

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з графічної частини і пояснювальної записки.

Об'єм графічної (ілюстративної) частини кваліфікаційної роботи становить 18 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 92 друковані сторінки формату А4 (210×297).

В кваліфікаційній роботі нараховується 22 рисунки та 9 таблиць з даними. Використано 17 літературних джерел.

В кваліфікаційній роботі була розроблена система автоматизованого керування технологічним процесом регенеративного підігріву води. Впровадження автоматизованої системи управління для даного процесу дозволяє підвищити якість і ефективність процесу, зменшити витрати на сировину та електроенергію.

Під час виконання кваліфікаційної роботи розроблена функціональна схема автоматизації підігрівників високого тиску (ПВТ) та підігрівників низького тиску (ПНТ). Особлива увага приділяється охороні праці та безпеці при роботі з ПВТ та ПНТ.

## ЗМІСТ

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                            | 7  |
| 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....                                           | 9  |
| 1.1. Огляд підігрівників високого тиску .....                         | 9  |
| 1.2. Опис схеми переміщення води в ПВТ .....                          | 11 |
| 1.3. Методи індикації рівня конденсату в ПВТ.....                     | 12 |
| 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....                                         | 17 |
| 2.1. Аналіз технологічного процесу, як об'єкту керування.....         | 17 |
| 2.2. Обґрунтування вибору функціональної схеми автоматизації.....     | 19 |
| 2.3. Опис схеми регенерації .....                                     | 22 |
| 2.4. Опис системи подачі живильної води.....                          | 24 |
| 2.5. Опис конструкції і технологічної системи .....                   | 26 |
| 2.6. Контроль та випробовування системи при експлуатації .....        | 28 |
| 2.7. Керування та контроль системи конденсатно-живильного тракту .... | 35 |
| 2.8. Аналіз відмов ПНТ в системі конденсатно-живильного тракту .....  | 40 |
| 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....                                      | 41 |
| 3.1. Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації.....        | 41 |
| 3.2. Система захисту ПВТ .....                                        | 44 |
| 3.3. Розробка функціональних схем автоматизації.....                  | 50 |
| 4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА .....                                     | 60 |
| 4.1.Розрахунок системи автоматичного регулювання .....                | 60 |
| 4.2.Частотний критерій Найквіста в логарифмічному масштабі .....      | 66 |
| 4.3.Оцінка САР методом одиничних трапецій і трикутників .....         | 68 |
| 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....                                            | 73 |

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1.Розробка приладу індикації рівня конденсату .....                                                              | 73 |
| 5.2.Обґрунтування вібраційного методу вимірювання рівня рідких<br>середовищ .....                                  | 76 |
| 5.3.Розрахунок електричної схеми автогенератора.....                                                               | 78 |
| 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....                                                         | 81 |
| 6.1.Аналіз потенційних небезпек на проектованому виробництві .....                                                 | 81 |
| 6.2.Заходи, які забезпечують створення оптимальних метеорологічних<br>умов на ділянці технологічного процесу ..... | 85 |
| 6.3.Електромагнітний імпульс ядерного вибуху і захист від нього<br>радіоелектронних засобів.....                   | 88 |
| 6.4.Шляхи вирішення задачі захисту від ЕМІ.....                                                                    | 72 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                      | 75 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....                                                                                             | 76 |

## ВСТУП

Для швидкого розвитку теплоенергетичної промисловості необхідно значно автоматизувати технологічні процеси.

Впровадження автоматизації вимагає добре розробленої теорії автоматичного керування, глибокого розуміння технологічних процесів і використання сучасних засобів автоматизації.

На підприємстві автоматизація виробництва полегшує людську працю. Людський організм має обмежені можливості. Втома, недостатня швидкість реакції в оперативних ситуаціях, труднощі з розумінням великої кількості інформації одночасно та суб'єктивність є ознаками людей. Такі обмеження людських можливостей заважають розвитку виробництва.

Автоматизоване виробництво звільняє людей від безпосередньої участі у виробництві, передаючи керування технологічними процесами автоматичним пристроям.

Основні показники ефективності виробництва покращуються завдяки автоматизації. Збільшення кількості, підвищення якості та зниження собівартості продукції, що випускається. Це також призводить до зменшення кількості відходів виробництва, питомих витрат сировини та енергії та кількості основних працівників.

Високий рівень автоматизації зменшує викид шкідливих речовин в навколишнє середовище та збільшує міжремонтні терміни експлуатації технологічного обладнання.

Сучасні АЕС не можуть працювати належним чином, якщо вони не автоматизовані повністю. Аварія може виникнути під час ручного керування процесами через невелику неуважність людини та несвоєчасне втручання в технологічний процес для його покращення.

Мета цієї кваліфікаційної роботи полягає в тому, щоб автоматизувати технологічний процес підігріву живильної води вторинного контуру першого блоку РАЕС потужністю 220 МВт. Розроблено функціональну схему для автоматизації підігрівників високого тиску (ПВТ) і підігрівників низького тиску (ПНТ) в процесі роботи. Особлива увага приділяється безпеці та охороні праці при роботі з ПВТ і ПНТ.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Огляд підігрівників високого тиску

Підігрівники високого тиску (ПВТ) використовуються для нагріву води, що застосовується в парогенераторах атомних електростанцій за рахунок конденсації пари, що відбирається з проміжних ступенів турбіни.

ПВТ застосовуються для турбоустановок потужністю 220 МВт. ПВТ в тепловій схемі турбоустановок мають однопоточне розташування по живильній воді (рис. 1.1). Група підігрівників регенеративної схеми розрахована на заданий тепловий баланс турбоустановки.

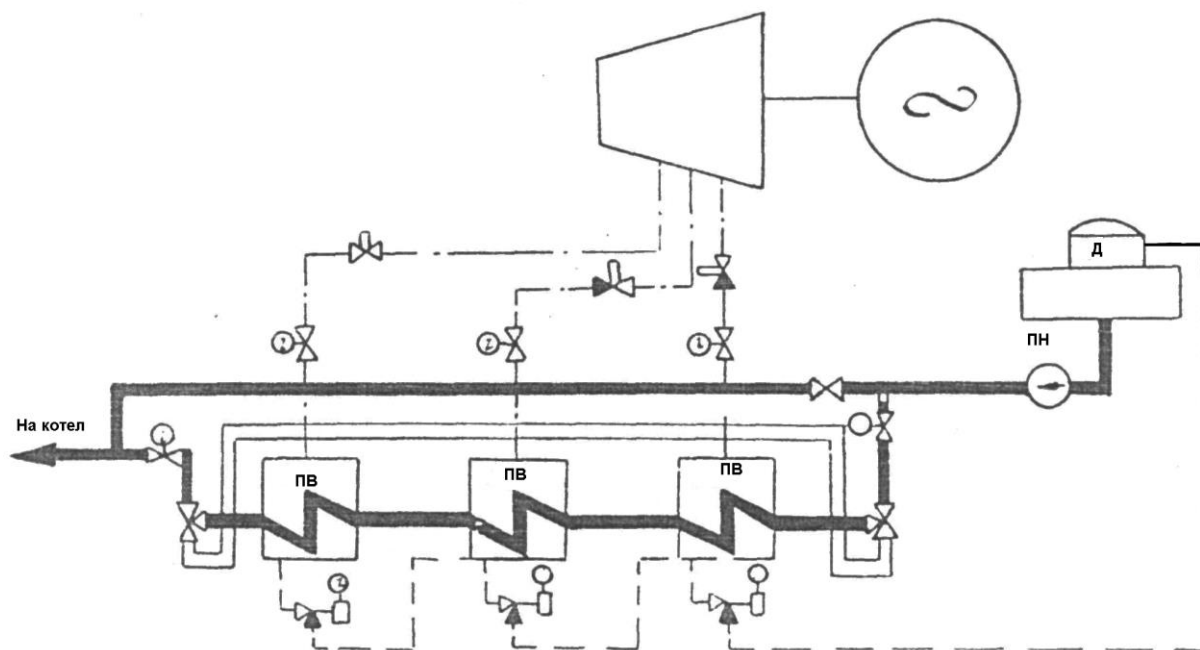


Рис. 1.1. Схема розташування підігрівників типу ПВ, в оду нитку:  
де ——— - живильна вода; - · - - - гріючий пар; ——— - байпасні лінії.

Кожний типорозмір підігрівників має свій шифр: перші букви означають тип підігрівника; перші цифри - поверхню нагріву; другі - тиск живильної води в трубній системі; треті - тиск гріючого пара в корпусі.

При модернізації ПВТ вказується четверта цифра, яка визначає порядковий номер модернізації.

ПВТ, що працюють на насиченій парі, мають дві зони нагріву живильної води: зона конденсації пари або власно підігрівник (ВП) та охолоджувач конденсату (охолоджувач дренажу - ОД).

Особливість конструктивного виконання різних зон трубної системи визначається тепловою схемою підігрівника, яка вказується на кресленнях загального вигляду.

Типовою схемою ПВТ є схема з попередньо включеним по відношенню до зони ВП охолоджувачем конденсату по живильній воді. Повздовжнім омиванням поверхні охолоджувача конденсату шляхом організованого руху конденсату в вертикальному напрямку.

Корпус підігрівника має верхню частину (циліндрична обичайка, штамповане днище та фланець) та нижню - нерухому частину (днище, фланець, опора).

В нижній частині містяться трубопроводи живильної води, патрубки відводу конденсату, відводу газів, що не конденсуються, входу та виходу повітря при відводі та заповненні водою трубної системи.

Фланцеве з'єднання корпусу кріпиться шпильками з ковпачковими гайками. Щільність фланцевого з'єднання забезпечується зварюванням приварних металічних мембран або виконаних разом з фланцями.

До відводів стаканів колекторів входу та виходу живильної води в нижній частині корпусу приварені відвідні та збираючі колекторні труби трубної системи, між якими розміщені колони двоплощинних спіральних змійовиків.

Двоплощинні спіральні змійовики представляють собою трубу зовнішнім діаметром 32 мм навиту в два яруси, з кроком витків 36 мм, відстанню між ярусами 36 мм. Труба для навивки спірального змійовика складається з двох або трьох частин, з'єднаних стиковим зварюванням.

Товщина стінки труби змійовика прийнята рівною 4 мм. Змійовики розділяються на праві та ліві, по розташуванню їх відносно відвідних

колекторних труб та встановлені в трубній системі, що створюють неперервний потік живильної води.

Витрата живильної води по зонах підігрівача регулюється дросельними шайбами, привареними в колекторні труби.

В верхній частині трубної системи розташований власно підігрівник, що складається з вертикальних перегородок та спіральних колекторів.

В нижній частині трубної системи розташований охолоджувач конденсату. Поверхня нагріву охолоджувача конденсату складається з спіральних змійовиків, заключених в кожух, встановлений між горизонтальними перегородками. В кожному кожусі встановлено ряд горизонтальних перегородок з вирізами, що є опорою для змійовиків та забезпечує напрям руху конденсату. Для переходу конденсату з одного ходу в інший на верхній та нижній перегородках охолоджувача конденсату встановлені перепускні короба, в яких передбачені отвори для спуску повітря та зливу дренажу.

В нижній перегородці охолоджувача конденсату передбачені отвори для підводу та відводу конденсату.

З метою покращення омивання парою поверхні нагріву в підігрівнику простір в центральній частині апарату обмежено кожухом, який виконує роль заповнювача; в кожусі розташований трубопровід відводу живильної води.

В зоні підігрівника між змійовиками розташовані горизонтальні перегородки, відводячи конденсат до периферії трубної системи та направляючи конденсуючий пар на спіральні змійовики.

## **1.2. Опис схеми переміщення води в ПВТ**

Живильна вода надходить в підігрівник через вхідний колектор та по розподільчим трубам розділяється на три потоки.

Дросельна шайба розділяє живильну воду на два потоку. Один, основний, направляється в спіралі ВП, другий - направляється в спіралі охолоджувача конденсату, після чого перекидається по перепускних трубах, змішується з основним потоком в відповідному колекторі.

За рахунок тепла конденсуючої пари, живильна вода в зоні ВП нагрівається до температури, близької до температури насичення пари, та по вихідним колекторним трубам відводиться в центральну трубу та в підігрівник наступної ступені підігріву або в живильну лінію парогенератора.

В охолоджувачі конденсату через отвір в нижній перегородці конденсат проходить до спіральних змійовиків, послідовно рухається по циліндричним кожухам та по дренажній трубі виходить з підігрівача.

Неконденсуючі гази відводяться спеціальним пристроєм, встановленим над охолоджувачем конденсату, що представляє собою кільцеву трубу з отворами, встановлену на центральному кожусі. Труба відводу неконденсуючих газів виходить через нижнє днище; передбачений штуцер з повітряним вентилям. Вихід повітря при заповненні трубої системи та вхід при спорожненні здійснюється по трубі відсмоктування повітря, виведеній через штуцер відводу води.

### **1.3. Методи індикації рівня конденсату в ПВТ**

Рівень конденсату в ПВТ контролюється в автоматичному, використовуючи регулюючий клапан.

Захисний пристрій призначається для захисту турбіни від попадання води при підвищенні рівня конденсату в корпусі підігрівника. З цією метою всі ПВТ обладнані груповим захистом від переповнення.

Основними елементами захисту є впускний клапан з виносним гідроприводом, зворотній клапан, надпоршневі порожнини, які з'єднані між собою перепускними трубами.

Для забезпечення роботи гідроприводу впускного клапану його надпоршневий простір з'єднується з імпульсним трубопроводом ДУ-50 від конденсатних насосів або з другою гідромагістраллю з тиском 10 -20 атм. На імпульсному трубопроводі перед гідроприводом впускного клапану встановлюються паралельно два вентиля з електроприводом.

Для збереження корпусу підігрівника від підвищення тиску на верхньому днищі ПВ-1600-92-30 встановлюються запобіжні пружинні клапани. Кількість запобіжних пружинних клапанів та їх пропускна здатність визначаються розрахунком. Для захисту трубних систем від підвищення тиску на лінії живильного трубопроводу за групою підігрівників навколо запірної засувки передбачається обвідний бай пас з необхідною арматурою.

Під час експлуатації при періодичних обходах необхідно слідкувати за роботою захисних пристроїв, підтримувати нормальний рівень конденсату.

Періодично проводиться продувка водовказівних колонок. Необхідно слідкувати за показами контрольно-вимірювальних приладів та, відповідно до правил технічної експлуатації, проводити запис наступних параметрів:

- температури живильної води на вході та виході з кожного підігрівника;
- тиску грійної пари на вході в підігрівник;
- витрати живильної води через підігрівники;
- температури пари в корпусі.

У випадку відхилення будь-якого параметру від нормальної величини, необхідно вияснити причини відхилення та прийняти відповідні міри для відновлення нормальної роботи підігрівача.

Необхідно слідкувати за рівнем конденсату в корпусах підігрівачів: підвищення рівня конденсату вище допустимого призводить до спрацювання захисту та відключення підігрівачів.

Відключення підігрівачів проводиться:

1. При виявленні несправностей.
2. Автоматично при підвищенні рівня в одному з підігрівачів. При виявленні несправностей (нещільності, підрип запобіжних пружинних клапанів, рівня конденсату, різке зниження температури підігріву живильної води та ін.), необхідно відключити підігрівачі спочатку по парі, потім по живильній воді. При відключенні по живильній воді, щоб не допустити зупинку блоку, при закритті запірних засувки на трубопроводах входу та виходу живильної води з групи підігрівачів повинно бути забезпечено одночасне відкриття засувки на холодному байпасі.

У випадку підвищення рівня конденсату вище допустимого в одному з групи підігрівників сигнал від датчика рівня надходить на електричні датчики та включить електричні приводи імпульсних клапанів та відкриє їх. Вода від конденсатних насосів або іншого джерела надійде в надпоршеневий простір гідроприводу впускного клапану.

Завдяки тиску, що виник в гідроприводі, поршень опуститься вниз одночасно переміщаючи шток з тарілкою впускного клапану в нижнє положення. Таким чином перерветься доступ води в підігрівник. Живильна вода по перепускним трубам надійде в надпоршеневий простір зворотного клапану, закриє вихід живильній воді з підігрівників та, крім підігрівників, направиться в живильний трубопровід.

При спрацюванні захисту повинно бути забезпечено закриття засувки на паропроводах, закриття засувки на живильному трубопроводі, вході та виході з підігрівників та одночасно відкриття засувки на холодному байпасі.

Не допускається експлуатація підігрівників при:

- Несправностях елементів захисту.
- Несправностях в трубних системах та корпусах.
- Несправності водомірних стекол.
- При тиску та температурі пари та живильної води вище допустимих.

Підігрівники встановлюються в турбінному відділенні електростанцій на фундаменті та кріпляться до нього болтами.

Розташування трубопроводів в межах підігрівників, захисної арматури, а також елементів захисного пристрою виконується у відповідності з компоновальними кресленнями. Перед збіркою системи захисту перевірити щільність імпульсних вентилів. При необхідності виконати притирку ущільнювальних поверхонь. Після збірки клапану необхідно виконати випробування на герметичність робочим тиском, вказаним в кресленнях. Труби  $D_y - 50, 25$ , призначені для імпульсних трубопроводів, повинні бути прочищені від окалини та сторонніх предметів та кінці їх підготовлені під зварювання.

Зварювання труб між собою виконувати електродами 350А - Ф або 342А - Ф Ø 3 мм. Контроль якості зварних стиків здійснюється шляхом зовнішнього огляду.

Довжина імпульсного трубопроводу від джерела живлення до гідроприводу впускного клапану повинна бути вибрана мінімальною за умовами компоновки. При цьому відстань від місця встановлення імпульсних вентилів (клапанів) до сервомотора не повинна перевищувати 3м.

Для підвищення швидкодії та зменшення корозії імпульсного трубопроводу та корпусу гідроприводу, зливні лінії з над - та під поршневого простору слід виконувати у вигляді вертикальних петель (гідрозатворів), що відкриваються в зливну воронку, яка розташована дещо вище (на 0,3-0,5 м) відмітки імпульсних клапанів. Після монтажу імпульсних клапанів та імпульсної магістралі, до під'єднання останньої до штуцера сервомотора, забезпечити промивку трубопроводів та клапанів основним конденсатом від конденсатних насосів зі скидом в зливний циркуляційний або каналізаційний.

Після під'єднання імпульсного трубопроводу до гідроприводу та закінчення монтажу шляхом опресовки системи робочим тиском впевнитись у відсутності течій у з'єднаннях та елементах системи захисту.

Після наладки захисного пристрою час спрацювання захисту повинен бути не більше 5,0 секунд.

Перед встановленням підігрівників та клапанів захисту необхідно видалити консервуючу змазку.

Після встановлення підігрівачів, захисних пристроїв та сигналізації виконати гідравлічне випробування спочатку водяного, а потім парового простору підігрівачів тиском, вказаному на кресленнях загальних видів та паспортах. При випробовуванні парового простору всі трубопроводи по пару, конденсату та відсосу неконденсуючих газів повинні бути перекриті та відглушені. На штуцерах для під'єднання запобіжних клапанів встановлюються заглушки.

При наявності пошкоджень трубої системи підігрівник підлягає ремонту без зняття його фундаменту. Для цього необхідно:

- a) відключити блок підігрівників по пару;
- b) відключити блок підігрівників по живильній воді;
- c) дренувати воду з корпусів та трубних систем підігрівників та впевнитись в тому, що тиску в системі немає;
- d) роз'єднати фланцеве з'єднання корпусу, штуцерів на корпусі, від'єднати імпульсні лінії до контрольно-вимірювальних приладів, зняти запобіжні клапани до вихлопних трубопроводів, зняти зварний шов обварки мембран фланцевого з'єднання;
- e) зняти корпус та визначити місце та характер пошкоджень трубої системи.

На виявлені дефекти трубої системи складається ремонтний формуляр. Конструкція трубої системи дозволяє виконувати заміну окремих пошкоджень змійовиків.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Аналіз технологічного процесу, як об'єкту керування

При проектуванні технологічного процесу регенеративного підігріву живильної води ми розглянули наступні його складові частини:

- Підігрівники високого тиску.
- Підігрівники низького тиску.

Розглядаючи структуру даних об'єктів керування з точки зору автоматичного регулювання, зважаючи на схожість фізичних процесів, що відбуваються в підігрівачах та на схожість їх конструктивних особливостей, приймемо узагальнюючу структуру об'єкту керування на прикладі ПВТ.

Аналізуючи об'єкт керування, виділимо його вихідні величини. Ними є:

- Рівень конденсату в корпусі підігрівача.
- Температура живильної води на виході з підігрівача. Проектом передбачено регулювання рівня конденсату в корпусі підігрівача.

Номінальне значення рівня 1045 мм. Допустимі значення його відхилення  $\pm 50$  мм.

Мінімальне значення рівня в підігрівачах 850 мм.

Максимальне значення рівня в підігрівачах 1160 мм.

Пониження рівня конденсату в підігрівнику викликає підвищення температури живильної води, що може призвести до її закипання.

Підвищення рівня конденсату в підігрівнику супроводжується пониженням температури живильної води та можливим попаданням конденсату живильної води в трубопроводи відбору пари з його подальшим переміщенням в турбіну, що може викликати аварійну ситуацію.

На значення рівня в підігрівачах впливають наступні параметри (рис. 2.1.):

- Витрата пари з відбору турбіни  $F_n$ .
- Витрата конденсату  $F_k$ .
- Витрата каскадного зливу  $F_{k3}$ .

- Тиск пари з відбору турбіни  $P_{\Pi}$ .
- Температура пари з відбору турбіни  $T_{\Pi}$ .
- Температура живильної води на вході в підігрівач  $T_{ВХ}$ .
- Витрата живильної води  $F_{ЖВ}$ .
- Температура навколишнього середовища  $T_{НС}$ .

Збільшення витрати  $F_K$  призводить до інтегрального зменшення рівня. В свою чергу збільшення витрат  $F_{\Pi}$  і  $F_{КЗ}$  призводить до інтегрального збільшення рівня. Стабілізувати значення рівня доцільно шляхом зміни витрати  $F_K$ .

Номінальне значення температури на виході з об'єкта керування становить  $220^{\circ}\text{C}$ . Допустимі відхилення  $\pm 30^{\circ}\text{C}$ .

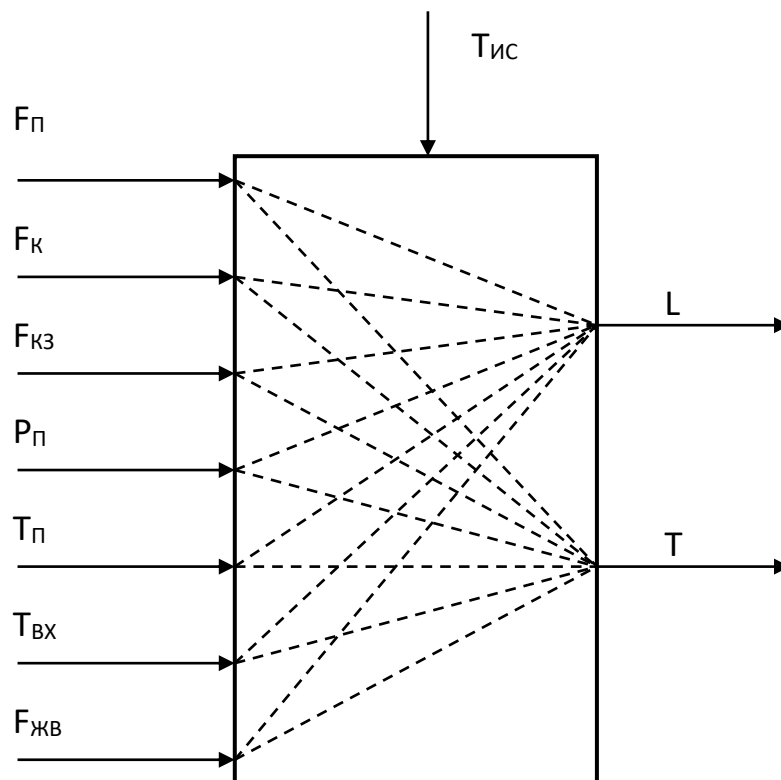


Рис. 2.1. Структурна схема об'єкту керування

Зростання вхідної температури  $T_{ВХ}$ , температури конденсату  $T_K$ , температури пари  $T_{\Pi}$  тиску пари з відборів  $P_{\Pi}$  призводить до підвищення температури живильної води на виході з підігрівача.

Зростання витрати живильної води  $F_{ЖВ}$  призводить до зниження значення температури живильної води.

## 2.2. Обґрунтування вибору функціональної схеми автоматизації

Існуючі локальні автоматизовані системи керування технологічним процесом регенеративного підігріву води забезпечують задовільне керування протіканням процесу. Спроектowana в кваліфікаційній роботі автоматизована система дасть можливість покращити керування процесом, що призведе до збільшення терміну служби устаткування.

Дотримуючись вимог проектування, запропонуємо наступні рішення з автоматизації основних вузлів технологічного обладнання:

- Система автоматизації забезпечує значення основних технологічних параметрів в діапазоні їх допустимих відхилень.
- Система автоматизації виконана на мікропроцесорних засобах.
- Система автоматизації дозволяє оператору вручну змінювати завдання та втручатись в хід технологічного процесу.
- Для збільшення надійності мікропроцесорні засоби автоматизації розділені на регулюючі та сигналізуючі.
- Система автоматизації передбачає оперативний контроль параметрів, за значеннями яких виконується регулювання, сигналізація та захист, та параметрів, що не приймають в зазначених заходах участі, проте є досить інформативними та впливають на ефективність протікання процесу.

Спроектувавши відповідну систему автоматизації ми стабілізували наступні параметри:

- Рівень конденсату в ПВТ.
- Рівень конденсату в ПНТ.
- Температура на виході з ПВТ.
- Температура на виході з ПНТ.

На рис. 2.1 та 2.2 показано функціональні схеми автоматизації.

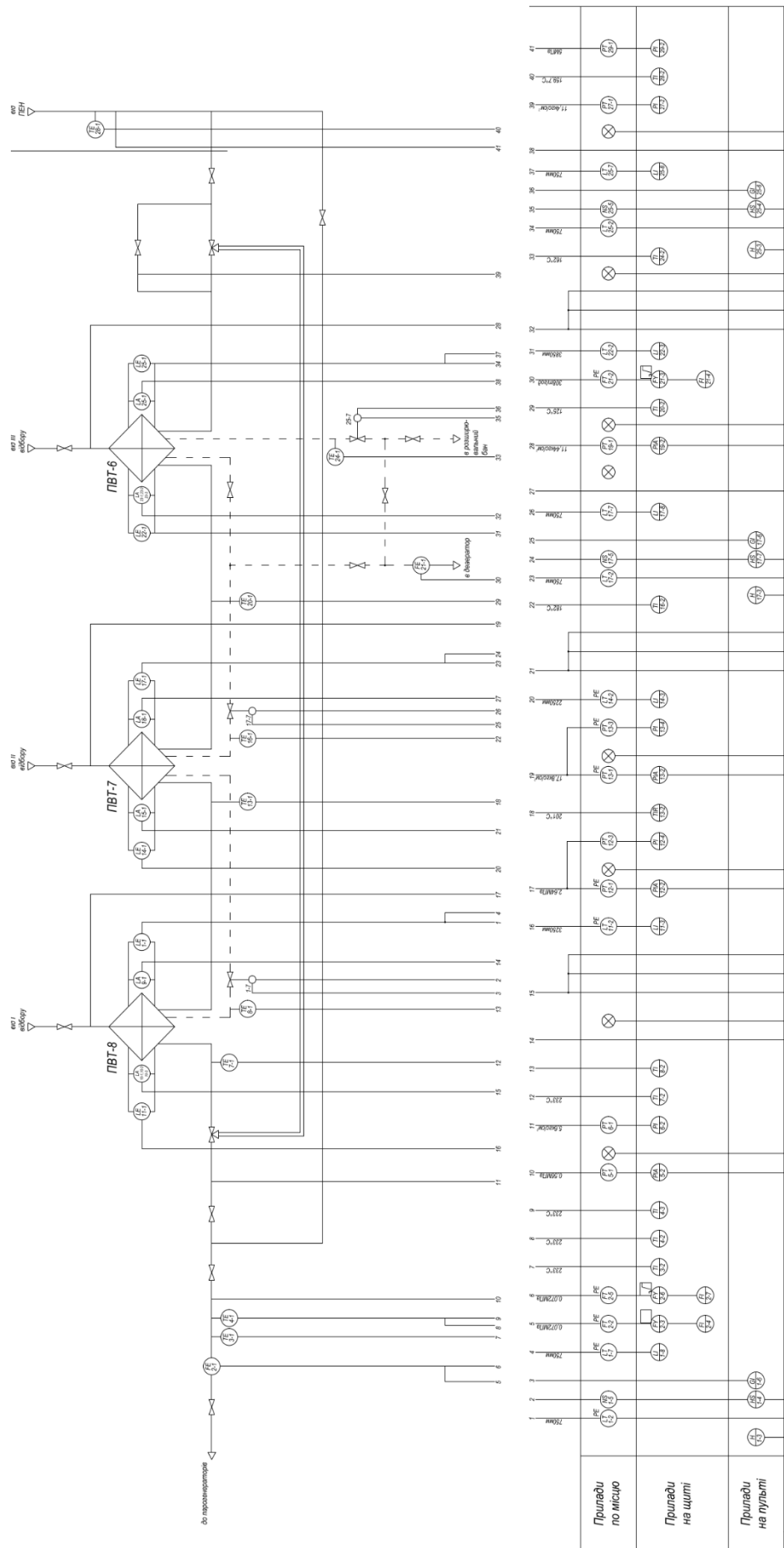


Рис. 2.1. Функціональна схема автоматизації

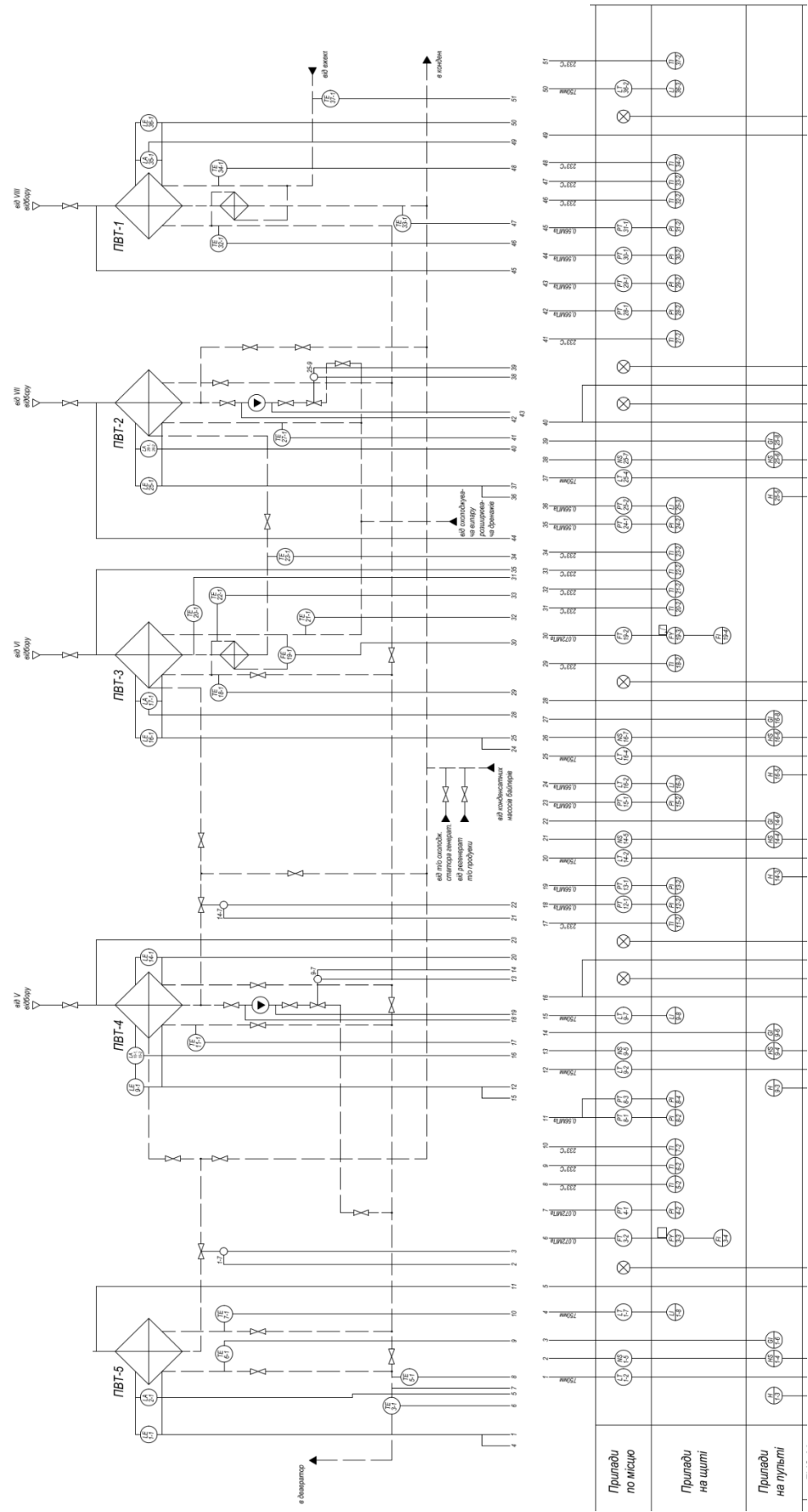


Рис. 2.2. Функціональна схема автоматизації

### 2.3. Опис схеми регенерації

1. Система регенерації високого тиску призначається для нагріву води, що подається живильними насосами з деаераторів в парогенератори. Система регенерації включає в себе три підігрівники високого тиску (ПВТ-6,7,8).

2. Технічна характеристика ПВТ представлена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Технічна характеристика підігрівачів високого тиску.

| № підігрівачів | Тип підігрівача | Поверхня нагріву, м <sup>2</sup> | Діаметр трубок, мм | Кількість трубок, шт | Тиск в корпусі кгс/см <sup>2</sup> | Тиск в труб. системі, кгс/см <sup>2</sup> |
|----------------|-----------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|
| ПВТ-6          | ПВ-1600-92-15   | 1600                             | 24x4               | 600                  | 13,13                              | 92                                        |
| ПВТ-7          | ПВ-1600-92-20   | 1600                             | 24x4               | 600                  | 19,7                               | 92                                        |
| ПВТ-8          | ПВ-1600-92-30   | 1600                             | 24x4               | 600                  | 28,4                               | 92                                        |

3. ПВТ поверхневі, вертикальні, з горизонтальними спіральними трубками, з нижнім розташуванням фланцевого роз'єму корпусу, з мембранним зварним ущільненням.

Кожний ПВТ складається з підігрівника та охолоджувача дренажу, що являють собою одне ціле. Вбудований охолоджувач дренажу розташований в нижній частині кожного підігрівника і конструктивно являє собою короб, в який заключена частина трубної системи. В коробі організовано декілька ходів конденсату для охолодження його живильною водою.

Трубна система всіх ПВТ однакова і складається з вертикальних колекторних труб та горизонтальних спіралеподібних змійовиків, приварених до колекторних труб.

Живильна вода підводиться до трубної системи знизу через днище, проходить два ходи через змійовики та через колекторні труби відводиться знизу підігрівника. Гріюча пара надходить в корпус підігрівника через патрубок, розташований в верхній частині та омиває трубки знаружі.

4. Злив конденсату гріючої пари здійснюється при номінальному навантаженні на турбіні каскади з ПВТ-8 в ПВТ-7, з ПВТ-7 в ПВТ-6, з ПВТ-6 в деаератор.

При зниженні тиску пари в третьому відборі турбіни до  $9 \text{ кгс/см}^2$  злив конденсату гріючої пари з ПВТ-6 автоматично переключається на розширювач дренажів турбіни, а злив з ПВТ-7 на деаератор.

5. Відсмоктування повітря з всіх ПВТ здійснюється каскадно в деаератор  $7 \text{ кгс/см}^2$  або в розширювач дренажів турбіни.

Вимірювання рівня.

1. Здійснюється водомірними колонками для замірів рівнів конденсату гріючої пари в корпусах ПВТ. Дистанційними вказівниками рівня.

2. Рівні конденсату гріючої пари в корпусах ПВТ складають:

Таблиця 2.2.

Рівні конденсату гріючої пари в корпусах ПВТ.

| Рівні                          | По приладу |                  | По водовказівній колонці |
|--------------------------------|------------|------------------|--------------------------|
|                                | Захист, мм | Сигналізація, мм |                          |
| Нормальний рівень              | 1045       | 1545             | 0,5 середнього скла      |
| Попереджувальний сигнал на БЦУ |            |                  |                          |
| Мінімальний рівень             | 850        | 1350             | 85 мм нижнього скла      |
| Максимальний рівень            | 1160       | 1660             | 0,5 середнього скла      |
| Перша мережа                   | 1350       | 1850             | Повне верхнє скло        |
| Друга мережа                   | 3850       | Зашкалює         | Повні стекла             |

3. Регулювання рівня в ПВТ здійснюється автоматично. Кожний підігрівник обладнаний електронним регулятором, який підтримує номінальний рівень в корпусі підігрівника з нерівномірністю  $\pm 50 \text{ мм}$ , шляхом дії на регулюючий клапан, встановлений на трубопроводі відводу конденсату гріючого пару.

4. При відхиленні рівня від максимального чи номінального-на блочний щит подається сигнал "Рівень в ПВТ".

5. При підвищенні рівня в будь-якому з ПВТ до першої межі по імпульсу від рівнеміра (два з трьох) відбувається автоматичне відкривання швидкодіючих вентилів, закривання впускного клапану та перепуск живильної води повз групи ПВТ. Одночасно з закриттям впускного клапану автоматично закриваються засувки на паропроводах відборів до ПВТ-6, 7, 8, засувки на вході та виході живильної води з ПВТ, засувка на скиді конденсату в ПВТ-8 з II ступені сепаратора-пароперегрівника, вентиля на дренажних лініях з паропроводів I, II, III відборів турбіни в деаератор та відкривається засувка на байпасі ПВТ та засувка на відводі конденсату з II ступені СПП в деаератор. Дія захисту супроводжується тим, що на БЩУ з'являється звукова та світлова сигналізація з випаданням відповідного блінкеру.

6. При підвищенні рівня конденсату гріючого пару в корпусі будь-якого ПВТ до II межі по імпульсу від рівнемірів (два з трьох) одночасно на обох турбінах відбувається автоматичне закривання стопорних та регулюючих клапанів стопорних заслінок СПП, головних парових засувок засувок на байпасах працює блокування від посадки стопорних клапанів, а також відбувається автоматичне відключення всіх живильних насосів блоку з заборотою їх АВР.

7. При зниженні тиску в третьому відборі до  $9 \text{ кгс/см}^2$  з витримкою часу 9с, автоматично відкривається засувка на зливі конденсату гріючого пару з ПВТ-7 в деаератор повз ПВТ-6 та закривається засувка на зливі конденсату гріючого пару з ПВТ-6 в деаератор та засувка на зливі конденсату гріючого пару з ПВТ-7 в ПВТ-6.

8. При зниженні тиску в II відборі турбіни до  $9 \text{ кгс/см}^2$  з витримкою часу 9с виконуються дії, вказані в пункті 5.

## **2.4. Опис системи подачі живильної води**

Система живильної води призначена для підігріву, деаерації конденсату II контуру та подачі живильної води в парогенератори реакторної установки в номінальному та перехідних режимах.

Забезпечення подачі необхідної кількості води в парогенератор при різних режимах роботи реакторної установки визначило побудову системи та вибір обладнання з відповідними характеристиками:

- двох деаераторів підвищеного тиску;
- двох аварійних живильних насосів;
- п'яти живильних насосів;
- системи трубопроводів живильної води з регулюючою та запірною арматурою.

В номінальному режимі, режимах пуску та часткових навантажень система забезпечує подачу живильної води в кількості, що відповідає паровиробництву парогенераторів та величині продувки з них.

Витрата живильної води на один парогенератор в номінальному режимі складає 453 т/г.

За критеріями безпеки та своїми технологічними функціями система живильної води відноситься до систем нормальної експлуатації, важливої для безпеки. Частина системи від останньої запірної арматури після ПВТ до парогенераторів суміщає функції системи нормальної експлуатації та захисної системи безпеки, так як до колектора живильної води перед парогенераторами підключаються аварійні живильні насоси. Аварійні живильні насоси забезпечують подачу живильної води в парогенератори в режимах пуску, скиду навантаження, а також можуть виконувати функції аварійної подачі живильної води при короткочасному обезструмленні енергоблоку за рахунок запасу води в деаераторних баках (1,5 - 2 г). Система живильної води віднесена до класу 3 по ПНАЕГ-5-006-87. Основні живильні насоси заживлені з секцій робочого живлення III категорії. Аварійні живильні насоси мають надійне електроживлення від дизельгенераторів та включені в схему АСН.

## 2.5. Опис конструкції і технологічної системи

Система складається з деаераторів живильної води  $7 \text{ кгс/см}^2$  (0,69 МПа), живильних насосних агрегатів, шести підігрівників високого тиску та трубопроводів живильної води низького та високого тиску.

На блок встановлюється два деаератори підвищеного тиску, кожний з яких складається з деаераторного баку та двох деаераційних колонок.

Деаератори зв'язані паровою та водяною зрівноважувальними лініями. Основний конденсат турбіни та конденсат сепараторів-пароперегрівачів подається від кожної турбіни в свій деаератор. В якості гріючого середовища використовується пара II та III відборів турбіни, в залежності від навантаження.

Резервування відборів виконується від паропроводів високого тиску з допомогою редуційної установки резервування паропостачання та паропостачання власних потреб.

Живильна вода з деаераторів надходить в загальний всмоктуючий колектор живильних насосів діаметром 630x8 мм.

На блок встановлюється 5 живильних насосів, що працюють на загальний колектор діаметром 426x24 мм. Прийняте схемне рішення дозволяє відключити один з деаераторів при умові зупинки відповідної турбіни для ремонту, для чого на зрівноважувальних лініях деаераторів по пару встановлена секціонуюча запірна арматура. Всмоктуючий та напірний колектори живильних насосів діляться на дві половини, до кожної з якої підключається по два насоси. П'ятий насос підключається в "розсічку" між засувками на колекторах та може підключатись до тої чи іншої половини напірного та всмоктуючого колекторів. Живильна вода під напором, що створюють насоси, проходить систему трьох ПВТ кожного турбогенератора та надходить в загальний колектор живильної води діаметром 426x24 мм, колектор двома засувками ділиться на дві половини, до кожної з яких підключені, відповідно, 1, 3, 5 та 2, 4, 6 парогенераторів.

При необхідності група ПВТ може бути відключена та живильна вода подаватись в парогенератор з температурою  $164^\circ\text{C}$  (437 K) по байпасу.

На живильних трубопроводах, підключених після ПВТ кожного турбогенератора до відповідних напівколекторів, встановлено по одному регулюючому клапану, на які діє регулятор розподілення витрати живильної води через ПВТ у відповідності з навантаженнями їх турбогенераторів.

Крім цього регулюючий клапан зменшує перепад тиску на основних регулюючих клапанах парогенераторів при скиді навантаження відповідного турбогенератора.

Живильна вода надходить в парогенератори від загального колектора по трубопроводу діаметром 273x16 мм через вузол водоживлення, зворотній клапан, вимірювальну діафрагму, відсічну засувку, зворотній клапан.

В склад вузла водоживлення входить регулюючий клапан та запірна засувка на основному трубопроводі та байпас  $D_y$  100 також з регулюючим клапаном та запірною засувкою. Основний регулюючий клапан призначений для підтримання номінального рівня в парогенераторі в стаціонарному режимі роботи енергоблоку на потужності, а байпасний регулюючий клапан забезпечує регулювання витрати живильної води при пуску енергоблоку в діапазоні 0-20 % номінальної потужності, також при пониженні рівня в парогенераторі до 140 мм й менше та подачі живильної води від АПЕНів.

Подача живильної води від АПЕНів здійснюється в загальний напірний колектор, минаючи ПВТ, причому кожний АПЕН включений в свій напівколектор.

Система живильної води в режимі нормальної експлуатації забезпечує подачу живильної води необхідних параметрів в парогенератори у відповідності з паровиробництвом реакторної установки.

При номінальній потужності в роботі знаходяться чотири живильних насоси, що подають воду з деаераторів через підігрівачі високого тиску регенеративної установки турбіни в парогенератори.

П'ятий живильний насос знаходиться в резерві або в ремонті. В режимах пуску або зупинки регулювання подачі живильної води забезпечується числом працюючих живильних насосів та регуляторами на подачі живильної води в парогенератори.

Перед пуском першої або після зупинки останньої турбіни підживлення парогенераторів виконується аварійними живильними насосами, всмоктування яких підключений до всмоктуючих напівколекторів ПЕН, а напір - в напівколектор живильної води перед парогенераторами.

## **2.6. Контроль та випробовування системи при експлуатації**

Контроль та випробовування стану трубопроводів, арматури, теплової ізоляції, КВПіА, відповідності параметрів роботи системи трубопроводів живильної води критеріям, що висуваються, проводяться у відповідності з вимогами "Правил технічної експлуатації електричних станцій та мереж", "Правил АЕС, інструкцій з експлуатації системи та іншої нормативно-технічної документації.

Для системи передбачені засоби контролю в об'ємі, необхідному для її нормального функціонування. Контроль за станом системи здійснюється оператором з БЩУ та РЩУ за показами приборів інформації з ІВС та по місцю - через оперативний персонал.

В підігрівнику високого тиску (ПВТ) контролюється рівень конденсату грючої пари та тиск пари у відборі, з якого живиться ПВТ. Регулювання рівня, переключення паропостачання та відключення групи ПВТ з переходом на байпасну лінію живильної води здійснюється автоматично.

На трубопроводах контролюється тиск та температура.

Компонування трубопроводів та арматури, що підлягають періодичному контролю в процесі експлуатації, забезпечують доступ до них для обслуговування та ремонту. В місцях контролю проектом передбачені площадки обслуговування. Для спорожнення через дренажі трубопроводи змонтовані з нахилом горизонтальних ділянок не менше 0,004 за ходом руху середовища.

Для повного заповнення системи передбачені вентилі для видалення повітря.

Перед включенням в роботу здійснюється щільний огляд трубопроводів, теплової ізоляції, КВПіА. Після ремонту або тривалої зупинки (більше 3-х діб) перевіряється справність теплової ізоляції.

Керування роботою системи живильної води у всіх технологічних режимах, що передбачені об'єктом, здійснюється оператором з БЩУ та РЩУ. Для цього на БЩУ та РЩУ виведена необхідна інформація за положенням запірно-регулюючої апаратури, встановлені вторинні прилади, виконана сигналізація відхилення параметрів.

На панелі оперативного контуру БЩУ виконана мнемосхема, що складається з ліній основних технологічних потоків, в які вбудовані лампи положення (стану) ТО управління.

Найбільш відповідальні параметри, що характеризують роботу системи наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3.

## Технологічні параметри роботи системи.

| Найменування вимірюваного параметру.                             | Величина параметру |                       | Місце виводу інформації. |
|------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|
|                                                                  | Робоча             | Min, Max              |                          |
| 1                                                                | 2                  | 3                     | 4                        |
| Температура живильної води за ПВТ-8, °С (К)                      | 220 (493)          | 20 (293)<br>250 (523) | БЩУ                      |
| Тиск живильної води за ПВТ-8, кгс/см <sup>2</sup> ( МПа).        | 56 (5,49)          | 0<br>100 (10)         | БЩУ                      |
| Тиск живильної води на вході в ПВТ-8, кгс/см <sup>2</sup> (МПа). | 65 (6,37)          | 0 - 100<br>(10)       | БЩУ                      |
| Витрата живильної води до ПГ, т/г.                               | 453                | 0 - 500               | БЩУ                      |
| Витрата живильної води розтопочна, т/г.                          | 135                | 0 - 160               | БЩУ                      |

|                                                                                  |           |              |             |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|-------------|
| Тиск пару на деаератор,<br>кгс/см <sup>2</sup> ( МПа).                           | 6(0,59)   | 0 - 10 (1)   | БЩУ,<br>РЩУ |
| Рівень води в деаераторі за<br>приладом, мм.                                     | 2500      | 500 - 4000   | БЩУ,<br>РЩУ |
| Тиск живильної води в<br>напірному колекторі<br>ПЕН, кгс/см <sup>2</sup> ( МПа). | 65 (6,37) | 0 - 100 (10) | БЩУ         |
| Витрата живильної води на<br>напорі ПЕН, м <sup>3</sup> /г.                      | 695       | 200 - 850    | БЩУ         |

Для запобігання пошкодження технологічного обладнання при виконанні системою своїх функцій в умовах нормальної роботи та при відмові обладнання в проекті виконані блокування та захист.

В системі регенерації високого тиску кожного турбоагрегату встановлені послідовно три ПВТ №6, 7, 8, що нагрівають за рахунок відбірної пари турбіни живильну воду при номінальному навантаженні від температури 164 °С (437 К) до 223 °С (496 К).

Тип ПВТ №6- ПВ 1600-92-15-2А, ПВТ №7- ПВ 1600-92-20-2, ПВТ №8- ПВ 1600-92-30-2.

#### **Технічна характеристика ПВТ:**

- поверхня нагріву 1548 м<sup>2</sup>;
- кількість каналів води 2;
- кількість каналів пари 1;
- розрахункова витрата живильної води 1460 т/г;
- розрахунковий тиск трубої системи 92 (9) кгс/см<sup>2</sup> (МПа);
- об'єм трубої системи 11,7 м<sup>2</sup>;
- об'єм корпусу 33,3 м<sup>3</sup>;
- кількість трубок 588;
- діаметр трубок 24х2;
- гідравлічний опір за водою 20 м.

ПВТ № 6, 7, 8 відрізняються розрахунковим тиском парового простору, що складає відповідно 15 кгс/см<sup>2</sup> (1,47 МПа), 20 кгс/см<sup>2</sup> (1,96 МПа) та 30кгс/см<sup>2</sup> (2,94

МПа). Підігрівники високого тиску розроблені та виготовлені в загальнопромисловому виконанні.

Для захисту корпусу ПВТ-8 від підвищення тиску передбачене встановлення запобіжного клапану типу Т-32А-1 на робочий тиск 64 кгс/см<sup>2</sup> (6,3 МПа).

Характеристика сосу́ду ПВТ №6 наведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4.

Технічна характеристика ПВТ

| Найменування частин сосу́ду. | Тиск (надлишковий за манометр ом) | Температура, °С. | Робоче середовище. | Ємність в літрах. |
|------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| Корпус.                      | 29,4                              | 240              | Пар, конденсат     | 3330 0            |
| Трубна система.              | 92                                | 240              | вода               | 1170 0            |

Пробний гідравлічний тиск та мінімально допустима температура стінок при гідравлічному випробуванні:

- в корпусі 45 кгс/см<sup>2</sup>, 40 °С;
- в трубній частині 126 кгс/см<sup>2</sup>, 20 °С.

Гідравлічне випробовування виконано на заводі розчином наступного складу:

- А<sub>нск</sub> - 2,5%;
- NaNO<sub>2</sub> - 3%;
- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-3,5%.

Аналіз відмов ПВТ в системі живильної води (табл. 2.5).

Таблиця 2.5.

Відмови в системі живильної води.

| Найменування відмови.                            | Проектні міроприємства по подоланню відмови.                        | Наслідки відмови для системи.           | Наслідки відмови для АЕС.                          |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Підвищення рівня в корпусі любого ПВТ: до I межі | Автоматичне відключення групи ПВТ та відкриття арматури на байпасі. | Система частково зберігає свої функції. | Призводить до зниження температури живильної води. |
| • до II межі                                     | Автоматичне відключення турбіни та всіх ПЕНів з заборобою їх АВР.   | Система втрачає свої функції.           | Призводить до зупинки енергоблоку                  |

**Підігрівники низького тиску.**

Підігрівники низького тиску призначені для підігріву основного конденсату, що надходить в деаератор, паром з проміжних нерегульованих відборів турбіни.

Основний конденсат конденсатними насосами подається послідовно через охолоджувач ежектора ущільнень, охолоджувачі основних ежекторів та підігрівники низького тиску №1-5 в деаератор, нагріваючись в них до 148 °С.

Підігрівники низького тиску типу ПН-800-1, ПН-800-2, ПН-800-3, ПН-800-4, ПН-800-5 - вертикальні, чотириходові, поверхневого типу з поверхнею нагріву 800 м<sup>2</sup>.

Кожний підігрівник складається з наступних основних частин:

- Зварного сталюого корпусу, оснащеного патрубками та опорними лапами.
- Стальної трубної дошки, в яку завальцовані U-подібні трубки з нержавіючої сталі.
- Водяної камери з патрубками підводу та відводу конденсату.

Водяна камера підігрівника низького тиску №3 має додатково патрубок підводу конденсату охолоджувача дренажу.

Для забезпечення контролю роботи підігрівників передбачені штуцера для під'єднання наступних контрольно-вимірювальних приладів:

- рівнеміру та дистанційного вказівника рівня в корпусі підігрівника;
- термометрів для замірів температур основного конденсату на вході та виході та температури гріючої пари;
- манометрів для заміру тиску пари в корпусах підігрівників.

Технічна характеристика ПНТ приведена в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6.

Технічна характеристика ПНТ.

| Позначення<br>підігрівника | Тип      | Поверхня<br>нагріву, м <sup>2</sup> | Діаметр<br>трубок, мм | Число<br>ходів | Тиск в<br>корпусі,<br>кгс/см <sup>2</sup> ,<br>(МПа) | Тиск в трубній<br>системі,<br>кгс/см <sup>2</sup> (МПа) |
|----------------------------|----------|-------------------------------------|-----------------------|----------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| ПНТ - 1                    | ПН-800-1 | 800                                 | 16x1                  | 4              | 0,22<br>(0,021)                                      | 22 (2,15)                                               |
| ПНТ - 2                    | ПН-800-2 | 800                                 | 16x1                  | 4              | 0,57<br>(0,056)                                      | 22 (2,15)                                               |
| ПНТ - 3                    | ПН-800-3 | 800                                 | 16x1                  | 4              | 1,29<br>(0,126)                                      | 22 (2,15)                                               |
| ПНТ - 4                    | ПН-800-4 | 800                                 | 16x1                  | 4              | 3,05 (0,3)                                           | 22 (2,15)                                               |
| ПНТ - 5                    | ПН-800-5 | 800                                 | 16x1                  | 4              | 5,16 (0,5)                                           | 22 (2,15)                                               |

Таблиця 2.7.

## Технічна характеристика ПНТ.

| Найменування частин. | Робочий тиск (надлишковий), кгс/см <sup>2</sup> . | Температура °С.            | Робоче середовище | Ємність, л. |
|----------------------|---------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| Корпус               | 6                                                 | 200                        | Пара              | 104         |
| Трубна частина       | 28                                                | на вході 58,9 на виході 81 | Вода              | 5820        |
| Корпус.              | 0, 601 (абс.)                                     | 101                        | пара              | 104         |

Пробний гідравлічний тиск та мінімально допустима температура стінок  $t_r$  при гідравлічному випробуванні:

- в корпусі 9 кгс/см<sup>2</sup>,  $t$ -35 стінки °С;
- в трубній частині 36 кгс/см<sup>2</sup>,  $t$ -35 стінки °С.

**Охолоджувач конденсату гріючої пари ПНТ-3.**

Охолоджувач конденсату типу ОВ-150-3 призначений для охолодження конденсату (використання тепла) гріючої пари ПНТ-3 з основним конденсатом. Охолодження конденсату гріючої пари в охолоджувачі здійснюється основним конденсатом.

Охолоджувач вертикальний, двухходовий за основним конденсатом (в трубній системі) та чотирехходовий за конденсатом гріючої пари (в міжтрубному просторі).

Поверхня охолодження охолоджувача ПНТ-3- 150 м<sup>2</sup>.

Охолоджувач складається з:

- зварного сталюого корпусу, оснащеного патрубками та опорними лапами;
- сталюї трубної дошки, в якій завальцовані сталюні U- подібні трубки;

- водяної камери, розділеної перегородкою на дві частини та оснащеної патрубками для підводу та відводу основного конденсату.

Для контролю за роботою охолоджувача передбачені штуцери для встановлення термометрів на вході та виході основного конденсату.

**Технічна характеристика охолоджувача ОВ-150-3:** Поверхня охолодження 150 м<sup>2</sup>. Діаметр трубок 22x2 мм. Число каналів за основним конденсатом 2. Тиск в корпусі 1,29 (0,126) кгс/см<sup>2</sup> (МПа). Тиск в трубній системі 22 (2,15) кгс/см<sup>2</sup> (МПа).

## 2.7. Керування та контроль системи конденсатно-живильного тракту

Керування та контроль системи конденсатно-живильного тракту здійснюється у всіх режимах роботи даної системи.

Для контролю за системою в умовах нормальної роботи енергоблоку на БЩУ виведена інформація за основними технологічними параметрами, за положенням арматури та механізмів.

Найбільш відповідальні параметри, що характеризують роботу системи, наведені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8.

Технічна характеристика системи конденсатно-живильного тракту.

| Найменування вимірюваного параметру.                              | Величина параметру |                            | Місце виводу інформації |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|-------------------------|
|                                                                   | Номінальна         | Min, Max                   |                         |
| 1                                                                 | 2                  | 3                          | 4                       |
| Температура основного конденсату за ПНТ-5, °С (К).                | 147,7<br>(420,7)   | 148 (421)<br>150 (423)     | БЩУ                     |
| Температура основного конденсату після ПНТ-5 в деаератор, °С (К). | 147,7<br>(420,7)   | 148 (421)<br>150 (423)     | БІДУ                    |
| Температура основного конденсату до ПНТ-5, °С (К).                | 128,5<br>(401,5)   | 129,5 (403,5)<br>150 (423) | БЩУ                     |
| Температура основного конденсату за ПНТ-4, °С (К).                | 128,5<br>(401,5)   | 129,5 (403,5)<br>150 (423) | БЩУ                     |

|                                                                                                                         |                 |         |                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------|------------------------|
| Температура конденсату гріючої пари після ПНТ-3, °С (К).                                                                | 56<br>(329)     |         | БЩУ                    |
| Температура основного конденсату за ПНТ-3, °С, (К).                                                                     | 56<br>(329)     |         | БЩУ                    |
| Температура основного конденсату до ПНТ-3, °С (К).                                                                      | 81<br>(354)     |         | БЩУ                    |
| Температура основного конденсату за ПНТ-2, °С (К).                                                                      | 81<br>(354)     |         | БЩУ                    |
| Температура основного конденсату за ПНТ-1, °С (К).                                                                      | 58<br>(331)     |         | БЩУ                    |
| Температура основного конденсату до ПНТ-1, °С (К).                                                                      | 36,2<br>(309,2) |         | БЩУ                    |
| Температура підшипників конденсатних насосів, °С (К).                                                                   | 63<br>(336)     |         | БЩУ, н/к               |
| Тиск конденсату за конденсатними насосами та за клапаном рециркуляції (загальна лінія), кгс/см <sup>2</sup> (МПа).      | 24,5<br>(2,45)  |         | БЩУ                    |
| Тиск конденсату на напорі конденсатних насосів та за клапаном рециркуляції (загальна лінія), кгс/см <sup>2</sup> (МПа). | 24,5 (2,45)     |         | По місцю, сигналізація |
| Тиск основного конденсату за ПНТ-5, кгс/см <sup>2</sup> (МПа).                                                          | 13<br>(1,3)     | 25(2,5) | БІДУ                   |
| Витрата основного конденсату за ПНТ-5, т/г.                                                                             | 1050            | 1050    | БЩУ                    |
| Рівень конденсату в ПНТ-1 (2-5), мм.                                                                                    | 1600            |         | БЩУ, н/к               |

Управління електроприводами даної системи здійснюється:

- дистанційно з БЩУ;
- за схемою вибіркового управління;
- автоматично за блокуваннями.

На БЩУ виведена сигналізація:

- відхилення параметрів;
- аварійного відключення механізмів;
- ходу та зупинки арматури в проміжному положенні.

В системі конденсатно-живильного тракту автоматичне регулювання здійснюється з допомогою локальних регуляторів - регулятор рівня в

конденсаторі та ПНТ №2,3,4, призначені для підтримання заданого рівня в конденсаторі турбіни та підігрівниках низького тиску.

### **Захист ПНТ-2 І межі.**

При підвищенні рівня в ПНТ-2 до І межі (H=1350 мм за приладом) виконується:

- відкриття засувки на зливі конденсату з ПНТ-2 конденсатор;
- відкриття засувки на зливі конденсату з сепаратозбірника СПП в конденсатор;
- закриття засувки на зливі конденсату з сепаратозбірника в ПНТ-3 після відкриття засувки на зливі конденсату з сепаратозбірника СПП в конденсатор;
- відключення управляючих ланок регулятора пониженого рівня в ПНТ-2 на клапан зливу в конденсатор та вимушене його відкриття.

### **Захист ПНТ-2,3 ІІ межі.**

При підвищенні рівня в ПНТ-2 або ПНТ-3 до ІІ межі (H=2250 мм) за приладом виконуються:

- відключення ланок управління регулятора в ПНТ-2 на напорі зливного насосу ПНТ-2;
- закриття засувки на зливі конденсату від охолоджувача випару розширювача дренажів в основну лінію конденсату за ПНТ-2;
- закриття засувки на вході основного конденсату в ПНТ-2;
- закриття засувки на виході основного конденсату з ПНТ-2;
- відкриття засувки на байпасі ПНТ-2 та ПНТ-3;
- закриття засувки на підводі пару до ПНТ - 2 та на підводі пару до ПНТ - 3;
- закриття засувок на дренажі паропроводів VI та VII відборів;
- відключення дренажного насосу ПНТ-2;
- встановлення на самопідхоплення схеми захисту ПНТ-2,3 через кінцевики засувки на парі до ПНТ-2;

- при відновленні рівня в ПНТ-2 нижче уставок І межі підвищення рівня, виконується підключення управляючих ланок регулятора пониженого рівня та знімається сигнал вимушеного відкриття клапану.

### **Захист ПНТ-3 І межа.**

При підвищенні рівня в ПНТ-3 до І межі ( $H=1350$  мм) за приладом виконується:

- відкриття засувки на зливів з сепаратозбірника СПП в конденсатор;
- закриття засувки на лінії зливу конденсату з ПНТ-4 в ПНТ-3;
- закриття засувки на лінії зливу з сепаратозбірника в ПНТ-3 після відкриття засувки на зливів з сепаратора в конденсатор;
- відкриття засувки на зливів конденсату з ПНТ-4 в конденсатор, при відкритті регулюючого клапану пониженого рівня ПНТ-4.

### **Захист ПНТ-4 ІІ межа.**

При підвищенні рівня в ПНТ-4 до ІІ межі ( $H=2250$  мм за приладом) виконується:

- закриття засувки на вході основного конденсату в ПНТ-4 та на виході основного конденсату з ПНТ-4;
- відкриття засувки на байпасі ПНТ-4;
- закриття вентиля на дренажі паропровода V відбору;
- закриття вентиля на КГП з ПНТ-5 в конденсатор;
- закриття засувки на підводі пара до ПНТ-4;
- встановлення на самопідхоплення схеми захисту ПНТ-4 через кінцевики засувки на парі до ПНТ-4.

### **Захист ПНТ-4 І межа.**

При підвищенні рівня в ПНТ-4 до І межі ( $H=1350$  мм) за приладом виконується:

- відкриття засувки з заборонаю на закриття на зливів конденсату з ПНТ-4 в конденсатор, якщо засувка на зливів конденсату з ПНТ-4 в ПНТ-3 закрита;
- відкриття засувки на зливів конденсату з ПНТ-5 в конденсатор;
- відкриття засувки на зливів конденсату з ПНТ-5 в ПНТ-4;
- відключення управляючих ланок регулятора пониженого

рівня в ПНТ-4 на клапан зливу в ПНТ-3 та вимушене його відкриття;

- при відновленні рівня в ПНТ-4 нижче I межі підвищення рівня, виконується підключення управляючих ланок регулятора пониженого рівня та знімається сигнал вимушеного відкриття клапану;

- теплообмінник охолодження продовки парогенератора та теплообмінник охолодження випару розширювачу дренажів машзалу. Конденсат після теплообмінника продувки ПГ відводиться в трубопровід ОК після ПНТ-3, а конденсат після теплообмінника випару РДМ відводиться в трубопровід ОК перед ПНТ-3;

- клапани зворотні з сервоприводом, куди ОК подається на поршень для вимушеного закриття клапанів.

В трубопровід ОК підводяться трубопроводи від зливних насосів ПНТ-2 та ПНТ-4.

Після ПНТ-5 перед вимираючою засувкою на деаeratorі є трубопровід скиду конденсату в бак "брудного" конденсату.

В трубопровід основного конденсату безпосередньо перед деаератором підводиться конденсат від технологічних конденсаторів та теплообмінників системи тепlopостачання.

До трубопроводу основного конденсату підключені напірні трубопроводи від зливних насосів ПНТ-2 та ПНТ-4 призначених для відкачки конденсату цих ПНТ.

Основне обладнання схеми, крім ежектора ущільнень та ПНТ-1, мають запірну арматуру для можливості виводу обладнання в ремонт на працюючій турбіні.

Всі елементи розташовані на різних відмітках машзалу головного корпусу блоків №1,2. Для зручності обслуговування системи обладнання оснащене площадками, сходами, переходами.

## 2.8. Аналіз відмов ПНТ в системі конденсатно-живильного тракту

Система конденсатно-живильного тракту призначена для відкачки конденсату з конденсатозбірників конденсаторів та подачі його через систему регенерації низького тиску в деаератори.

Таблиця 2.9.

Аналіз відмов ПНТ в системі конденсатно-живильного

| Найменування відмов.                   | Проектні міроприємства по подоланню відмови.                                           | Наслідки відмови для системи.           | Наслідки відмови для АЕС.            |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|
| Підвищення рівня а ПНТ:<br>• до I межі | Автоматичне відкриття арматури на лініях зливу конденсату гріючого пару в конденсатор. | Система зберігає свої функції.          | Без наслідків.                       |
| • до II межі                           | Автоматичне відключення від повідного ПНТ та відкриття арматури на його байпасі.       | Система частково зберігає свої функції. | Знижується температура конденсату. • |

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1. Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації

Автоматизовані системи керування технологічними процесами (АСКТП) забезпечують оптимізацію критеріїв якості та безпечне функціонування виробництва. До складу АСКТП входять технологічні засоби (давачі, прилади, регулятори, обчислювальні пристрої) та управлінський персонал (оператори, апаратчики, технологи). АСКТП виконує функції:

- Збір інформації про протікання технологічного процесу.
- Визначення критеріїв якості роботи технологічного об'єкту керування.
- Знаходження оптимального режиму функціонування технологічного об'єкту керування та оптимальних керуючих дій, що забезпечують екстремум критеріїв якості.
- Реалізацію знайденого оптимального режиму або оптимальних керуючих дій на технологічному об'єкті керування.

За класифікаційними ознаками розроблена нами АСКТП належить до систем автоматичного керування.

Ці САК забезпечують повну автоматизацію технологічного об'єкту керування. Технологічні засоби виконують функції збору інформації про стан об'єкту, визначають критерії якості, знаходять найкращі режими функціонування та оптимальних керуючих дій, реалізують їх.

Оператор забезпечує технічну діагностику стану САР та відновлення елементів системи, що відмовили. У випадку нестачі додаткової інформації про стан технологічного об'єкту керування, оператор може епізодично коректувати закони функціонування САР, змінюючи завдання, змінюючи режим керування.

У промисловості САР застосовуються в обмежених масштабах для автоматизації порівняно простих технологічних об'єктів керування, технологічні режими яких характеризуються порівняно невеликим числом координат, а якість роботи одним легкообчислювальним критерієм.

Оптимальні керування знаходяться у функціональній залежності від вихідних координат об'єктів керування та збурень, що на нього діють.

САР є частковим випадком САК. В САР за критерій якості прийнята одна або декілька вихідних величин об'єкта керування.

В цьому випадку метою автоматизації є знаходження керуючих дій, що забезпечують екстремальне або задане значення вимірювальної величини. Під час автоматизації складних промислових об'єктів часто виникає необхідність \ розділення мети керування на часткові цілі, що стосуються окремих простих об'єктів керування. В цьому випадку для характеристики роботи окремого об'єкту керування вводять часткові критерії, що в тій чи іншій мірі зв'язані з критерієм якості виробництва. САК або САР, що забезпечують оптимізацію або стабілізацію часткових критеріїв якості називаються локальними.

Розробляючи в кваліфікаційній роботі автоматизацію технологічного процесу регенеративного підігріву живильної води необхідно контролювати та регулювати параметри при нормальному протіканні процесу. Об'єктами автоматизації є ПВТ та ПНТ.

Система регенерації високого тиску призначена для підігріву та деаерації конденсату II контуру та подачі живильної води живильними насосами з деаераторів в парогенератори реакторної установки атомних електростанцій в номінальному та перехідному режимах. Підігрів живильної води проводиться за рахунок конденсації пари з нерегульованих відборів турбіни.

Система регенерації включає в себе три підігрівники високого тиску (ПВТ-6,7,8). ПВТ застосовуються для турбоустановок потужністю 220 МВт. ПВТ в тепловій схемі турбоустановок мають одноступеневе розташування по живильній воді. Група підігрівників регенеративної схеми розрахована на заданий тепловий баланс турбоустановки.

Система живильної води при різних режимах роботи реакторної установки повинна забезпечувати подачу необхідної кількості живильної води з певними параметрами в парогенератори у відповідності з паровиробництвом реакторної

установки, що й визначило побудову системи та вибір обладнання з відповідними характеристиками.

Для контролю процесів, що відбуваються в підігрівниках високого тиску необхідно проводити вимірювання наступних параметрів:

- Температура живильної води на вході та виході з групи ПВТ вимірюється з допомогою термоелектричного перетворювача (ТП) ТХК-1172П ХК(L).
- Температура живильної води перед та після кожного ПВТ вимірюється з допомогою термоелектричного перетворювача (ТП) ТХК-1172П ХК(L).
- Температура конденсату гріючої пари вимірюється з допомогою термоелектричного перетворювача (ТП) ТХК-1172П ХК(L).
- Тиск гріючої пари на вході в підігрівник вимірюється з допомогою вимірювального перетворювача надлишкового тиску Сапфір 22-ДИ-2150.
- Витрата живильної води через підігрівники вимірюється з допомогою вимірювального перетворювача різниці тисків Сапфір 22-ДД-2440.
- Тиск в трубопроводах живильної води вимірюється з допомогою вимірювального перетворювача надлишкового тиску Сапфір 22-ДИ-2150.
- Зміна рівня конденсату в корпусах підігрівачів вимірюється з допомогою вимірювального перетворювача різниці тисків Сапфір 22-ДД-2420.

Регулюванню підлягає рівень конденсату в корпусах перегрівачів. Рівень конденсату в корпусі підтримується автоматично з допомогою мікропроцесорного контролера "Реміконт-130", який підтримує номінальний рівень в корпусі підігрівника з нерівномірністю  $\pm 50$  мм, шляхом дії на регулюючий клапан, встановлений на трубопроводі відводу конденсату гріючої пари. Відвід конденсату регулюється шляхом зміни витрати конденсату, що пропускається, тобто зміною площі прохідного січення. При відхиленні рівня від максимального чи номінального - на блочний щит подається сигнал "Рівень в ПВТ".

З допомогою мікропроцесорного контролера "Реміконт- 130" сигналізуються найбільш інформативні параметри:

- Тиск гріючої пари з відборів турбіни.

- Рівень конденсату гріючої пари в підігрівачах.
- Відхилення рівня конденсату в корпусі перегрівника від номінального значення в певних межах.

Проектом передбачений сигналізатор рівня конденсату в корпусі перегрівача ВС340Е, принцип дії якого ґрунтується на вібраційному методі вимірювання рівня. Індикатор рівня являє собою моноблочний прилад, конструктивно виконаний з камертонного перетворювача та електронної схеми на друкованій платі в одному корпусі.

При розробці проекту виконується захист, що забезпечує протікання процесу в певних визначених межах. Захисту підлягають наступні параметри технологічного процесу:

- Тиск гріючої пари з відборів турбіни.
- Рівень конденсату гріючої пари в підігрівачах.
- Відхилення рівня конденсату в корпусі перегрівника від номінального значення в певних межах.

### **3.2. Система захисту ПВТ**

Всі ПВТ обладнані груповим захистом від переповнення. Захисний пристрій призначається для захищення турбіни від потрапляння води при підвищенні рівня конденсату в корпусі підігрівника.

При необхідності група ПВТ може бути відключена та живильна вода подаватись в парогенератор з температурою 164 °С (437 К) по байпасу.

В якості основних компонентів захисту використовується впускний клапан з виносним гідроприводом, зворотній клапан, надпоршневі порожнини, які об'єднані пропускними трубами.

На рис. 3.1 зображено систему захисту ПВТ.

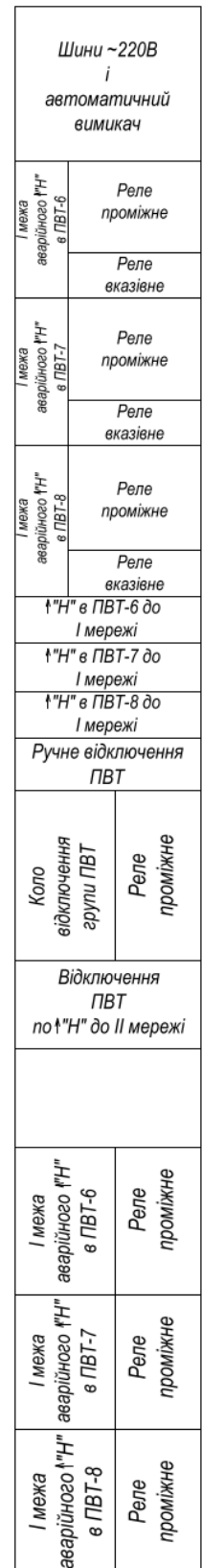


Рис. 3.1. Система захисту ПВТ

На рис. 3.2 показана схема електричних з'єднань системи захисту ПВТ.

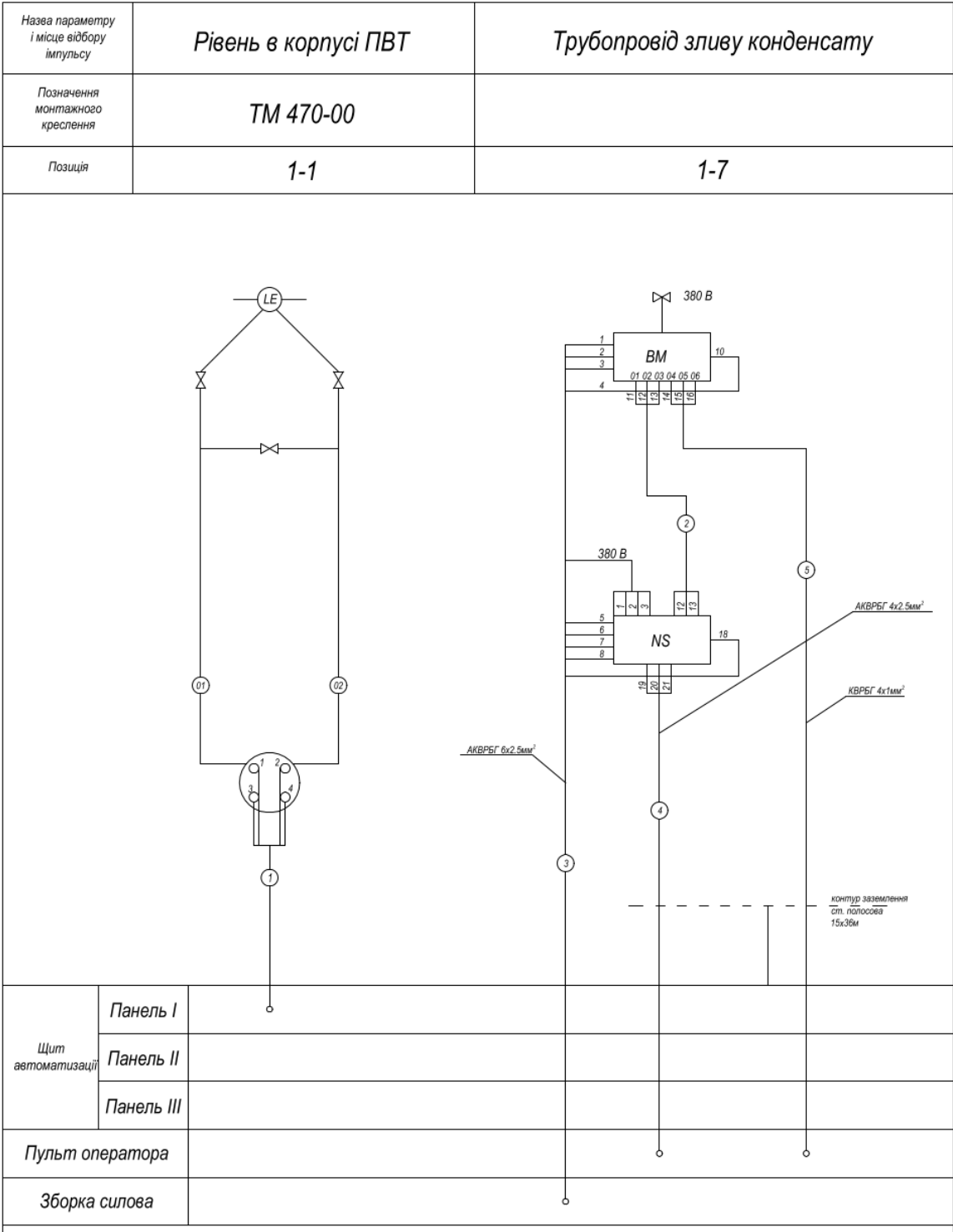


Рис. 3.2. Схема електричних з’єднань системи захисту ПВТ

Для збереження корпусу підігрівника від підвищення тиску на верхньому днищі ПВ-1600-92-30 встановлюються запобіжні пружинні клапани. Кількість запобіжних пружинних клапанів та їх пропускна здатність визначаються розрахунком. Для захисту трубних систем від підвищення тиску на лінії

живильного трубопроводу за групою підігрівників навколо запірної засувки передбачається обвідний байпас з необхідною арматурою.

При спрацюванні захисту повинно бути забезпечено закриття засувки на паропроводах, закриття засувки на живильному трубопроводі, вході та виході з підігрівників та одночасно відкриття засувки на холодному байпасі.

При підвищенні рівня в будь-якому з ПВТ до першої межі по імпульсу від рівнеміра (два з трьох) відбувається автоматичне відкривання швидкодіючих вентилів, закривання впускного клапану та перепуск живильної води повз групи ПВТ. Одночасно з закриттям впускного клапану автоматично закриваються засувки на паропроводах відборів до ПВТ-6, 7, 8, засувки на вході та виході живильної води з ПВТ, засувка на скиді конденсату в ПВТ-8 з II ступені сепаратора-пароперегрівника, вентилі на дренажних лініях з паропроводів I, II, III відборів турбіни в деаератор та відкривається засувка на байпасі ПВТ та засувка на відводі конденсату з II ступені СПП в деаератор. Дія захисту супроводжується тим, що на БЩУ з'являється звукова та світлова сигналізація з випаданням відповідного блінкеру.

Підвищення рівня конденсату вище допустимого призводить до спрацювання захисту та відключення підігрівачів. Відключення підігрівачів проводиться:

1. При виявленні несправностей.
2. Автоматично при підвищенні рівня в одному з підігрівачів.

Також проектом передбачені:

- Здійснення зливу конденсату грючої пари при номінальному навантаженні на турбіні здійснюється каскадно з ПВТ-8 в ПВТ-7, з ПВТ-7 в ПВТ-6, з ПВТ-6 в деаератор.

- При зниженні тиску пари в третьому відборі турбіни до  $9 \text{ кгс/см}^2$  злив конденсату грючої пари з ПВТ-6 автоматично переключається на розширювач дренажів турбіни, а злив з ПВТ-7 на деаератор.

- Здійснення відсосу повітря з всіх ПВТ каскадно в деаератор  $7 \text{ кгс/см}^2$  або в розширювач дренажів турбіни.

Підігрівники низького тиску входять в систему конденсатно-живильного тракту.

Підігрівники низького тиску призначені для підігріву основного конденсату, що надходить в деаератор, паром з / проміжних нерегульованих відборів турбіни.

Основний конденсат конденсатними насосами подається послідовно через охолоджувач ежектора ущільнень, охолоджувачі основних ежекторів та підігрівники низького тиску №1-5 в деаератор, нагріваючись в них до 148 °С.

Підігрівники низького тиску типу ПН-800-1, ПН-800-2, ПН-800-3, ПН-800-4, ПН-800-5 - вертикальні, чотириходові, поверхневого типу з поверхнею нагріву 800 м².

Охолоджувач конденсату гріючої пари типу ОВ-150-3 призначений для охолодження конденсату (використання тепла) гріючої пари ПНТ-3 з основним конденсатом. Охолодження конденсату гріючого пару в охолоджувачі здійснюється основним конденсатом.

Охолоджувач вертикальний, двухходовий по основному конденсату (в трубній системі) та чотириходовий по конденсату гріючої пари (в міжтрубному просторі).

Проектом передбачений контроль наступних параметрів:

- Температура подачі конденсату від ежекторів здійснюється з допомогою термоелектричного перетворювача ТСМ-0281 50М.
- Температура подачі конденсату в деаератор здійснюється з допомогою термоелектричного перетворювача ТСМ-0281 50М.
- Температура подачі конденсату в конденсатор здійснюється з допомогою термоелектричного перетворювача ТСМ-0281 50М.
- Температура конденсату перед та після кожного ПНТ здійснюється з допомогою термоелектричного перетворювача ТСМ-0281 50М.
- Температура конденсату гріючої пари здійснюється з допомогою термоелектричного перетворювача ТСМ-0281 50М.
- Тиск гріючої пари на вході в підігрівник вимірюється з допомогою вимірювального перетворювача надлишкового тиску Сапфір 22-ДИ-2150.

- Витрата конденсату через підігрівники вимірюється з допомогою вимірювального перетворювача надлишкового тиску Сапфір 22-ДИ-2150.

- Тиск в трубопроводах конденсату вимірюється з допомогою вимірювального перетворювача надлишкового тиску Сапфір 22-ДИ-2150.

- Рівень конденсату гріючої пари в корпусах підігрівачів вимірюється з допомогою вимірювального перетворювача різниці тисків Сапфір 22-ДД-2420.

- Витрата конденсату в охолоджувачі конденсату гріючого пару ПНТ-3 вимірюється з допомогою вимірювального перетворювача надлишкового тиску Сапфір 22-ДИ-2150.

- Тиск конденсату за конденсатними насосами та за клапаном рециркуляції (загальна лінія) вимірюється з допомогою вимірювального перетворювача надлишкового тиску Сапфір 22-ДИ-2150.

- Тиск конденсату на напорі конденсатних насосів та за клапаном рециркуляції (загальна лінія) вимірюється з допомогою вимірювального перетворювача надлишкового тиску Сапфір 22-ДИ-2150.

- Тиск основного конденсату за ПНТ-5 вимірюється з допомогою вимірювального перетворювача надлишкового тиску Сапфір 22-ДИ-2150.

Регулюванню підлягає рівень конденсату в корпусах перегрівачів. Рівень конденсату в корпусі підтримується автоматично з допомогою мікропроцесорного контролера "Реміконт-130", який підтримує номінальний рівень в корпусі підігрівника з нерівномірністю  $\pm 50$  мм, шляхом дії на регулюючий клапан, встановлений на трубопроводі відводу конденсату гріючого пару. Відвід конденсату регулюється шляхом зміни витрати конденсату, що пропускається, тобто зміною площі прохідного січення. При відхиленні рівня від максимального чи номінального - на блочний щит подається сигнал "Рівень в ПНТ".

З допомогою мікропроцесорного контролера "Реміконт-130" сигналізуються найбільш інформативні параметри:

- Тиск гріючої пари з відборів турбіни.
- Рівень конденсату гріючої пари в підігрівачах.

- Відхилення рівня конденсату в корпусі перегрівника від номінального значення в певних межах.

Проектом передбачений сигналізатор рівня конденсату в корпусі перегрівача ВС340Е, принцип дії якого ґрунтується на вібраційному методі вимірювання рівня.

При розробці проекту виконується захист, що забезпечує протікання процесу в певних визначених межах. Захисту підлягають наступні параметри технологічного процесу:

- Тиск гріючої пари з відборів турбіни.
- Рівень конденсату гріючої пари в підігрівачах.
- Відхилення рівня конденсату в корпусі перегрівника від номінального значення в певних межах.

Керування системою конденсатного тракту здійснюється у всіх режимах роботи даної системи.

Управління електроприводами даної системи здійснюється:

- дистанційно з БЩУ;
- за схемою вибіркового управління;
- автоматично за блокуваннями.

На БЩУ виведена сигналізація:

- відхилення параметрів;
- ходу та зупинки арматури в проміжному положенні.

### **3.3. Розробка функціональних схем автоматизації**

Функціональна схема автоматизації технологічного процесу регенеративного підігріву живильної води нараховує 8 контурів регулювання (рис. 3.3). А саме:

- регулювання рівня в ПНТ-1;
- регулювання рівня в ПНТ-2;
- регулювання рівня в ПНТ-3;
- регулювання рівня в ПНТ-4;

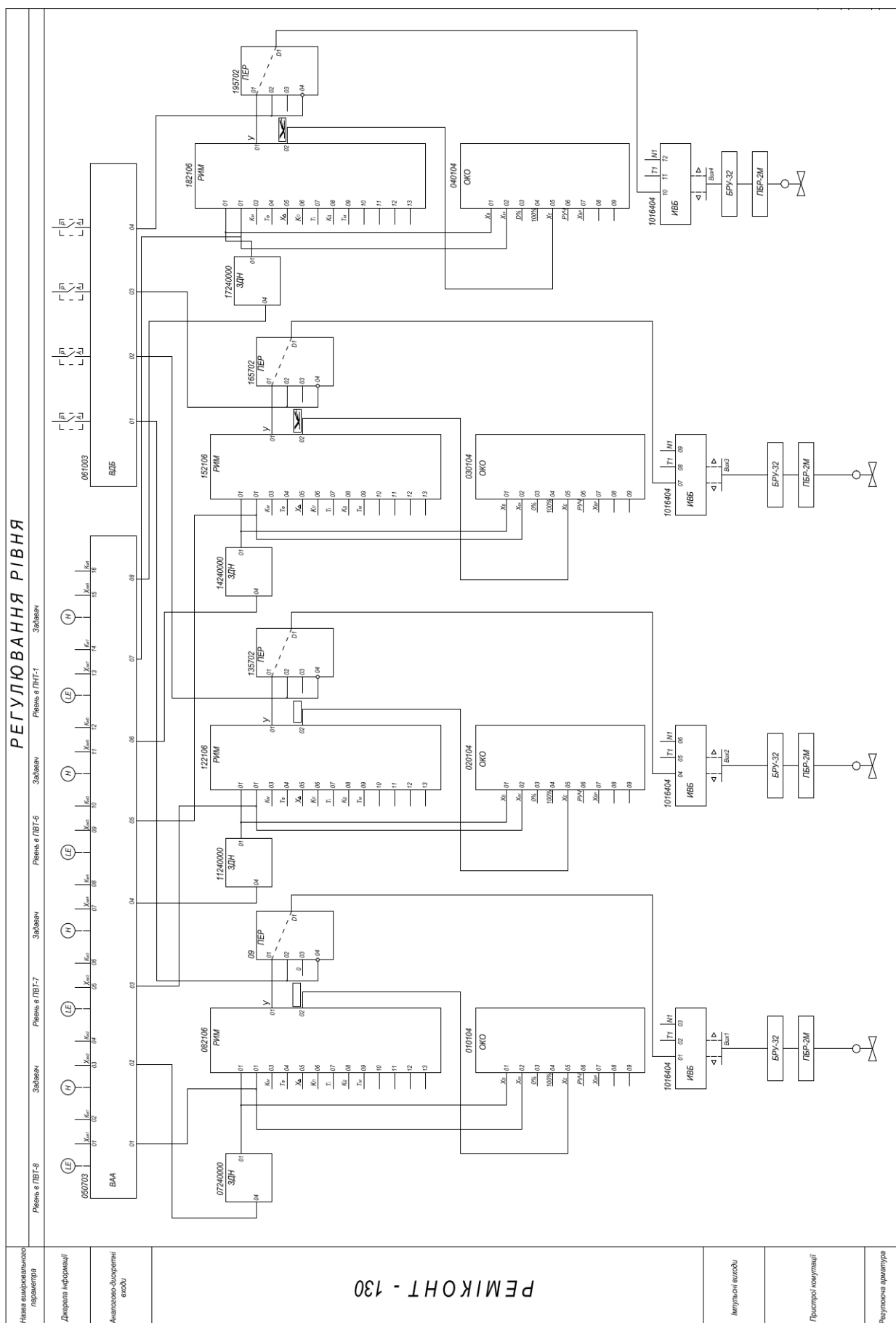


Рис. 3.3. Функціональна схема автоматизації технологічного процесу

- регулювання рівня в ПНТ-5;
- регулювання рівня в ПВТ-6;
- регулювання рівня в ПВТ-7;
- регулювання рівня в ПВТ-8.

Передбачено 15 контурів сигналізації (сигналізація рівня та відхилення рівня від номінального значення в ПВТ та ПНТ, сигналізація тисків пари з проміжних відборів турбіни до ПВТ та ПНТ).

Для реалізації передбачених заходів нормального ведення технологічного процесу необхідно створити систему, що забезпечує роботу з 16 аналоговими входами, 31 дискретними входами та 31 дискретними виходами. Дані вимоги спроможний виконати мікропроцесорний контролер “Реміконт- 130”. Необхідно використати 4 мікропроцесорних контролера “Реміконт- 130”.

Компактний контролер “Реміконт- 130” це програмно-технічний виріб. Для роботи з ним не потрібен кваліфікований програміст. Необхідні алгоритми добуваються з бібліотеки алгоритмів шляхом натискання декількох клавіш. Після цього алгоритми об'єднуються в систему заданої конфігурації. В алгоритмах задаються необхідні параметри настройки. Основу “Реміконт- 130” складають компактні мікроконтролери, що розраховані на щитовий або підвісний монтаж.

Контролери можуть мати до 32 аналогових та дискретних вхідних та вихідних сигналів. Крім того вони мають інтерфейсний канал послідовності цифрового зв'язку ІРПС- інтерфейс радіальний послідовний.

“Реміконт- 130” реалізує одноконтурні каскадні і програмні системи регулювання. Також передбачена функція логічно-програмного керування. Під'єднання до кільцевої мережі інших типів контролерів і керуючих ЕОМ здійснюється за допомогою спеціальних шлюзів. Кільцева мережа Р-130 має назву "Транзит" та може об'єднувати до 15 блоків. Серійно випускаються 3 моделі Р-130:

- Регулююча- БК-21(01);
- Логічна- БК-22(02);
- Неперервно-дискретна- БК-23.

Регулююча модель Р-130 дозволяє реалізовувати 4 схеми регулювання. Кожна схема може бути як одноконтурна так і каскадна, може бути з програмним, ручним або зовнішнім задавачем з аналоговим або імпульсним виходом та додатково мати дистанційне керування. Бібліотека Р-130 має 74 алгоритми, які зашиті в ПЗП.

Засобами зв'язку з технологічним об'єктом можуть бути: БУТ-20- підсилювач для термоелектричних перетворювачів двоканальний. Блок розрахований на роботу з двома однаковими термopарами.

БУС-20 - підсилювач для термоперетворювачів опору. Має два незалежні канали для роботи з термоперетворювачами опору, які підключені за трьохпровідною схемою.

БПР-20 - блок перемикання обмотки реле підключається до дискретних входів блок контролера і виконують функції гальванічного розмежування дискретних сигналів. Виконує функції:

- Має 8 слабкострумoвих реле з перехідними контактами, які використовуються в схемах захисту, блокування і т.д.
- Керування реле може бути незалежним групoвим.

БУМ-20 - підсилювач потужності. Має 4 сильнострумoвих реле типу РПГ-8.

БУМ-30 - підсилювач потужності. Виконує функції:

- Комутує постійний струм напівпровідниковим тиристорним ключом.
- Вхідні і вихідні сигнали гальванічно розділені між собою; в залежності від потужності струму комутації може бути 1-4 вхідних сигнали.

РМ-21 - резистор нормуючий. Використовується для перетворення уніфікованих сигналів в сигнал, який для контролера становить від 0 до 2 В.

БП-21 - блок живлення. Працює від мережі 220 В та формує два вихідних канали по 24 В (нестабілізовані). Використовується для живлення блока-контролера, кіл дискретного вводу / виводу блоку контролера, аналогового виходу блоку-контролера, інтерфейсних кіл блоку контролера, підсилювачів БУС-20 і БУТ-20 та блоку шлюзу БШ-21.

Можуть використовуватись наступні клемно-блочні з'єднувачі:

МБС-20 - відрізок кабелю з двох кінців якого є вилкорозняття РП-15. Використовується для зв'язку блока живлення з блок-контролером.

КБС-21 - відрізок кабелю, з одного кінця якого є вилкорозняття РП-15-09, а з другого - колодка на 8 клем під гвинт. Використовується для підключення елементів схем автоматизації до блоків, що мають розняття РП-15-09.

КБС-22 - відрізок кабелю, з одного кінця якого є вилкорозняття РП-15-23, а з другого - колодка на 24 клеми під гвинт.

КБС-23 - відрізок кабелю, з одного кінця якого є вилкорозняття РП-15-23, а з другого - колодка на 24 клеми під гвинт. Має вбудований нормуючий резистор.

До алгоритмів програмування відносяться:

- ОКО (01) - призначений для оперативного керування контуром регулювання за допомогою лицевої панелі.
- ВАА (07), ВАБ (08) - алгоритми вводу аналогової групи А та Б аналогової групи Б. Алгоритм дозволяє коректувати діапазон вхідного сигналу та реалізовує рівняння:  $Y_i = (X_{ан.вх.i} + X_{зм.i})K_{mi}$
- ВДА (09), ВДБ (10) - дискретний ввід групи А та Б. Алгоритм обслуговує до 16 дискретних входів.
- АВА (11), АВБ (12) - аналоговий ввід групи А та Б. Алгоритм обслуговує до двох аналогових входів.
- ДВА (13), ДВБ (14) - дискретний ввід групи А та Б. Алгоритм застосовує до 16 дискретних виходів.
- ІВА (15), ІВБ (16) - імпульсний вивід групи А та Б. Алгоритм застосовується в тих випадках, коли контролер має керувати виконавчим механізмом постійної швидкості. Алгоритм перетворює сигнал, сформований алгоблоком і контролером, в послідовність імпульсів змінної шпароватості. Алгоритм має до чотирьох каналів зв'язку.

До алгоритмів регулювання належать:

РАН (20) - аналогове регулювання. Побудова ПД-регулятора з аналоговим виходом. Крім цього в алгоритмі розраховується розузгодження, вводиться зона нечутливості та вихідні сигнали обмежуються за  $\min / \max$ . Алгоритм має вузол настройки, що дозволяє автоматично розраховувати і встановлювати настроювальні параметри.

РИМ (21) - імпульсне регулювання. Побудова ПД-регулювання, працює в комплекті з виконавчим механізмом постійної швидкості.

РУЧ (26) - ручне керування. Алгоритм використовується для зміни режимів керування регулятором. З його допомогою регулятор перемикається в дистанційний або ручний режим роботи.

СМА (43)- алгоритм сумування з масштабуванням використовується для отримання суми декількох сигналів (до 21). Вихідний сигнал цього алгоритму формується:

$$Y = X_0 + \sum K m_i X_i$$

ПОР (59) - пороговий елемент алгоритм використовується для контролю за сигналом або різницею двох сигналів з області, що обмежена пороговим значенням. Модифікатор  $m = 00 \div 20$ .

НОР (60) - нуль орган. Алгоритм використовується для контролю за вихідним сигналом або різницею двох сигналів в області, що обмежується за  $\min$  і  $\max$ . Модифікатор  $m = 00 \div 10$ .

ПЕР (57) - перемикач з дискретним керуванням. Перемикач багатополісний аналогового сигналу, положення якого визначає дискретний сигнал, що поступає на вхід. Алгоритм використовується для вибору до 49 сигналів. Модифікатор  $m = 00 \div 49$ .

Для автоматизації технологічного процесу регенеративного підігріву живильної води виберемо 4 мікропроцесорних контролера "Реміконт- 130". Два для забезпечення регулювання, використавши блок-контролер БК-21-25. Дана модифікація містить пристрій зв'язку з об'єктом групи А, який складається з 8 аналогових входів та 4 дискретних виходів, та пристрій зв'язку з об'єктом групи Б, який складається з 8 дискретних входів та 8 дискретних виходів. Для забезпечення сигналізації відхилення параметрів за допустимі межі два

контролери з блок-контролером типу БК-21-73. Дана модифікація містить пристрій зв'язку з об'єктом групи А, який складається з 16 дискретних входів, та пристрій зв'язку з об'єктом групи Б, який складається з 16 дискретних виходів.

В кваліфікаційній роботі розробимо регулюючу модель Реміконта.

Основною частиною контролера є блок-контролер. Його модифікація БК-21/ П-21-25-11-00-0,75-1,5:

де П – конструктивне виконання – приладне;

21– модель регулююча, 25- модифікація;

11– базова версія для задач автоматичного регулювання і частоти 60 Гц;

00 – тип аналогового виходу, аналогові виходи відсутні, 0,75- довжина з'єднувача МБС, м,

1,5 – довжина з'єднувачів КБС-22, КБС-23, м.

Складовою частиною контролера є блок живлення БП-21/220-1х1,5:

де 220 – напруга живлення, В;

1х1,5 – довжина і кількість з'єднувачів КБС-21;

БП-21 живить БК-21-25.

До складу принципової схеми підключення входять також 4 давачі відхилення рівня “Сапфір-22ДД”. Давачі живляться від двох блоків живлення 22БП-36, кожний з яких може заживити 3 давачі. 22БП-36 живиться від мережі 220 В. “Сапфір-22ДД” поєднується до блоку живлення 22БП-36 та до БК-21-25.

Задіяно 4 задаючих пристрої ЗУ-05, які живляться від мережі 220 В та під'єднані до БК-21-25.

Імпульсний сигнал від БК-21-25 заводиться на 4 пристрої дистанційного керування типу БРУ-32. З БРУ-32 сигнал подається на пристрій типу ПБР-3А, що керує виконавчим механізмом типу МЕО. ПБР-3А живиться від мережі 380В.

Програма функціонування вибраних засобів автоматизації забезпечує регулювання 4 контурів.

На аналогові входи групи А (ВАА) заводиться 4 сигнали рівня та 4 сигнали від задавачів. ВАА забезпечує зв'язок функціональних алгоритмів з апаратними засобами з аналоговим входом (АЦП). Кожний такий алгоритм обслуговує до 8

аналогових входи. Цей алгоритм дозволяє коректувати діапазон аналогового вхідного сигналу в двох точках 0 і 100 %. Алгоритм складається з декількох каналів. Кількість каналів визначається модифікатором від 0 до 8. Кожний канал зв'язаний з відповідним аналоговим входом контролера. Цей зв'язок формується автоматично.

Сигнал давача з алгоритму ВАА надходить на четвертий вхід алгоритму ЗДН. Цей алгоритм в даному випадку застосовується для формування сигналу ручного завдання в контурі регулювання.

Алгоритм ЗДН використовується разом з алгоритмом ОКО. Алгоритм складається з кількох вузлів: ручного завдання, динамічного балансування, перемикача виду завдання і перемикача програм. Алгоритм має 40 модифікаторів, які визначають кількість незалежних програмних задавачів.

Сигнал з алгоритму ЗДН подається на перший вхід алгоритму ОКО та на перший вхід алгоритму РИМ. На другий вхід алгоритму РИМ подається сигнал по значенню рівня.

Алгоритм РИМ використовується для побудови ПІД-регулятора, який працює в комплекті з виконавчим механізмом постійної швидкості. Крім формування закону регулювання в алгоритмі формується сигнал розузгодження, вводиться зона нечутливості. Крім цього він має вузол для автоматичного настроювання параметрів регулятора.

З виходу 01 алгоритма РИМ регулюючий сигнал подається на алгоритм ПЕР. з виходу 02 алгоритма РИМ сигнал розузгодження подається на 5 вхід алгоритму ОКО.

Алгоритм ПЕР використовується для відключення регулюючого сигналу з алгоритму РИМ на алгоритм ИВБ. Переключення відбувається з допомогою дискретного сигналу, який поступає на 2 та 4 входи алгоритму ПЕР від алгоритму ВДБ. На 1 вхід надходить сигнал від алгоритму РИМ.

З алгоритму ПЕР сигнал поступає на 1 вхід алгоритму ИВБ.

Алгоритм ИВБ (імпульсний вивід групи Б), використовується тоді, коли контролер здійснює керування виконавчим механізмом з постійною швидкістю. Алгоритм перетворює сигнал, сформований алгоблоком і контролером, в

послідовність імпульсів змінної шпароватості. Алгоритм має до чотирьох каналів зв'язку. Модифікатор  $m = 00 \div 4$ .

ДВБ використовується для передачі сигналу про переключення на ручне керування.

Алгоритм ОКО призначений для оперативного керування контуром регулювання за допомогою лицевої панелі. ОКО використовується для відображення значення завдання, значення параметра, який регулюється, сигналу ручного керування, положення регулюючого органу, довільно вибраного сигналу та сигналу про помилку контуру.

На рис 3.4 показана електрична принципова схема з'єднань.

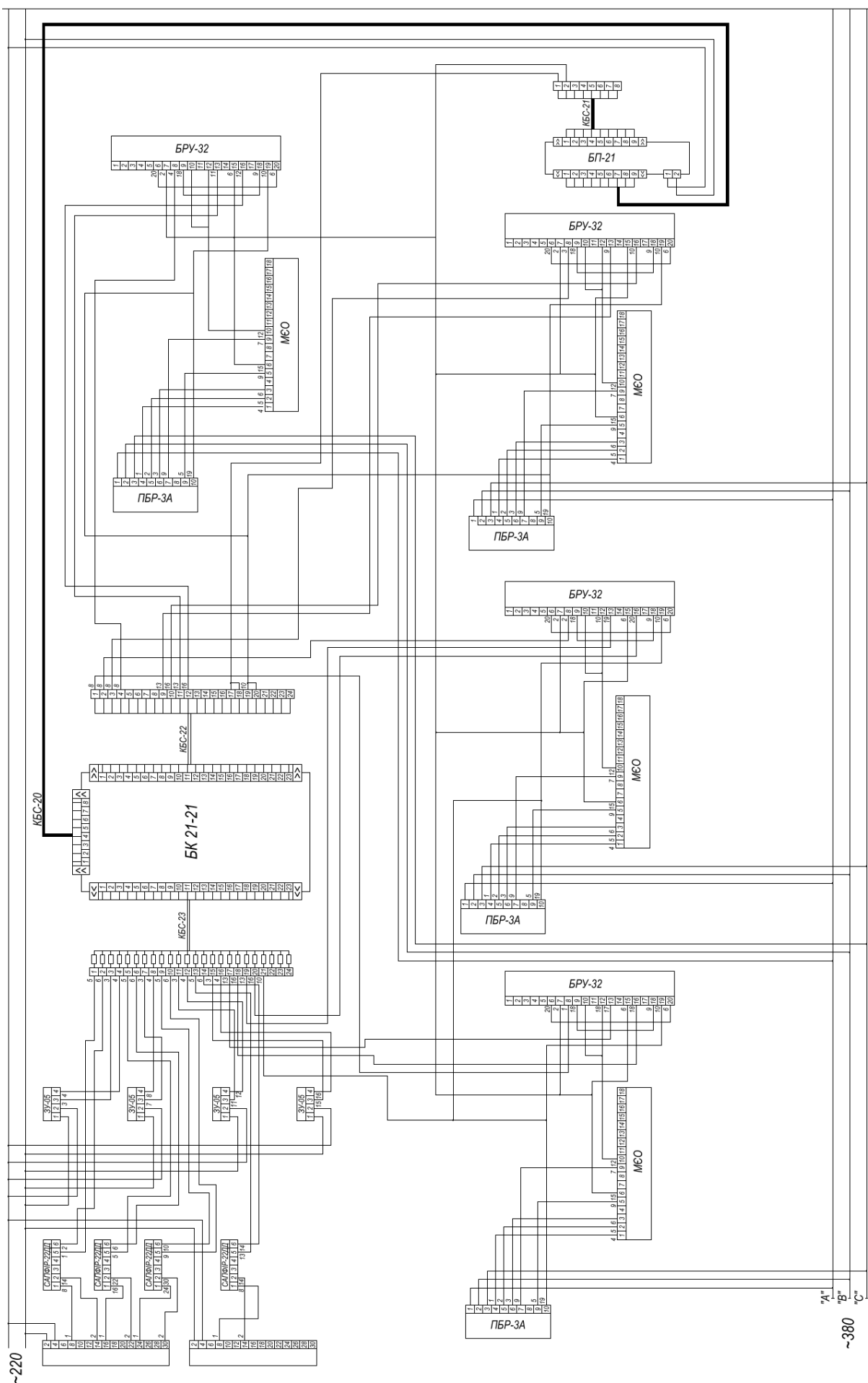


Рис. 3.4. Електрична принципова схема з'єднань системи керування

## 4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 4.1. Розрахунок системи автоматичного регулювання

Здійснимо розрахунок системи автоматичного регулювання (САР) за допомогою контуру регулювання температури зовнішніх поверхонь ствола. У автономній системі охолодження є насос, який забезпечує циркуляцію охолоджувальної рідини. Зовнішні поверхні ствола мають температуру 60-80°C. Зміна продуктивності циркуляційного насоса змінює температуру зовнішніх поверхонь ствола.

Найбільш відповідальним контуром регулювання спроектованої АСКТП є регулювання рівня конденсату в підігрівниках. Розрахуємо САР регулювання рівня конденсату пари з нерегульованих відборів турбіни в підігрівниках високого тиску (ПВТ). Розрахунки наведені на основі знятих статичних та динамічних характеристик об'єкту регулювання.

Прослідковано зміну рівня конденсату в підігрівниках при зміні витрати живильної води по основному каналу регулювання. За даними, наведеними в інструкції з монтажу та безпечної експлуатації регенеративних підігрівників високого тиску турбоустановок К-220-44, значення рівня в підігрівнику становить 2,250 м; мінімально допустиме значення рівня - 0,850 м; максимально допустиме значення рівня - 3,850 м. Номінальне значення витрати живильної води, що проходить через підігрівник, становить 695 м<sup>3</sup>/год.

На підприємстві були зняті дані про зміну рівня в підігрівнику по каналу основної регулюючої дії при зміні витрати живильної води через підігрівник на 70 м<sup>3</sup>/год, що складає 10% від номінального значення витрати. Одержані експериментальні дані введені в програму побудови кривої розгону об'єкту та знаходження параметрів функції передачі об'єкту регулювання по каналу основної регулюючої дії. Задамо структуру функції передачі об'єкту аперіодичною ланкою I порядку. Всі обрахунки виконані в середовищі MATLAB.

В результаті виконання програми одержали параметри функції передачі об'єкту та криву розгону по каналу основної регулюючої дії.

Функцією передачі об'єкту є аперіодична ланка. Параметри об'єкту регулювання:

$$k_p = 0,032 \text{ м}; \quad T = 18,2 \text{ с.}$$

Коефіцієнт передачі об'єкту визначається величиною, рівною відношенню зміни вихідної величини до величини нанесеного збурення, що підтверджується одержаною кривою розгону об'єкту.

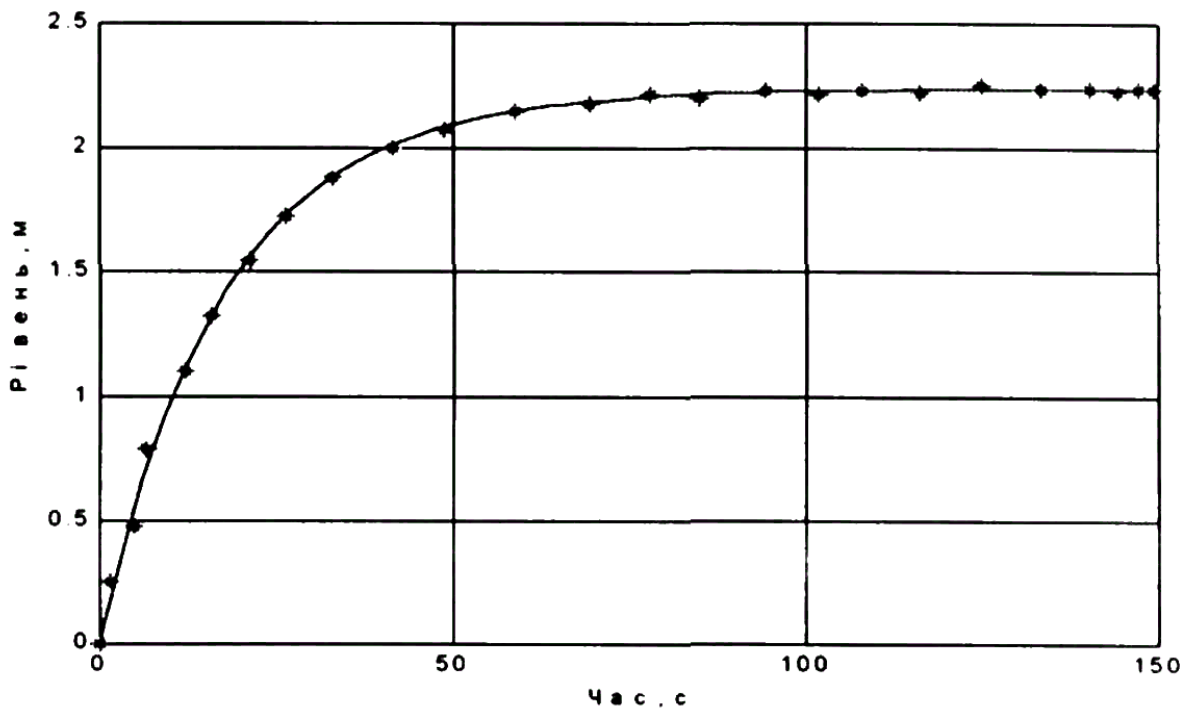


Рис. 4.1. Крива розгону об'єкту по каналу основної регулюючої дії

Розрахуємо параметри функції передачі об'єкту по каналу збурюючої дії. Було нанесено збурення, що відповідає 10%-ій зміні тиску гріючої пари з відборів турбіни. Тиск гріючої пари становить  $17,8 \text{ кгс/см}^2$ . Збурення становить  $1,78 \text{ кгс/см}^2$ .

В результаті виконання програми одержали криву розгону об'єкту регулювання при збурюючій дії, нанесеній шляхом зміни тиску гріючої пари з відборів турбіни.

Функція передачі об'єкту зі збуренням має настроювальні параметри:

$$k_p = 1,264 \text{ м}; \quad T = 21,5 \text{ с.}$$

Крива розгону об'єкту регулювання при збурюючій дії зміною тиску гріючої пари з відборів турбіни наведена на рис. 4.2.

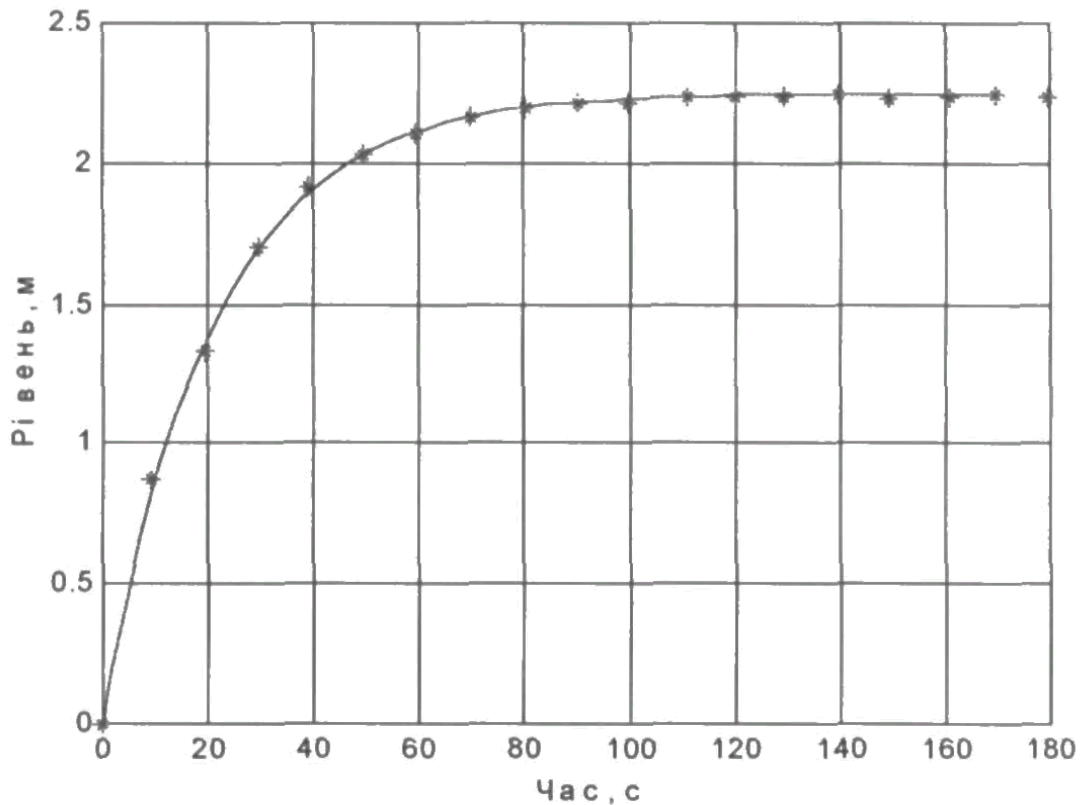


Рис. 4.2. Крива розгону об'єкту регулювання при збурюючій дії зміною тиску гріючої пари з відборів турбіни

Для підтримання регульованого параметру в замкнутій САР у необхідних межах застосуємо ПІ-закон регулювання.

Параметри настройки ПІ-регулятора будемо розраховувати використовуючи метод розширених комплексних частотних характеристик.

$$\frac{k_p}{T_s} = \omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \frac{\sin F(m, \omega)}{A(m, \omega)},$$

$$k_p = \frac{-\cos F(m, \omega) + m \cdot \sin F(m, \omega)}{A(m, \omega)},$$

де  $F(m, \omega) = \frac{\pi}{2} + \arctg(-m \cdot \omega \cdot T_1)$  - комплексна фазочастотна характеристика.

$$A(m, \omega) = \frac{k_1}{\sqrt{1 + (-m \cdot \omega + i \cdot \omega) T_1^2}} \cdot \frac{k_2}{-m \omega} - \text{комплексна амплітудно-частотна}$$

характеристика. Настроювальні параметри ПІ-регулятора:  $K_p=1.31$ ;  $K_p/T_i=0.33$ .

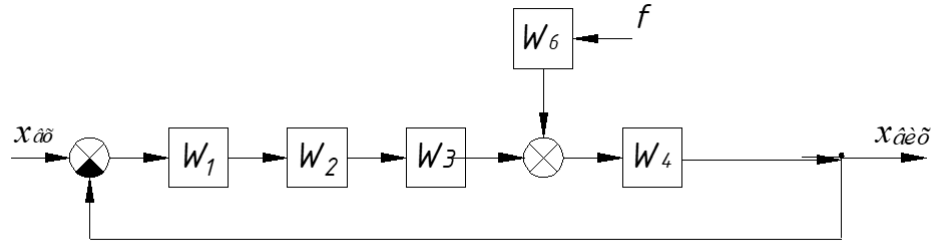


Рис. 4.3. Структурна схема

Передаточні функції зображені на схемі (рис. 4.3) системи:

- $W_1(p) = k_1$  - безінерційна ланка;
- $W_2(p) = k_2$  - безінерційна ланка;
- $W_3(p) = \frac{k_3}{T_3 p + 1}$  - аперіодична ланка I-го порядку;
- $W_4(p) = \frac{k_4}{T_4 p + 1}$  - аперіодична ланка I-го порядку;
- $W_6(p) = k_5(T_4 p + 1)$  - ідеальна аперіодична ланка.

Структурна схема системи має вигляд, що зображений на рис. 4.4.

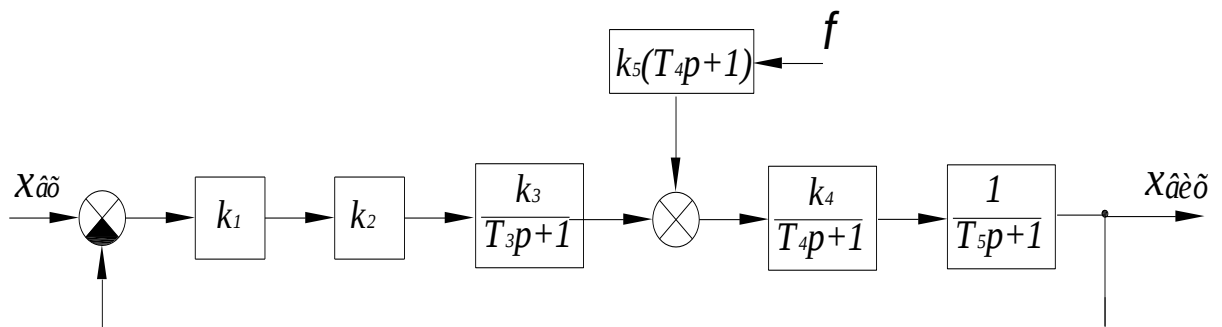


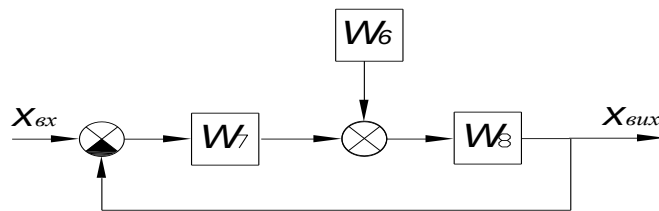
Рис. 4.4. Структурна схема з урахуванням  $f$

Параметри схеми:

$$k_1 = 0,3; \quad k_2 = 40; \quad k_3 = 0,8; \quad k_4 = 0,7; \quad k_5 = 1,5.$$

$$T_3 = 0,8 \text{ сек}; \quad T_4 = 0,2 \text{ сек}; \quad T_5 = 1,15 \text{ сек}.$$

Для знаходження передаточної функції виконаємо наступні перетворення скориставшись відповідними правилами перетворення та зведення передаточних функцій.



Отже ми матимемо дві передаточні функції основного ланцюга і передаточну функцію ланцюга збурення, які мають вигляд:

$$W_7 = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p) = k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{k_3}{T_3 p + 1};$$

$$W_8 = W_4(p) \cdot W_5(p) = \frac{k_4}{T_4 p + 1} \cdot \frac{1}{T_5 p + 1}$$

$$W_6 = k_5(T_4 p + 1)$$

Одразу приступимо до запису передаточної функції розімкненої системи. Для цього необхідно перемножити передаточні функції з індексами 7,8. Отримуємо:

$$W_p(p) = W_7(p) \cdot W_8(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p) \cdot W_4(p) \cdot W_5(p).$$

Підставивши відповідні передаточні функції  $W_i(p)$  і провівши перетворення, отримаємо передаточну функцію розімкненої системи:

$$W_p(p) = k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{k_3}{T_3 p + 1} \cdot \frac{k_4}{T_4 p + 1} \cdot \frac{1}{T_5 p + 1} =$$

$$= \frac{0,3 \cdot 40 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1}{(0,8p + 1) \cdot (0,2p + 1) \cdot (1,15p + 1)} = \frac{6,72}{0,184 \cdot p^3 + 1,31 \cdot p^2 + 2,15 \cdot p + 1}.$$

Для знаходження передаточної функції замкненої системи скористаємося формулою:  $W_3(p) = \frac{W_p(p)}{1 + W_p(p)}$ .

Таким чином:

$$W_3(p) = \frac{6,72}{0,184 \cdot p^3 + 1,31 \cdot p^2 + 2,15 \cdot p + 7,72}.$$

Скористаємося формулою:  $W_f(p) = \frac{W_4(p) \cdot W_5(p) \cdot W_6(p)}{1 + W_p(p)}$  та отримуємо:

$$W_f(p) = \frac{W_4(p) \cdot W_5(p) \cdot W_6(p)}{1 + W_p(p)} = \frac{\frac{k_4}{T_4 p + 1} \cdot \frac{1}{T_5 p + 1} \cdot k_5 (T_4 p + 1)}{1 + W_p(p)} =$$

$$= \frac{\frac{0,7 \cdot 1,5 \cdot (0,2 \cdot p + 1)}{(0,2 \cdot p + 1) \cdot (1,15 \cdot p + 1)}}{\frac{0,184 \cdot p^3 + 1,31 \cdot p^2 + 2,15 \cdot p + 7,72}{0,184 \cdot p^3 + 1,31 \cdot p^2 + 2,15 \cdot p + 1}} = \frac{\frac{0,21 \cdot p + 1,05}{0,23 \cdot p^2 + 1,35 \cdot p + 1}}{\frac{0,184 \cdot p^3 + 1,31 \cdot p^2 + 2,15 \cdot p + 7,72}{0,184 \cdot p^3 + 1,31 \cdot p^2 + 2,15 \cdot p + 1}} =$$

$$= \frac{0,04 \cdot p^4 + 0,468 \cdot p^3 + 1,905 \cdot p^2 + 2,835 \cdot p + 1,05}{0,04 \cdot p^5 + 0,55 \cdot p^4 + 2,454 \cdot p^3 + 6 \cdot p^2 + 12,57 \cdot p + 7,72}$$

Передаточну функцію системи по помилці  $\delta$  знаходимо як:

$$W_\delta(p) = \frac{1}{1 + W_p(p)} = \frac{0,184 \cdot p^3 + 1,31 \cdot p^2 + 2,15 \cdot p + 1}{0,184 \cdot p^3 + 1,31 \cdot p^2 + 2,15 \cdot p + 7,72}$$

Для запису характеристичного рівняння прирівняємо знаменник передаточної функції замкнутої системи до нуля.

$$0,184 \cdot p^3 + 1,31 \cdot p^2 + 2,15 \cdot p + 7,72 = 0$$

## 4.2. Частотний критерій Найквіста в логарифмічному масштабі

Запишемо функцію, як добуток послідовно з'єднаних ланок:

$$W_p(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p) \cdot W_4(p) \cdot W_5(p) = k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{k_3}{T_3 p + 1} \cdot \frac{k_4}{T_4 p + 1} \cdot \frac{1}{T_5 p + 1}$$

Дана система складається з 5 ланок:

- $W_1(p) = k_1$  - безінерційна ланка;
- $W_2(p) = k_2$  - безінерційна ланка;
- $W_3(p) = \frac{k_3}{T_3 p + 1}$  - аперіодична ланка I-го порядку;
- $W_4(p) = \frac{k_4}{T_4 p + 1}$  - аперіодична ланка I-го порядку;
- $W_5(p) = \frac{1}{T_5 p + 1}$  - аперіодична ланка I-го порядку.

Для побудови характеристик цих шести ланок скористаємось математичним пакетом MathCAD, ввівши допоміжні змінні та зробивши попередньо розрахунки характеристик

$$\omega := 0.01, 10.01.. 500.01 \quad k := \frac{180}{\pi}$$

- |                                                                                       |                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1. $L1(\omega) := 20 \log(0.3)$                                                       | $\phi1(\omega) := 0$                                       |
| 2. $L2(\omega) := 20 \log(40)$                                                        | $\phi2(\omega) := 0$                                       |
| 3. $L3(\omega) := 20 \log \left[ \frac{0.8}{\sqrt{1 + (0.8 \cdot \omega)^2}} \right]$ | $\phi3(\omega) := -k \cdot \text{atan}(0.8 \cdot \omega)$  |
| 4. $L4(\omega) := 20 \log \left[ \frac{0.7}{\sqrt{1 + (0.2 \cdot \omega)^2}} \right]$ | $\phi4(\omega) := -k \cdot \text{atan}(0.2 \cdot \omega)$  |
| 5. $L5(\omega) := 20 \log \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + (1.15 \cdot \omega)^2}} \right]$  | $\phi5(\omega) := -k \cdot \text{atan}(1.15 \cdot \omega)$ |

$$L(\omega) := L1(\omega) + L2(\omega) + L3(\omega) + L4(\omega) + L5(\omega)$$

$$\phi(\omega) := \phi1(\omega) + \phi2(\omega) + \phi3(\omega) + \phi4(\omega) + \phi5(\omega)$$

Відповідно до зроблених розрахунків будуюмо графіки ЛАХ і ЛФХ (рис. 4.5):

$$L(\omega) := L1(\omega) + L2(\omega) + L3(\omega) + L4(\omega) + L5(\omega)$$

$$\phi(\omega) := \phi1(\omega) + \phi2(\omega) + \phi3(\omega) + \phi4(\omega) + \phi5(\omega)$$

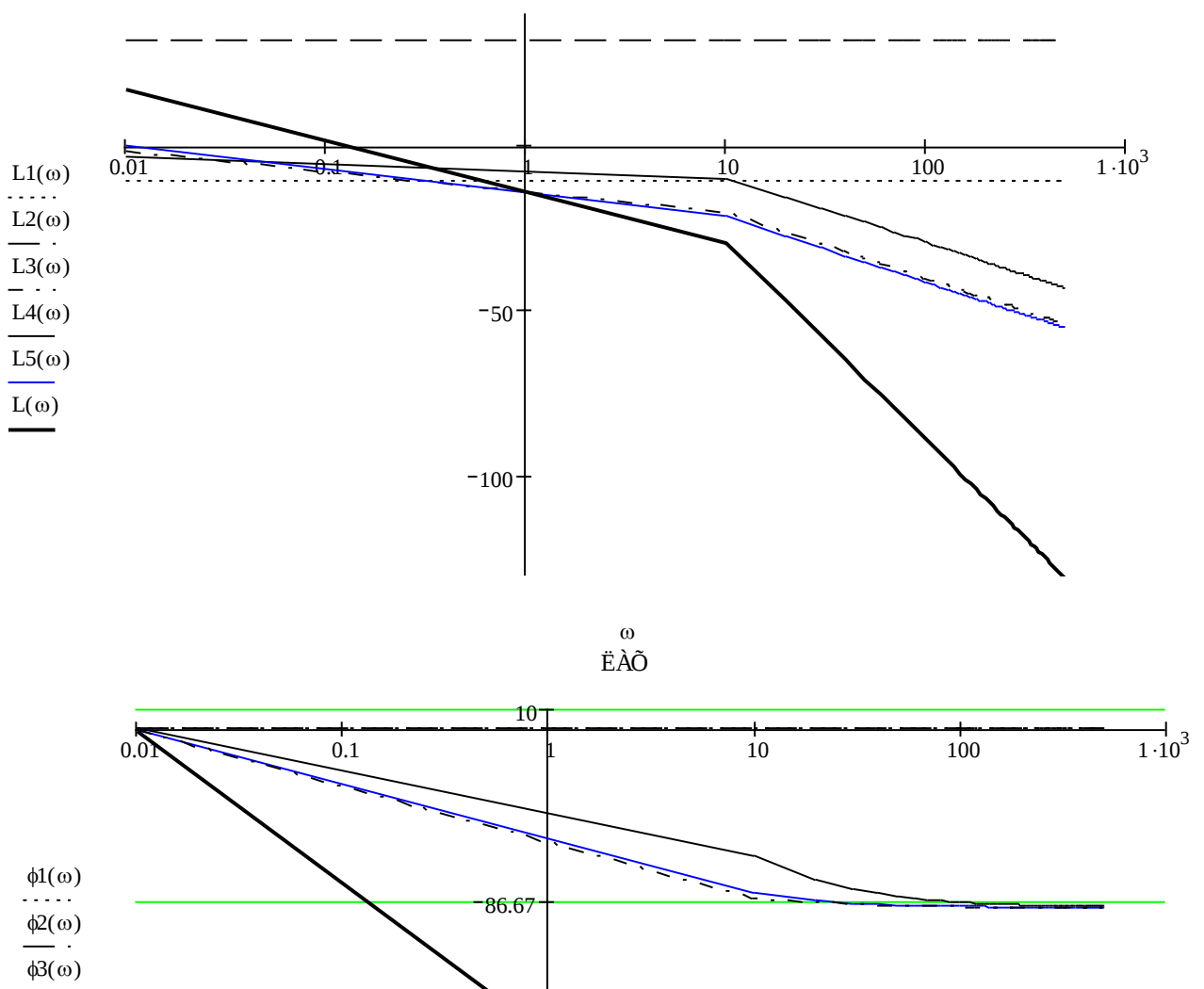


Рис. 4.5. Графіки ЛАХ і ЛФХ

Розрахуємо частоту зрізу :

$$\omega_{c3} = \frac{1}{T_3} = \frac{1}{0,8} = 1,25;$$

$$\omega_{c4} = \frac{1}{T_4} = \frac{1}{0,2} = 5;$$

$$\omega_{c5} = \frac{1}{T_5} = \frac{1}{1,15} = 0,87.$$

З графіків ЛАХ і ЛФК видно, що точка перетину ЛАХ з віссю абсцис лежить лівіше, де фазовий зсув досягає значення рівного  $-1800$  (на графіку це значення не зазначене). Значить система стійка.

#### 4.3. Оцінка САР методом одиничних трапецій і трикутників

В даній системі амплітудно-фазова характеристика за збуренням має вигляд:

$$W_f(p) = \frac{0,04 \cdot p^4 + 0,468 \cdot p^3 + 1,905 \cdot p^2 + 2,835 \cdot p + 1,05}{0,04 \cdot p^5 + 0,55 \cdot p^4 + 2,454 \cdot p^3 + 6 \cdot p^2 + 12,57 \cdot p + 7,72}$$

Зробивши підстановку  $p = j\omega$ , дістанемо дійсну і уявну частину. Ми будемо використовувати дійсну частотну характеристики, яка має вигляд:

$$Af(w) := \frac{(4 \cdot 10^{-2} \cdot w^4 - 1,905 \cdot w^2 + 1,05) \cdot (0,55 \cdot w^4 - 6 \cdot w^2 + 7,72)}{(0,55 \cdot w^4 - 6 \cdot w^2 + 7,72)^2 + (4 \cdot 10^{-2} \cdot w^5 - 2,454 \cdot w^3 + 12,57 \cdot w)^2} - \frac{(0,468 \cdot w^3 + 2,835 \cdot w) \cdot (-4 \cdot 10^{-2} \cdot w^3 + 2,454 \cdot w^3 + 12,57 \cdot w)}{(0,55 \cdot w^4 - 6 \cdot w^2 + 7,72)^2 + (4 \cdot 10^{-2} \cdot w^5 - 2,454 \cdot w^3 + 12,57 \cdot w)^2}$$

За результатами побудуємо характеристику (рис. 4.6):

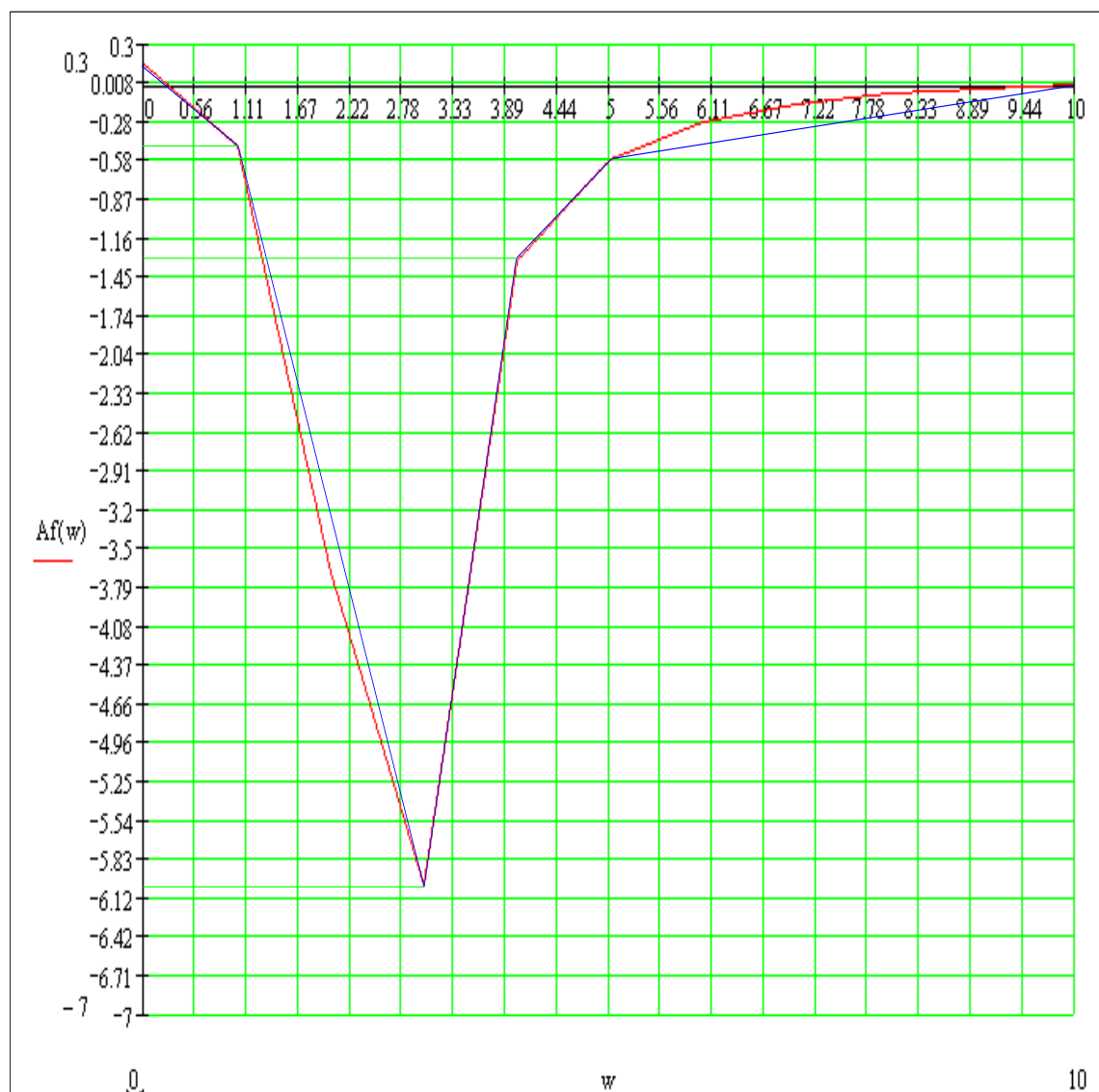


Рис. 4.6. Амплітудно-фазова характеристика за збуренням

На даному рисунку показано п'ять еквівалентних фігур, якими апроксимується характеристика дійсної частини.

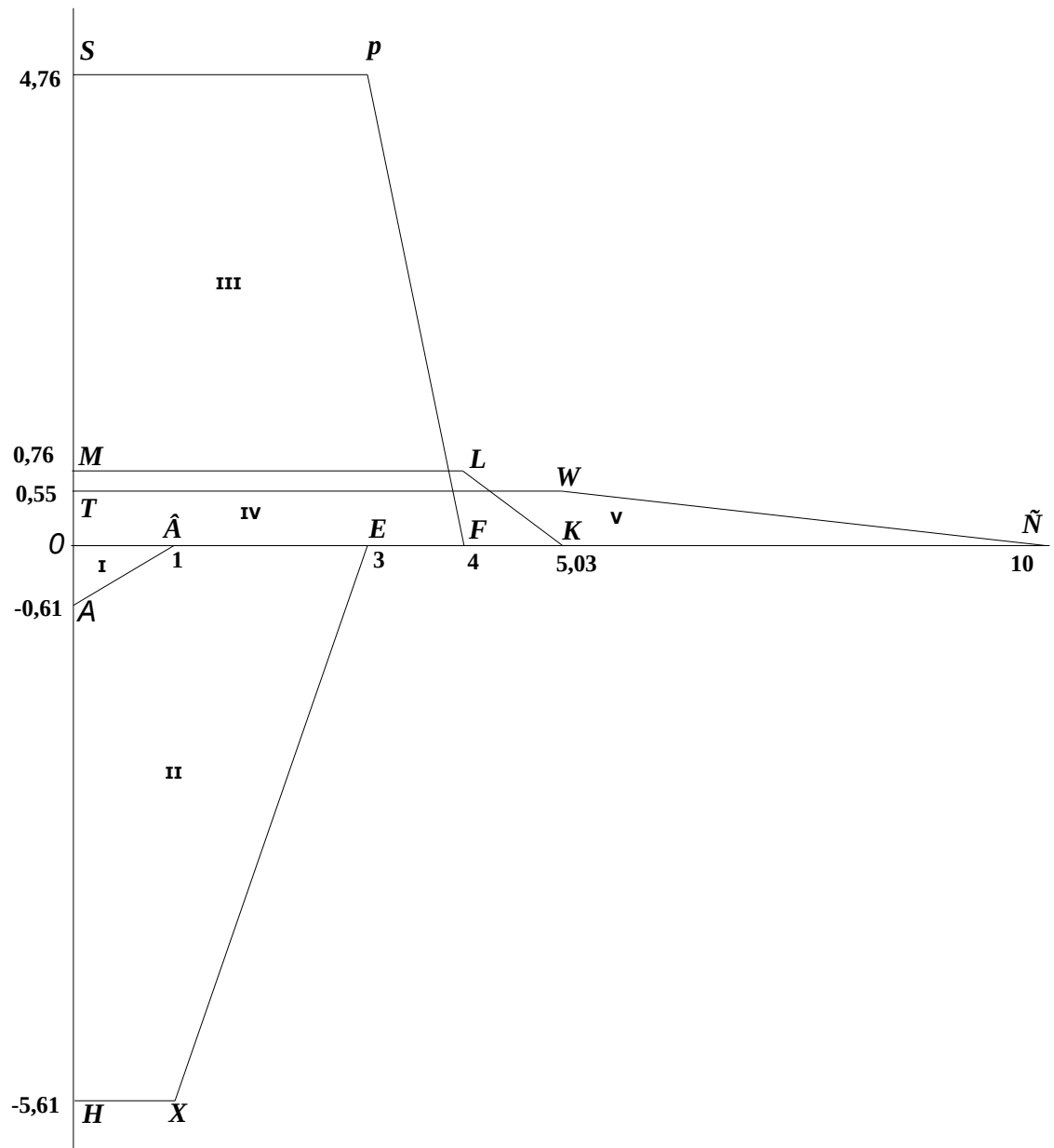


Рис. 4.7. Оцінка САР методом одиничних трапецій і трикутників

Параметри фігур:

- фігура N1 - трикутник  $OAB$ :  $H_{1p} = -0,61$ ,  $\omega_{OBp} = 1$ ,
- фігура N2 - трапеція  $OHXE$ :  $H_{2p} = -5,61$ ,  $\omega_{HXp} = 1$ ,  $\omega_{OEp} = 3$ ,  $\nu_{2p} = 0,333$ ,
- фігура N3 - трапеція  $OFSP$ :  $H_{3p} = 4,76$ ,  $\omega_{SPp} = 3$ ,  $\omega_{OFp} = 4$ ,  $\nu_{3p} = 0,75$ ,
- фігура N4 - трапеція  $OKLM$ :  $H_{4p} = 0,76$ ,  $\omega_{LMp} = 4$ ,  $\omega_{OKp} = 5,03$ ,  $\nu_{4p} = 0,8$ .

- фігура N5 - трапеція *OCTW*:  $H_{5p} = 0,55$ ,  $\omega_{TWp} = 5,03$ ,  $\omega_{Ocp} = 10$ ,  $\nu_{5p} = 0,5$ ,

Побудуємо ординату для часу  $t_p = 1$  сек.

$$\tau_{N1} = \omega_{OBp} \cdot t_p = 1 \cdot 1 = 1;$$

$$\tau_{N2} = \omega_{OEp} \cdot t_p = 3 \cdot 1 = 3;$$

$$\tau_{N3} = \omega_{OFp} \cdot t_p = 4 \cdot 1 = 4;$$

$$\tau_{N4} = \omega_{OKp} \cdot t_p = 5,03 \cdot 1 = 5,03;$$

$$\tau_{N5} = \omega_{Ocp} \cdot t_p = 10 \cdot 1 = 10.$$

За даними таблиць  $h$ -функцій по відповідних значеннях  $\tau$  і  $\nu$  (для трапецій) і величині  $\tau_{N1}$  (для трикутника) знайдемо значення  $h$ -функцій для фігур  $N1, N2, N3, N4, N5$ :

$$h(t)_{N1} = 0,31; \quad h(t)_{N2} = 0,98; \quad h(t)_{N3} = 1,16; \quad h(t)_{N4} = 1,05; \quad h(t)_{N5} = 0,98.$$

Згідно значення  $h(t)$ , дістанемо ординати  $x_i(t_p)$  відповідних фігур:

$$x_1(t_p) = h(t)_{N1} H_{1p} = 0,31 \cdot (-0,61) = -0,349;$$

$$x_2(t_p) = h(t)_{N2} H_{2p} = 0,98 \cdot (-5,61) = -5,59;$$

$$x_3(t_p) = h(t)_{N3} H_{3p} = 1,16 \cdot 4,76 = 5,52;$$

$$x_4(t_p) = h(t)_{N4} H_{4p} = 1,05 \cdot 0,76 = 0,79;$$

$$x_5(t_p) = h(t)_{N5} H_{5p} = 0,98 \cdot 0,55 = 0,541;.$$

Апроксимація кривої розгону сушильної камери як об'єкту регулювання температури послідовним з'єднанням трьох аперіодичних ланок та однієї ланки запізнення дає задовільні результати. Максимальна похибка при апроксимації експериментальної кривої розгону становить 2.96%.

Отримані значення настроювальних параметрів ПІ-регулятора забезпечують задану стійкість АСР та задані показники якості перехідного процесу.

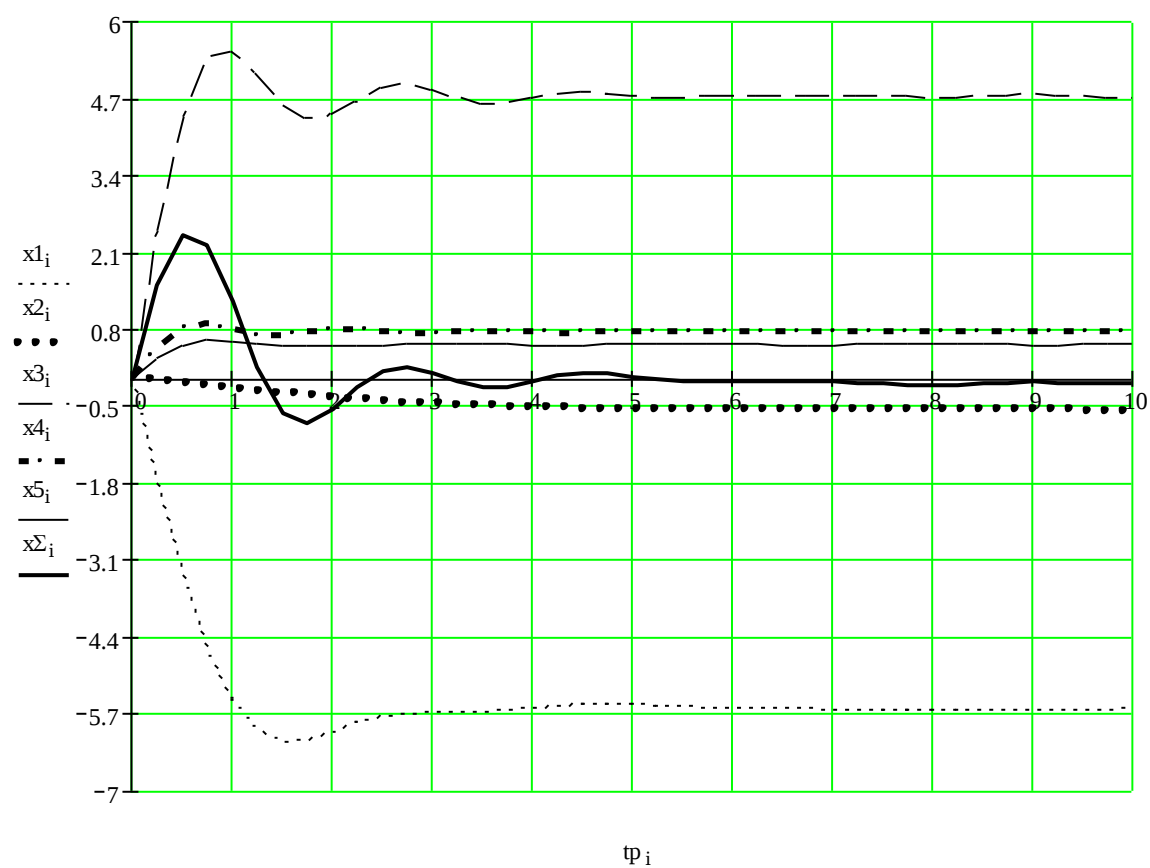


Рис. 4.8. Характеристика переходного процессу

## 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1. Розробка приладу індикації рівня конденсату

В даному розділі розглянемо прилад, що сигналізує рівень конденсату в корпусі підігрівачів - індикатор рівня рідких середовищ. Індикатор рівня рідких середовищ типу ВС340Е виконується в кліматичному виконанні УХЛ по ГОСТ 15150-69. Ступінь захисту відповідає IP51 по ГОСТ 14254-80. Деталі індикатора рівня, що дотикаються до контрольованого середовища, виконані з корозостійкого сплаву 12Х18НІОТ. Індикатор рівня має вибухозахист виду ІЕХІІВТ4 по ГОСТ 12.2.020-76 та може використовуватись у вибухобезпечних зонах згідно ПУЕ. Працює з температурами порядку 200 °С .

Індикатор рівня - моноблочний прилад, конструктивно виконаний з камертонного перетворювача та електронної схеми на друкованій платі в одному корпусі (рис. 5.1). Принцип дії приладу базується на роботі п'єзореzonансного камертонного датчика з п'єзоперетворювачем на поверхневих акустичних хвилях, включеного в схему автогенератора та працюючого на резонансній частоті біля 80 Гц.

Електрична принципова схема індикатору рівня складається (рис. 5.2):

З автогенератора на транзисторах VT1 і VT2, п'єзоперетворювача (21, 22, 23), детектора VD1, потужного операційного підсилювача DA, навантаженого потужним оптоелектронним тиристором U та джерела живлення (трансформатор Т, випрямляючий міст VD3, VD2, та ін).

Автогенератор являє собою підсилювач змінної папруги, в зворотній ланці якого включений п'єзоперетворювач на п'єзокристалах Z1, Z2, Z3.

Індикатор рівня працює наступним чином. При відсутності рідини в контрольованій ємності пластини п'єзореzonансного камертонного датчика та, внаслідок цього, автогенератор на транзисторах VT1 та VT2 знаходяться в збудженому стані.



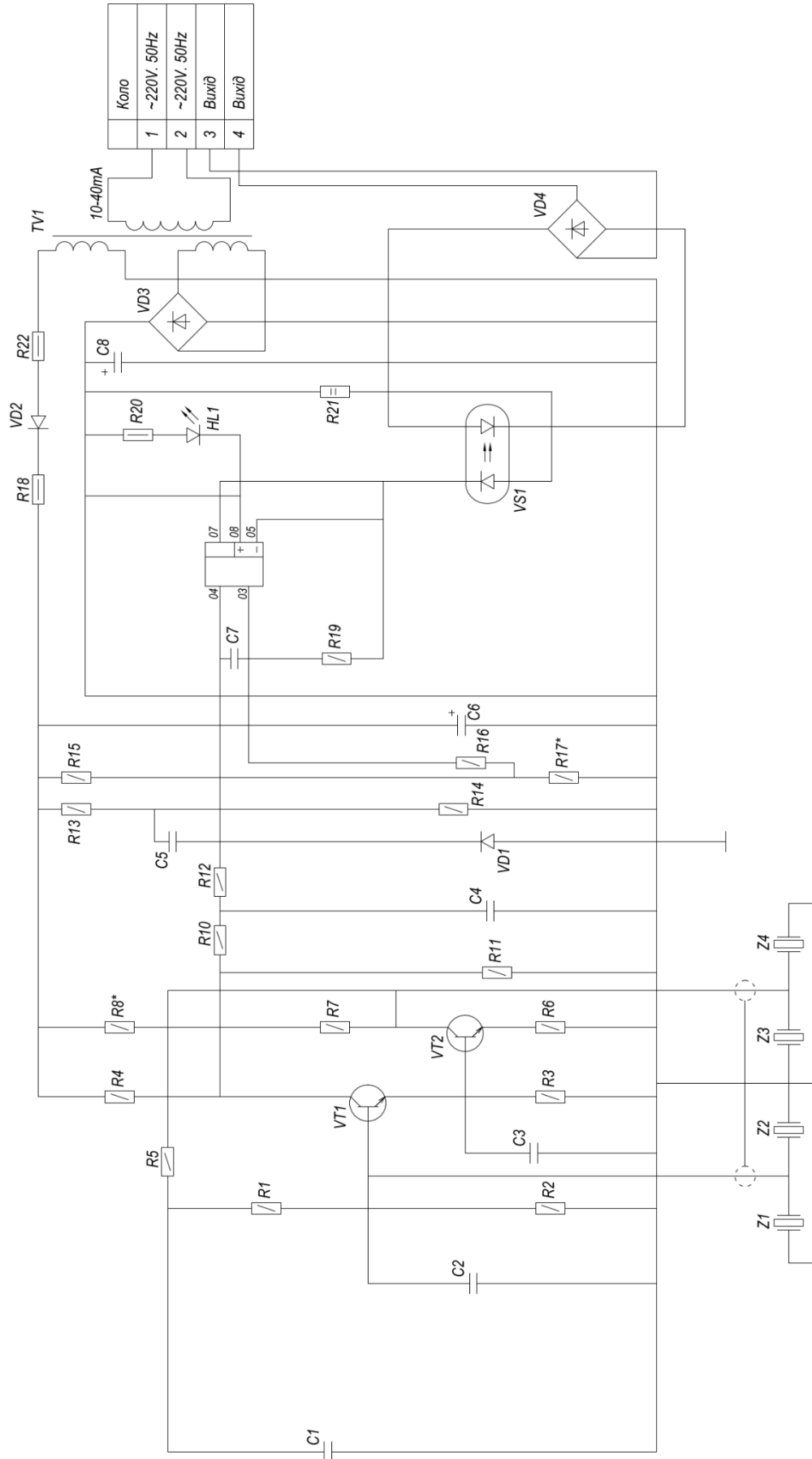


Рис. 3.3. Електрична принципова схема індикатора рівня

Сигнал автогенератора амплітудою біля 15 В знімається з колектора транзистора VT1 та через RC-ланки (R10, R12, C4) та детектор VD1 надходять на вхід 8 або 9 операційного підсилювача DA в залежності від варіанту встановлених переминок. Якщо перемички встановлені в положенні 7-8, 6-9, то на виході операційного підсилювача сигнал рівний значенню напруги живлення. Отже, струм у вхідній ланці оптронного тиристора відсутній - індикатор рівня знаходиться у початковому стані. При досягненні рідиною в ємності контрольованого рівня, пластини п'єзореzonансного камертонного датчика торкаються рідини, добротність датчика різко зменшується та автогенератор припиняє виробляти імпульси напруги.

Внаслідок цього на колекторі транзистора VT1 встановлюється постійна напруга (15-20 В), яку визначають резистори R4, R11, R10, R12. При цьому на детекторі VD1 та, відповідно, вході 8 операційного підсилювача DA напруга приблизно в два рази підвищується, а на його виході 6 скачком, за рахунок додатнього зворотнього зв'язку, з'являється напруга, близька до нуля. Внаслідок цього з'являється струм в керівній ланці оптронного тиристора, силова ланка якого комутує підключене навантаження. Світлодіод HL1 при цьому сигналізує про досягнення рідиною контрольованого рівня. При зниженні рівня рідини, пластини датчика звільняються та через 2-3 с автогенератор збуджується. Прямокутні імпульси частотою біля 80 Гц та амплітудою 15-20 В надходять знову на детектор; далі як описано вище.

## **5.2. Обґрунтування вібраційного методу вимірювання рівня рідких середовищ**

Для рідких середовищ в якості вібраційних кінцевих вимикачів використовують вібруючі пристрої, в яких п'єзоелектричним способом збуджуються сильні механічні коливання в діапазоні резонансної частоти.

Істотною перевагою є те, що вібруюча система, завдяки високим механічним якостям, задовільняється досить малою потужністю збудження.

В якості матеріалу для п'єзоелектричного датчика використовують кварц, так як він має високі п'єзотричні та ізоляційні властивості, малу температурну залежність та дуже високий опір.

З монокристалу кварцу вирізають пластини таким чином, щоб найбільша площа була перпендикулярна кристалографічній вісі. При дії на пластину сили  $P$  по вісі  $X$ , на її межах виникає заряд, який залежить тільки від прикладеної сили  $P$  та не залежить від геометричних розмірів пластини:

$$Q_n = dP_x$$

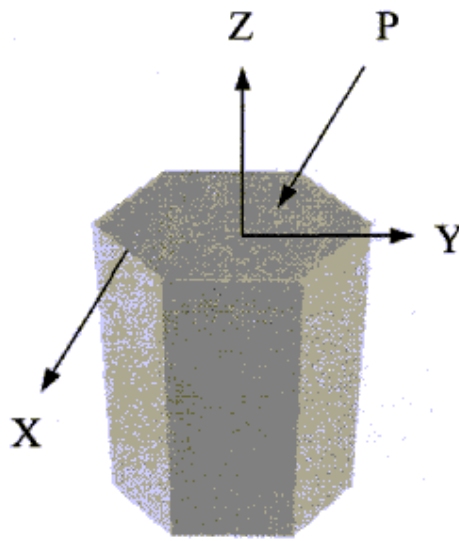


Рис. 5.3. Виріз пластини з монокристалу кварцю.

Виникає повздовжній п'єзоефект. Поперечний п'єзоефект одержується коли пластини зжимають силами  $P$  по механічній вісі  $Y$ . Тоді на межах виникає заряд, але протилежного знаку:

$$Q_n = -d \frac{l}{a} P_y$$

де  $l$  - довжина пластини,  $a$  - ширина.

З формули (7.2) видно, що  $Q_n$  залежить від відношення  $l/a$ , змінюючи яке в певних межах можна змінювати чутливість п'єзоперетворювача.

Конструктивно п'єзоелектричні датчики являють собою набір пластин, які механічно з'єднані послідовно, а електрично - паралельно.

Сумарний заряд знайдеться за формулою:

$$Q_{\Sigma} = nQ$$

де  $n$  - кількість пластин,  $Q$  - заряд, що виникає на пластині.

Істотною перевагою всіх п'єзоелектричних датчиків є їх безінерційність, а істотним недоліком - мала вихідна потужність. Тому для підсилення вихідної потужності використовують підсилювачі. Тому для підсилення вихідної напруги використовують підсилювачі. Так як ці датчики мають великий внутрішній вихідний опір, їх включають на вхід підсилювачів, що мають вхідний опір біля  $10^8$ - $10^{14}$  Ом. П'єзоелектричні датчики мають велику швидкодію та можуть використовуватись для швидкопротікаючих процесів.

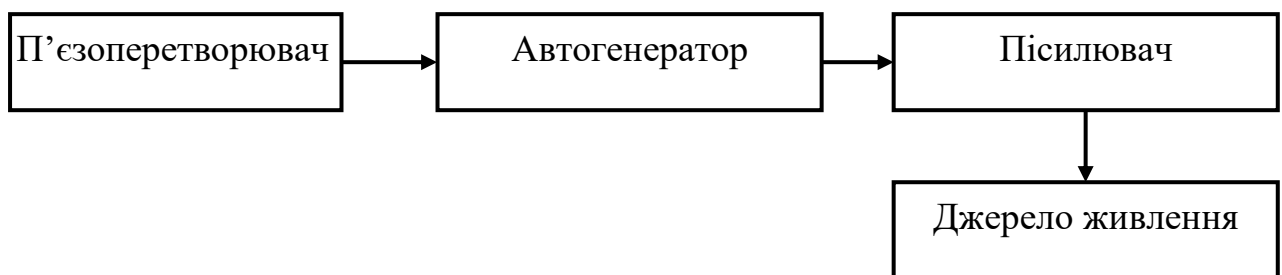


Рис. 5.4. Блок-схема індикатору рівня рідких середовищ

### 5.3. Розрахунок електричної схеми автогенератора

Розраховуємо автогенератор, який виконаний на трансформаторах VT1, VT2.

Автогенератор являє собою підсилювач змінної напруги, у зворотньому зв'язку якого ввімкнений п'єзоперетворювач на п'єзокристалах 21, 22, 23, 24.

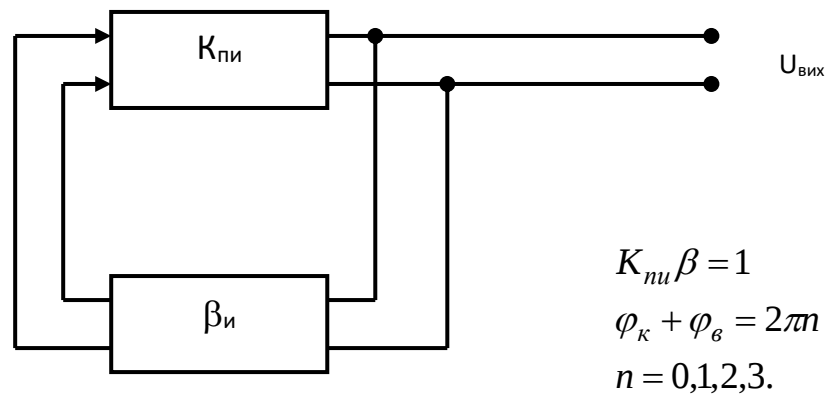


Рис. 5.5. Умова самозбудження генератору

Генератор формує імпульс прямокутної форми при надходженні короткочасного імпульсу запуску.

Розраховуємо підсилювач на VT1 і VT2: Вибираємо VT1 типу КТ3102Е, VT2 типу КТ940А. Вибираємо  $R1=1M$ ,  $R2=150K$ .

Конденсатор блокуючий C1: C2-23-0.2 ГВТ-1M±5%. Конденсатор блокуючий в колі бази C2: КС73-11-250В-0,01M±10%. Вибираємо  $R5=10M$ . В колі колектора приймемо:  $R4=2,2M$ .

В колі емітера приймемо:  $C3=0,1$ .

$R3=100K$ .

В колі колектора транзистору VT2 задамо:

$R8=18K_f$   $R7=100K$ .

В колі емітера:  $R6=82$ .

Розрахуємо RC- фільтр.

Виберемо  $R10=100K$ ,  $R12=100K$ .

Конденсатор  $C4=1,0$  типу C2-23-0,2ГВТ-1M±5%.

Задамо  $R11=150K$ ,  $C5=0,47$ .

Виберемо детектор VD1 типу КД521А, який створює обмежуючу дію.

Розрахуємо подільник, який задає поріг спрацювання схеми.

Задамо  $R_{15}=2,2\text{M}$ ,

$R_{16}=R_{10}+R_{12}=200\text{K}$

Задаємо напругу спрацювання:

$U_{\text{спр}}=12\text{ В}$ .

$U=310\text{ В}$ .

$U/(R_{15}+R_{17})R_{17}=U_{\text{спр}}$  Звідси знайдемо  $R_{17}$ .

$R_{17}= U_{\text{спр}} R_{15}/(U- U_{\text{спр}})=12\cdot 2,21000/(310-12)=88\text{K}$ .

Задаємо  $R_{13}=1\text{M}$ ,  $R_{14}=4,7\text{M}$ .

Вибираємо  $C_7=0,1$ .

$C_6=1,0$  типу C2-23-0,2ГВТ-1М $\pm 5\%$ .

$R_{19}=2,2\text{M}$ .

Виберем світлодіод HL1 типу ALC307K.

$U=29\text{В}$ ,  $I=10\text{Ма}$ ,  $U_d=2\text{В}$ .

## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **6.1. Аналіз потенційних небезпек на проектованому виробництві**

При варіанті встановлення перемичок в положенні 6-8, 7-9 індикатор рівня спрацьовує у зворотньому порядку: при відсутності рідини вихідна ланка оптронного тиристора замкнена, а при дотиканні- розімкнена.

Схема живлення індикатору рівня являє собою два джерела на 310 В та 29 В, складених за однополуперіодною та двохполуперіодною, відповідно, схемі випрямлення.

Вибухозахищеність індикатора рівня забезпечується вибухозахистом виду "вибухонепрониклива оболонка" по ГОСТ 22732.6-81. Вибухонепрониклива оболонка приладу, в яку вміщені його електричні частини, витримує тиск вибуху всередині неї та виключає передачу вибуху в оточуюче вибухонебезпечне середовище.

Міцність оболонки перевіряється випробуванням по ГОСТ 22782.0-81 та ГОСТ 22782.6-81. При цьому на підприємстві-виготовнику кожна оболонка піддається гідравлічним випробуванням надлишковим тиском 1,0 МПа протягом часу, необхідного для огляду, проте не менше 10 с.

Вибухонепроникливість оболонки індикатору рівня забезпечується використанням щільного вибухозахисту.

Вибухозахищені поверхні приладу захищені від корозії калмієвим покриттям з наступним нанесенням шару консистентної змазки ЦИАТИМ-203 ГОСТ 8773-73, механічні пошкодження не допускаються.

Вибухонепроникливість вводу кабеля досягається шляхом ущільнення його еластичним резиновим кільцем.

Температура найбільш нагрітих зовнішніх поверхней не перевищує 135 °С, що допускається по ГОСТ 22782.0-81 для електрообладнання температурного класу Т4.

Для запобігання самовідгвинчування кришки індикатору рівня, встановленій на різьбі, застосована контровочна проволока діаметром 1 мм, яка обвиває знизу кабельний ввід та проходить через спеціальний отвір діаметром 2 мм в кришці.

Вибухонепроникливе різьбове з'єднання вібратор - корпус після зборки закріплено пайкою в трьох точках.

На кришці індикатору рівня є маркування вибухозахисту 1EX11BT4 та попереджувачий надпис “Відкривати, відключивши з джерела”.

### **Розміщення та монтаж.**

1. Орієнтування пластин вібратору повинно бути таким, щоб переміщення контрольованого середовища було вздовж пластин.

2. При закінченні монтажу необхідно перевірити опір ізоляції електричних ланок з допомогою мегаометру на напругу 500 В:

- Між ланками живлення та корпусом індикатору рівня;
- Між сигнальними ланками та корпусом індикатору рівня.

Опір ізоляції повинен бути не менше 20 МОм. Опір заземлюючого пристрою повинен бути не більше 4 Ом.

### **Забезпечення вибухозахищеності при монтажі.**

1. Перед монтажем індикатор рівня повинен підлягати зовнішньому огляду:

- Маркування вибухозахисту та попереджувачий надпис;
- Відсутність пошкоджень оболонки;
- Наявність стопорних пристроїв;
- Наявність заземлюючих пристроїв.

2. При монтажі індикатору рівня необхідно перевірити стан вибухозахисних поверхневих деталей, що підлягають розбірці (механічні ушкодження не допускаються); при необхідності відновити на них антикорозійну змазку.

3. Деталі з різьбовим кріпленням повинні бути загвинчені на всю довжину та застопорені.

4. Монтаж індикатору рівня повинен здійснюватись кабелем круглої форми з заповненням між жилами, що підводиться в трубі (застосування кабеля з поліетиленовою ізоляцією та в поліетиленовій оболонці не допускається). Діаметр кабеля повинен відповідати маркуванню ущільнюючого кільця для нього. Ущільнення кабеля повинно бути виконано самим щільним чином, так як від цього залежить вибухонепроникливість ввідного пристрою.

5. Індикатор рівня повинен бути заземлений як з допомогою внутрішнього, так і наружного заземлюючих зажимів. Місце під'єднання наружного заземлюючого провідника повинно бути щільно захищене; необхідно запобігти корозії (після під'єднання заземлюючого провідника) від корозії шляхом нанесення шару консистентної змазки ЦИАТИМ-203 ГОСТ 8773-73.

6. По закінченні монтажу необхідно перевірити опір ізоляції електричних ланок та опір заземлюючого пристрою.

7. Деталі, що знімалися при монтажі, повинні бути встановлені на місце, при цьому звертається увага на наявність стопорних елементів та їх затяжку.

### **Забезпечення вибухозахищеності при експлуатації.**

1. Прийом індикатору рівня в експлуатацію після його монтажу, організація його експлуатації, виконання міроприємств з техніки безпеки повинні виконуватись у повній відповідності до правил "Електроустановки во взрывоопасных зонах" ПТЗ та ПТБ, глава 33.2.

2. При експлуатації індикатору рівня необхідно уважно слідкувати за станом засобів, що забезпечують вибухозахищеність індикатору рівня; вони повинні підлягати щомісячному та профілактичному огляду.

- цілісність оболонки (відсутність на ній вм'ятин, тріщин та інших пошкоджень);
- наявність стопорних пристроїв, пломб на них;
- болти повинні бути затягнуті, на них не повинно бути ржавчини).

4. Профілактичні огляди повинні виконуватись не рідше одного разу на рік. Під час профілактичного огляду повинні виконуватись всі роботи в обсязі місячного огляду, крім цього перевіряються:

- надійність ущільнення ввідного кабеля. Перевірку виконують на відключеному від мережі індикатору рівня. При перевірці кабель не повинен виштовхуватись або прокручуватись у вузлі ущільнення;

- якість вибухозахисних поверхонь деталей оболонки індикатору рівня, що підлягають розбірці. Механічні пошкодження вибухозахищених поверхонь не допускаються;

- параметри вибухозахисту (де можливо). Відхилення не допускаються.

#### **Технічні дані індикатору рівня.**

- Резонансна частота вібратора  $80 \pm 2$  Гц.
- Максимальний боковий момент на вібраторі 60 Нм.
- Час виходу на номінальний режим при вільних пластинах вібратора не більше 7 с.

- Час виходу на номінальний режим роботи при занурених пластинах вібратора не більше 2 с.

- Напруга живлення мережі  $220 \pm 10$  %.
- Частота живлячої мережі  $50 \pm 1$  Гц.
- Вживана потужність, не більше 10 Вт.
- Габаритні розміри не більше 475x210 мм.
- Маса не більше 4,5 кг.
- Максимальний комутований струм навантаження 1 А (при напрузі 220 В).

- Виконання по захищеності від впливу оточуючого середовища по ГОСТ 12997-84 вибухозахищене.

- Маркування вибухозахисту по ГОСТ 12.2.020-76 1EX11BT4.
- Виконання по стійкості до механічних впливів по ГОСТ 12997-84 вібростійке.

- Ступінь захисту по ГОСТ 14254-80 IP51.

- Кліматичне виконання по ГОСТ 15150-69 УХЛ3.1.

- Матеріали деталей, що доторкаються до контрольованого середовища 12Х18Н10Т.

- Клас по способу захисту від поразки електричним струмом по ГОСТ 12.2.007-75 1.

Огляд методу вимірювання рівня. Кінцеві вимикачі з вібруючим чутливим елементом (коливною вилкою).

В якості вібраційних кінцевиків застосовують переважно вібруючі, схожі до камертону пристрої, в яких п'єзOMETричним способом збуджуються сильні механічні коливання в діапазоні резонансної частоти.

Для збудження механічних коливань використовується п'єзOMETричний ефект, який дозволяє досягти високих частот, які є в діапазоні мегагерц. Цей ефект є заснований на деформації певних кристалів, яка відбувається при прикладанні до певної поверхні кристалу електричної напруги.

## **6.2. Заходи, які забезпечують створення оптимальних метеорологічних умов на дільниці технологічного процесу**

Суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність здійснює мікроклімат виробничого приміщення дільниці фільтрування, під яким розуміють клімат внутрішнього середовища цього приміщення, що визначається дією на організм людини сукупністю температури, вологості, руху повітря та теплового випромінювання нагрітих поверхонь. Мікроклімат характеризується значною динамічністю і залежить від коливань зовнішніх метеорологічних умов, часу доби та пори року, теплофізичних особливостей технологічного процесу очистки, умов опалення та вентиляції. Він в основному впливає на тепловий стан організму людини та її теплообмін з навколишнім середовищем.

На сьогодні основним нормативним документом, що визначає параметри мікроклімату виробничого приміщення є ГОСТ 12.1.005-88. Вказані параметри нормуються для робочої зони – простору, обмеженого на висоті 2 м над рівнем підлоги чи майданчика, на якому знаходяться робочі місця працівників.

Оптимальними (комфортними) вважаються такі умови праці, за котрих має місце найвища працездатність і хороше самопочуття. Допустимі мікрокліматичні умови передбачають можливість напруженої роботи механізму терморегуляції, що не виходить за межі можливостей організму, а також дискомфортні відчуття.

Згідно з ГОСТ 12.1.005-88 „Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони”, оптимальними нормами температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні дільниці при категорії робіт середньої важкості Па, Пб є такі:

- в холодну пору року: температура 18-20 °С, відносна вологість 60-40%, швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с.

- в теплу пору року: температура 21-23 °С, відносна вологість 60-40% швидкість руху повітря не більше 0,3 м/с.

Створення оптимальних метеорологічних умов можна вирішити наступними заходами та засобами:

Удосконалення технологічних процесів та устаткування. Впровадження нових технологій та обладнання, які не пов'язані з необхідністю проведення робіт в умовах інтенсивного нагріву дасть можливість зменшити виділення тепла у виробничі приміщення. Раціональне розміщення технологічного устаткування. Основні джерела теплоти бажано розміщувати безпосередньо під аераційним ліхтарем, біля зовнішніх стін будівлі і в один ряд на такій відстані один від одного, щоб теплові потоки від них не перехрещувались на робочих місцях.

Автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами. Цей захід дозволяє в багатьох випадках вивести людину із виробничих зон, де діють несприятливі фактори.

Раціональна вентиляція, опалення та кондиціонування повітря. Вони є найбільш розповсюдженими способами нормалізації мікроклімату у виробничих приміщеннях. Так зване повітряне та водоповітряне душення широко використовується у боротьбі з перегріванням робітників в гарячих цехах.

Забезпечити нормальні теплові умови в холодний період року в надтогабаритних та полегшених промислових будівлях дуже важко і економічно недоцільно. Найбільш раціональним варіантом в цьому випадку є застосування променистого нагрівання постійних робочих місць та окремих ділянок. Захист від протягів досягається шляхом щільного закривання вікон, дверей та інших отворів, а також влаштуванням повітряних і повітряно-теплових завіс на дверях і воротах.

Раціоналізація режимів праці та відпочинку досягається скороченням тривалості робочої зміни, введенням додаткових перерв, створенням умов для ефективного відпочинку в приміщеннях з нормальними метеорологічними умовами. Якщо організувати окреме приміщення важко, то в гарячих цехах створюють зони відпочинку — охолоджувальні альтанки, де засобами вентиляції забезпечують нормальні температурні умови.

Застосування теплоізоляції устаткування та захисних екранів. В якості теплоізоляційних матеріалів широко використовуються: азбест, азбоцемент, мінеральна вата, склотканина, керамзит, пінопласт.

Використання засобів індивідуального захисту. Важливе значення для профілактики перегрівання мають індивідуальні засоби захисту. Спецодяг повинен бути повітро- та вологопроникним (бавовняним, з льону, грубововняного сукна), мати зручний покрій.

Для роботи в екстремальних умовах застосовуються спеціальні костюми з підвищеною теплосвітловіддачею. Для захисту голови від випромінювання застосовують дюралеві, фіброві каски, повстяні капелюхи; для захисту очей — окуляри — темні або з прозорим шаром металу, маски з відкидним екраном. Захист від дії зниженої температури досягається використанням теплового спецодягу.

### **6.3. Електромагнітний імпульс ядерного вибуху і захист від нього радіоелектронних засобів**

На початку 90-х років у США стала зароджуватися концепція, відповідно до якої збройні сили країни повинні мати не тільки ядерні і звичайні озброєння, але і спеціальні засоби, що забезпечують ефективну участь у локальних конфліктах без нанесення супротивнику зайвих втрат у живій силі і матеріальних цінностях.

До цієї спеціальної зброї американські військові фахівці в першу чергу відносять:

- засоби створення електромагнітного імпульсу (ЕМІ);
- генератори інфразвуку;
- хімічні склади і біологічні рецептури, здатні змінювати структуру базових матеріалів основних елементів бойової техніки;
- речовини, що виводять з ладу змащення і гумові вироби;
- лазери.

Найбільш близькі до прийняття на озброєння різні типи лазерів для осліплення особового складу, хімічні засоби для його знерухомилення, генератори ЕМІ, що негативно впливають на роботу електронної техніки.

Генератори ЕМІ (супер ЕМІ), як показують теоретичні роботи і проведені за кордоном експерименти, можна ефективно використовувати для виводу з ладу електронної й електротехнічної апаратури, для стирання інформації в банках даних і псування ЕОМ.

За допомогою ЗНСД на основі генераторів ЕМІ можливий вивід з ладу ЕОМ, ключових радіо й електротехнічних засобів, систем електронного запалювання й інших автомобільних агрегатів, чи підірвавши інактивація мінних полів. Вплив цієї зброї досить вибірково і політично цілком прийнятний, однак потрібна точна доставка його в райони поразення.

Незважаючи на визнання військово-політичним керівництвом США і НАТО неможливості перемоги в ядерній війні, різні аспекти вражаючого дії ядерної зброї продовжують широко обговорюватися. Так, в одному з розглянутих іноземними фахівцями сценаріїв початкового періоду ядерної війни особливе місце приділяється потенційної можливості висновку з ладу радіоелектронної техніки в результаті впливу на неї ЕМІ.

Вважається, що підірвавши на висоті близько 400 км тільки одних боєприпасів потужністю більш 10 Мт приведе до такого порушення функціонування радіоелектронних засобів у великому районі, при якому час їхнього відновлення перевищить припустимі терміни для вживання відповідних заходів. По розрахунках американських експертів, оптимальною точкою підризу ядерних боєприпасів для поразки ЕМІ радіоелектронних засобів майже на всій території США була би точка в космосі з епіцентром у районі географічного центра країни, що знаходиться в штаті Небраска.

Теоретичні дослідження і результати фізичних експериментів показують, що ЕМІ ядерного вибуху може привести не тільки до виходу з ладу напівпровідникових електронних пристроїв, але і до руйнування металевих провідників кабелів наземних споруд. Крім того, можлива поразка апаратури, що знаходяться на низьких орбітах.

Для генерації ЕМІ ядерні боєприпаси можуть підриватися в космічному просторі, що не приводить до виникнення ударної хвилі і випаданню радіоактивних опадів. Тому в закордонній пресі виголошуються наступні думки про "неядерний характер" такого бойового застосування ядерної зброї і про те, що удар з використанням ЕМІ не обов'язково приведе до загальної ядерної війни.

Небезпека цих заяв очевидна, тому що одночасно деякі закордонні фахівці не виключають можливість масової поразки за допомогою ЕМІ і живої сили. У всякому разі цілком очевидно, що наводимі під впливом ЕМІ в металевих елементах техніки струми і напруги будуть смертельно небезпечні для особового складу.

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі була розроблена система автоматизованого керування технологічним процесом регенеративного підігріву води. Впровадження автоматизованої системи управління для даного процесу дозволяє підвищити якість і ефективність процесу, зменшити витрати на сировину та електроенергію.

Під час виконання кваліфікаційної роботи розроблена функціональна схема автоматизації підігрівників високого тиску (ПВТ) та підігрівників низького тиску (ПНТ). Особлива увага приділяється охороні праці та безпеці при роботі з ПВТ та ПНТ.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Микитишин А.Г. Методичні рекомендації з виконання, оформлення та захисту кваліфікаційних робіт магістрів спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / ТНТУ ім. І. Пулюя; уклад. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, В.В. Левицький, Р.І. Королук – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 84 с.
2. Атомні і теплові електричні станції: Курс лекцій [Електронний ресурс] /О.Ю. Черноусенко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 323 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 31.01.2020 р.) за поданням Вченої ради теплоенергетичного факультету (протокол № 7 від 27.01.2020 р.)
3. Й.С. Мисак, Я.Ф. Івасик, П.О. Гут, Н.М. Лашковська. Об'єкти теплових електричних станцій. Режим роботи та експлуатації.-Львів: НУ «Львівська політехніка», 2007.-256с.
4. Сукач, Р. Ю., and М. М. Р. Мних. "Автоматичні системи безпеки на АЕС України.", Національний університет цивільного захисту України. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених “Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту”. ст. 202, м. Харків 2019 р, 2019.
5. Гічов Ю.О. Теплові електростанції і проблеми перетворення енергії. Частина І: Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2017. – 59 с
6. Конспект лекцій з дисципліни «Теплові електричні станції» для студентів за напрямом 6.050601 – Теплоенергетика заочної форми навчання / Укл. Глущенко О.Л., – Дніпродзержинськ:ДДТУ, 2012 – 126 с.
7. Опис постановок задач АСР і блокувань турбінного відділення в частині розробки ЗАТ «ТЕХЕНЕРГО». Львів, 2003. 50 с.
8. Hunt S., Making Competition Work in electricity. NY: John Wiley & Sons, Inc., 2002, 450 p. ISBN-10 0471220981.

9. Енергетична стратегія України на період до 2030 року // Спец. випуск інформаційноаналітичного бюлетеня. 23 березня 2006 р. – К.: Відомості Мінпаливенерго України. – 2006. – 144 с.
10. Плачкова, С. Г. Енергетика. Історія, сучасне і майбутнє. Книга 3. Розвиток теплоенергетики і гідроенергетики / С. Г. Плачкова // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3>
11. Теплова енергетика - нові виклики часу / за заг. ред. П. Омеляновського, Й. Мисака; [упоряд. А. Акімов]. - Л: Українські технології, 2009. - 658 с. - ISBN 978-966-345-194-7.
12. Integrated Pollution Prevention and Control Reference / Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants / Directive 2010/75/EU of European Commission, July 2006, 618 p.
13. CHP Technology. A detailed guide for CHP developers – Part 2. Crown copyright 2008. Department of Energy & Climate Change. – 64 p. – [Електронний ресурс]. –
14. Ладанюк, А.П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості [Текст] : підручник для вузів I-IV рівнів акред. із спец. "Харчова технологія та інженерія" / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. - К. : Аграрна освіта, 2001. - 224 с. - ISBN 966-95661-2-6
15. І.Т. Стрепко, О.В. Тимченко, Б.В. Дурняк. Проектування систем керування на однокристальних мікро-ЕОМ. – К.: Фенікс, 1998.
16. Навчальний посібник «ТЕХНОЕКОЛОГІЯ ТА ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА. ЧАСТИНА «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»» / автор-укладач В.С. Стручок – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.
17. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» / В.С. Стручок – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.
18. Вовк Ю. Я. Охорона праці в галузі. Навчальний посібник / Ю. Я. Вовк, І. П. Вовк – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А. – 2015. – 172 с.