМ
ГЕНЕРАТОРОМ / STEAM GENERATOR AUTOMATED CONTROL
SYSTEM**

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

Випускна кваліфікаційна робота
здобувача першого (бакалаврського) рівня освіти

Виконала: студент групи АКІТ-41
Кореньківський Н.А.

Науковий керівник:
д.т.н., професор Возна Н.Я.

Випускну кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:
" ____ " _____ 20__ р.

Завідувач кафедри СКС
_____ А. І. Сегін

Тернопіль 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОСТАЧАННЯ ВОДИ НА АТОМНІЙ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВЦІ	12
1.1 Принцип роботи атомної ЕС	13
1.2 Аналіз об'єкта управління	16
1.3 Аналіз характеристик обладнання	19
1.3.1 Робота та будова парогенератора ПГВ-1000М	20
1.3.2 Система регулювання рівня основної живильної води в ПГ	25
1.3.3 Система захисту підвищення тиску в ПГ	27
1.3.4 Система підведення і подачі аварійної живильної води в ПГ	28
1.3.5 Система продувки ПГ	31
2 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПАРОГЕНЕРАТОРА ТА ОБРГУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	33
2.1 Схема атомної енергетичної установки як об'єкта управління	33
2.2 Розробка функціональної схеми автоматизації	34
2.2.1 Контур регулювання тиску пари	35
2.2.2 Контур регулювання рівня води в парогенераторі	35
2.2.3 Контур регулювання тиску відсепарованої пари на виході з розширювачів продувки	36
2.2.4 Контур регулювання рівня в баку запасу хімобезсоленої води	36
2.3 Вибір технічних засобів автоматизації	37

					ДП.АКІТ.8091508.00.00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Система автоматизованого управління паровим генератором / Steam generator automated control system	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Кореньківський Н.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Возна Н.Я.</i>					5	
<i>Консульт.</i>		<i>Сапожник Г.В.</i>				ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-41		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Заставний О.М.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Сегін А.І.</i>						

2.3.1 Контролер Lagoon I-7188	37
2.3.2 8-канальний модуль I-7017 аналогового вводу	39
2.3.3 Модуль аналогового виводу серії I-7021	41
2.3.4 Модуль дискретного вводу/виводу з ізоляцією серії I-7044	42
2.3.5 I-7520 конвертер RS-232 в RS-485/422	43
2.3.6 ACE-540A Промислове джерело живлення	43
2.3.7 Перетворювач частоти Danfoss VLT	44
2.3.8 Давач тиску Метран – 150	46
2.3.9 Давач гідростатичного тиску Rosemount 3051S-L	47
2.3.10 Витратомір Метран-150RFA	48
2.3.11 Термоперетворювачі Метран-2700	50
3 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПАРОВИМ ГЕНЕРАТОРОМ	52
3.1 Модель ділянки регулювання рівня в барабанному парогенераторі АЕС	52
3.2 Математична модель парогенератора	54
3.3 Математична модель трубопроводу	55
3.4 Математична модель насоса	57
3.5 Математична модель асинхронного двигуна	58
3.6 Математична модель частотного перетворювача	59
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	62
4.1 Заходи забезпечення радіаційної безпеки	62
4.2 Заходи забезпечення електробезпеки	64
4.3 Розрахунок захисного заземлення	65
4.4 Заходи пожежної безпеки	69
4.4.1 Технічні вирішення системи запобігання пожежам	70
4.4.2 Технічні рішення по системі протипожежного захисту	71
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	74
ДОДАТКИ	77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АД - асинхронний двигун;
АЕС - атомна електростанція;
АЕУ - атомна енергетична установка;
АСУ - автоматизована система управління;
ДЖЕН - допоміжні живильні насоси;
ЖТН - живильні турбонасоси;
КВП - колектор власних потреб;
ККД - коефіцієнт корисної дії;
ПВТ – підігрівник високого тиску;
ПВУ - паровиробнича установка;
ПГ – паровий генератор;
ПІ – пропорційно-інтегральний регулятор;
ПІД – пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор;
РДК - радіаційний дозиметричний контроль;
РКНС - радіаційний контроль навколишнього середовища;
РРПГ - регулятор рівня перегенераторів;
РТК - радіаційний технологічний контроль;
САР - система автоматичного регулювання;
СР - система регулювання;
ТЖН - головний живильний насос;
ТН – теплоносій;
ТП - технологічний процес;
ФСА - функціональна схема автоматизації;
ЦВТ - циліндр високого тиску;
ЦНТ - циліндр низького тиску;
ШРУ – швидкодіюча редукційна установка;
ЦВСПРК - централізована інформаційно-вимірювальна система радіаційного контролю;

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Актуальність теми. Атомна електроенергетика в Україні продовжує розвиватися. Вона відіграє значну роль як в науковому, так і в технічному прогресі. В даний час немає ніякої серйозної конкуренції з ядерною енергетикою. Ще не знайдені технічно ефективні і економічно вигідні шляхи використання невичерпних запасів сонячної енергії. Запаси органічного палива швидко закінчуються. При спалюванні в топках теплових електростанцій кам'яного вугілля, газу чи нафти споживається значна кількість кисню, викидається в атмосферу сажа і сірчистий газ. Органічний матеріал доводиться добувати у важкодоступних районах, а звідси - підвищення їх вартості.

Ядерна енергетика має велику енергоємність, що значить, що об'єм необхідного ядерного палива для певної потужності в десятки тисяч разів менший, ніж органічного. Саме тому з кожним роком підвищується значення електроенергетики країни для отримання енергоресурсу.

Сьогоднішній стан розвитку енергетичної промисловості характеризується необхідністю досягнення підвищених експлуатаційних характеристик для устаткування. Завданням систем автоматизації є підвищення показників і зниження витрат на виробництво [1-5].

Електростанціями атомними виробляється практично половина всієї електроенергії виробленої в Україні. Сьогодні робота атомних енергоблоків стала неможливою без широкого застосування автоматизованих систем управління. Дана робота присвячена парогенеруючій установці, зокрема паровому генератору ПГВ-1000М. Система потребує застосування надійних засобів автоматизації [6-13].

Автоматизована система управління (АСУ), як і будь-яка система, взаємодіє із зовнішнім середовищем. Кількісну оцінку можна визначити за допомогою входів та виходів. Входами є: витрати матеріальних і енергетичних потоків, які надходять або виходять. Виходами, як правило, є температура, тиск, рівень, концентрація продуктів. Контроль і регулювання

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

цих параметрів повинна забезпечити автоматична система управління технологічним процесом (ТП).

Протягом останніх років на атомних електростанціях (АЕС) і підприємствах теплоенергетики України запроваджуються мікропроцесорні управляючі установки, які характеризуються значною перевагою в порівнянні з аналоговою технікою. Однією з таких переваг є можливість реалізації новітніх схем і алгоритмів управління ТП. Проте, недивлячись на те, що на теперішній момент часу вже удосконалено математичні перетворення для запровадження цифрових багатовимірних систем регулювання (СР), застосування нової техніки здійснюється на основі старих типових схем і алгоритмів, що не дає змоги використати повномий потенціал цифрової техніки.

Управління ділянкою живлення ПГ здійснюється двома автоматичними системами регулювання: рівня води і рівня витрат живильних турбонасосів (ЖТН). Робота цих систем взаємозалежна. При значних внутрішніх і зовнішніх збуреннях ці СР не в змозі надати підтримку технологічних параметрів у межах нормальної експлуатації, що приводить до збоїв чи повної зупинки енергоблоку і, як наслідок, до економічних втрат.

Крім того, система автоматичного регулювання (САР) рівня води в парогенераторах несерійних енергоблоків АЕС потребує виміру кількості свіжої пари і живильної води, що зв'язано з незворотними втратами її тиску при дроселюванні на вимірювальному пристрої, що є небажаним.

Наведені приклади свідчать про необхідність удосконалення систем управління барабанными котлами і ділянкою живлення барабанных парогенераторів АЕС.

Мета роботи. Мета даної роботи полягає в розробці системи автоматизованого управління паровим генератором у складі атомної енергетичної установки, що дозволить підтримувати у нормативних межах рівень води у паровому генераторі (ПГ) та забезпечить динамічну стійкість цілого енергоблоку або промислової установки. Для досягнення даної мети необхідно вирішити такі завдання:

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- аналіз роботи атомної енергетичної установки;
- визначення контурів регулювання для підтримання технологічних параметрів;
- обґрунтування технічних засобів автоматизації;
- розрахунок параметрів у системі автоматичного управління.

Об'єкт дослідження. Паровий генератор барабанного типу ПГВ-1000М.

Предмет дослідження. Система управління провим генератором барабанного типу.

Практичне значення одержаних результатів. Система автоматизованого управління барабанним парогенератором забезпечить безперебійну роботу та динамічну стійкість енергоблоку в цілому. Найважливіший параметр - рівень води у ПГ, який необхідно підтримувати на визначеному нормативному значенні, що надасть можливість не підвищити рівень в котлах, що може привести до збільшення вологості пари, закиду води у пароперегрівній поверхні та турбіну, зниження температури пари, гідроударів і ушкодження лопаткового апарата турбін. При неприпустимому зниженні рівня може порушитися циркуляція внаслідок значної кількості пари в опускні труби і відбутися перепалення екранних труб котла, погіршитись теплообмін і підвищитись температура води першого контуру, а також до зменшитись аварійний запас води для охолодження реактора.

Напрямки подальшого розвитку. Результати моєї роботи можуть бути корисними для управління ділянкою живлення ПГ, що здійснюється двома автоматичними системами регулювання: рівня води і витрати живильних турбонасосів. Робота цих систем взаємозалежна через об'єкт управління, однак розраховуються вони індивідуально, незалежно один від одного. Тому, для забезпечення підтримки технологічних параметрів необхідно удосконалювати систему управління при внутрішніх і зовнішніх збуреннях.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Публікації. Кореньківський Н.А. Розроблення структурної та функціональної схем автоматизації регулювання рівня води в парогенераторі / Н.А.Кореньківський, О.С.Долинюк, О.Д.Кондрацький. - Збірник матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" (АКІТ - 2023). - Тернопіль, 2023. – С.22-25.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОСТАЧАННЯ ВОДИ НА АТОМНІЙ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВЦІ

Одним з найважливіших елементів АЕС з реакторами з водою під тиском є парогенератори (ПГ), що видають пар на турбогенератор для вироблення енергії [1-5].

Парогенератор – це теплообмінний апарат для виробництва водяної пари з тиском вище атмосферного за рахунок теплоти первинного теплоносія, що надходить з ядерного реактора. Парогенератори, поряд з конденсаторами турбіни і проміжними теплообмінниками (у випадку триконтурної схеми), є основними теплообмінниками АЕС, від характеристик яких істотно залежать коефіцієнт корисної дії (ККД) і економічні характеристики станції. На більшості атомних електростанцій використовується типова схема перетворення атомної енергії в електрику: ядерні реакції гріють теплоносії (найчастіше воду). Гаряча вода з реактора прокачується насосами через парогенератор, де віддає частину тепла, і знову повертається в реактор. Оскільки ця вода знаходиться під великим тиском, вона залишається в рідкому стані (в сучасних реакторах – близько 160 атмосфер при температурі ~ 330°C). У парогенераторі це тепло передається воді другого контуру, яка знаходиться під набагато меншим тиском (зазвичай половина тиску першого контуру і менш), тому закипає. Пара, що утворилася надходить на парову турбіну, що обертає електрогенератор, а потім в конденсатор, де пар охолоджують, конденсується і знову надходить в парогенератор. Конденсатор охолоджують водою з зовнішнього відкритого джерела води (наприклад, ставка-охолоджувача). І перший і другий контури замкнуті, що знижує ймовірність витоку радіації назовні. Розміри конструкцій першого контуру мінімізовані, що також знижує радіаційні ризики. Парова турбіна і конденсатор не взаємодіють з водою першого контуру, що полегшує ремонт і зменшує кількість радіоактивних відходів під час демонтажу станції [1-5].

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

У водних реакторах, що встановлені на енергоблоках АЕС хімічна обезсолена вода служить і сповільнювачем нейтронів, і теплоносієм, і відвідним теплом, що виділяється при діленні ядер урану у реакторі.

Система технічного постачання води забезпечує охолодження конденсаторів турбін, допоміжного обладнання турбогенераторів, теплообмінного обладнання реакторної установки і обладнання інших допоміжних систем, відновлення витраченої води.

Система водного постачання складається з двох самостійних частин [1]:

- циркуляційне постачання води до конденсаторів турбін і допоміжних приладів турбогенераторів. Система замкнута, оборотна, двопідйомна з охолодженням в унікальних бетонних ємностях;

-технічне постачання води відповідальних споживачів води складається з 3-х окремих систем. Кожна з них замкнута, оборотна, зі зниженням температури води у кожному басейні.

1.1 Принцип роботи атомної ЕС

У даній роботі об'єктом контролю визначено 2-контурну енергетичну атомну установку (АЕУ) [3]. Покращеними характеристиками такого типу установок є невисока активність обладнання паротурбінної установки (ПТУ), яке спрощує технічний нагляд за установкою та полегшує її біологічний контроль. Недоліком є наявність парогенераторів, які зменшують надійність і економічність паровиробничої установки (ПВУ).

Загальна конфігурація атомної ЕС приведена на рисунку 1.1, де 1 – реактор; 2 - активна зона реактора; 3 - приводи стрижнів управління; 4 - циркуляційний насос; 5 – парогенератор; 6 – турбіна; 7 – конденсатор; 8 – генератор; 9 – трансформатор; 10 - вихід ел. енергії до споживача; 11 – градирня; 12 – охолоджуючий ставок. 13 – насос.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

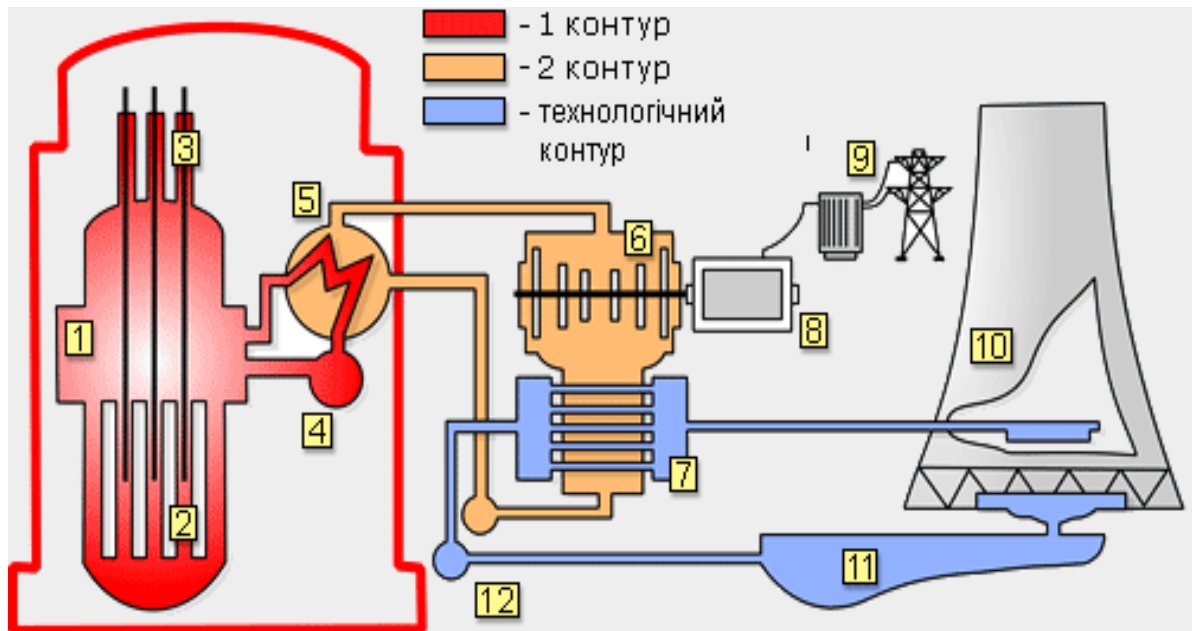


Рисунок 1.1 - Загальна конфігурація атомної ЕС.

Теплоносієм виступає вода, що подається під значним тиском, яка разом з тим слугує і сповільнювачем нейтронів. Вода володіє достатніми характеристиками і як передавач тепла, і як уповільнювач, і разом з тим перебуває у достатніх вартісних межах. Теплоємність води, яка є найвищою серед природних рідин, дозволяє мінімізувати енергетичні затрати на її циркуляцію в контурі. Основна характеристика, що висувається до звичайної води, - її чистота, бо очищена від домішок вода, слабо активується і володіє невисокою корозійною агресивністю. Недоліком води як теплоносія є відносно низька температура насичення при малому тиску. Тому для отримання високої температури (250-350°C) і, як наслідок, підвищений ККД термодинамічного циклу, виникає необхідність підтримувати надто високий тиск всередині самого реактора. Такі характеристики потребують застосування міцного надважкого корпусу реактора, трубопроводів. Це приводить до подорожчання вартості реактора. Для компенсації надмірної реактивності до складу теплоносія вводиться борна кислота. Крім цього добавляються різні хімічні добавки для оптимальної організації водного режиму. Це є однією з найважливіших умов підвищення надійної і безпечної діяльності ядерної паровиробничої установки.

									ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

Насичена пара використовується як діюча речовина. Для того, щоб задовільнити рівень мінімальних концентрацій солей, газів і механічних домішок у складі установки використовуються підсистеми спеціалізованої водоочистки та деаераційна установка [2, 4].

Для забезпечення допустимого тепловідводу від активної зони передбачається система примусової циркуляції теплоносія. У даній ПВУ застосовані 4 петлі для відводу тепла від реактора. Розділення на декілька циркуляційних петель підвищує надійність тепловідводу від діючої частини реактора.

В результаті ланцюгової реакції ділення, яке самопідтримується, в активній зоні ядерного реактора відбувається ділення ядер U_{92}^{235} і створення різних уламків ділення, нейтронів, випромінювання α, β, γ -випромінювань, які при гальмуванні в паливній матриці і конструкційних матеріалах активної ділянки виділяють велику кількість енергії. Теплоносій, який проходить через активну ділянку реактора, приймає теплоту від покриття твелів і конструкційних матеріалів. З реактора він прямує до парогенераторів. Далі проходячи через трубний простір, віддає отримане в реакторі тепло, через поверхні теплообміну, діючому тілу - воді нижчого тиску, що проходить в міжтрубному просторі парогенератора. Віддавши тепло діючому тілу, що гріє теплоносій циркуляційними насосами повертається в реактор. За рахунок цього тепла в порожнині парогенератора генерується пара, яка по головному паропроводу прямує до турбіни. Далі частина підведеної з парою теплової енергії перетворюється в механічну енергію обертання ротора турбіни. Живильна вода, отримана при конденсації пари після турбіни, донаповнена водою від сепаратора, а також хімічно очищеною водою потрапляє в деаератор і з допомогою живильних насосів повертається до парогенераторів.

Отримана в турбіні механічна енергія засобами валоприводу передається генератору електроенергії, де вона перетворюється в електричну енергію.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПВУ з усіма системами, які забезпечують її роботу у всіх режимах, розміщена в реакторному відділенні. Паротурбінна установка з усіма системами, які забезпечують її роботу у всіх режимах, розміщена в машинному залі.

1.2 Аналіз об'єкта управління

В якості проектованої АЕУ вибрана схема з реактором корпусного типу на теплових нейтронах і турбіні на насиченій парі (2-контурна). Для такої АЕУ в якості теплоносія використовується знесолена вода під тиском, а в якості діючого тіла - гаряча пара. Для енергетичного блоку (як прототипу), що проектується, обрана турбо-установка з паровою турбіною типу До-1000-60/3000 [4, 5].

Усе теплотехнічне устаткування згідно стадій ТП слід розділити на реакторну, парогенеруючу паротурбінну, конденсаційну установки і конденсаційно-живильний тракт. Взаємозв'язок між даними компонентами утворює теплосхему електростанції.

Приналежність основного технологічного устаткування слід описати на прикладі узагальненої схеми двоконтурної АЕС (рисунок 1.2).

У реакторі 3 відбувається розігрів теплоносія (води), що по трубопроводах одного контуру, обладнаного засувкою 5, направляється в парогенератор 7. У парогенераторі відбувається теплопередача від теплоносія діючому тілу другого контуру, виробляється пара, яка подається на циліндр високого тиску турбоагрегату.

Теплоносій з парогенератора через основний циркуляційний насос 6 по трубопроводі подається в реактор. Таким чином, перший діючому тілу. Компенсатор об'єму 4 застосовується для компенсації теплового збільшення теплоносія при розігріві і охолодженні реактора.

Для підтримки води у чистому вигляді в 1-му контурі на необхідному рівні необхідне безперебійне очищення від домішок, які утворюються в результаті корозії конструкційних матеріалів. Вилучення з води домішок

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

проводиться шляхом продувки певної кількості води, її фільтрації та подальше повернення у контур [2].

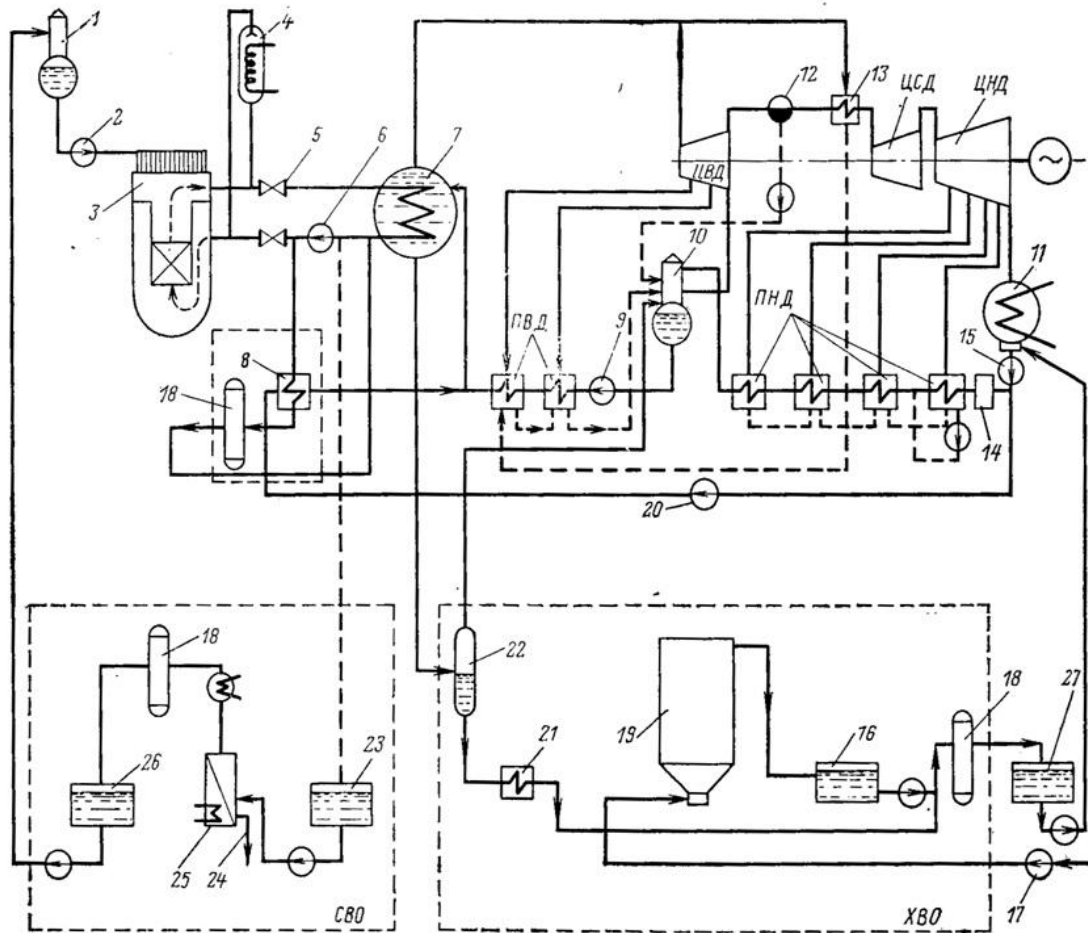


Рисунок 1.2 - Узагальнена схема АЕС

Об'єм продувочної води визначається допустимим вмістом домішок в теплоносії і змінюється в широких межах для АЕС різних типів.

На даній схемі (рисунок 1.2) відбір продувочної води проводиться з трубопроводу, розміщеного між головним циркуляційним насосом 6 і заслінкою. Вода, яка продувається, проходить через холодильну установку продувки 5, що живиться насосом 20, іонообмінні фільтри 18 і повертається в контур.

Іншим методом позбавлення домішок у воді першого контуру є спеціалізований процес [2], який застосовується разом з безперебійною продувкою. Вода після 1-го контуру (чи протічки, дренажні води і так далі) збирається в бак активного конденсату 23 і спрямовується при допомозі

насоса на випарні установки 25, де, за внаслідок відбору пари, яка гріє від турбіни, випаровується конденсат. Далі він прямує на фільтри 18 і збирається в баку чистого конденсату 26. При найкращому очищенні конденсату активність досягає $3,7 \cdot 10^2$ Бк/кг (10^{-8} Кі/кг) і приймається АЕС (одного контуру). Випаровування від конденсату по спецканалізації потрапляють в бак рідких відходів 24. Очищений конденсат насосом направляється для дегазації в доаератор підживлення і підживлювальних насосом 2 повертається в реактор 3.

Утворена у парогенераторі 7 пара, здійснює роботу в циліндрі найвищого тиску (ЦВТ) турбоагрегату і зволожується. Гранично допустима вологість пари не повинна бути більшою, ніж 12% для запобігання інтенсивного ерозійного пошкодження лопаточної частини водою. Для зниження вологості пари після ЦВТ пропускається через сепаратор 12, де відбувається відділення води, пароперегрівники 13 і направляється в циліндр нижчого тиску (ЦНТ). Конденсат сепаратора направляється на дегазацію в доаератор 10. Перегрів пари в пароперегрівачі 13 здійснюється шляхом відбору гострої пари від парогенератора 7.

Відпрацьована пара конденсується в конденсаторі 11 і конденсат ним насосом 15 через очисний конденсатор 14 і регенеративні підігрівачі нижчого тиску (ПНТ) спрямовується на дегазацію в доаератор 10. Підвищення ККД змушує підтримувати у конденсаторі глибший вакуум. Через це конденсатор і велика частка ЦНТ турбіни перебувають під розрідженням. Конденсація відпрацьованої пари в конденсаторі здійснюється технічною водою з моря, річки, ставка чи градирні.

Регенераторний підігрів живильної води необхідний для збільшення ККД АЕС внаслідок одержання тепла від пари в турбіні і передчі його воді для нагрівання. Створений таким чином конденсат повертається в живильний тракт. Звідси, чим більше здійснюється відборів пари від турбіни і більше підігрівачів живильної води, тим більшого значення набуває ККД циклу. Втім, підвищення температури живильної води допускається до тієї межі,

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

доки збільшення ККД не перестає покривати додаткові затрати на обладнання (регенеративні підігрівники, парогенератор).

Тепло після конденсатора охолоджуваної води втрачається. У тому випадку, якщо певну кількість пари направити у регенеративні підігрівачі води, відповідно знижується кількість потоку пари в конденсатор і, як наслідок, зменшуються збитки.

Доаератор 10 служить для відібрання конденсату з розчинених газів через скипання при підігріві паром від ЦВТ турбіни. Знегазований конденсат збирається в баку доаератора і живлячим насосом 9 через регенеративні підігрівники вищого тиску (ПВТ) направляється у парогенератор 7.

Весь тракт від конденсатора до парогенератора називається конденсаційно-живильним, а його участки: до і після баку доаератора - відповідно конденсаційним та живильним трактами.

ПВТ, встановлені на живильному тракті, перебувають під тиском, бо вони обігріваються паром, відібраним з ЦВТ турбіни. Утворений конденсат спрямовується на дегазацію в доаератор 10.

З ЦВТ відбір пари здійснюється ще і для підігріву води в локальному підігрівачі для підігріву приміщень, вентиляції і постачання гарячої води.

Вилучення домішок з води чи її продування у другому контурі проводиться відбором її з парогенератора з наступною подачею в розширювач 22, охолоджувач 21 і фільтри 18. Очищена вода збирається в баку 16 і насосом спрямовується в конденсатор турбіни. Підживлення живильної води другого контуру здійснюється подачею насосом 17 в освітлювач 19, зберіганням освітленої води в баку 16, звідки вона через фільтри 18 направляється в бак чистого конденсату 27.

1.3 Аналіз характеристик обладнання

Система управління атомною ЕУ призначена для підтримання параметрів стабільної роботи парового генератора в реальному і в аварійному режимах.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Система складається з наступних підсистем [2-4]:

1. Система регулювання рівня основної живильної води;
2. Система захисту підвищення тиску;
3. Система підведення і подачі аварійної живильної води;
4. Система продувки.

1.3.1 Робота та будова парогенератора ПГВ-1000М

Призначений парогенератор ПГВ-1000М для утворення пари під тиском 6,4 МПа з вологістю $<0,2\%$ при температурі живильної води 220°C у складі енергоблоку з водо-водним енергетичним реактором і також є часткою циркуляційних петель реакторної установки [2].

Парогенератор ПГВ-1000М являє собою однокорпусний рекуперативний теплообмінний апарат горизонтального типу із зануреним трубним пучком. Крім зазначеного на схемі парогенератор містить у собі також: систему продувок і дренажу, дірчастий заглибний аркуш, сепаративний пристрій.

Корпус парогенератора містить циліндричну частину. У верхній частині корпусу є патрубки для відводу генерованої пари, патрубки для підведення живильної води й люки для доступу до ущільнень колекторів теплоносія.

У нижній частині корпусу знаходяться перехідні патрубки для приварки колекторів теплоносія. Там же розташовані штуцера безперервної й періодичної продувки й штуцера під КВП. В обидвох днищах корпусу є люки для нагляду і ремонту всередині корпусних пристроїв парогенератора.

Біля стінки нижніх частин колекторів забиті кінці трубок теплообмінної поверхні. Кінці трубок з'єднуються з патрубками холодної й гарячої петель. Один кінець кожної трубки з'єднаний з патрубком холодної петлі інший кінець - з патрубком гарячої петлі. Трубки мають U-подібну форму. Для вирівнювання парового навантаження випару над теплообмінною поверхнею встановлений дірчастий заглибинний аркуш, над яким розміщені сепаративні пристрої жалюзійного типу. Сепаративні пристрої розташовані у верхній частині парогенератора над звичайним рівнем води. Сепаративні пристрої

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

покращують якість вихідної пари із ПГ шляхом видалення більшої частини вологи з пари перед подачею її в паровий колектор.

Теплоносій по "гарячій" нитці Ду850 головного циркуляційного трубопроводу поступає у "гарячий" патрубок парогенератора, звідки роздається по теплообмінних трубах. Всередині цих труб, теплоносій віддає тепло котловій воді парогенератора й охолоджуючись виходить в "холодний" патрубок і далі надходить в "холодну" нитку Ду850 головного циркуляційного трубопроводу. Вода по трубопроводу Ду400 подається в парогенератор живильними турбонасосами, звідки через патрубок живильної води подається роздавальними "променями" на теплообмінну поверхню ПГ. Циркуляція води 2 контури в ПГ - природна. Пара, випаровуючись, осушується в паровому об'ємі за рахунок гравітаційних сил і надходить у жалюзійний сепаратор, де додатково осушується до необхідного рівня (вологість пари не більше 0,2 %). Осушена пара виходить із парогенератора через 10 парових патрубків у колектор пари, звідки по паропроводах подається на турбіну.

Парогенератор робить суху насичену пару при тиску пари >1МПа і номінальному рівні котлової води. Вологість пари <0,2 % забезпечується при номінальній паропроductивності ПГ.

Технічні характеристики парогенератора наведені у таблиці 1.2 [2].

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики пристрою

№ п/п	Показники	Розмірність
1.	Теплова потужність, МВт	750 + 53
2.	Паропроductивність, т / год	1470 + 103
3.	Тиск генерується пара (абс.), кгс/см ²	64 ± 2
4.	Температура генерується пара, °С	278,5
5.	Температура живильної води, °С	220 ± 5
6.	Температура живильної води при відключенні ПВД, °С	164 ± 4
7.	Температура аварійної живильної води, °С	5 j 40
8.	Температура теплоносія, °С:	320 ± 3,5

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

№ п/п	Показники	Розмірність
9.	-На вході	160 ± 3
10.	-На виході	21200 ± 1100
11.	Тиск теплоносія I контуру на вході в парогенератор (абс.) кгс/см ²	0,12
12.	Витрата теплоносія через парогенератор при роботі на 4-х петлях, м ³ /год	1,1
13.	Опір парогенератора по I контуру при витраті теплоносія 20000 м ³ / ч, МПа	0,2
14.	Опір парогенератора по паровому тракту при номінальній паропродуктивності кгс/см ² , не більше	0,5
15.	Вологість пари на виході з парогенератора,% не більше	80
16.	Величина безперервної продувки по II контуру від номінальної паропродуктивності,%	350 300
17.	Розрахункове, робочий тиск, кгс/см ²	250 110
18.	по I контуру	20,5 127
19.	по II контуру	106600
20.	Розрахункова температура, ° С	195000
21.	по I контуру	6115
22.	по II контуру	5040
23.	Тиск гідровипробувань, кгс/см ²	< 24,7
24.	по I контуру	4658
25.	по II контуру	5185
26.	Обсяг парогенератора при заповненні рівня, м ³ :	11,1
27.	по I контуру	21,4
28.	по II контуру повний	39,6
29.	Середній тепловий потік, ккал/м ² /час	0,382

Парогенератор ПГВ 1000М (рисунок 1.3) складається з основних вузлів:

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- - корпусу (1) ;
- - теплопередаючої поверхні (2);
- - колекторів I-го контуру (3);
- - пристроїв сепарації (4);
- - пристрої роздачі основний живильної води (5);
- - пристрої роздачі аварійної живильної води (6);
- - пристрою вирівнювання парового навантаження (7).

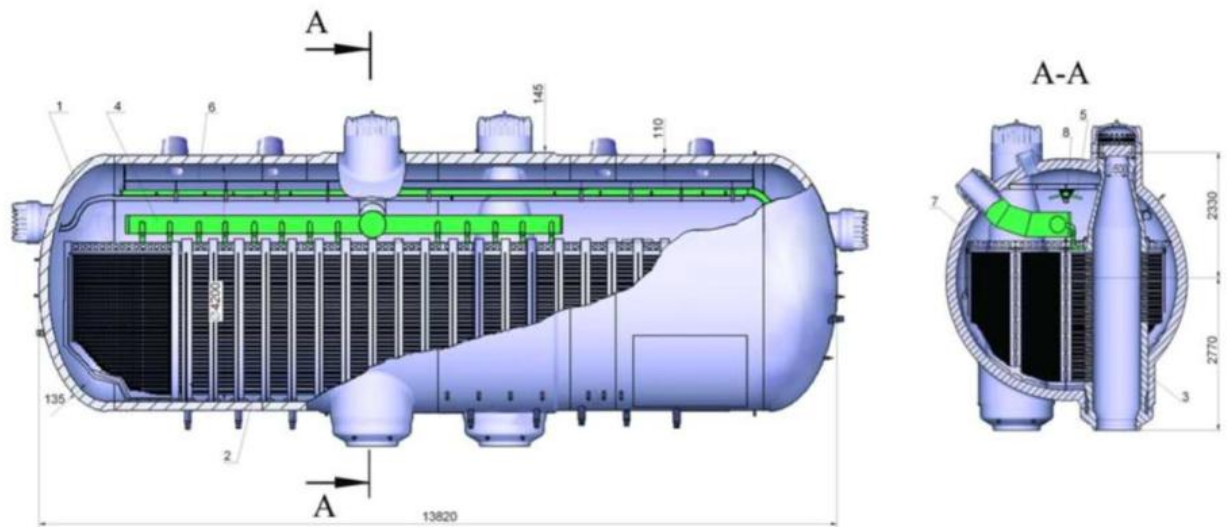


Рисунок 1.3 – Загальний вигляд парогенератора

Корпус (рисунок 1.4) є складовою частиною ПГ і призначений для розміщення внутрішньокорпусних пристроїв, трубного пучка з колекторами. Корпус ПГ представляє собою циліндричну посудину довжиною 13840 мм з внутрішнім діаметром 4000 мм, торці якого з двох сторін закриті еліптичними днищами з товщиною стінки 120 мм.

Циліндрична частина корпусу складається з центральної обичайки довжиною 5000 мм з товщиною стінки 145 мм і двох крайніх обичайок довжиною 3200 мм і товщиною 105 мм.

У центральну обичайку, в нижню частину, уварені два патрубки (9) Ду 1200 мм, до яких приварюються колектори теплоносія 1 контуру. У верхній частині центральної обичайки уварені люки (1) Ду 800 мм для обслуговування колекторів 1 контуру. Люки закриті еліптичними кришками

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

(11), кожна з яких ущільнюється 24 шпильками М52 за допомогою 2-х пруткових нікелевих прокладок діаметром 6 мм.

По довжині корпусу ПГ, у верхній частині, розташовані у два ряди 10 патрубків пари (3) Ду 350 мм.

У центральній обичайці під кутом 35° до горизонтальної осі розташований патрубок (4) Ду 500 мм для приєднання трубопроводу живильної води і системи роздачі її всередині парогенератора.

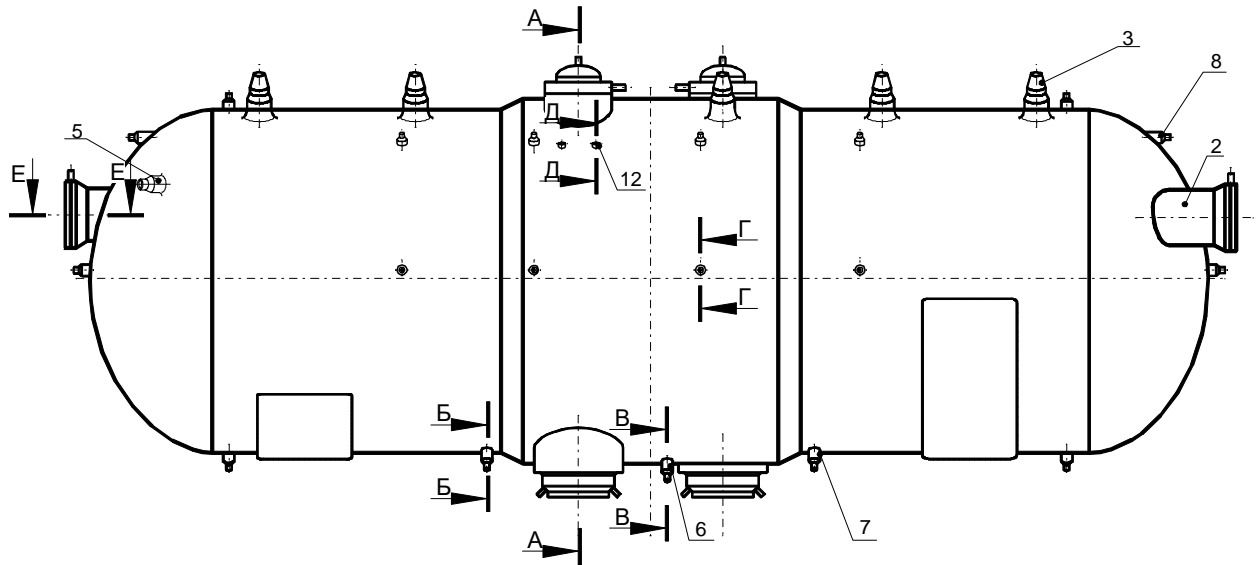


Рисунок 1.4 - Корпус ПГ

Для захисту зварного шва приварки патрубка живильної води до корпусу ПГ від термоциклічної навантажень, викликаних різницею температур металу, всередині сорочки і корпусу ПГ патрубка встановлена термоізоляція. Вона являє собою циліндричний кожух, надітий на трубопровід живильної води і заповнений пакетами гофрованої неіржавіючої фольги.

У нижній частині корпусу ПГ розташовані два патрубки (7) Ду 80 мм періодичної продувки і один патрубок (6) Ду 100 мм дренажу ПГ.

На кожному еліптичному днище корпусу розташовані за однією люка (2) Ду 500 мм для доступу в обсяг II контуру ПГ при оглядах і ремонтах СКУ та теплообмінної поверхні. Люки закриті плоскими кришками, кожна з яких ущільнюється 20 шпильками М48 за допомогою 2-х пруткових нікелевих прокладок діаметром 6 мм.

										ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата							

У еліптичному днищі корпусу з "холодного" торця врізаний патрубков (5) Ду 100 мм підведення аварійної живильної води.

На корпусі ПГ є також:

- двадцять чотири штуцера (8) для під'єднання зрівняльних судин;
- шість штуцерів контролю щільності фланцевих з'єднань I і II контуру;
- два штуцери (12) I контуру і два штуцери під індикатор рівня (КПУ).

Для контролю різниці температур по висоті корпусу ПГ передбачений термоконтроль в чотирьох точках. Дві бобишки термометрів опору приварені зверху та знизу утворюють корпус біля "холодного" колектора I контуру. Ще дві бобишки термометрів опору приварені до корпусу ПГ в центральній частині з боку "гарячого" колектора. Одна на рівні 130 мм, інша – на 400 мм вище горизонтальної осі ПГ, тобто вище і нижче номінального рівня води в ПГ.

1.3.2 Система регулювання рівня основної живильної води в ПГ

Система живильної води призначена для подачі живильної води в ПГ з деаераторів підвищеного тиску машзалу. Система живильної води один з найважливіших елементів АЕС, забезпечуючи надійність роботи енергоблоку і безперебійність електроенергії в мережі [2-4]. Задача системи полягає в безперервній подачі живильної води в ПГ, зв'язаною в першу чергу з витратою пара на турбіну, а також витратою пару іншим споживачам через колектор власних потреб (КВП) протічками в 2 контурі.

Система живильної води складається з:

1. Двох деаераторів високого тиску;
2. Чотирьох фільтрів по живильній воді;
3. Двох головних живильних насосів (ТЖН);
4. Двох допоміжних живильних насосів (ДЖЕН);
5. Системи регенерації високого тиску;
6. Вузла живлення, що складається з регуляторів рівня перегенераторів (РРПГ) з основними лініями подачі живильної води в ПГ;
7. Трубопроводів і арматур.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк. 25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

В даній роботі я розглядаю систему, умовно починаючи опис з допоміжних живильних електронасосів (ДЖЕН).

Допоміжний живильний електронасос – ПЕА 150 – 85 – центробіжний горизонтальний, однокорпусний секційний, з гідравлічною п'ятою, підшипниками ковзання з кільцевою смазкою, кінцевим ущільненням торцевого типу.

Приводом ДЖЕН є асинхронний двигун з короткозамкненим ротором серії АЗМ_800/6_2УХЛ4.

Зрівноважувальні посудини.

Рівень води в ПГ є одним з основних регульованих параметрів парогенераторів роботи блоку АЕС і єдиним для парогенераторів. Він повинен підтримуватися в межах, які гарантують постійний тепловідвід від трубної поверхні нагрівання й прийнятну вологість пари на виході з ПГ не перевищує нормативної величини. У ПГВ-1000М забезпечення цих умов контролюється шляхом установки на днище ПГ рівнеміра зі шкалою 1000 (630) мм, нижній штуцер (двокамерного зрівняльного судини) який розташований приблизно на 70 мм нижче верхнього ряду труб в торці ПГ. Допустимий діапазон зміни рівня прийнятий за проектом для цих ПГ рівним 50-150 мм над верхнім рядом труб. Розташування нижнього штуцера в опускному каналі між трубним пакетом і корпусом (днищем), в якому знаходиться парова фаза, обумовлює відміну показань рівнеміра від розраховується по них фактичного рівня над трубами. Ця різниця залежить від величини рівня.

При перехідних режимах роботи може мати місце зниження рівня за межі малого рівнеміра. У цьому випадку рівень контролюється за рівнемірами загального рівня, нижній штуцер якого розташований на ПГВ-1000 під кутом 10 Незважаючи на це, відлік рівня виробляється від нижньої точки корпусу всередині ПГ.

При пуску блоку (на МКУ потужності) показання великого і малого рівнемірів кожного ПГ повинні бути однакові, тобто свідчення рівнеміра загального рівня: $H=2130+h$.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

При збільшенні потужності блоку ці рівності порушуються у зв'язку з появою в торцевій частині ПГ бульбашок пари на ділянці між нижнім штуцером малого і великого рівнеміра. Тому для встановлення захисту і блокувань за рівнем води (за допомогою рівнемірів загального рівня) визначаються характерні "номінальні" показання цих рівнемірів, відповідні номінальному показанню основного малого рівнеміра при номінальній потужності блоку.

За первинним проектом на ПГВ-1000М встановлено шість малих та два великих рівнеміра для забезпечення всіх необхідних вимірювань, які використовуються для контролю і регулювання рівня. У зв'язку з можливими відмінностями в положенні нижніх штуцерів рівнемірів й у величині паровмісту в зоні їх установки один з малих рівнемірів на днищі (УС-8) приймається в якості основного і свідчення всіх інших при таруванні на МКУ коригуються за його свідченням. Нижній штуцер малого рівнеміра (зі шкалою 1000 мм) розташований приблизно на 320 мм нижче площини зануреного дірчастої аркуша (на 70 мм нижче верхнього ряду труб). Номінальний рівень, визначений за результатами сепараційних випробувань модернізованих ПГ підтримується на 50 мм нижче площини за показами рівнеміра на холодному днищі. При цьому масовий рівень в середині ПГ в гарячого колектора теплоносія становить близько 220 см, а в холодному торці він приблизно дорівнює від 50 до 70 мм. Великі рівнеміри, розташовані на гарячому і холодному торці, мають відмінні один від одного свідчення у зв'язку з великою кількістю недогрітої до температури насичення живильної води, що подається в гарячий торець. Показання цих рівнемірів в гарячому торці істотно залежать від температури живильної води.

1.3.3 Система захисту підвищення тиску в ПГ

Система призначена для захисту парогенератора від перевищення допустимого тиску.

ШРУ – швидкодіюча редуційна установка, призначена для скидання гострого пару з основного паропроводу в атмосферу.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Регулятори ШРУ призначені для запобігання підвищенню тиску пари в ПГ за допустимі межі шляхом скидання пари в атмосферу в наступних випадках: при відмовах або заборонах на включення, при закритті відсічної арматури на паропроводах, в режимах, коли продуктивність недостатня, а також при розхолоджуванні енергоблока в аварійних режимах.

Продуктивність і швидкодія клапанів ШРУ вибираються з умови запобігання спрацьовуванню аварійного захисту реактора.

Закон регулювання - пропорційний (за рахунок обхвату ПІ-регулятор жорстким зворотним зв'язком по положенню регулюючого органу). У нормальному режимі регулятор ШРУ знаходиться в режимі, що стереже, а його вихідні ланцюги відключені від виконавчого механізму.

При підвищенні тиску в ПГ вище 7,3 Мпа (для ВВЕР-1000) регулятор по блокуванню переводиться в автоматичний режим і підтримує тиск пари відповідно до статичної характеристики: 7,0 Мпа - при повному відкритті клапана; 6,8 Мпа - при повному закритті. Через деякий час після закриття клапана (наприклад, 100 з) регулятор автоматично переводиться в режим, що стереже.

Для підвищення надійності включення регулятора вимірювання тиску виконується зазвичай по схемі 2 з 3-х.

Регулятор ШРУ в режимі розхолодження зменшує тиск пари в ПГ за певною програмою із заданою швидкістю (наприклад, 15 і 30 °С/ч).

1.3.4 Система підведення і подачі аварійної живильної води в ПГ

При експлуатації АЕС вирішальне значення має безпека роботи реакторної установки. Один з основних принципів, на якому базується безпека роботи реакторної установки - це обмеження наслідків можливих аварій.

При нормальній роботі блоку АЕС на потужності теплова енергія, виробочива в реакторі, відводиться через ПГ в 2 контур, де вона спрацьовується на турбогенераторі. Після зупинки реактора потужність швидко знижується до часток відсотка, але за рахунок запізнілих нейтронів,

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

радіоактивного розпаду продуктів поділу та акумулюючої здатності матеріалів активної зони тепловиділення триває.

У випадку з реактором ВВЕР-1000 в ТВЕЛ активної зони при зупинці з повної потужності міститься близько 50 млн. кДж високотемпературного тепла (що еквівалентно тепла, що виділяється при згорянні близько 1000 кг бензину), 68% з яких зосереджена в діоксидном паливі і близько 32% в теплоносії (на частку цирконієвих оболонок припадає $0,5 \div 0,6\%$). Однак навіть після досить тривалої витримки ядерне паливо продовжує виділяти залишкове тепло. У реакторах типу ВВЕР через 60 сек. після спрацьовування аварійного захисту залишкове тепловиділення складає близько 5,7% від номінальної потужності, через 15 хвилин воно знижується до 3,2%, а через добу - до 0,9%.

У процесі відведення тепла від активної зони реактора важливе значення має система живильної води, що здійснює подачу води в парогенератори. Тому виникнення відхилень в схемі подачі живильної води в парогенератори створює умови для порушення нормального тепловідведення від 1 контуру. При неможливості нормальної підживлення парогенераторів проектом передбачена подача живильної води в ПГ від спеціальної системи, іменованої системою аварійної живильної води ПГ (ТХ), яка тим самим створює умови для розхолодження реакторної установки.

Згідно проекту, обладнання системи аварійної підживлення ПГ маркована латинськими літерами ТХ, перший канал системи аварійної підживлення позначається як ТХ10, другий канал - ТХ20, третій канал - ТХ30.

Система аварійної живильної води ПГ призначена для:

- забезпечення відводу залишкових тепловиділень і розхолодження 1к через ШРУ при повному знеструмленні блоку підтримкою рівня в ПГ;
- підтримки рівня в ПГ при розривах паропроводу в відключається від ПГ частини;
- підтримки рівня в ПГ при виході з ладу живильних насосів (ТПН і ВЖЕН);

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- підтримки рівня в ПГ при аваріях в системах живильної води або запобіжних клапанах ПГ.

Система виконує наступні проектні вимоги:

- забезпечення подачі води в ПГ протягом 6 годин для відводу залишкових тепловиділень на першому етапі аварійного розхолодження;
- відновлення подачі живильної води в ПГ протягом не більше 2-х хвилин з моменту аварії;
- забезпечення подачі живильної води не менш ніж у два парогенератора витратою, достатнім для аварійного розхолодження;
- створення необхідного запасу знесоленої води, виходячи з умов забезпечення розхолодження блоку за допомогою ШРУ до тиску 1,5 МПа;
- забезпечення температури води, що подається в діапазоні $20 \div 40^{\circ} \text{C}$;
- виконання вимоги з боку РУ - забезпечення подачі знесоленої води в

ПГ з витратою не менше:

- 150 м³ / год при $P_{2к} = 64 \text{ кгс/см}^2$ (6,3 МПа)
- 125 м³ / год при $P_{2к} = 70 \text{ кгс/см}^2$ (6,9 МПа)
- 80 м³ / год при $P_{2к} = 86 \text{ кгс/см}^2$ (8,5 МПа)
- обмеження витрати живильної води в ПГ ЗУВ20, 40W01 до 75 м³ / ч.

Аварійний живильний насос з електроприводом.

В проекті уніфікованого ВВЕР-1000 для подачі аварійної живильної води в парогенератори застосовуються як електронасосні агрегати типу ПЕА 150-85 Бердянського заводу так і насоси типу ЦН 150-90Г. Конструкційно два типи насосів максимально уніфіковані. На відміну від ПЕА 150-85 в насосі ЦН 150-90Г замість сальників використані кінцеві ущільнення валу торцевого типу. В даному дипломному проекті застосовується і описується конструкція насоса ПЕА 150-85.

Насоси аварійної подачі живильної води в ПГ встановлені в приміщенні А-038 РО (рисунок 1.5) і відносно належать до категорії багатоступінчатих центр обіжних насосів. Кожен насос розміщений в

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

окремому приміщенні, щоб внутрішньо системні аварії одного з каналів не привели до відмови іншого каналу.

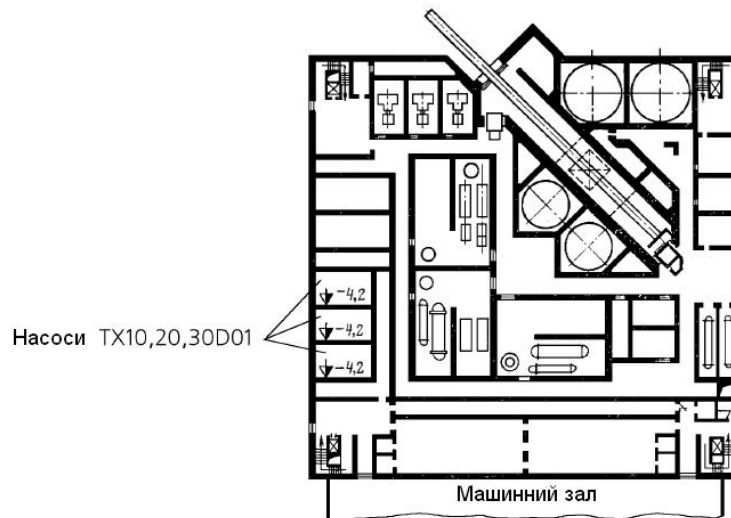


Рисунок 1.5 - Розміщення насосів

Аварійний живильний насос типу ПЕА 150-85 – центробіжний горизонтальний, однокорпусний, секційний, семиступінчатий, з гідравлічною п'ятою, кінцевим ущільненням торцевого типу. Корпус насоса виконаний із хромистої сталі і складається з набору секцій, входної і напірної кришки, які центруються між собою і стягуються разом вісьмома стяжними шпильками.

Електродвигуни насосів підключені до секцій надійного живлення. В аварійних ситуаціях, зв'язаних з обезструмленням і включення програми ступінчатого пуску, ці секції заживлюються від робочих дизель-генераторів.

Допустиме число аварійних пусків насоса із зміною температури води від 20 °С до 170 °С за 3 секунди і зупинкою насос при дійсних відставань – не більше 500 за весь срок служби насоса. Допустима потужність прогріву і охолодження стінок корпусу при пуску насоса не більше 10°С.

1.3.5 Система продувки ПГ

Система продувки ПГ відноситься до систем нормальної експлуатації. Частина системи - трубопроводи продувки від парогенераторів до першого запорного органу включно - відноситься до системи нормальної експлуатації, важливої для безпеки.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Система спроектована на основі наступних вимог з боку реакторної установки та повинна забезпечувати:

- безперервну продувку ПГ з витратою 7,5 т / год від кожного ПГ (з днища і з кишень);
- можливість проведення режиму періодичної продувки. При цьому сумарна витрата продувочної води від усіх чотирьох парогенераторів повинна становити 60 т / год ;
- можливість дренажування кожного парогенератора з витратою 50 т / год при температурі котлової води менше 100 ° С і атмосферному тиску в ПГ.

Критерієм виконання системою необхідних функцій є підтримка якості котлової води і забезпечення дренажування парогенераторів.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПАРОГЕНЕРАТОРА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Схема атомної енергетичної установки як об'єкта управління

Об'єктом управління є двоконтурна АЕУ, схема якої представлена на рисунку 2.1. Джерелом енергії в АЕУ є водо-водний енергетичний реактор (ВВЕР). Теплоносій, який циркулює з допомогою циркуляційного насоса в першому контурі, переносить енергію теплову з реактора в ПГ і далі передає її діючому тілу другого контуру, яке, нагріваючись до точки кипіння, випаровується і перегрівається. Перегріта пара поступає в турбіну, яка обертає генератор. Вода з головного конденсатора подається насосом в ПГ, де знову нагрівається, випаровується і перетворюється на пару [5].

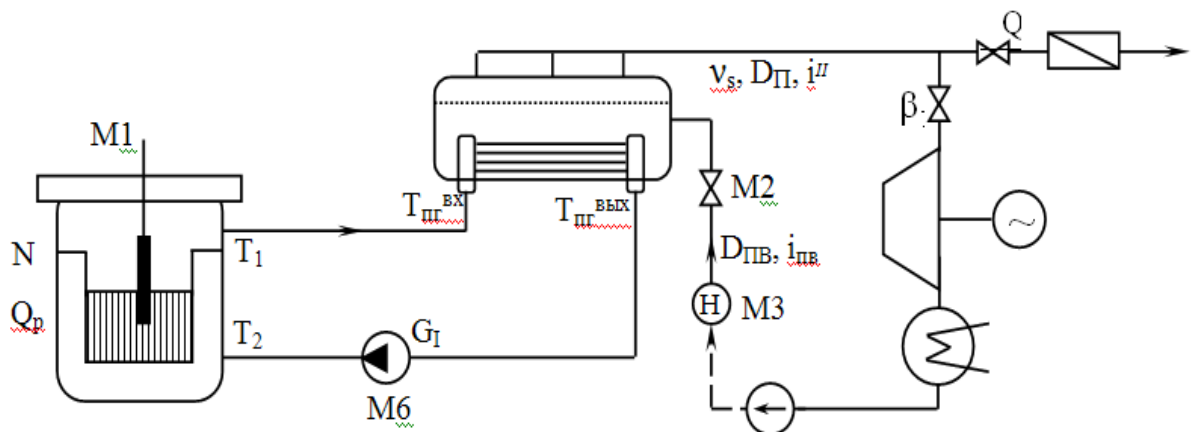


Рисунок 2.1 - Схема АЕУ

Якість пари, яка генерується в ПГ, залежить від кількості підведеного тепла і витрати води. Потужність турбіни залежить від витрати та якості перегрітої пари і потужності реактора.

На рисунку 2.1 використані позначення:

M1 - місце регулювання нейтронної потужності ядерного реактора (регулюючі стрижні);

M2 - місце регулювання витрати живильної води (поживний клапан);

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк. 33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

М3 - місце регулювання перепаду тиску на живильному клапані;
 М4 - місце регулювання витрати пари на турбіну (паровий клапан);
 М5 - запобіжний клапан регулювання (для випадку, коли тиск пари перевищить допустимий);
 М6 - місце регулювання витрати теплоносія (ТН);
 N - нейтронна потужність, %;
 Qp - теплова потужність, ВТ;
 T₁ - температура ТН на вході в ядерний реактор;
 T₂ - температура ТН на виході з ядерного реактора;
 T_{ПГ}^{ВХ} - температура ТН на вході в ПГ;
 T_{ПГ}^{ВЫХ} - температура ТН на виході з ПГ;
 v_s - температура насиченої пари при даному тиску;
 D_{ПВ} - кількість насиченої пари;
 i'' – ентальпія насиченої пари;
 D_{ПВ} - кількість живильної води;
 i_{ПВ} - ентальпія живильної води.

2.2 Розробка функціональної схеми автоматизації

На основі опису технологічного процесу, та складеної карти технологічних параметрів складемо функціональну схему автоматизації (ФСА) [6-12]. Дана система складається з 4 контурів регулювання, які повинні підтримувати постійними такі технологічні параметри:

- тиск пари в парогенераторі.
- рівень води в парогенераторі.
- тиск відсепарованої пари на виході з розширювачів продувки.
- рівень в баку запасу хімобезсоленої води.

Також необхідно контролювати такі технологічні параметри:

- температуру перегрітої пари;
- витрату перегрітої пари;

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- температуру живильної води.

Отже, складена ФСА матиме вигляд, представлений в додатку 1.

2.2.1 Контур регулювання тиску пари

Даний контур підтримує заданий тиск пари в парогенераторі (6,4 мПа) при зміні парового навантаження. Парогенератор по тиску пари є об'єктом із самовирівнюванням і має сталу часу T та сталу запізнення τ , що вимагає застосування пропорційно-інтегрального закону регулювання [8-12].

Головним збуренням є витрата перегрітої пари, необхідної в подальшому технологічному процесі і на яку ми впливати не можемо. При збільшенні витрати пари, знижується її тиск, сигнал про що подає давач тиску. Сигнал з давача поступає на мікропроцесорну систему. Мікропроцесорна система виробляє керуючий електричний сигнал, який подається на привод клапана, відкриваючи його. У випадку зменшення витрати перегрітої пари, всі вищеописані процеси будуть відбуватися навпаки.

2.2.2 Контур регулювання рівня води в парогенераторі

Основним збуренням даного технологічного параметру також є витрата пари. Регулювання даного технологічного параметра викликає значні труднощі. Парогенератор по рівню є об'єктом без самовирівнювання – навіть при незначному розузгодженні між притоком живильної води і відбором пару рівень буде змінюватися до переповнення або до випорожнення парогенератора, що викличе перегрів поверхні трубного пучка та його поломку. Крім того, при збуреннях, викликаних збільшенням відбору пари або подачею живильної води, спостерігається значне запізнення, під час якого рівень змінюється в бік, протележний тому, в який він повинен змінюватися завдяки прикладеному збуренню [8-12].

Рівень води в парогенераторі пропорційний гідростатичному тиску (різниця тисків на дні та вгорі парогенератора), який вимірює давач тиску. Сигнал з давача тиску поступає на мікропроцесорну систему, яка виробляє сигнал, що надходить на частотний регулятор, а він в свою чергу змінює

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

частоту обертання валового насоса у вхідному трубопроводі. Витрата живильної води зростає, і рівень води в парогенераторі стабілізується.

2.2.3 Контур регулювання тиску відсепарованої пари на виході з розширювачів продувки

Даний контур підтримує заданий тиск відсепарованої пари на виході з розширювачів продувки при зміні парового навантаження. Тиск в РППГ підтримується на рівні 0,8 мПа регулюючим клапаном RY10S17, встановленому на трубопроводі відводу пари в деаератори турбінного відділення. Від перевищення тиску кожен розширювач продувки РППГ захищений одним запобіжним клапаном типу СППК-4Р-16 Ду200 Ру16, налаштованим на спрацювання при тиску 0,88 мПа [8-12].

Головним збуренням є витрата відсепарованої пари, на яку ми впливати не можемо. При збільшенні витрат відсепарованої пари, знижується її тиск, сигнал про що подає давач тиску. Сигнал з давача поступає на мікропроцесорну систему. Мікропроцесорна система виробляє керуючий електричний сигнал. У випадку зменшення витрати відсепарованої пари, всі вищеописані процеси будуть відбуватися навпаки.

2.2.4 Контур регулювання рівня в баку запасу хімобезсоленої води

Даний контур підтримує рівень хімобезсоленої води у відповідному баку. Об'єм кожного баку – 500 м³. Об'єм баку вибраний таким, щоб в разі чого в ньому запасу води було достатньо для розхолодження енергоблоку через ШРУ до тиску в 1-му контурі (1,5мПа), коли до нього можна підключити систему аварійно-планового розхолодження. Відмова системи подачі ХОВ в баки не здійснює вплив на виконання функції системою, так як створеного в баках запасу води достатньо для припинення проектної аварії.

В баку встановлені давачі верхнього та нижнього рівнів. Відповідно при зниженні рівня аварійної хімобезсоленої води до 50 мм, сигнал з давача нижнього рівня поступає на мікропроцесорну систему, яка виробляє

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

керуючий сигнал, що в свою чергу надходить на виконавчий механізм клапана, відкриваючи його і здійснюючи наповнення бака. При наповненні хімобезсоленою водою бака до рівня 600мм, сигнал з давача верхнього рівня поступає на мікропроцесорну систему, яка виробляє керуючий сигнал, що в свою чергу надходить на виконавчий механізм клапана, закриваючи його і здійснюючи припинення подачі води в бак. Таким чином здійснюється регулювання рівня в баку запасу хімобезсоленої води.

2.3 Вибір технічних засобів автоматизації

Рівень води в барабанному ПГ підтримується системою автоматичного регулювання живлення. Проте при порушенні роботи цієї системи (датчика, регулятора, регулюючого клапана і ін.), а також при неправильних діях оператора рівень води може відхилитися за допустимі межі, що може привести до тяжких наслідків для реактора (при пониженні рівня води) і турбіни (при підвищенні рівня води). Тому кожен ПГ оснащується системою автоматичного захисту і блокувань [13].

Для ПГ енергоблока ВВЕР-1000 передбачені наступні захисні дії.

При пониженні рівня від номінального значення (2250 мм):

- до 1-ої межі (- 100 (170) мм) - включаються допоміжні живильні насоси (ДЖЕН);
- до 2-ої межі (-500 мм) - відключається ГЦН з витримкою часу 30 с;
- до 3-ої межі (-650 мм) і працюючому ГЦН - А3 реактора;
- до 4-ої межі (-750 мм) - включаються аварійні живильні насоси (АЖЕН), що подають воду в ПГ з баків аварійного запасу води.

При підвищенні рівня води на 350 мм від номінального значення закриваються стопорні клапани турбіни.

2.3.1 Контролер Lagoon I-7188

АСУТП реалізовується на контролері Lagoon-7188 (рисунок 2.2) [14], а також комунікаційних модулях, двох модулях аналогового вводу з ізоляцією

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

серії I-7017, модуля аналогового виводу серії I-7021, модуля дискретного вводу/виводу з ізоляцією серії I-7044, конвертера з RS-232 в RS-485.



Рисунок 2.2 - Контролер LagoonI-7188

Базовим процесорним модулем, що використовуються при розробці АСУТП є контролер I-7188 - це маленький PC- сумісний комп'ютер. У ньому є процесор AMB 188-40МГц, 256 кбайт SRAM пам'яті (ОЗП), електронний Flash-диск (аналог твердого диска) обсягом 512кбайт, годинник реального часу, 4 послідовних порти, тобто майже всі необхідні атрибути звичайного комп'ютера.

Нижче приводяться технічні характеристики контролера I-7188.

Процесор: AMD 188-40МГц; SRAM: 256кб; Flash-диск: 512кб;
Максимальний обсяг програми користувача: 448кб

Операційна система: Datalight's ROM-DOS, сумісна з MS-DOS 6.2;
Підтримує RAM-DISK і Flash ROM-DISK; Завантаження програм з вилученого комп'ютера.

Годинник реального часу: Відсутня "Проблема 2000 року (Y2K)";
Рахує секунди, хвилини, години, дні, місяці, роки від 1980 до 2079; NVSRAM (енергонезалежна пам'ять): 31 байт, час збереження даних не менш 10 років;
Літієва батарея для годин реального часу і NVSRAM EEPROM: 1024 байта, більш 1,000,000 циклів перезапису; Послідовні порти: 4; Максимальна швидкість обміну 115.2кбод; COM1: RS-232 чи RS-485 (вибирається перемичкою); COM2: RS-485; COM3: RS-232; COM4: RS-232; Буфер FIFO:

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

16 байт (COM1, COM2); Буфер черги: 1кб на кожен порт; Індикатор: світлодіодний 5-розрядний семисегментний; Живлення: +10 ... +30В.

Споживана потужність: 2.2 Вт максимум

Температура роботи: від -20°C до +75°C.

2.3.2 8-канальний модуль аналогового вводу з ізоляцією (рисунок 2.3)

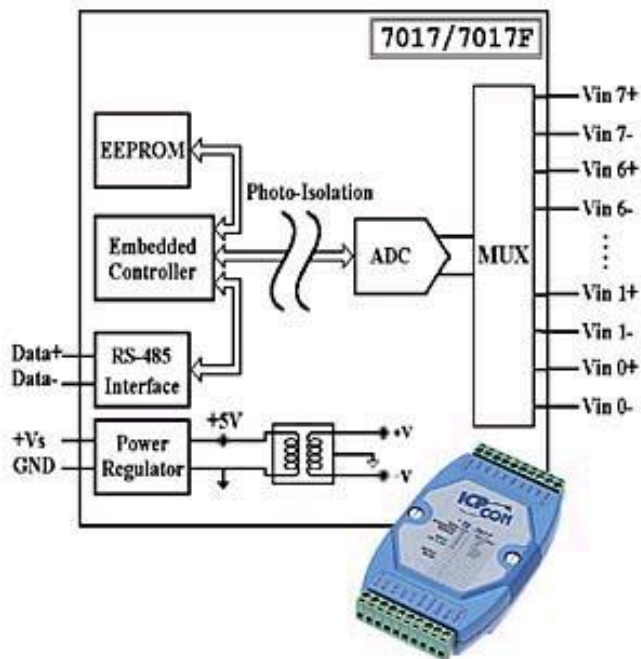


Рисунок 2.3 – I-7017 8-канальний модуль аналогового вводу

Основні характеристики (таблиця 2.1) [17]: конструкція: модуль з послідовним інтерфейсом; монтаж на DIN рейку; пластиковий корпус; каналів аналогового вводу 8.

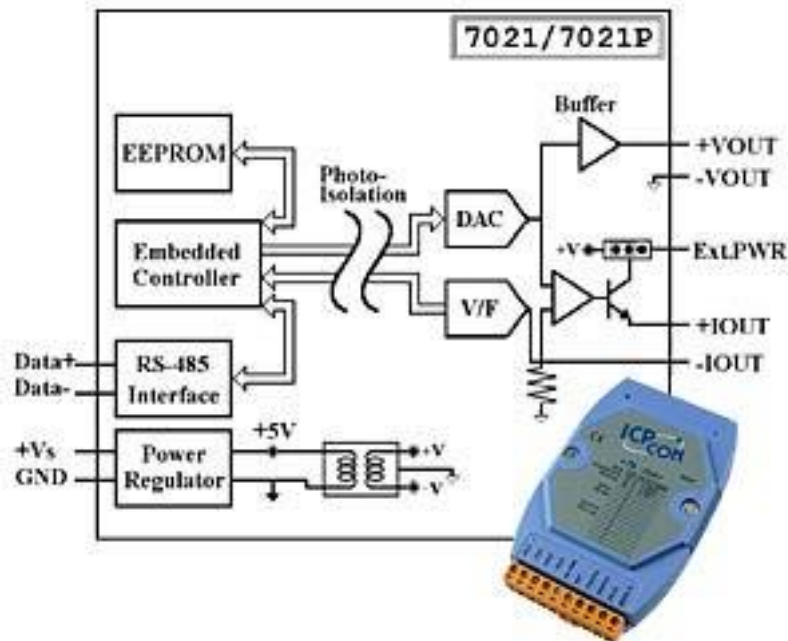
Таблиця 2.1 - Характеристики модуля I-7017

Конструкція		Модуль з послідовним інтерфейсом; Монтаж на DIN рейку; Пластиковий корпус
Інтерфейс		
Інтерфейс	Тип	RS-485
	Швидкість передавання даних	1200біт/сек; 2400біт/сек; 4800біт/сек; 9600біт/сек; 19200біт/сек; 38400біт/сек; 57600біт/сек; 115200біт/сек.
	Максимальна довжина лінії зв'язку	1200м (Сегмент)

	Протокол передачі даних	Сумісний з протоколом ADAM-4000
	Макс. кількість модулів у мережі	2048
Аналоговий ввід		
Каналів аналогового вводу	Всього	8
	Диференціальних	8
Діпазони вхідного сигналу	Біполярного, по напрузі	-0.15..+0.15В; -0.5..+0.5В; -1..+1В; -5..+5В; -10..+10В
	Біполярного, по струму	-20..+20мА
Вхідний опір	При вимірюванні напруги	20МОм
	При вимірюванні струму	125Ом (Зовнішній резистор)
Вхід	Струмовий шунт	Зовнішній; 125 Ом
	Перевантаження по входу	35В
	Смуга пропускання	15.7Гц
АЦП	Розрядність	24 біти
	Частота вибірки	10 вибірок/сек.
	Тип перетворення	Сігма-дельта перетворення
	Режими запуску	Вбудований генератор
Гальванічна ізоляція		3000В
Похибка		-0.1..+0.1%
Коефіцієнт придушення перешкоди загального виду		86дБ (50/60Гц)
Температурний дрейф нуля		20мкВ/°С
Процесор		
Вбудований процесор		Сумісний з 8051
Сторожовий таймер		
Сторожовий таймер		Так
Розломи		
Розломи		Гвинтові клеми
Живлення		
Напруга живлення		+10...+30В
Споживча потужність		1.3Вт
Умови експлуатації		
Умови експлуатації	Температура	-20..+75°С
Розміри		
Розміри	Довжина	122мм
	Ширина	72мм

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2.3.3 Модуль аналогового виводу серії I-7021 (рисунок 2.4)



Риунок 2.4 - Модуль аналогового виводу серії I-7021

Опис [17]:

Специфікація: I-7021.

Інтерфейс зв'язку: RS-485.

Швидкість передавання: до 115200 біт/с.

Протокол: DCON.

Кількість каналів I-7021: 1 .

Розрядність: 12 біт.

Вихідний діапазон по напрузі I-7021: 0 ... +10 В.

Навантажувальна здатність: 10 мА.

Вихідний діапазон по струму I-7021: 0 ... 20 мА.

Гальванічна розв'язка: 3000 У.

Напруга живлення I-7021: +10 ... +30 В.

Температурний діапазон I-7021: -25 ... +75 С.

Додаткова інформація: АІ (аналоговий введення) 0.

АТ (аналоговий висновок): 1.

DI (цифровий введення): 0.

DO (цифровий висновок): 0.

2.3.4 Модуль дискретного вводу/виводу з ізоляцією (рисунок 2.5)

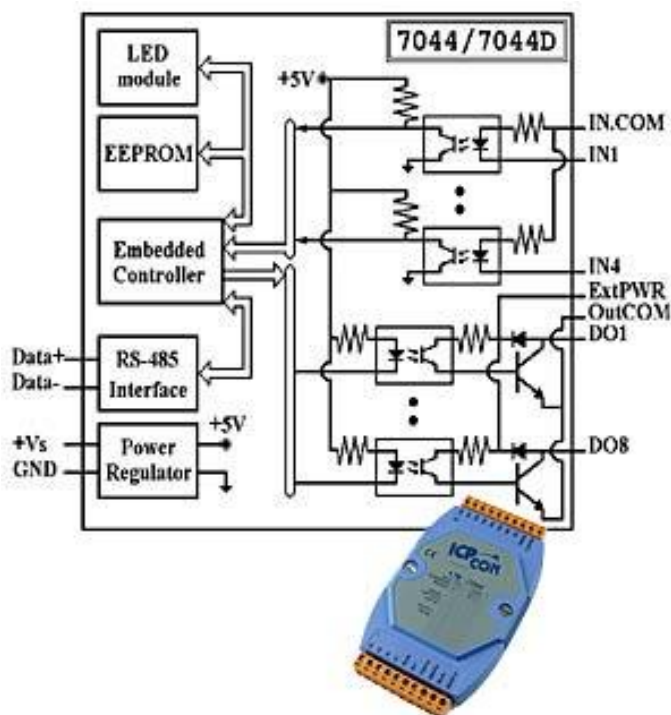


Рисунок 2.5 - Модуль дискретного вводу/виводу серії I-7044

Опис [13]:

Специфікація: I-7044.

Інтерфейс зв'язку: RS-485 .

Швидкість передачі: до 115200 біт / с .

Протокол: DCON .

Канали дискретного введення I-7044: 4 .

Рівень логічного "0": 0 ... +1 У .

Рівень логічної "1": +4 ... 30 В.

Напруга ізоляції: 3750 У .

Лічильники: По кожному каналу .

Розрядність: 16 біт .

Частота: 100 Гц .

Канали дискретного виводу I-7044: 8 .

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Тип виходу: ОК .

Напруга навантаження: +30 В .

Струм навантаження: 375 мА .

Напруга ізоляції: 3750 У .

Напруга живлення I-7044: +10 ... +30 В .

Температурний діапазон I-7044: -25 ... +75 С .

Додаткова інформація: АІ (аналоговий введення) 0 .

АТ (аналоговий висновок): 0 .

ДІ (цифровий введення): 4 .

DО (цифровий висновок): 8.

2.3.5 конвертер RS-232 в RS-485/422 (рисунок 2.6)



Рисунок 2.6 - I-7520 конвертер

Конвертер RS-232 в RS-485/422 [18] з автоматичним контролем за напрямом передачі даних для RS-485, гальванічна ізоляція 3000 В; вхід: RS-232 інтерфейс; вихід RS-485/422 (Гальванічна ізоляція): 3000В; автоматичне визначення швидкості передачі 300~115200 bps; Напруга живлення: +10В-+30В; споживана потужність: 2.2Вт.

2.3.6 Промислове джерело живлення ACE-540А (рисунок 2.7)

Модель ACE-540А [19]. Джерело живлення постійного струму. Частота 47-62 Гц. Вихідна потужність 48 Вт.

Матеріал корпусу – сталь.

									Арк. 43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ

Час включення 20 мс.

Роз'єми – гвинтові клеми.

Вхідна напруга 85-264 вольт. Вихідна напруга 24 вольт ККД 70%.
Номинальний струм 0.6 А (вхід); 2.0 А (вихід).



Рисунок 2.7 – Промислове джерело живлення ACE-540A

Відповідність стандартам UL1950, CSA22.2No.234, TUV EN60950 (безпека), FCC docket20780curve B, EN55022 class B (EMI), EN50082-2, IEC801-28kV, IEC801-33V/M, IEC801-42kV, IEC801-52kV (EMS). Індикатор активності.

2.3.7 Перетворювач частоти Danfoss VLT Automation Drive FC 300 (рисунок 2.8)

Застосування [16]:

- високоточні продуктивні лінії ;
- намотувальні машини ;
- кранові механізми ;
- механізми з високоточним підтриманням, у всьому діапазоні частот;
- робота з двигунами постійного струму.

Стандартний варіант приводу включає в себе такі функції:

- інтелектуальний контролер;

- автоматична настройка управління двигуном;

									Арк. 44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ				

- аналіз продуктивності;
- використання кінетичної енергії механізму;
- синхронізація;
- визначення навантаження;
- функціональність_сервоприводу.



Рисунок 2.8 – Перетворювач частоти Danfoss VLT Automation Drive FC 300

Короткі технічні характеристики.

Потужність: 0,25 кВт - 1,2 МВт. Вихідна напруга - 0-100% . FC 301: 0,2 - 1000 Гц. FC 302: 0 - 1000 Гц.

Діапазон регулювання швидкості обертання (замкнутий / розімкнутий контур) -1:1000 синхронної швидкості обертання / 1:100 синхронної швидкості обертання.

Перевантаження за моментом: 160% протягом 1 хв (180% -0,5 с)

Цифрові входи - (PNP або NPN) FC 301: 4 (5) / FC 302: 4 (6).

Імпульсні входи / входи енкодера - 2 / 1 (0,1-1кГц / 1 - 110кГц).

Аналогові входи - 2 (струм або напруга); FC 301: від 0 до + 10 В; FC 302: від -10 до +10 В (масштабований).

Програмовані цифрові / імпульсні виходи – 2.

Аналогові виходи - 1 (0/4-20mA) .

Вихідне реле - програмовані (400В, 2А).

FC 301 до 7,5 кВт: 1 / FC 302, всі потужності (кВт): 2.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Протоколи FCProtocol, ModbusRTU (опція: Profibus, DeviceNet, CanOpen, LonWorks, EthernetIP) .

Довжина кабелю до двигуна:

- екранований кабель: FC 301: 50 м / FC302: 150 м.

- неекранований кабель: FC 301: 75 м / FC302: 300 м.

Знімна графічна панель.

Ступінь захисту IP20/21/54/55/66.

Вбудований інтелектуальний логічний (можливість програмування в базовій версії до 20 дій на події).

Логічний контролер може використовувати будь-які робочі параметри:

Розширений контролер руху - забезпечує високоточний контроль руху, синхронізацію, позиціонування та реалізацію складного профілю швидкості. Дозволяє додавати інтелектуальні функції; наприклад - моніторинг, інтелектуальний метод обробки помилок.

2.3.8 Давач тиску Метран – 150 (рисунок 2.9)



Рисунок 2.9 - Давач тиску Метран – 150.

Інтелектуальні давач тиску серії Метран-150 [20] призначені для безперервного перетворення в уніфікований струмовий вихідний сигнал і або цифровий сигнал у стандарті протоколу HART вхідних вимірюваних

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

величин: надлишкового тиску; абсолютного тиску; різниці тисків. Управління параметрами давача:

- за допомогою HART-комунікатора;
- віддалено за допомогою програми H-Master, HART-модему і комп'ютера чи програмних засобів АСУТП;
- за допомогою клавіатури.

Поворотний електронний блок. Висока перевантажувальна здатність. Захист від перехідних процесів. Зовнішня кнопка встановлення "нуля". Безперервна самодіагностика.

Вимірювані середовища: рідини, в т.ч. нафтопродукти; пар, газ, газові суміші;

Діапазони вимірюваних тисків: мінімальний 0-0,025 кПа; максимальний 0-60 МПа.

Вихідні сигнали: 4-20 мА з HART протоколом; 0-5 мА.

Основна приведена похибка до $\pm 0,075\%$; до $\pm 0,2\%$ (опція).

Діапазон температур навколишнього середовища від -40 до 80 °С; від -55 до 80 °С (опція).

Додаткова температурна похибка до $\pm 0,05\%$ / 10 °С.

Діапазон перенастроювань меж вимірювань 50:1.

Висока стабільність характеристик.

Вибухозахищене виконання виду "іскробезпечний ланцюг і "вибухонепроникна оболонка".

Гарантійний термін експлуатації 3 роки.

2.3.9 Давач гідростатичного тиску Rosemount 3051S-L (рисунок 2.10)

Високоточні інтелектуальні давачі гідростатичного тиску (рівня) Rosemount 3051S-L [15] для вимірювання рівня рідини мають покращеними метрологічними характеристиками, що пов'язано із застосуванням конструкції Super Module™. Технологія Saturn™ дозволяє оптимізувати характеристики і розширити функціональні можливості датчика.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Використання датчика для вимірювання параметрів технологічного процесу дозволяє збільшити кількість інформації, що збирається для більш ефективного управління.



Рисунок 2.10 - Давач гідростатичного тиску Rosemount 3051S-L

Вимірювані середовища: рідини, в т.ч. агресивні.

Діапазони вимірюваних тисків: мінімальний 0-0,125 кПа;
максимальний 0-27,6 МПа.

Діапазон температур: навколишнього середовища від -40 до 85 °С
вимірюваного середовища від -73 до 350 °С.

Вихідні сигнали: 4-20 мА з HART-протоколом; FOUNDATION fieldbus
протокол; бездротовий HART-протокол.

Основна приведена похибка $\pm 0,065\%$.

Діапазон перенастроювання меж вимірювань 1:100.

Маркування вибухозахисту: вибухонепроникна оболонка 1ExdIICT6X,
1ExdIICT5X; іскробезпечний електричний ланцюг 0ExiaIICT4X.

Додатково: виносні розділові мембрани 1199, адаптери, РК індикатори,
корпус PlantWeb, з'єднувальні коробки, промивні кільця.

2.3.10 Витратомір Метран-150RFA (рисунок 2.11)

Витратомір Метран-150RFA [20] призначений для вимірювання
об'ємної витрати середовища (вода, пара, газ та інші енергоносії) методом

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

перепаду тиску з використанням осередненої напірної трубки Annubar 485 (далі ОНТ) як первинного вимірювального перетворювача і передачі інформації для управління технологічними процесами та використання в обліково-розрахункових операціях.



Рисунок 2.11 - Витратомір Метран-150RFA

Основні переваги: інтегральна конструкція витратоміра виключає потребу в імпульсних лініях і додаткових пристроях, скорочується кількість потенційних місць витoku середовища; низькі безповоротні втрати тиску в трубопроводі скорочують витрати на електроенергію; установка витратоміра економічна і менш трудомістка в порівнянні з установкою вимірювального комплексу на базі стандартної діафрагми.

Вимірювані середовища: рідина, газ, пара.

Діаметр умовного проходу трубопроводу Ду 50 ... 2400 мм.

Межі основної відносної похибки вимірювань об'ємної витрати $\pm 2,5\%$.

Динамічний діапазон 5:1.

Температура вимірюваного середовища:

-40 ... 315 ° С - інтегральний монтаж датчика;

-40 ... 454 ° С - віддалений монтаж датчика.

Надмірний тиск у трубопроводі до 40 МПа.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Межі вимірювань витрати розраховуються для конкретного техпроцесу.

Вихідний сигнал 4-20 мА / HART.

Наявність вибухонебезпечного виконання.

Міжповірочний інтервал - 2 роки.

2.3.11 Термоперетворювачі з уніфікованим вихідним сигналом Метран-2700 (рисунок 2.12)

Метран-2700 - мікропроцесорні термоперетворювачі з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 або 20-4 мА призначені для вимірювання температури різних середовищ в газовій, нафтовій, вугільній, енергетичній, металургійній, хімічній, нафтехімічній, машинобудівній, металообробній, приладобудівній, харчовій, деревообробній та інших галузях промисловості, а також у сфері ЖКГ та енергозбереження.



Рисунок 2.12 – Термоперетворювачі Метран-2700

Відмінні особливості:

- гальванічна розв'язка входу від виходу;
- самодіагностика технічного стану;
- підвищений захист від індустріальних перешкод;
- підвищена вібростійкість;

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

-можливість виносного монтажу вимірювального перетворювача на DIN рейці.

Можливість широкого вибору і індивідуального замовлення термоперетворювачів з різними поєднаннями конструктивних елементів.

Можливість конфігурації і налаштування технічних параметрів з використанням програми Prog-Master.

Вид вибухозахисту:

- іскробезпечний електричний ланцюг "ia";
- вибухонепроникна оболонка "d".

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

3 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПАРОВИМ ГЕНЕРАТОРОМ

3.1 Модель ділянки регулювання рівня в барабанному парогенераторі АЕС

Рівень - найважливіший параметр, оскільки визначає надійність і безпеку роботи всієї установки.

У таких пристроях теплоносій існує у вигляді двох фаз - водяній і паровій. Підведення або відведення теплоти до такого теплоносія не змінює його температуру, а приводить лише до випаровування води або конденсації пари, при цьому істотно змінюється щільність пароводяної суміші. Температура двофазної суміші рівна температурі насичення і визначається тиском середовища. При зміні тиску відбувається випаровування або конденсація пари.

Найчастіше в промисловості використовують три способи регулювання витрати шляхом:

- дроселювання потоку лінії нагнітання;
- байпасування насосом;
- зміни швидкості обертання валового насоса.

В даному дипломному проекті я буду регулювати рівень в парогенераторі способом зміни частоти обертання валового насоса у вхідному трубопроводі, тобто зміною витрати живильної води на вході в ПГ. Основним недоліком 2-ох інших способів регулювання витрати є зміна (зменшення) ККД системи при регулюванні витрати. З метою підтримання високого рівня ККД при широких межах регулювання витрати я використаю насос із керованим електроприводом [21].

Функціональна схема регулювання рівня шляхом зміни частоти обертання валового насоса у вхідному трубопроводі буде мати вигляд, показаний на рисунку 3.1.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

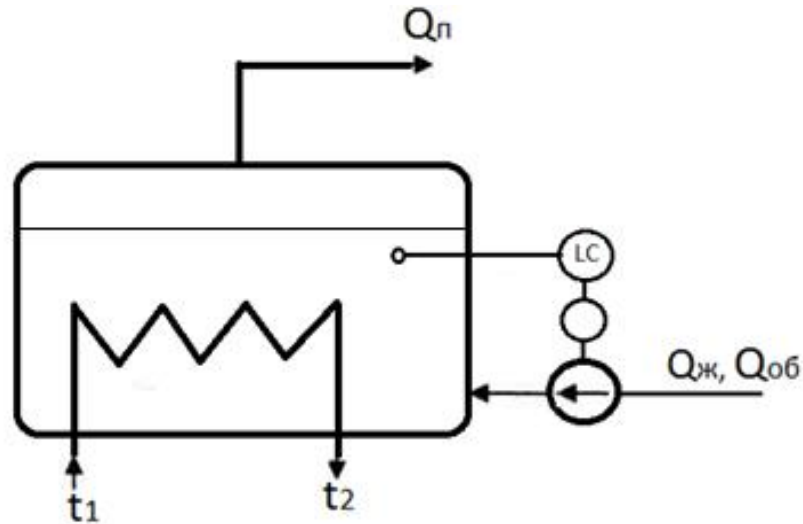


Рисунок 3.1 - Функціональна схема регулювання рівня в ПГ

У барабанних парогенераторах АЕС з ВВЕР живильна вода другого контуру енергоблоку кипить безпосередньо в барабані за рахунок трубної системи, через яку прокачується гарячий теплоносій першого контуру.

Структурна схема моделі регулювання в даному випадку матиме наступний вигляд (рисунок 3.2) [21-24].



Рисунок 3.2 - Структурна схема регулювання рівня живильної води в ПГ

Задавач згідно встановленого порядку видає сигнал завдання, давач рівня живильної води в парогенераторі подає нормований сигнал на суматор, з якого у свою чергу вже подається сумуючий сигнал на регулятор. Згідно закону регулювання (П, ІІ чи ІІД) регулятор формує сигнал керування U_k , який подається на частотний перетворювач та виконавчий механізм регулюючого органу. У якості ВМ взято керований електропривод. Вихідним сигналом із двигуна є переміщення W , яке є вхідним сигналом для блоку

насоса. Сигнал про зміні тиску на надходить вже на трубопровід та на сам парогенератор. Вихідною величиною всієї схеми, як і об'єкта управління є рівень живильної води в парогенераторі. Давач рівня з уніфікованим вихідним сигналом типу знімає значення рівня в парогенераторі.

Розглянемо методику розрахунку динаміки рівня пароводяної суміші, яка припускає знання із статичного теплогідралічного розрахунку середнього по ПГ об'ємного паровмісту. Розрахункова схема зображена на рисунку 3.3 [22-24].

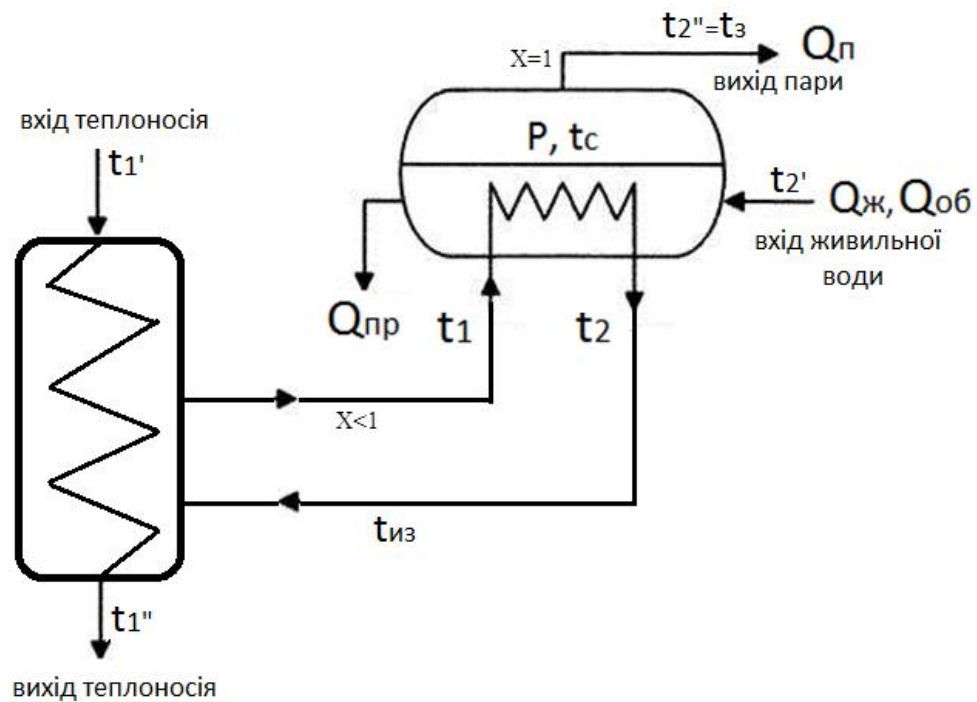


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема ПГ

3.2 Математична модель парогенератора

На основі схеми (рисунок 3.3) запишемо схему матеріального балансу ПГ:

$$S \frac{dh}{dt} = Q - Q_{\text{п}} \quad (3.1),$$

де S – площа дзеркала, $Q_{\text{п}}$ – витрата води, яка переходить в пар, Q – витрата води на вході в ПГ.

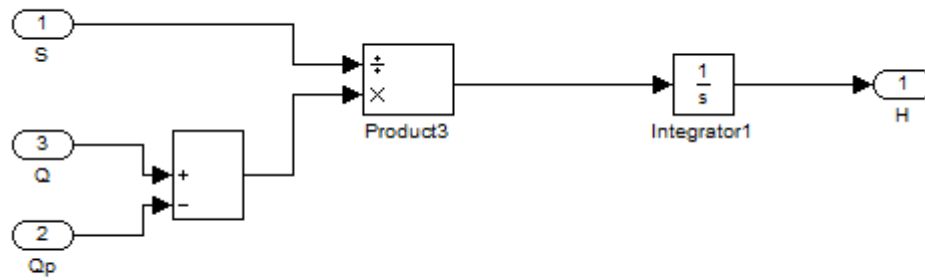


Рисунок 3.4 - Імітаційна модель парогенератора у середовищі SimulinkMatlab

3.3 Математична модель трубопроводу

Запишемо рівняння рівно дії сил діючих на потік речовини в трубопроводі [21]:

$$\frac{\rho L}{S} \frac{dQ}{dt} = \Delta P_H - \Delta P_{TP} \quad (3.2),$$

де ΔP_H - тиск створений насосом, ΔP_{TP} – втрати тиску в трубопроводі.

Гідравлічний опір 2-го контуру ПГ, що долається живильним насосом, складається з опору жалюзійних сепараторів і виходу пари з ПГ.

Гідравлічний опір пучка труб руху пароводяної суміші долається напором, що створюються в контурі природної циркуляції ПГ.

Опір виходу живильної води з вхідного патрубку в колектор живильної води:

$$\Delta P_{ВХ} = \xi_{ВХ.П} \cdot \rho_2 \cdot (W_{жив}^2 / 2) = 1,3 \cdot 0,785 \cdot 10^3 \cdot 5,4^2 / 2 = 18,9 \text{ кПа}$$

Швидкість живильної води визначимо за формулою:

$$\begin{aligned} W_{жив} &= (D + 0,015 \cdot D) \cdot v_2' / (0,785 \cdot d_B^2) = \\ &= (383 + 0,015 \cdot 383) \cdot 1,216 \cdot 10^{-3} / (0,785 \cdot 0,3^2) = 5,4 \text{ м/с} \end{aligned}$$

Де v_2' при $t_2' = 225^\circ\text{C}$ і $P_2 = 3,0 \text{ МПа}$

Коефіцієнт місцевого опору при повороті на 90° живильної води в трубах роздачі: $\xi_{т.раз} = 0,2$

Опір, випробуваний потоком живильної води при повороті в трубах роздачі живильної води:

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Швидкість в трубі роздачі:

$$W_{2 \text{ раз}}' = (D + 0,015 * D) * v_2' / (0,785 * n * d_{\text{тр}}^2) = \\ = (383 + 0,015 * 383) * 1,216 * 10^{-3} / (0,785 * 12 * 0,08^2) = 7,8 \text{ м/с}$$

$$\Delta P_{\text{тр.розд}} = \xi_{\text{т.роз}} * \rho_2' * (W_{\text{розд}}'^2 / 2) = 0,2 * 7,8^2 * 1,216 * 10^3 / 2 = 5,0 \text{ кПа}$$

Опір трубок роздачі живильної води: входу: $\xi_{\text{вх}} = 0,5$, виходу: $\xi_{\text{вих}} = 1,2$,

$$\Delta P_{\text{тр.разд}} = (\xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вих}}) * \rho_2' * (W_{\text{розд}}'^2 / 2) = 1,7 * 6,86^2 * 0,741 * 10^3 / 2 = 29,64 \text{ кПа}$$

Сумарний опір колектора живильної води:

$$\Delta P_{\text{к.жив}} = \Delta P_{\text{вх.п}} + 2 * \Delta P_{\text{т.роз}} + \Delta P_{\text{тр.розд}} = 18,9 + 2 * 3,99 + 42 = 68,8 \text{ кПа}$$

Опір жалюзійного сепаратора: $\Delta P_{\text{сеп}} = 9 \text{ кПа}$.

Опір вихідних патрубків пари:

$$\Delta P_{\text{вих.патр}} = \xi_{\text{вих}} * \rho_2'' * (W_2''^2 / 2) = 0,5 * 51,6^2 * 66,2 / 2 = 10,05 \text{ кПа}$$

$$W_2'' = D * v_2'' / (0,785 * n * d_{\text{в}}^2) = 383 * 66,2 * 10^{-3} / (0,785 * 10 * 0,25^2) = 51,6 \text{ м/с}$$

Опір колектора пари ($\xi_{\text{к.п}} = 1,3$):

$$\Delta P_{\text{кп}} = \xi_{\text{кп}} * \rho_2'' * (W_{\text{кп}}''^2 / 2) = 1,3 * 55,7^2 * 66,2 / 2 = 30,4 \text{ кПа}$$

$$W_{\text{кп}}'' = D * v_2'' / (0,785 * n * d_{\text{в}}^2) = 383 * 66,2 * 10^{-3} / (0,785 * 10 * 0,58^2) = 55,7 \text{ м/с}$$

Опір другого контуру ПГ

$$\Delta P_{\text{II}} = \Delta P_{\text{к.живт}} + \Delta P_{\text{сеп}} + \Delta P_{\text{вих.патр}} + \Delta P_{\text{кк}} = 68,8 + 9 + 10,05 + 50,4 = 118,2 \text{ кПа}$$

$\xi_{\text{тр.сум}}$ - сумарний коефіцієнт опорів труб; $v_{1\text{ср}}$ - питома вага теплоносія при середній температурі теплоносія ПГ ($t_{1\text{ср}} = 301$); $W_{1\text{тр}}$ - швидкість живильної води в трубопроводі.

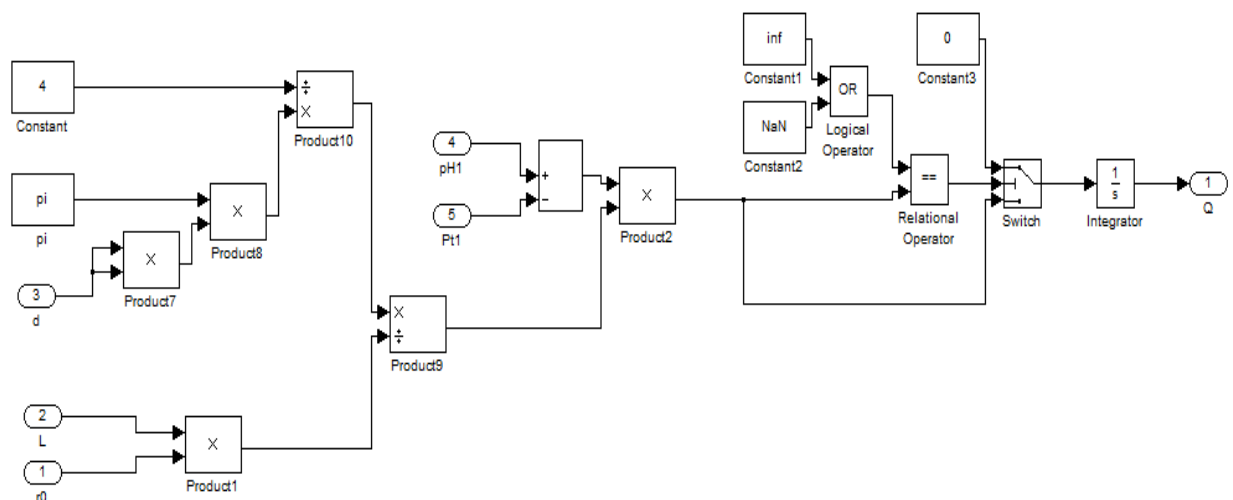


Рисунок 3.5 - Імітаційна модель трубопроводу у середовищі SimulinkMatlab

3.4 Математична модель насоса

Тиск ΔP_H залежить від витрати рідини та швидкості обертання валу привода.

Залежність тиску $\Delta P_K/Q$ визначимо згідно характеристики насоса (рисунок 3.6) [21].

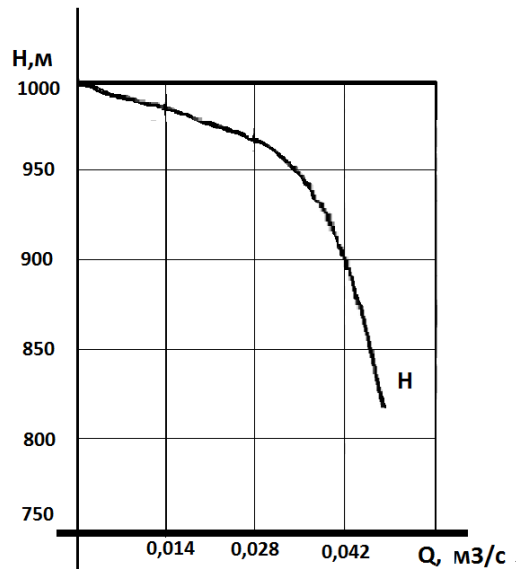


Рисунок 3.6 - Характеристики насоса, залежність $\Delta P_K/Q$.

Для апроксимації характеристики на нульові тиски використаємо рівняння:

$$H^* = H_0 + k * Q^{*2},$$

де k - постійний коефіцієнт; H_0 - геометрична висота подачі; $k*Q^2 = h_{\text{п}}$ - втрати напору.

Здійснивши апроксимацію отримаємо:

$$H^* = -6.47 * 10^8 Q^2 + 9.81 * 10^6.$$

Апроксимувавши характеристику насоса отримаємо: $k = -6,47*10^8$.

При зміні швидкості, враховуючи подібність режимів роботи, тиск і витрата змінюватимуться відповідно з відношеннями:

$$\frac{H}{H^*} = \left(\frac{n}{n^*} \right)^2 \quad \frac{Q}{Q^*} = \frac{n}{n^*}$$

В результаті отримаємо:

$$H = H^* * \left(\frac{n}{n^*}\right)^2;$$

$$Q^* = Q * \frac{n^*}{n}.$$

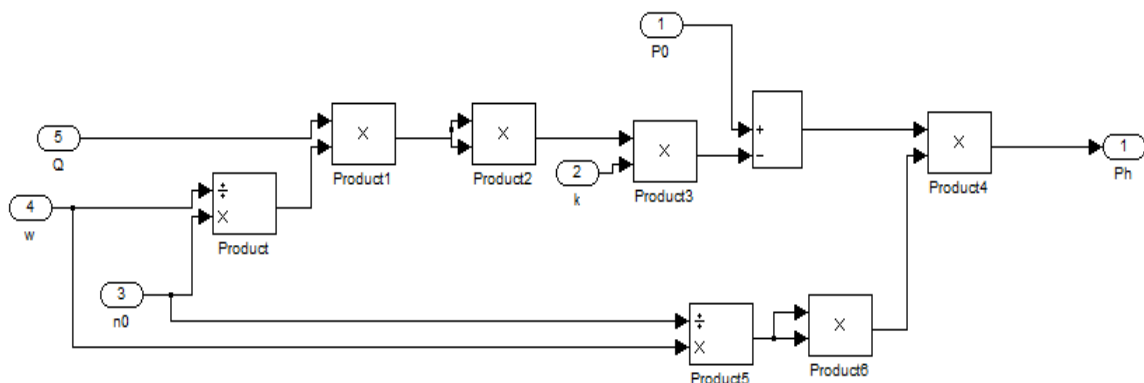


Рисунок 3.7 - Імітаційна модель насоса у середовищі SimulinkMatlab

3.5 Математична модель асинхронного двигуна

Розглянемо модель асинхронного двигуна (АД), припускаючи, що робота відбувається на лінійній ділянці характеристики [21].

Рівняння механічної характеристики на лінійній ділянці:

$$M = \frac{M_k}{s_k} s.$$

$$\text{Звідки: } M = \frac{M_k}{s_k} \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} = \frac{M_k}{s_k \omega_0} (\omega_0 - \omega) = \beta (\omega_0 - \omega),$$

де потужність двигуна $N = 800$ кВт, кратність максимального моменту $m_k = 1.6$, критичне ковзання $S_k = 0.04$, приведений момент інерції $j = 20$ кг/м².

Критичний момент двигуна: $M_k = 1.6 * 10^3 * 1.6 = 2.24 * 10^3$ Нм .

Номинальне ковзання: $S_{ном} = \frac{3000 - 2979}{3000} = 0.07\%$

$$\beta = \frac{M_k}{s_k * \omega_0} = \frac{2.24 * 10^3}{0.04 * 314} = 178.34 \text{ (Н * м * с) / рад,}$$

Для обліку часу протікання електромагнітних процесів введемо електромагнітну сталу часу:

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$T = \frac{1}{\omega_0 s_k} = \frac{1}{314 * 0.04} = 0.07961c.$$

Структурна схема АД в межах лінійної частини характеристики матиме вигляд (рисунок 3.8):

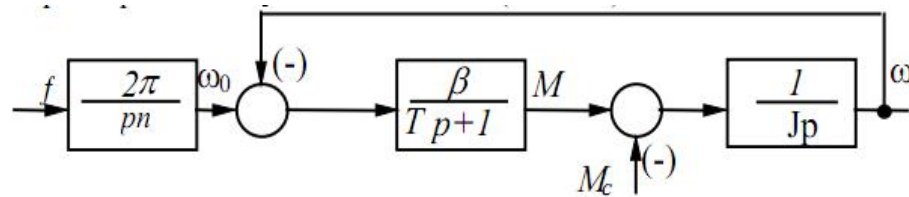


Рисунок 3.8 - Структурна схема АД в межах лінійної частини характеристики

Дана структурна схема може бути використана для аналізу процесів при частотному регулюванні, при регулюванні напруги на статорі та ін. Однак, при цьому необхідно враховувати зміну параметра β .

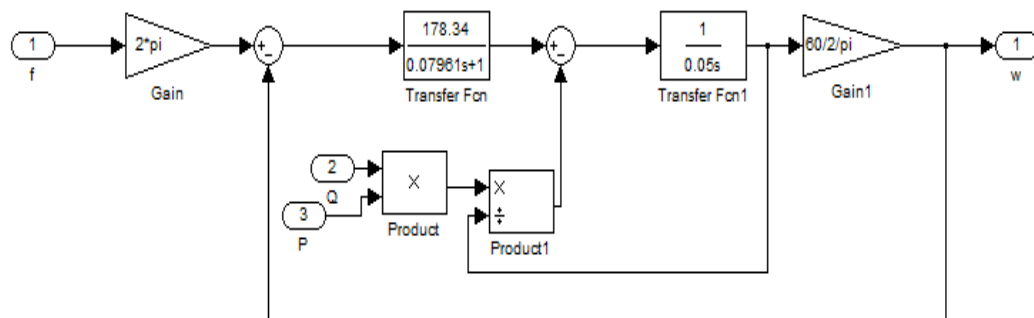


Рисунок 3.9 - Імітаційна модель асинхронного двигуна у середовищі SimulinkMatlab

3.6 Математична модель частотного перетворювача

Частотний перетворювач представлений у вигляді пропорційної ланки, де вхідним параметром буде сигнал керування 4-20 мА, а вихідним параметром буде частота, яка змінюється в межах 25-100 Гц. Таким чином коефіцієнт передачі частотного перетворювача становитиме [24]:

$$K = \frac{\Delta f}{\Delta I}$$

Враховуючи вище представлені моделі елементів системи керування парогенератора, імітаційна модель має вигляд (рисунок 3.10):

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

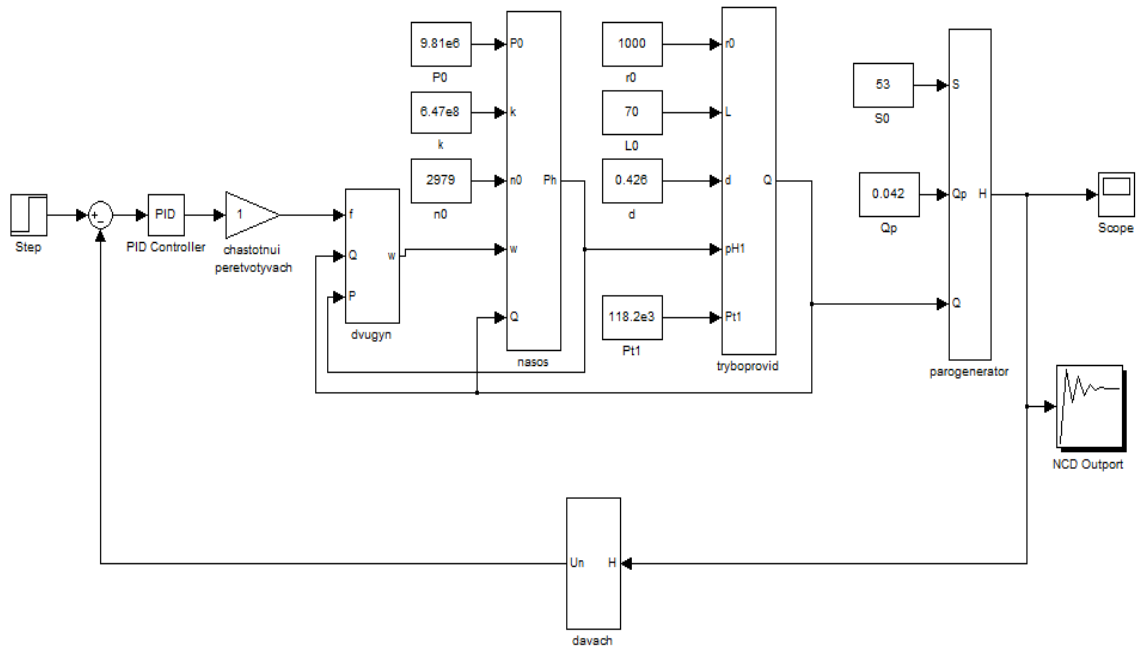


Рисунок 3.10 - Імітаційна модель системи регулювання рівня живильної води в парогенераторі у середовищі SimulinkMatlab

Розглянемо тепер отриману перехідну характеристику (рисунок 3.11)

[24]:

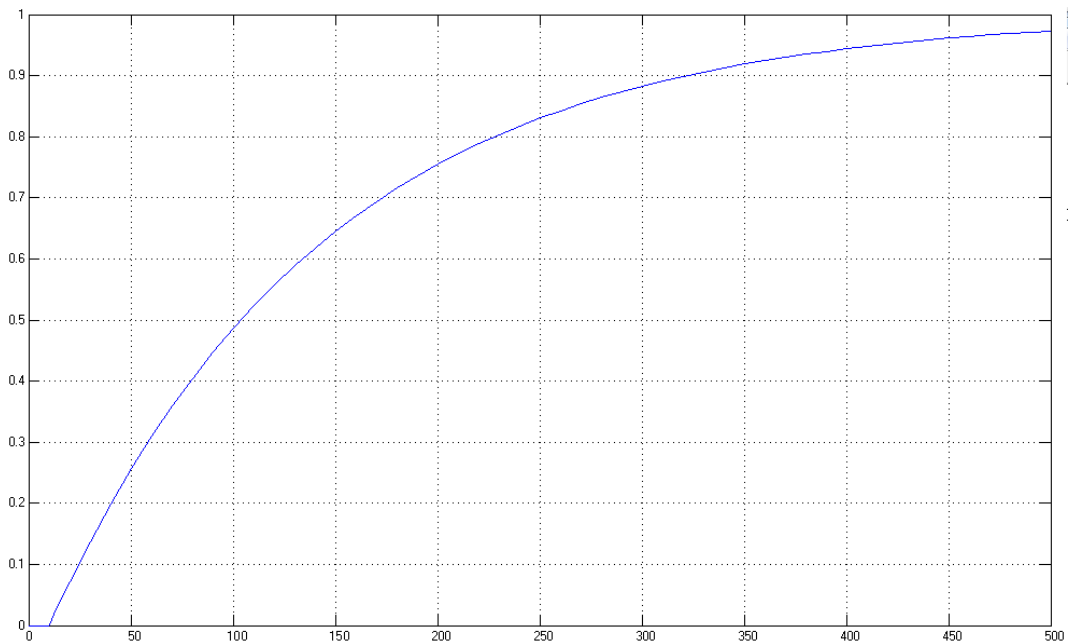


Рисунок 3.11 - Перехідна характеристика системи керування

$$K_p=200, K_i=0.05, K_d=90.$$

Провівши оптимізацію отримано перехідну характеристику (рисунок 3.12):

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

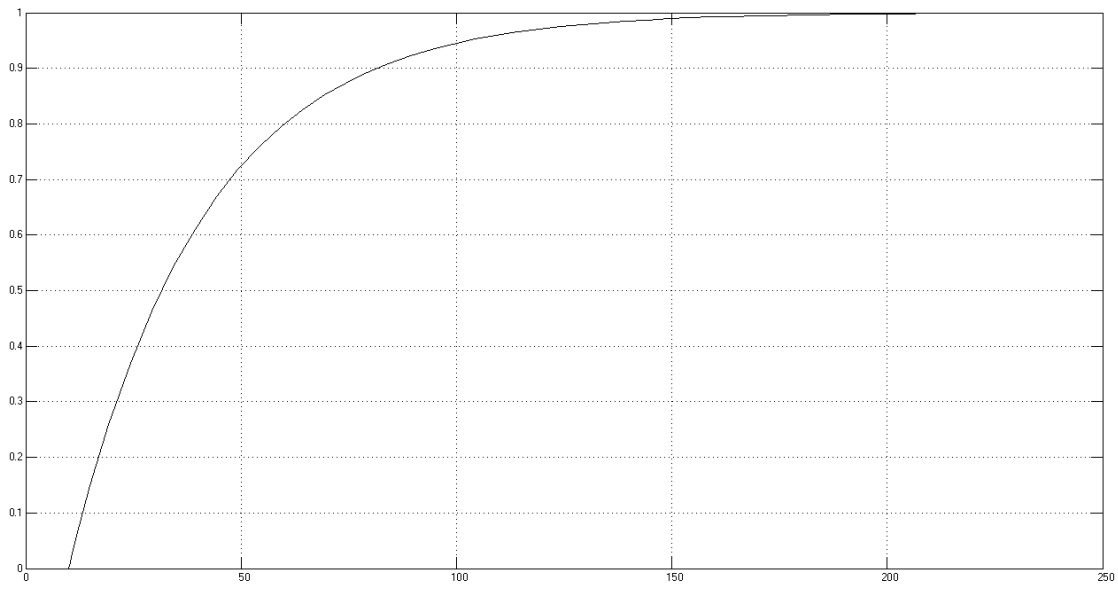


Рисунок 3.12 - Перехідна характеристика системи керування при оптимальних параметрах регулятора

Отже, оптимальні коефіцієнти регулятора:

$$K_p = 89.7, K_i = 0.27, K_d = 85.8.$$

					ДП.АКТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує, і завдання охорони праці звести до мінімуму вірогідність нещасного випадку або захворювання, що працює з одночасним забезпеченням комфортних умов при максимальній продуктивності праці. Для вирішення цього завдання на всіх ділянках і стадіях виробництва повинен здійснюватися комплекс взаємозв'язаних організаційних, технічних, гігієнічних і соціально-економічних заходів щодо створення безпечних умов праці [25-27].

Існує велика кількість небезпечних для здоров'я і життя людини чинників. Це і радіоактивні речовини, і електроустановки різних параметрів, і вибухо- та пожежонебезпечні речовини [28].

4.1 Заходи забезпечення радіаційної безпеки

Захист від випромінювання реактора, основного технологічного контуру і інших джерел випромінювання забезпечує зниження щільності потоку нейтронів і гама-випромінювань до значень, що забезпечують потужність еквівалентної дози, регламентовану санітарними правилами проектування і експлуатації, а саме:

- у приміщеннях постійного перебування персоналу (протягом всього робочого дня) потужність еквівалентної дози не повинна перевищувати $5,6 \cdot 10^{-6}$ Зв/год;

- у приміщеннях, де персонал знаходиться не більше половини робочого дня - $1,12 \cdot 10^{-5}$ Зв/год.

Компоновка енергоблоку виконується наступним чином:

- у захисній герметичній оболонці, що є циліндром з внутрішнім діаметром 45 м з куполоподібним верхом, розміщені системи, устаткування і трубопроводи з високопотенційним (робочий тиск до 16 МПа і робоча температура до 350 град.С) радіоактивним т/н I-го контура (РУ в складі:

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

реактор, ПГ, ГЦН, КД, гідроємності, трубопроводи, система організованих протічок I-го контура і д.р.)

- компоновка вищезгаданих систем, устаткування і трубопроводів виконується, виходячи з принципу розміщення їх в боксах. Будівельні конструкції боксів забезпечують біологічний захист обслуговуючого персоналу при проведенні операцій по перевантаженню палива і при проведенні ремонту устаткування, розташованого поза боксами, і яке в процесі всієї роботи не стикається з радіоактивним т/н;

- устаткування, яке підлягає ремонту і контролю, розташоване таким чином, що до нього забезпечений доступ і для операцій з ним не доводиться демонтувати інше устаткування або частину захисту;

- обслуговуючі пульти управління устаткуванням, пристроями винесуться за межі гермозони.

Система радіаційного контролю складається з підсистем:

- підсистема радіаційного контролю навколишнього середовища (РКНС) для отримання необхідної інформації про потужність дози гамма-випромінювання на місцевості; річної дози на місцевості; щільність радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища; величині активності і нуклідном складі в скиданнях в технічні водоймища; забрудненні персоналу на виході із станції і метеорологічних параметрах атмосфери; забрудненні всіх видів транспортних засобів і вантажів, що транспортуються, що покидають межі промислового майданчика станції;

- підсистема радіаційного дозиметричного контролю (РДК) для вирішення завдань контролю потужності дози гамма-випромінювання у виробничих приміщеннях, забруднення повітря робочої зони виробничих приміщень радіонуклідами, забруднення поверхні приміщень і устаткування радіонуклідами, доз зовнішнього опромінювання персоналу, змісту інкорпорованих радіонуклідів в організмі персоналу, забруднення шкірних покривів виробничої одягу персоналу;

- підсистема радіаційного технологічного контролю (РТК) для контролю за станом захисних бар'єрів на шляху розповсюдження

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

радіонуклідів (герметичністю трубопроводів і устаткування), контролю за станом технологічних середовищ і отримання необхідної інформації для прогнозування радіаційної обстановки, недопущенню розповсюдження радіонуклідів за межі зони строго режиму, захисту персоналу і обмеженої частини населення.

Для реалізації поставлених завдань використовується централізована інформаційно-вимірювальна система радіаційного контролю (ЦІВСРК), що включає:

- пристрої і блоки детектування об'ємної активності ПРГ аерозолів, йоду, потужності дози гамма-випромінювання, потоку нейтронів;
- пристрої накопичення і обробки інформації;
- пристрої обміну інформації;
- проміжні блоки виведення інформації;
- блоки зв'язку з ЕОМ;
- оптико-акустичні сигналізатори.

Основним завданням індивідуального дозиметричного контролю персоналу є визначення сумарної дії на персонал всіх чинників радіаційної дії з метою недопущення опромінювання персоналу дозами зверху встановлених гранично допустимих доз. Цей вид контролю проводиться з використанням індивідуальних дозиметрів: оперативні, кварталні, аварійні.

4.2 Заходи забезпечення електробезпеки

На енергоблоках застосовуються електроустановки з напругою живлення:

- 6,3 кВ з ізольованою нейтраллю (ГЦН);
- 380/220 В з ізольованою нейтраллю (Тени КД);
- 380/220 В із заземленою нейтраллю (електродвигуни засувки і клапанів).

Передбачені технічні рішення.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1) На установках, що працюють під напругою до 1000 В, струмопровідні частини закривають захисними кожухами (розподільні коробки електродвигуна, розподільні коробки трансформаторні).

При проведенні ремонтних робіт, коли можлива робота електроустаткування під напругою без захисних кожухів, встановлюються захисні огорожі (сітка 25 + 25 мм).

2) Блокування застосовуються в електроустановках, напругою вище 250 В, в яких часто проводяться роботи на електроустановках, що захищаються з токоведущих частин, при дотику до них без зняття напруги.

3) При монтажі і ремонті устаткування в реакторному цеху для освітлення і живлення дрібного електроустаткування застосовується стаціонарна знижена напруга 42 В із спеціального передбачених розеток.

При роботі в струмопровідних об'ємах (баках і т. д.) застосовується переносне освітлення від мережі 12 В.

4) Струмопровідні частини високої напруги укладаються в спеціальні ізолюючі канали, короби. Кабель укладають в металеві труби або додатково ізолюють один від одного розчином азбесту (струмопровідні кабелі ГЦН укладені в спеціальні проходки, струмопровідні кабелі КД прокладені в металевих трубах і ізольовані спеціальним розчином).

4.3 Розрахунок захисного заземлення

Захисним улаштуванням називається сукупність заземлювача (металевого провідника або групи провідників, які знаходяться у безпосередньому зіткненні з ґрунтом) і заземлювальних провідників, які з'єднують заземлені частини устаткування із заземлювачами.

Розрахунок захисного заземлення почнемо із визначення опору розтікання струму з одного заземлювача. Значення даного опору визначається за такою формулою [27]:

$$R_{mp} = 0,366 \frac{\rho}{l} \left(\lg \left(\frac{2l}{d} \right) + \lg \left(\frac{4t+l}{4t-l} \right) \right)$$

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де ρ - питомий опір ґрунту, $Ом \cdot м$;

l - довжина заземлювача, $м$;

d - діаметр заземлювача, $м$;

t - відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача $м$, яка визначається за такою формулою:

$$t = h_{\epsilon} + \frac{l}{2},$$

де h_{ϵ} - глибина викопаної траншеї, в яку вбивають вертикальні заземлювачі, $м$;

$$h_{\epsilon} = 0,7 \text{ м.}$$

На рисунку 4.1 показано схему побудови захисного заземлення.

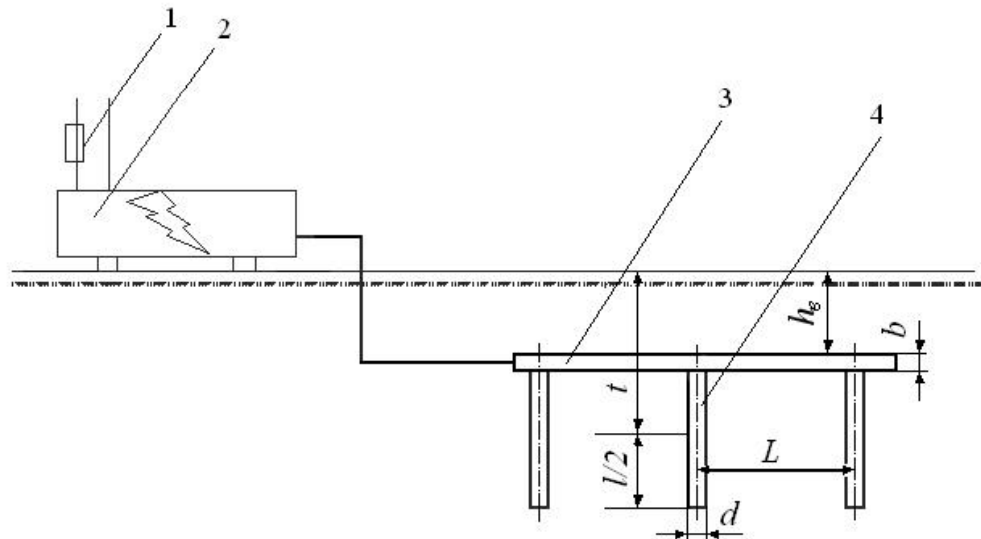


Рисунок 4.1 - Схема побудови захисного заземлення:

1 – запобіжник; 2 – електроустановка; 3 – з'єднувальна штаба; 4 – трубчастий заземлювач.

Для того, щоб знайти опір розтікання струму з одного заземлювача знайдемо значення питомого опору ґрунту:

$$\rho = \rho_{\epsilon} \cdot \eta_c,$$

де ρ_{ϵ} - вимірювальний питомий опір ґрунту, $Ом \cdot м$;

η_c - коефіцієнт сезонності.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Вимірювальний питомий опір ρ_e для суглинку рівний $90 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, коефіцієнт сезонності η_c для вертикального заземлювача довжиною до 3 м та при нормальній вологості суглинку рівний: $\eta_c = 1,1$. Тоді згідно із формулою питомий опір суглинку рівний: $\rho = 90 \cdot 1,1 = 99 (\text{Ом}\cdot\text{м})$.

Тоді прийнявши довжину заземлювача $l = 3,0 \text{ м}$, діаметр заземлювача $d = 0,05 \text{ м}$ та визначивши відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача за формулою: $t = 0,7 + \frac{3}{2} = 2,2 (\text{м})$, опір розтікання струму з одного заземлювача рівний:

$$R_{mp} = 0,366 \frac{99}{3} \left(\lg \left(\frac{2 \cdot 3}{0,05} \right) + \lg \left(\frac{4 \cdot 2,2 + 3}{4 \cdot 2,2 - 3} \right) \right) = 12,11 \cdot (2,24 + 1,58) = 46,26 (\text{Ом}).$$

Групове розташування вертикальних заземлювачів спричиняє взаємний вплив полів струму, збільшуючи опір розтікання струму. Який визначається за такою формулою:

$$R_p = \frac{R_{mp}}{n \cdot \eta_e}$$

де R_{mp} - опір розтікання струму одного заземлювача, Ом ;

n - кількість заземлювачів, *шт*;

η_e - коефіцієнт екранування.

Коефіцієнт екранування η_e знаходять виходячи із співвідношення віддалі між трубою до довжини труби і у даному випадку рівний $\frac{L}{l} = \frac{3,0}{3,0} = 1,0$
- $\eta_e = 0,66$.

Із врахуванням коефіцієнта сезонності та екранування кількість заземлювачів визначається за формулою:

$$n = \frac{R_{mp}}{R_\delta \cdot \eta_c \cdot \eta_e}$$

де $R_\delta = 4 \text{ Ом}$ - допустимий опір розтікання струму заземлення;

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Звідси кількість заземлювачів рівна: $n = \frac{46,26}{4 \cdot 1,1 \cdot 0,66} = 16$ (шт), а опір

$$\text{розтікання} - R_p = \frac{46,26}{16 \cdot 0,66} = 4,37 (\text{Ом}).$$

Довжину з'єднувальної штаби визначаємо за такою формулою:

$$l_{шт} = 1,05 \cdot L \cdot (n - 1),$$

де L - віддаль між заземлювачами, м.

Звідси довжина з'єднувальної штаби рівна:

$$l_{шт} = 1,05 \cdot 3,0 \cdot (16 - 1) = 47,25 \text{ (м)}.$$

Опір розтікання струму в з'єднувальній штабі визначають за такою формулою [27]:

$$R_{шт} = 0,366 \frac{\rho}{l_{шт}} \lg \left(\frac{2l_{шт}^2}{h \cdot b \cdot \eta_{шт}} \right)$$

де ρ - питомий опір ґрунту, Ом·м;

$l_{шт}$ - довжина з'єднувальної штаби, м;

h - глибина траншеї закладання з'єднувальної штаби і рівна 0,7 м;

b - ширина з'єднувальної штаби і рівна 0,04 м;

$\eta_{шт}$ - коефіцієнт екранування з'єднувальної штаби: $\eta_{шт} = 0,78$.

Тоді опір з'єднувальної штаби згідно формули рівний:

$$R_{шт} = 0,366 \frac{99}{47,25} \lg \left(\frac{2 \cdot 47,25^2}{0,7 \cdot 0,04 \cdot 0,78} \right) = 0,77 \cdot 5,31 = 4,08 (\text{Ом}).$$

Загальний опір розтікання струму заземлювачів та з'єднувальної стрічки визначається за такою формулою [27]:

$$R_3 = \frac{1}{\frac{1}{R_{тр}} + \frac{1}{R_{шт}}},$$

Підставивши числові значення у формулу одержимо

$$R_3 = \frac{1}{\frac{1}{46,26} + \frac{1}{4,08}} = 3,75 (\text{Ом}).$$

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Оскільки значення опору захисного заземлення не перевищує значення опору допустимого (тобто $3,75 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$), розрахунок можна вважати закінченим.

2) Занулення - навмисне з'єднання струмопровідних частин електроустановок з нульовим дротом. Занулення виконане в електроустановках до 1000 В, що живляться від чотирьох дротяної мережі із заземленою нейтраллю. На АЕС для основного устаткування не застосовується, оскільки при пробі на струмопровідну частину занулення приводить до короткого замикання, і виключення устаткування.

4.4 Заходи пожежної безпеки

Одним з найбільш небезпечних джерел аварій на енергоблоці є пожежа, виникнення якої характеризується відносно високою [28].

Пожежа може супроводжуватися масовим виходом з ладу важливого для безпеки устаткування, і в першу чергу систем керування, систем електропостачання, а також дією на персонал несприятливих чинників (висока температура, дим).

Найчастіше пожежі виникають в системі газовидалення, масляних системах, системі електричних кабелів, на дизельгенераторах, трансформаторах, вугільних фільтрах.

Джерела пожеж: вибухи газу, коротке замикання електричних кабелів, попадання масла на гарячі ділянки устаткування, помилки персоналу при поводженні з вогнем в процесі ремонтних робіт, перевірок системи. Поява водню в системі обумовлена розкладанням води під дією опромінювання.

На підставі пожежних властивостей матеріалів і речовин, що застосовуються на виробництві, з урахуванням їх кількості, розмірів виробничих приміщень і особливостей технічного процесу, визначають категорію приміщень по вибухо-пожежній і пожежній небезпеці, а також клас зон приміщень і зовнішніх установок [28].

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4.4.1 Технічні вирішення системи запобігання пожежам

Пожежа можлива за наявності трьох чинників:

- горючої речовини;
- окислювача;
- джерела займання.

Запобігти пожежі можна або запобіганням утворення горючого середовища, або запобіганням освіті в горючому середовищі (або внесення до неї) джерел займання.

Запобігання утворенню горючого середовища забезпечується:

- використанням в системах мастила і регулювання турбоагрегатів і головних циркуляційних насосах важкогорючих рідин ;
- у маслоохолоджуючих трансформаторах за рахунок інтенсифікації теплообміну зменшенням об'єму використовуваного масла;
- на масло системах виконані трубопроводи аварійного дренажу масла, діаметр зливних трубопроводів забезпечує злив масла в аварійну ємність за 15 хвилин ;
- виконанням масломазутопроводів з безшовних труб з мінімальною кількістю швів і фланцевих з'єднань. Фланцеві з'єднання використані типу "Шпилька - паз", "виступ - западина".
- підтримкою концентрації горючих газів поза межами їх займання шляхом вентиляції виробничих приміщень. Для герметичної зони встановлена витяжна вентиляційна система герметичних приміщень.

Для організованого відведення тепла і допалювання водню, що утворюється в т/н I-го контура, призначена система допалювання водню, яка є сукупністю трьох підсистем, сполучених послідовно:

- підсистема подачі пари деаератора підживлення I-го контура до установки спалювання водню;
- власне установка спалювання водню, що включає електродвигун ОКБ-1539 і контактний апарат (каталізатор і електронагрівач ОКБ-1586) для спалювання водню;

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- підсистема подачі невибухонебезпечної парогазової суміші в систему спец газоочистки.

Для запобігання утворення в горючому середовищі джерел запалення виконано наступне:

- склади дизельного палива, винесені ресивери водопроводу, маслогосподарства, масловмістні трансформатори забезпечені пристроями блискавкозахисту;

- маслопроводи прокладаються в стороні від гарячих джерел, або відгороджуються від них спеціальними живильними коробами, виготовленими з листової сталі;

- при роботі з ЛВЖ або ГГ використовують не іскріючий інструмент.

4.4.2 Технічні рішення по системі протипожежного захисту

Технічні рішення по системі протипожежного захисту направлені на обмеження розповсюдження пожежі, захист людей і матеріальних цінностей від пожежі, створення умов для швидкої ліквідації пожежі, є наступними [28]:

1) Функції протипожежних перешкод виконують перекриваючі і несучі конструкції з межею вогнестійкості не менше 1,5 години згідно “Протипожежним нормам проектування АЕС” [28].

2) Зливи дизельного палива розташовуються на відстані 20 м від стін головного корпусу.

3) Для збереження міцності несучих металоконструкцій і перекриттів машинних залів використовується мастика.

4) Кабелі систем пожежної сигналізації і пожежогасіння прокладають поза тими, що захищаються цими системами приміщеннях.

5) У протяжних кабельних спорудах перемички з матеріалу, що не згорає, через кожних 50 м з межею вогнестійкості не менше 0,75 години.

6) У металевих кабельних коробах через кожних 30 м на горизонтальних ділянках і через 20 м на вертикальних передбачають вогнеперекриваючі пояси.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

7) У приміщеннях щитів управління горючі кабелі в коробах і панелях покривають вогнезахисним складом.

8) Всі будівлі мають евакуаційні виходи не менше двох на поверсі і розташовані розсосереджено.

9) У системах пожежної сигналізації використовуються автоматичні пожежні оповісники: іонізаційні димові; димові; датчики максимальної дії; контактні; димові радіаційні. Як приймальні пристрої використовуються пульти пожежної сигналізації.

10) Для локалізації невеликого спалаху застосовуються первинні засоби пожежогасіння. Передбачені автоматичні установки пожежогасіння дренчерного типу.

11) Використовується система пожежогасіння до складу якої входять:

- трубопроводи з водою під тиском, система дренчерів (у приміщеннях з підвищеною пожежонебезпекою)
- сухотруби, система спринклерів
- пожежні крани, гідранти (розташовані на сходових клітках і у приміщеннях з підвищеною пожежною небезпекою)

На енергоблоках обов'язковим є наявність військово-пожежної частини, яка займається гасінням пожеж.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті досліджень встановлено, що для управління атомною енергетичною установкою важливе значення має підтримання параметрів стабільної роботи парового генератора в реальному і в аварійному режимах. В даній роботі досліджено особливості автоматизації парогенератора ПГВ-1000М та характеристики існуючих технічних засобів автоматизації.

Об'єктом контролю визначено 2-контурну енергетичну атомну установку. На основі аналізу технологічного процесу зроблено вибір та обґрунтування структури системи управління.

У відповідності до поставленої мети визначені параметри контролю, сигналізації, блокування, автоматичного регулювання і розроблена функціональна схема автоматизації технологічного процесу, яка складається з 4-х контурів регулювання: тиску пари, рівня води в парогенераторі, тиску відсепарованої пари на виході з розширювачів продувки та рівня в баку запасу хімобезсоленої води.

На основі визначення основних технологічних параметрів здійснено вибір технічних засобів автоматизації, розраховано параметри системи автоматичного управління. Базовим процесорним модулем, який використано при розробці АСУТП є контролер І-7188.

Для забезпечення якісної та безперебійної роботи досліджені динамічні характеристики об'єкту автоматизації (парогенератора ПГВ-1000М), які слугують основою для розробки структури оптимального управління в різних режимах роботи.

Проаналізовано необхідні та достатні умови для безпечного та комфортного виробництва при максимальній продуктивності праці. Для мінімізації виникнення нещасних випадків або професійних захворювань у працівників деталізований комплекс взаємозв'язаних організаційних, технічних, гігієнічних заходів щодо створення здорових і безпечних умов праці.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Design characteristics of the horizontal steam generator PGV-1000 / O.Yefimov, L.Tiutiunyk, T.Harkusha [and others] // Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів, 2022, № 2 (1364) – С.8-12.

2. Yefimov O. V., Pylypenko M. M. (2015), Konstrukcii', materialy, procesy i rozrahunky reaktoriv i parogeneratoriv AES [Designs, materials, processes and calculations of reactors and steam generators of nuclear power plants], NTU “KhPI”, Kharkiv, 268 p., ISBN 978-966-2426-00-7

3. Yefimov O. V. Pylypenko M. M, Potanina T. V., Kavertsev V. L. Harkusha T. A. (2017), Reaktory i parogeneratory energoblokov AES: shemy, procesy, materialy, konstrukcii', modeli [Reactors and steam generators of NPP power units: schemes, processes, materials, structures, models], LLC “In the case”, Kharkiv, 420 p., ISBN 978-617-7305-28-5

4. Dudek G.: Algorytm genetyczny jako metoda optymalizacji doboru składu jednostek wytwórczych w systemie elektroenergetycznym. Materiały konferencyjne: „Algorytmy Ewolucyjne i Optymalizacja Globalna”, pp. 51–58, Łądek Zdrój 2000. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000

5. Kuhtin D.I., Yefimov A.V., Potanina T.V., Garkusha T.A. Matematicheskie modeli sistem i oborudovaniya energoblokov elektrostancij dlya avtomatizirovannogo upravleniya rezhymami ih ekspluatatsii. [Mathematical models of systems and equipment of power generating units for automated control of their operation modes] Visnyk Nacz. techn. un-ta «ХПІ»: Zb. nauk. pr. Ser. Gidravlichni mashyny ta gidroagregaty [Visnyk of Nat. Tech. University “KhPI”: Collection of scientific papers, Ser. Hydraulic machines and hydraulic units], 2015. No 45 (1154). pp. 96–104.

6. Автоматизовані системи керування технологічними процесами (довідник)./ Під ред. акад. Б.Б.Тимофієва.- К.: Техніка, 1983.-351 с.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

7. Локазюк В.М. Мікропроцесори та мікроЕОМ у виробничих системах. Посібник. – К.: Видавничий центр «Академія», 2002. – 367 с.
8. Проць Я. І. Автоматизація виробничих процесів. / Я.І.Проць, В.Б.Савків, О.К.Шкодзінський, О.Л.Ляшук. - 2011. - 344 с.
9. Барало О.В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування / О.В. Барало, П.Г. Самойленко, С.Є. Гранат, В.О. Ковальов. -К.: Аграрна освіта, 2010. - 557с.
10. Автоматизація виробничих процесів / І.В.Ельперін, О.М.Пупена, В.М.Сідлецький [та ін.] / К.: Ліра-К, 2017. – 378 с.
11. Бочков В.М. Обладнання автоматизованого виробництва / В.М.Бочков, Р.І.Сілін. - Львів: В-во Львівської політехніки, 2015. - 404 с.
12. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації / В.Г.Трегуб - Ліра-К, 2019. – 344с.
13. Беляєв Ю.Б. Технічні засоби автоматизації. / Ю.Б. Беляєв, С.А. Киричук, В.М. Сідлецький, М.Г. Іванченко – К: НУХТ, 2009. –101 с.
14. Контролер Lagoon I-7188. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://micropribor.com.ua/catalog?gclid>.
15. Датчики тиску. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://uniset.ua/catalog/datchiki-davlenija-danfoss>.
16. Перетворювачі частоти [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://ewi-engineering.com.ua/c17330-chastotnye-preobrazovateli.html>.
17. 8-канальний модуль I-7017 [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://ipc2u.ua/catalog/i-7017>
18. I-7520 конвертер RS-232 в RS-485/422 [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://www.promsat.com/page/117/>
19. ACE-540A Промислове джерело живлення [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.a-tex.ua/catalog/istochniki-pitanija/vstraivaemye-istochniki-pitanija/ace-643a-rs.html>
20. Витратомір Метран-150RFA [Електронний ресурс].- Режим доступу: https://www.germiona.com.ua/metran_150rfa.html.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

21. Демченко В.А. Розробка математичної моделі динаміки парогенератора ПГВ-1000 АЭС // Пр. 4-ї укр. конф. з автоматич. керування. Автоматика-97. Т. 1. - Черкаси, 1997. - С. 20 - 23.

22. Власов К.П. Теорія автоматичного управління / К.П.Власов. - Гуманітарний центр, 2013. – 544с.

23. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування. / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук - К.: Либідь, 2007. - 656 с.

24. Клепач М.І. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник. / М.І. Клепач. - Рівне: НУВГП, 2007. – 206 с.

25. Ткачук К. Н. Основи охорони праці: підручник. / К.Н.Ткачук, М.О.Халімовський, В.В.Зацарний, Д.В.Зеркалов; за ред. К.Н.Ткачука і М.О.Халімовського. – К.: Основа, 2006 – 448 с.

26. Практикум із охорони праці: навч. посібник / за ред. В. Ц. Жидецького. - Львів : Афіша, 2000. - 352 с. - ІБК 966-7760-09-Х

27. Сивко, В. Й. Розрахунки з охорони праці / В. Й. Сивко. - Житомир: ЖІТІ, 2001. - 152 с.

28. Протипожежні норми проектування АЕС [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://budinfo.org.ua/doc/1005471.jsp>.

					ДП.АКІТ. 8091508.00.00.000 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		