

Навчально-науковий інститут Автоматики та Електромеханіки

Кафедра Електричної Інженерії та Електроніки

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА**

на тему:

**Модернізація системи управління допоміжним котлом
контейнеровозу**

Виконав: курсант 6-го курсу, групи 3601
спеціальності 271

«Морський та внутрішній водний
транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

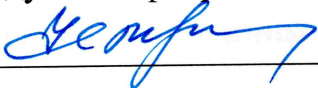
Артюх Владислав Олексійович

(підпис, прізвище та ініціали)

Допущений до захисту 15.12.2023

(дата малого захисту)

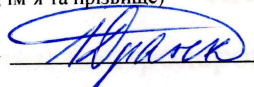
завідувач кафедри ЕІ та Е



Микола Муха

(підпис, ім'я та прізвище)

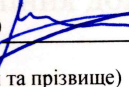
Керівник



Алла Дранкова

(підпис, ім'я та прізвище)

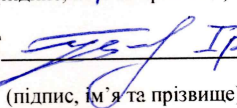
Нормоконтролер



Ігор Малявін

(підпис, ім'я та прізвище)

Рецензент



Ірина Гвоздева

(підпис, ім'я та прізвище)

Одеса 2023

Національний Університет «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕІ та Е

 Микола Муха
« 01 » 11 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу магістра

Артюха Владислава Олексійовича

Тема магістерської роботи

1. «Модернізація системи управління допоміжним котлом контейнеровозу» затверджена наказом ректора академії від 12 грудня 2023 року №2003.
 2. Термін здачі курсантом закінченої роботи до 22.12.2023 р.
 3. Вихідні дані: технічна документація контейнеровозу місткістю 6800 TEU.
 4. Змістовна частина розділів дипломної роботи освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» спеціальності 271 «Морський та внутрішній водний транспорт»:
 - 4.1 Загальні характеристики суднового допоміжного котла.
 - 4.2 Електричні схеми та системи управління допоміжним котлом.
 - 4.3 Розробка схем та алгоритмів налаштування системи управління допоміжним котлом з програмованим логічним контролером.
 - 4.4 Впровадження заходів безпеки в систему управління допоміжним котлом.
- Дата видачі завдання: 07.03.2023 р.

Керівник  Алла Дранкова
(підпис) (ім'я та прізвище)

Завдання прийняв до виконання  Владислав Артюх
(підпис) (ім'я та прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
Аналітичний огляд науково-технічної літератури по темі дослідження. Обґрунтування теми дослідження, її актуальності.	07.03.23-09.09.23	виконано
Аналіз конфігурації системи управління судновим допоміжним котлом, а саме розробка детального опису проекту системи управління.	10.09.23-12.10.23	виконано
Аналіз та підбір компонентів привода системи управління судновим допоміжним котлом. Схемна реалізація підключення компонентів привода до програмованого логічного контролера.	13.10.23-01.11.23	виконано
Підготовка тез та виступ на XIII міжнародній науково-технічній конференції «СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ І АВТОМАТИКИ» (SEEA-UKR).	02.11.23-23.11.23	виконано
Формування дипломної роботи. Підготовка презентацій та плакатів.	24.11.23-15.12.23	виконано

ДІПЛОМНИК

(підпис)

Владислав Артюх
(ім'я та прізвище)

роботи

(підпис)

Алла Дранкова
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Актуальність теми. Сучасні системи керування, часто засновані на передових технологіях, таких як ПЛК та системи SCADA, дозволяють більш точно контролювати параметри котла. Це може призвести до підвищення ефективності використання палива та оптимізації споживання енергії, сприяючи економії коштів і екологічній стійкості.

Процес модернізації часто передбачає включення передових функцій автоматизації. Автоматизація може оптимізувати роботу, зменшити ручне втручання та підвищити загальну ефективність системи котла.

Оновлення системи керування дозволяє краще інтегруватись з іншими корабельними системами, створюючи більш згуртоване та взаємопов'язане судно. Ця інтеграція покращує зв'язок між різними компонентами, що призводить до покращеного загального керування судном.

Модернізація системи керування допоміжним котлом контейнеровоза є дуже актуальною та вигідною темою з кількох причин. З розвитком технологій інтеграція сучасних систем керування дає численні переваги, які можуть значно вплинути на ефективність, безпеку та сталість морських операцій.

Мета роботи. Мета роботи полягає у модернізації системи керування допоміжним котлом за допомогою модульного ПЛК та покращенню його експлуатаційних якостей.

Об'єкт дослідження: енергоефективність та точність в системі «Робота допоміжного котла без та з допомогою ПЛК».

Предмет дослідження: експлуатаційні якості допоміжного котла, точність та енергоефективність систем котла .

Методи, засоби: в роботі використані класичні методи теорії електричних кіл, чисельні методи математичного моделювання, а також методи теорії планування експерименту.

Робоча гіпотеза: підвищення енергоефективності допоміжного суднового котла завдяки використанню ПЛК модульного типу.

У роботі оглянули систему управління суднового допоміжного котла за допомогою модульного ПЛК.

Розглянуто судновий допоміжний котел та його система управління. Запропоновано впровадження ПЛК модульного типу у систему управління котлом для модернізації схемних рішень та вдосконалення режимів роботи системи управління.

Реалізація системи керування допоміжним котлом за допомогою модульного програмованого логічного контролера забезпечує численні переваги з точки зору гнучкості, налаштування та ефективного управління об'єктом керування.

Основні завдання дослідження:

- Опис загальних характеристик допоміжного котла;
- Опис електричних схем та систем керування допоміжним котлом;
- Розробка схем та алгоритмів керування допоміжним котлом за допомогою ПЛК;
- Впровадження заходів безпеки та контролю в систему керування;

Основні наукові результати магістерської роботи опубліковано в матеріалах XIII міжнародної науково-технічної конференції «СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ І АВТОМАТИКИ», яка проводилася у листопаді 2023 року: А.О. Дранкова, В.О. Артюх. Система управління судновим допоміжним котлом з використанням ПЛК модульного типу.

СУДНОВИЙ ДОПОМІЖНИЙ КОТЕЛ, ПРОГРАМОВАНІ ЛОГІЧНІ КОНТРОЛЕРИ, РЕЖИМИ РОБОТИ, СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ.

ABSTRACT

Actuality of theme. Modern control systems, often based on advanced technologies such as PLC and SCADA systems, allow more precise control of boiler parameters. This can lead to increased fuel efficiency and optimized energy consumption, contributing to cost savings and environmental sustainability.

The modernization process often involves the inclusion of advanced automation features. Automation can streamline operations, reduce manual intervention and increase overall boiler system efficiency.

The control system upgrade allows for better integration with other ship systems, creating a more cohesive and interconnected ship. This integration improves communication between various components, resulting in improved overall vessel handling.

Modernization of the control system of the auxiliary boiler of a container ship is a very relevant and profitable topic for several reasons. As technology advances, the integration of modern control systems provides numerous benefits that can significantly impact the efficiency, safety and sustainability of maritime operations.

The goal of the work. The purpose of the work is to modernize the control system of the auxiliary boiler using a modular PLC and improve its operational qualities.

Research object: energy efficiency and accuracy in the system "Operation of an auxiliary boiler without and with the help of a PLC".

The subject of research: operational qualities of an auxiliary boiler, accuracy and energy efficiency of boiler systems.

Methods, means: classical methods of the theory of electric circuits, numerical methods of mathematical modeling, as well as methods of the theory of experiment planning are used in the work.

Working hypothesis: increasing the energy efficiency of the auxiliary ship boiler due to the use of a modular PLC.

The work examined the control system of the ship's auxiliary boiler using a modular PLC.

The ship's auxiliary boiler and its control system are considered. It is proposed to introduce a modular PLC into the boiler control system to modernize circuit solutions and improve the operating modes of the control system.

Implementing an auxiliary boiler control system using a modular programmable logic controller provides numerous advantages in terms of flexibility, customization and efficient control of the control object.

The main tasks of the study:

- Description of the general characteristics of the auxiliary boiler;
- Description of electrical circuits and auxiliary boiler control systems;
- Development of schemes and algorithms for controlling the auxiliary boiler using a PLC;
- Implementation of security and control measures in the control system;

The main scientific results of the master's thesis were published in the materials of the 13th international scientific and technical conference "SHIP ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONICS AND AUTOMATICS", which was held in November 2023: A.O. Drankova, V.O. Artiukh The control system of the ship's auxiliary boiler using a modular PLC.

SHIP AUXILIARY BOILER, PROGRAMMED LOGIC CONTROLLERS, OPERATION MODES, CONTROL SYSTEM.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОПОМІЖНОГО КОТЛА.....	12
1.1 Технічні характеристики допоміжного котла фірми HYUNDAI.....	12
1.2 Опис функціональної схеми допоміжного котла та принцип його дії.....	13
2.ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОТЛОМ.....	16
2.1 Характеристика та зовнішній вигляд системи управління допоміжного котла RMS60/2A-ZMD.....	16
2.2 Опис роботи електричної схеми управління допоміжним котлом.....	18
3. РОЗРОБКА СХЕМ ТА АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ ДОПОМІЖНИМ КОТЛОМ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЛК.....	20
3. Вибір контролера та його впровадження в систему керування допоміжним котлом	20
3.2 Розробка алгоритму та програми автоматичної системи управління допоміжного котла.....	24
4. ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ...	34
4.1 Аналіз та впровадження заходів безпеки у систему управління котлом...	34
ВИСНОВКИ.....	37
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	38
Додаток А: Електрична схема управління допоміжного котла.....	40
Додаток Б: Перелік несправностей.....	46

ВСТУП

Сучасний контейнеровоз є складним багатофункціональним автономним замкненим механізмом, який потребує високих вимог до якості та надійності систем управління судна.

Технічні засоби, які дозволяють контейнеровозам ефективно працювати, самі по собі є складними системами взаємопов'язаних об'єктів, які вимагають чіткого та погодженого управління. Це пояснює складність завдань управління. Ефективне вирішення цих проблем можливе лише за допомогою найновіших методів і інструментів управління.

Засоби автоматизації на контейнеровозах вирішують такі завдання, як полегшення і підвищення продуктивності екіпажу, поліпшення експлуатаційних характеристик судна, збільшення періоду між ремонтами і профілактичними оглядами обладнання, зниження ймовірності небезпечних аварій за рахунок поліпшення контролю над роботою обладнання та автоматизацією процесу управління його роботою, швидким прийняттям рішень в аварійних ситуаціях, створенням передумов для вдосконалення форм організації роботи екіпажу, скорочення чисельності екіпажу та забезпечення охорони навколишнього середовища.

Тенденцією розвитку сучасного суднобудування є широке впровадження комп'ютерних технологій PLC, що дозволяють здійснювати комплексну автоматизацію судових технічних засобів. Сучасні комп'ютерні технології дозволяють застосовувати різноманітні технічні засоби збору, перетворення, передачі та відображення інформації, формування, передачі та реалізації керуючих впливів на технічні об'єкти. PLC технології відкривають перед розробниками судових систем керування безліч нових можливостей. Висока продуктивність PLC техніки у поєднанні з малими габаритами та вартістю дозволяють використовувати на судні інформаційні мережі як для моніторингу інформації про стан судових об'єктів, так і для управління ними в реальному часі. Такі керуючі PLC комплекси забезпечують нормальне протікання технологічних процесів у керованих об'єктах, підтримку безаварійного та безпечного їх функціонування та

дозволяють керувати рухом судна та всіма необхідними для цього технічними засобами без участі обслуговуючого персоналу.

Сучасні системи управління, які базуються на ПЛК-технологіях, можуть виконувати всі функції автоматичного управління, контролю, захисту та діагностування стану суднових технічних засобів за допомогою людини-оператора або без неї.

Впровадження програмних логічних контролерів (ПЛК) у систему керування допоміжним котлом контейнеровоза може принести ряд переваг та покращити ефективність роботи, безпеку та надійність системи котла.

ПЛК забезпечують високий рівень програмованості, дозволяючи розширені стратегії управління та автоматизації. Це може призвести до більш точного контролю параметрів котла, оптимізуючи економію палива та загальну продуктивність.

ПЛК можуть постійно контролювати різні параметри, такі як температура палива, тиск пару і рівень води, з високою точністю та швидкістю. Розширена діагностика в ПЛК може швидко виявити проблеми, дозволяючи проводити профілактичне обслуговування та скорочувати час простою.

ПЛК забезпечують гнучкість адаптації системи керування до мінливих робочих умов або змінних навантажень. Вони можуть динамічно регулювати параметри для оптимізації продуктивності в різних ситуаціях.

Таким чином, розробка систем управління допоміжним котлом з використанням сучасних ПЛК систем управління є актуальним інженерним завданням.

Процес модернізації часто передбачає включення передових функцій автоматизації. Автоматизація може оптимізувати роботу, зменшити ручне втручання та підвищити загальну ефективність системи котла.

Оновлення системи керування дозволяє краще інтегруватись з іншими корабельними системами, створюючи більш згуртоване та взаємопов'язане судно. Ця інтеграція покращує зв'язок між різними компонентами, що призводить до покращеного загального керування судном.

Модернізація системи керування допоміжним котлом контейнеровоза є дуже актуальною та вигідною темою з кількох причин. З розвитком технологій інтеграція сучасних систем керування дає численні переваги, які можуть значно вплинути на ефективність, безпеку та сталість морських операцій.

1 ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОПОМІЖНОГО КОТЛА

1.1 Технічні характеристики допоміжного котла фірми HYUNDAI

Виробник:	HYUNDAI HEAVY IND. CO., LTD
Класифікація:	GL
Тип:	RMS60/2A-ZMD
Виробництво пари:	6000 kg/h
Робочий тиск:	7,0 kg/sm ²
Температура газу на виході:	380~400 °C
Температура живильної води:	60 °C
Температура навколишнього середовища:	45 °C
Споживання палива:	464 kg/h
Споживання повітря:	(45 °C) 6737 M ³ /h

Допоміжний котел має додаткове устаткування, а саме:

- Датчик перепаду рівня (для рівня води)
- Датчик рівня (для високого/низького рівня води)
- Датчик перепаду тиску (для величини тиску)
- Датчик тиску (для високого/низького тиску)
- Термостат (для низької/високої температури палива на пальнику)
- Термостат (для попереднього нагрівача)
- Термостат (для бустерного насосу)
- Датчик тиску (для низького тиску нагнітаючого повітря)
- Датчик тиску (для низького тиску палива)
- Термостат (для температури палива в пальнику)
- Датчик зриву полум'я
- Датчик перенавантаження мотору пальника
- Датчик перегріву котла
- Датчик положення пальника

Загальний вигляд допоміжного котла RMS60/2A-ZMD зображено на рис.

1.1.

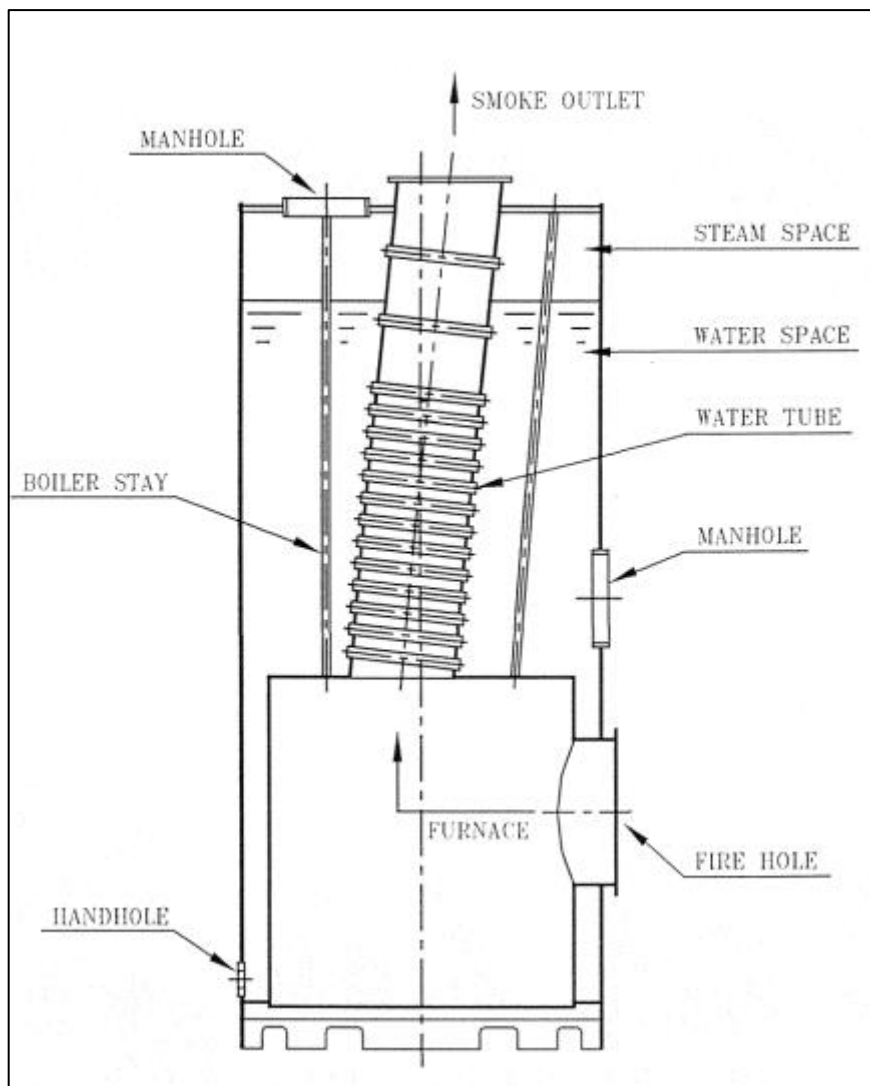


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд допоміжного котла

1.2 Опис функціональної схеми допоміжного котла та принцип його дії

На рисунку 1.2 зображена функціональна схема допоміжного котла RMS60/2A-ZMD та його основні частини.

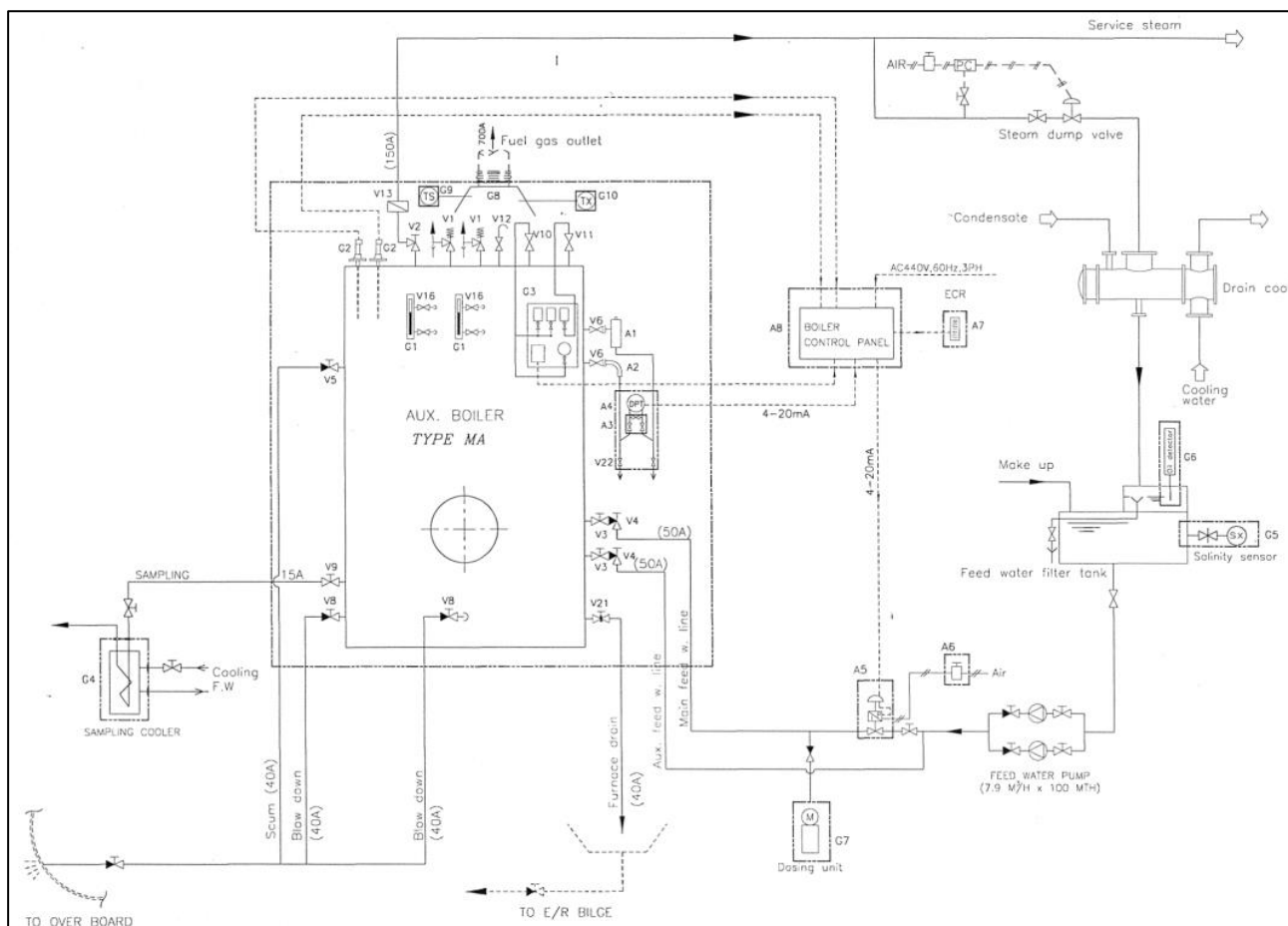


Рисунок 1.2 – Функціональна схема допоміжного котла RMS60/2A-ZMD

Водотрубний котел – це тип котла, який генерує пару або гарячу воду шляхом циркуляції води через труби, оточені гарячими газами, що утворюються при згорянні. Ця конструкція пропонує ряд переваг перед традиційними жаротрубними котлами, включаючи більш високу ефективність, кращу тепловіддачу та меншу площу.

Dosing unit служить для точного додавання хімічних речовин або агентів для обробки живильної води котла та контролю якості води, запобігання утворенню накипу, запобігання корозії і забезпечення ефективної та безпечної роботи котла. Система дозування допомагає підтримувати бажаний хімічний склад води в котлі, сприяючи загальному довговічності та продуктивності бойлерної системи.

Feed water filter tank — це компонент системи котла, призначений для фільтрації та очищення води перед її подачею в котел. Призначення резервуара для фільтра живильної води полягає у видаленні домішок, сміття та забруднюючих

речовин з води, запобігаючи їх потраплянню в котел і завдаючи шкоди або знижуючи ефективність.

Drain cooler — це пристрій, який використовується для охолодження та конденсації пари, яка випускається або відводиться із системи. Основне призначення охолоджувача парового дренажу – рекуперація тепла з пари, яке інакше було б втрачено в навколишнє середовище. Це відновлене тепло можна використовувати для різних цілей, наприклад для попереднього підігріву живильної води.

Sampling cooler — це пристрій, який використовується для охолодження та кондиціонування невеликого зразка гарячої пари або рідини перед його аналізом або випробуванням. Основне призначення пробоохолоджувача — знизити температуру зразка до рівня, придатного для аналізу чи вимірювання, не впливаючи на основний процес.

Boiler control panel – це централізований блок, який керує та регулює роботу котла. Панель управління є критично важливим компонентом для забезпечення безпечної, ефективної та надійної роботи котла. Він надає операторам інтерфейс користувача для моніторингу та керування різними аспектами роботи котла.

Висновок: Визначено основні характеристики, параметри та принципи їх взаємодії, що в подальшому допоможе більш чітко сформулювати розуміння про об'єкт керування.

2. ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОТЛОМ

2.1 Характеристика та зовнішній вигляд системи управління допоміжного котла RMS60/2A-ZMD

На рисунку 2.1 зображена панель керування допоміжним котлом RMS60/2A-ZMD.

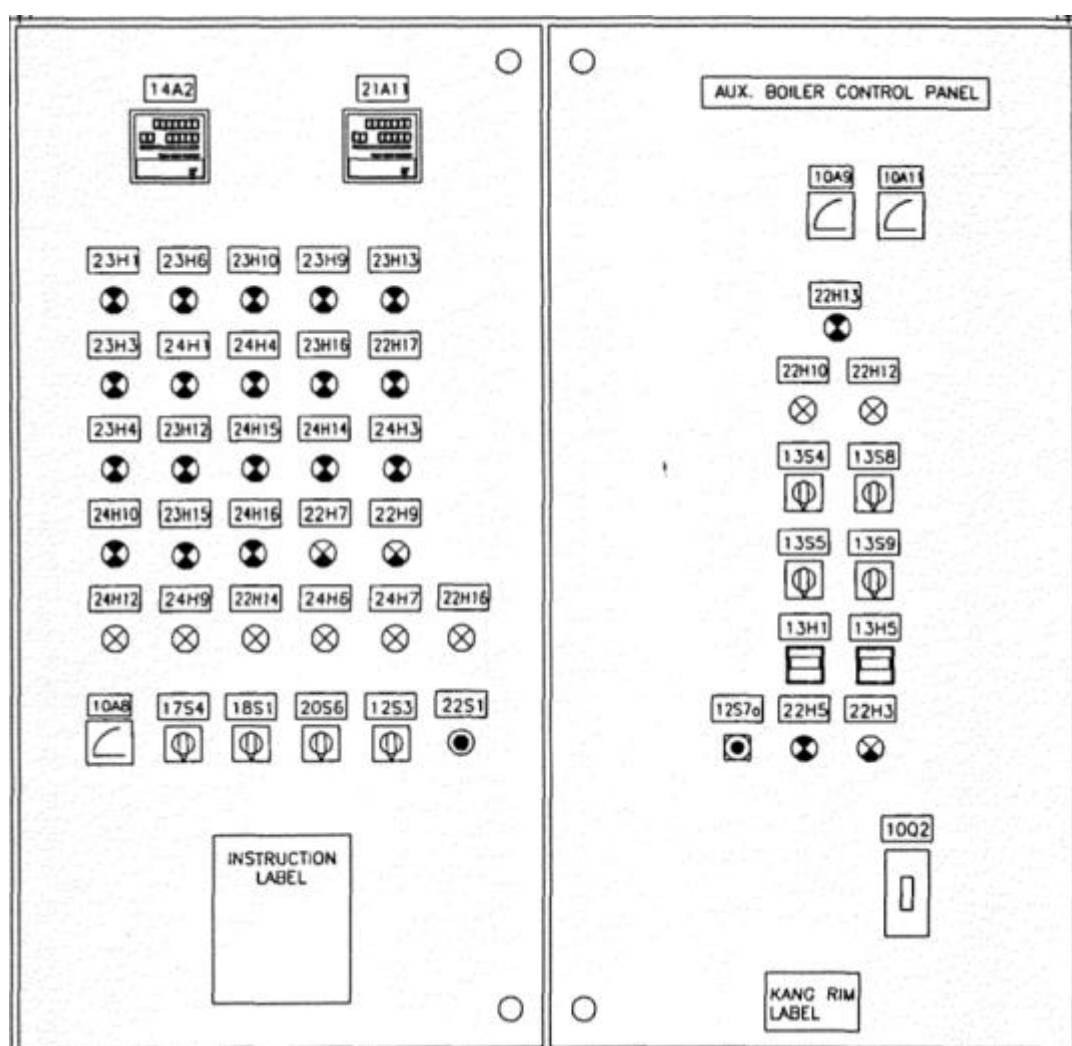


Рисунок 2.1 – панель керування допоміжним котлом RMS60/2A-ZMD.

Система управління допоміжного котла RMS60/2A-ZMD має наступні елементи:

- 1002: Основне джерело живлення (3x440V/60Hz);
- 22H10, 22H12: Паливо перекачувальний насос 1 та 2 (перемикач «stop», «off», «auto», «st-by»);
- 17H4: Пальник (перемикач «off», «on»);

- 18Н1: Режим роботи пальника (перемикач «auto», «off», «manual», «stop»);
- 14А2: Регулятор рівня води;
- 21А11: Регулятор навантаження пальника;
- 10А8: Амперметр для двигуна пальника;
- 10А9, 10А11: Амперметр для насосу перекачування палива 1 та 2;
- 13Н1, 13Н5: Лічильник мото-години для насосу перекачування палива 1 та 2;
- 12S7oАварійна зупинка
- Сигнальні лампи:
 - 22Н3: Джерело напруги;
 - 22Н5: Аварійна зупинка;
 - 22Н7: Робота на дизельному паливі;
 - 22Н9: Робота на важкому паливі;
 - 22Н10, 22Н12: Насос перекачування палива 1 або 2 увімкнено;
 - 22Н13: Автоматичний пуск паливного насосу;
 - 22Н14: Попередній нагрівач увімкнено;
 - 22Н16: Бустерний насос увімкнено;
 - 22Н17: Перенавантаження бустерного насосу;
 - 24Н1: Висока температура палива;
 - 24Н3: Низький тиск нагнітаючого повітря;
 - 24Н4: Низька температура палива;
 - 24Н6: Режим автоматичної роботи;
 - 24Н7: Режим ручної роботи;
 - 24Н10: Зрив полум'я;
 - 24Н12: Пальник в роботі;

Елементи які знаходяться всередині панелі:

- Контактор попереднього нагрівача (40А);
- Контактор бустерного насосу (6,3А);
- Контактор мотору пальника (32А);
- Контактори паливо перекачувальних насосів (2х1,6А);
- Трансформатор (10А);

- Реле контрольної напруги (6А);

Панель керування допоміжного котла є панеллю шафового типу з дверима. На дні коробки контрольної панелі знаходиться кабельний вивод, який має морський сертифікат. Допоміжний котел повинен обслуговуватися як у безвахтовому, так і в автоматичному режимі.

2.2 Опис роботи електричної схеми управління допоміжним котлом

Принципові електричні схеми дають чітке розуміння про роботу установки, так як на таких схемах діють всі електричні кола, як силової частини, так і системи управління. На принципових електричних схемах умовними позначеннями зображуються всі електричні елементи, апарати і пристрої з урахуванням реальної послідовності їх роботи.

Початкова силова схема котла, взята з судової документації має наступний опис і наведена у Додатку А.

В якості електроприводів використовуються асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором (М5(1,9kW), М7(15kW), М9(0,65kW), М11(0,65kW)). Встановлено попередній нагрівач (Е3(25kW)) Захист від короткого замикання забезпечується автоматичним вимикачем (Q2(70A)). Захист від короткого замикання схеми керування забезпечується запобіжниками F14X(10A) та F14Y(10A) які розташовані перед трансформаторами в силовій частині схеми та автоматичними вимикачами (Q13(4A)) і (Q15(6A)). Для запобігання перенавантажень встановлені теплові реле (F5a, F7a, F9a, F11a). Коло керування отримує живлення через трансформатор Т13(440/24/220V). На панелі керування розміщується вся індикація така як: живлення – біла індикація, робота – зелена індикація, режим автоматичний – жовта індикація. Також плата розміщає кнопки старт/стоп і перемикач режиму Auto/Manual.

Схема електроприводу забезпечує два види роботи: автоматичний (Auto) та ручний (Manual). Режим роботи можна обрати перемикачем, при виборі режиму Manual всі операції по запуску насосів, запалювання пальника та регулювання навантаження відбуваються безпосередньо на панелі та в ручну, при виборі режиму

Auto система самостійно запустить потрібні механізми та автоматично регулюватиме навантаження залежно від потреби, після чого допоміжний котел вводить в експлуатацію з урахуванням датчиків рівня та тиску.

При автоматичному режимі керування система замикає один із контакторів паливного насосу 13K7 або 13K3 тим самим забезпечуючи належний рівень тиску палива. Якщо рівень води знаходиться в нормі тоді замикається контактор мотора пальника 19K1 та відбувається запалювання, після цього система автоматично підбирає необхідну кількість подачі палива на пальник.

В ручному режимі вище описані процедури проводяться в ручну шляхом натискання певних кнопок на панелі управління та регулюванням подачі палива на пальник.

Схема передбачує індикацію режимів роботи: автоматичний режим (індикація зеленого з підписом «auto»). Режим ручної роботи (індикація зеленого з підписом «manual»). Схема також забезпечує індикацію та автоматичне відключення котла за такими параметрами установки: низький тиск палива, високий тиск пару, зрив полум'я, низький рівень води в котлі і т.д.

Висновок: в цьому розділі було проаналізовано панель управління її основні елементи та склад і функціонування електричної схеми. Це допоможе в подальшій модернізації системи керування за допомогою ПЛК.

3. РОЗРОБКА СХЕМ ТА АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ ДОПОМІЖНИМ КОТЛОМ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЛК

3.1 Вибір контролера та його впровадження в систему керування допоміжним котлом

Вибір відповідного контролера та його ефективне впровадження в систему керування допоміжним котлом є ключовими кроками для забезпечення оптимальної продуктивності, ефективності та безпеки.

Проведення всебічного аналізу системи допоміжного котла, щоб зрозуміти її динаміку, характеристики та вимоги до керування. Визначення ключових параметрів, таких як температура води, тиск пару і рівень води, які необхідно контролювати.

Визначення стратегії контролю на основі аналізу. Загальні стратегії керування для котлових систем включають ПІД керування, каскадне керування або керування на основі моделі. Врахування складності системи та бажаний рівень точності керування.

Розгляд розширених алгоритмів керування, такі як керування прогнозуванням моделі (MPC) або керування нечіткою логікою, якщо складність системи цього вимагає. Оцінка переваг та обмежень кожного алгоритму в контексті керування котлом.

Вибір відповідного обладнання для реалізації вибраного контролера. Це може включати вибір програмованих логічних контролерів (PLC), мікроконтролерів або спеціальних блоків керування. Потрібно бути впевненим, що апаратне забезпечення здатне ефективно виконувати алгоритм керування.

Реалізація резервування в системі керування для підвищення надійності. Це може включати резервні контролери, датчики та виконавчі механізми для забезпечення безперервної роботи в разі відмови компонента.

Інтеграція вибраного контролера з датчиками, які вимірюють відповідні параметри (температура води, тиск пару, рівень води). Підключення контролеру до

приводів, відповідальних за керування змінними (наприклад, керування пальником, керування живильною водою).

Програмування контролеру на основі обраної стратегії керування та алгоритмів. Налаштування параметрів контролера відповідно до системних вимог і результатів налаштування.

DIGITRONIK SDC40A — це універсальний індикаторний контролер для керування температурою, тиском, витратою палива, рН, рівнем рідини тощо. SDC40A має широкий вибір опцій входу; підтримуються термопари, термометри опору, входи постійної напруги та постійного струму. Керуючі дії також забезпечені такими функціями, що можна обрати не тільки PID з двома ступенями свободи, але й налаштування за допомогою нейронної мережі та інтелектуальне налаштування для зменшення перерегулювання. Таким чином, SDC40A можна використовувати для цілого ряду додатків, використовуючи наступні функції.

Висока точність і висока роздільна здатність: точність 0,1% повної шкали, цикл вибірки від 0,1 секунди та дисплей високої роздільної здатності з 5 цифрами. Можуть бути реалізовані стабільні керуючі дії з високою роздільною здатністю.

Посилена відповідність ПЛК: відповідає гнучкому автоматичному режиму роботи в поєднанні з ПЛК, забезпечуючи максимум 12 входів дистанційного перемикачів та максимум 8 виходів.

Відповідність різним елементам керування: відповідає різним параметрам керування таким як: температура пару або палива, тиск води, витрата палива, рівнем води, рН та іншими за допомогою змінного підсилення, наближення вхідної ламаної лінії, налаштування коефіцієнтів, внутрішніх каскадних функцій тощо.

Проста експлуатація: рівні роботи поділяються на два; Для інженера передбачено коротке налаштування за допомогою розумного зручного завантажувача, а для оператора — просте налаштування за допомогою функціональних клавіш користувача.

Цей прилад складається з консолі, основного корпусу, стандартної клемної основи та розширеної клемної бази (опціонально). Консоль: 7-сегментний дисплей, світлодіоди та різні клавіші керування. Стандартна клемна база: клеми для

підключення джерела живлення, датчиків та ін. Термінал розширення: клеми для підключення сигналів зв'язку, виходів і дистанційних перемикачів, що використовуються опціонально.

На рисунку 3.1 показано загальний вигляд контролера DIGITRONIK SDC40A

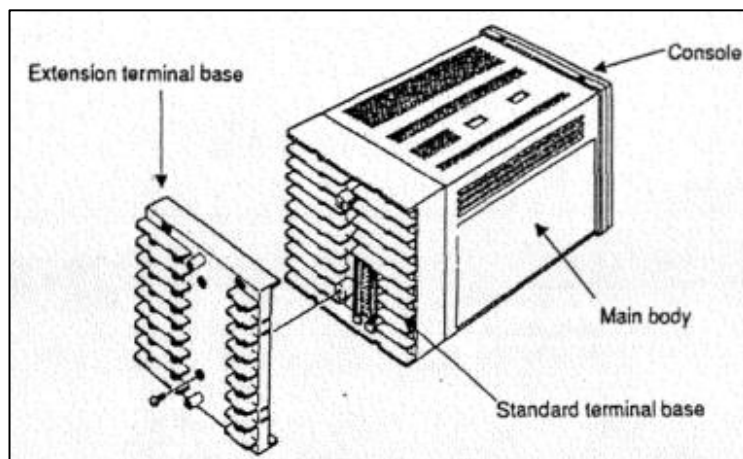


Рисунок 3.1 – загальний вигляд контролера DIGITRONIK SDC40A

На рисунку 3.2 показано індикацію основної панелі керування контролером DIGITRONIK SDC40A

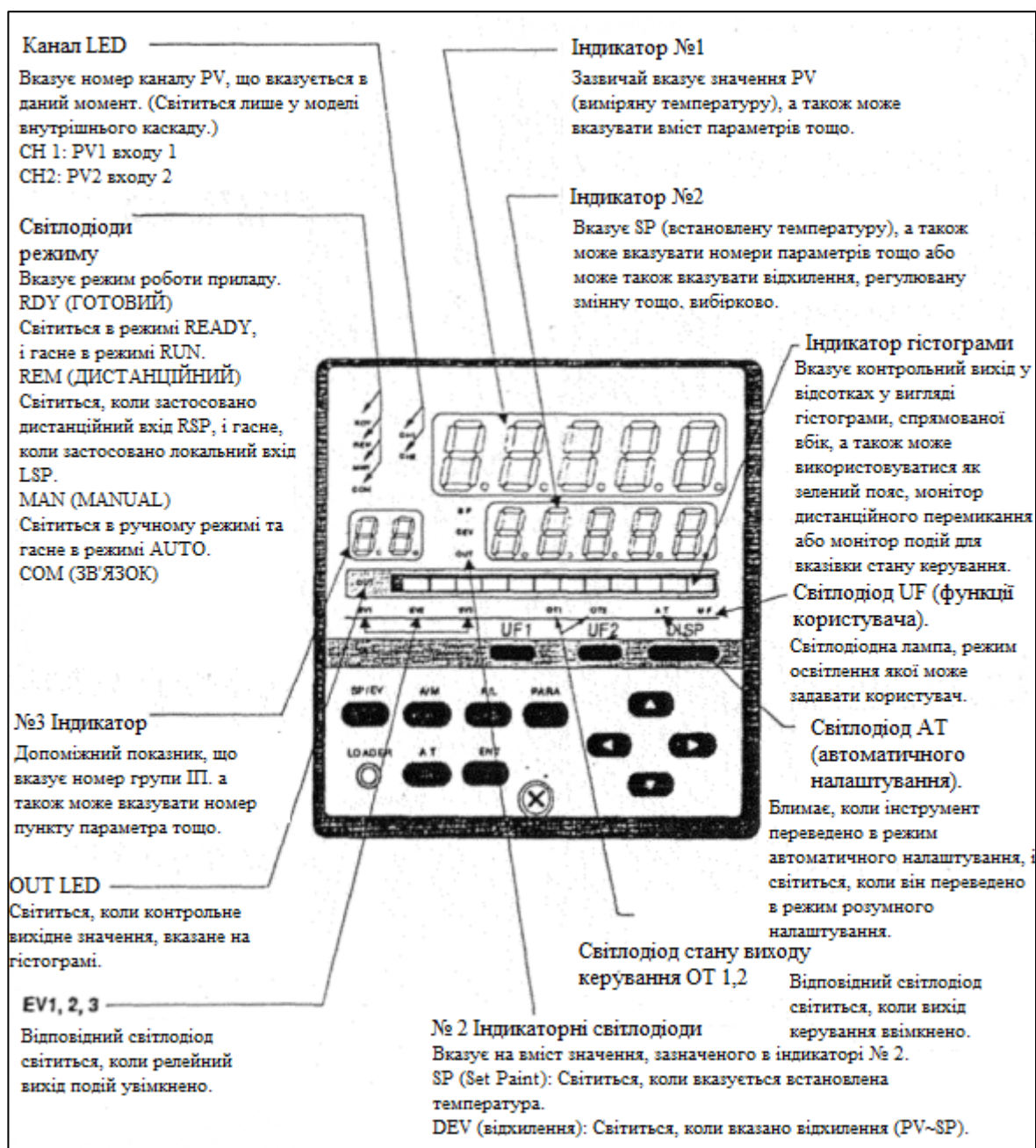


Рисунок 3.2 – Індикація основної панель керування контролера DIGITRONIK SDC40A

На рисунку 3.3 показано основні кнопки керування контролером DIGITRONIK SDC40A

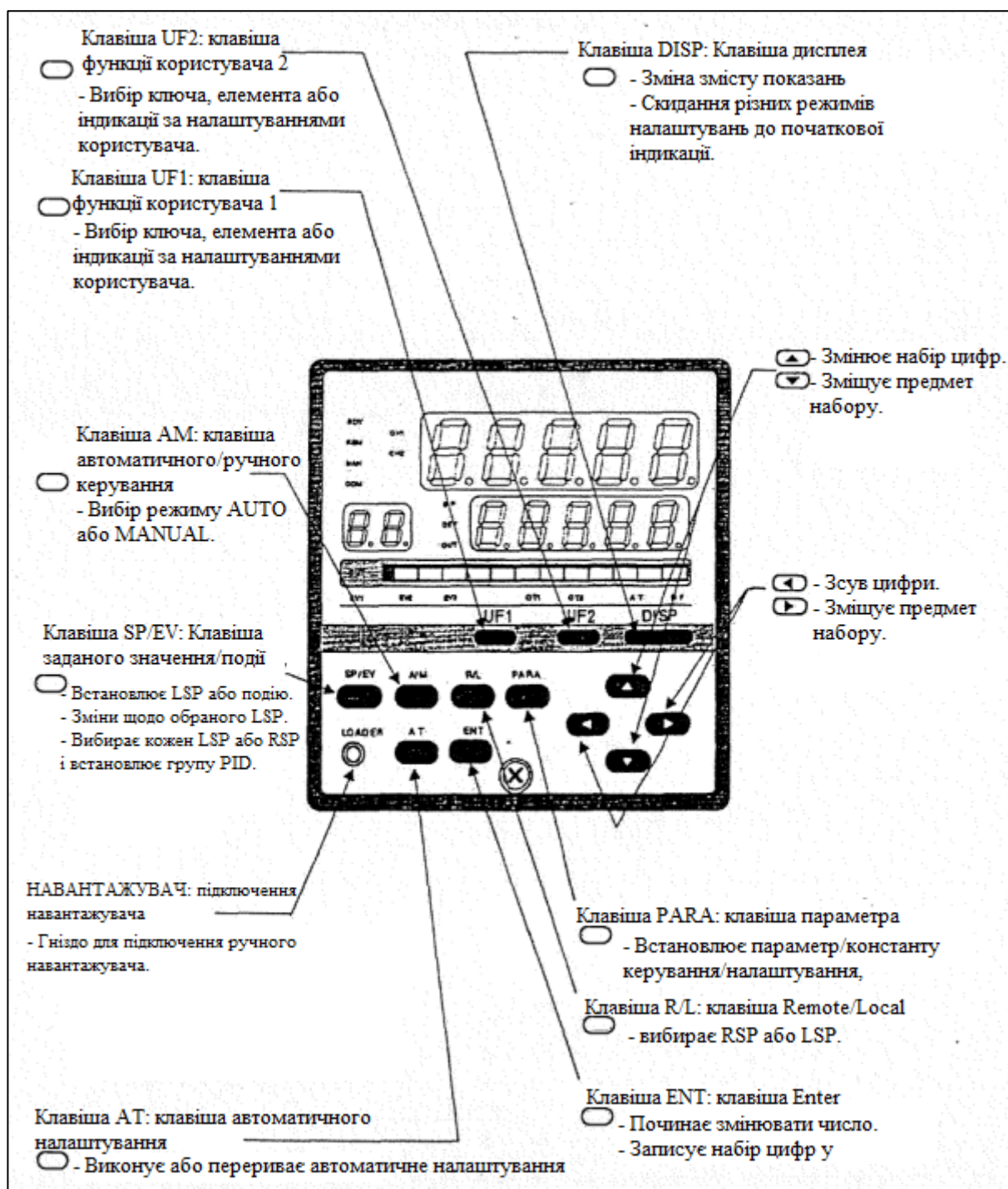


Рисунок 3.3 Основні кнопки керування контролером DIGITRONIK SDC40A

3.2 Розробка алгоритму та програми автоматичної системи управління допоміжного котла

Розробка алгоритму та програми системи автоматичного керування допоміжним котлом передбачає створення набору інструкцій та логіки, які керують поведінкою системи.

Визначення, як алгоритм керування взаємодіє з апаратним забезпеченням (датчиками, приводами, ПЛК). Відображення входів (покази датчиків) і виходів (сигнали виконавчих механізмів) в алгоритмі.

Інтеграція блокування безпеки в алгоритм для запобігання небезпечним умовам. Це включає логіку аварійного відключення та послідовності блокування.

Реалізація логіки для коригування заданих значень на основі експлуатаційних вимог, змін навантаження або зовнішніх факторів.

Розробка людино-машинного інтерфейсу для моніторингу та взаємодії оператора. Включити зручний інтерфейс, який дозволяє операторам візуалізувати стан системи та встановлювати параметри.

Вибір апаратної платформи для запуску алгоритму керування. Це може бути ПЛК, мікроконтролер або спеціальний блок керування. Реалізація комунікаційних інтерфейсів між алгоритмом керування та обраною апаратною платформою.

Розробка добре продуманого апаратного інтерфейсу забезпечує хорошу інтеграцію алгоритму керування з фізичними компонентами допоміжної котлової системи, що веде до надійного та ефективного керування.

На рисунку 3.4 показано блок-діаграму базових функцій контролера DIGITRONIK SDC40A

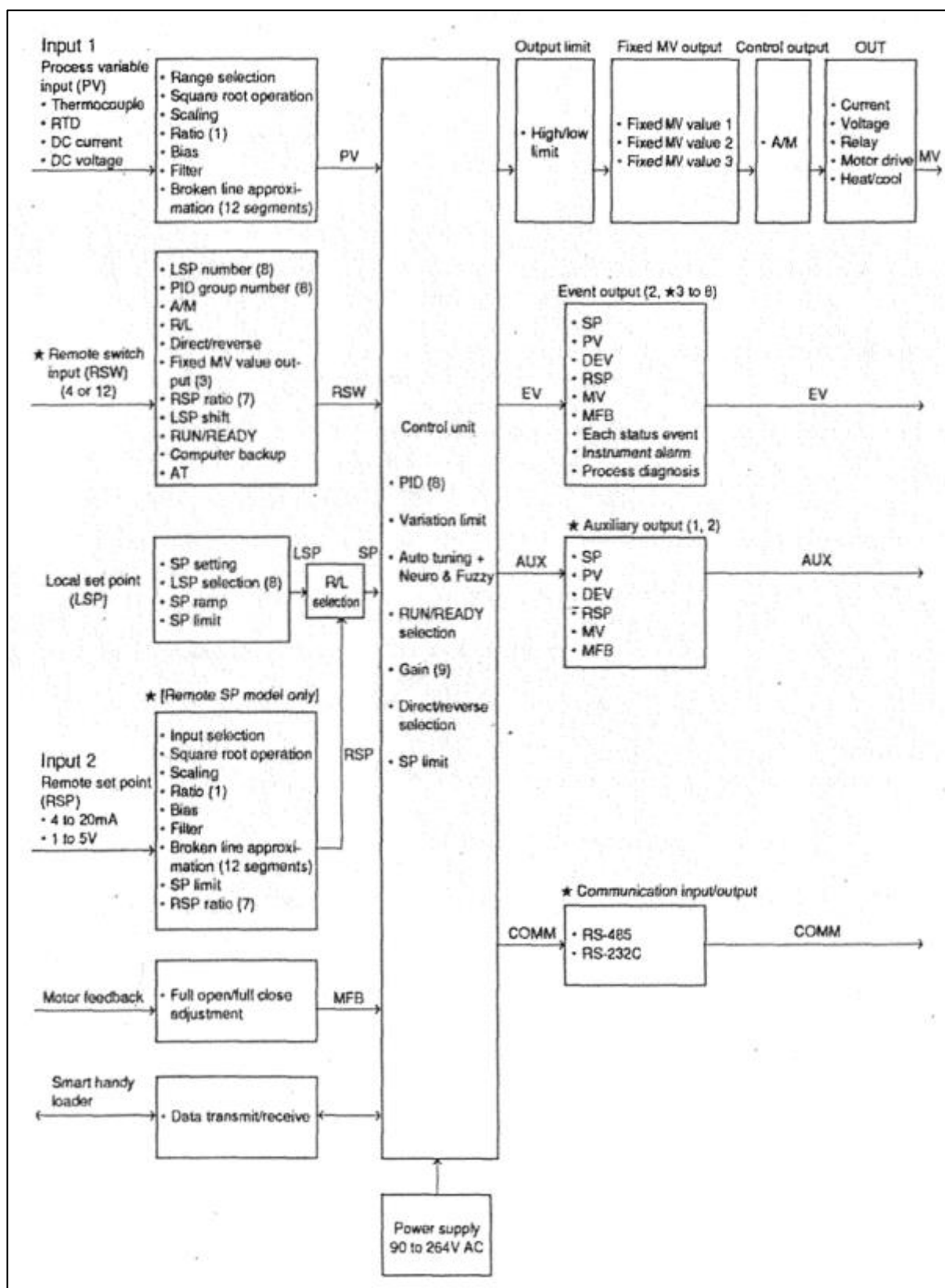


Рисунок 3.4 – Блок-діаграма базових функцій контролера DIGITRONIK SDC40A

На рисунку 3.5 показано каскадну модель базових функцій контролера DIGITRONIK SDC40A

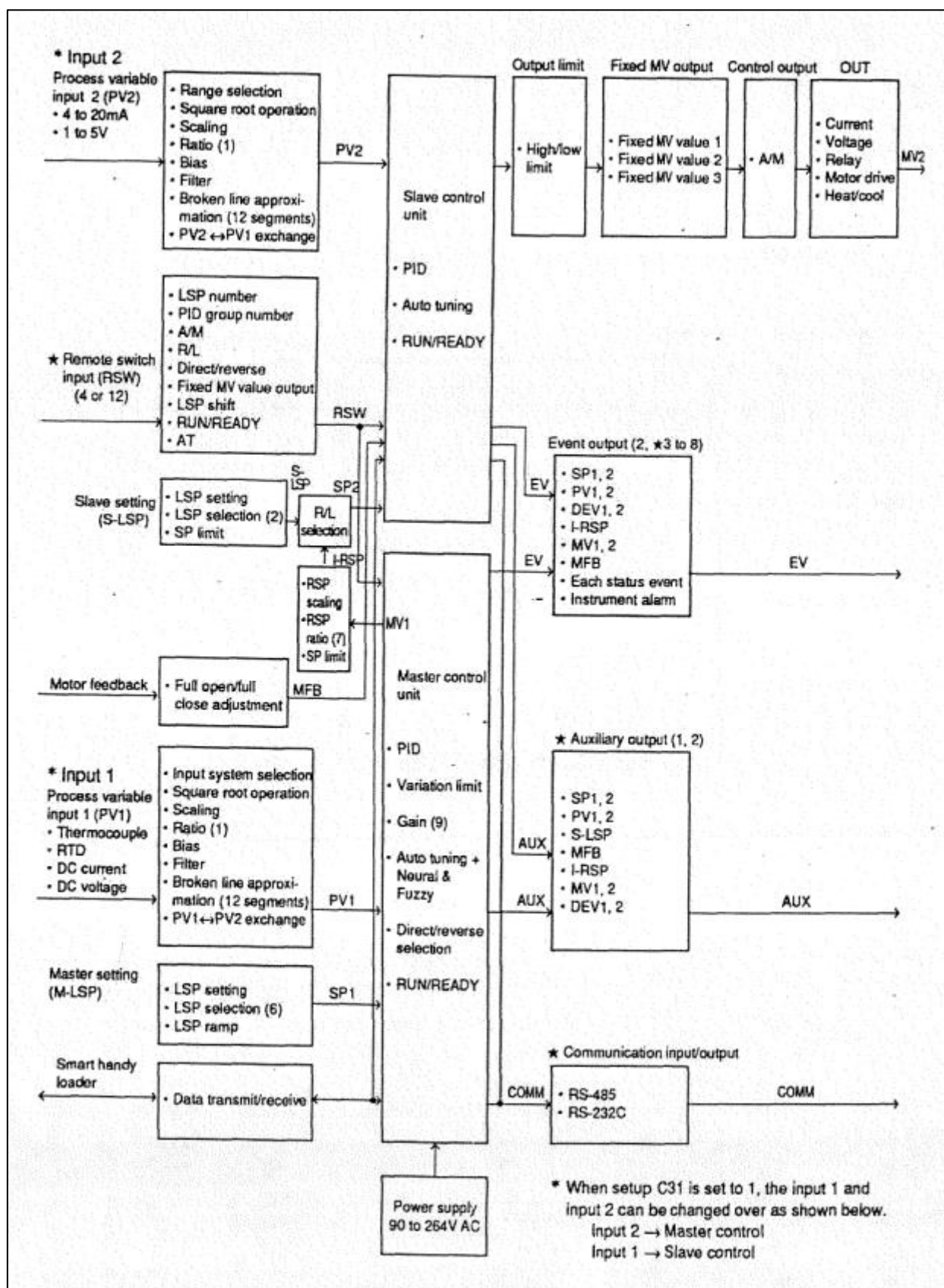


Рисунок 3.5 – каскадна модель базових функцій контролера DIGITRONIK

SDC40A

На рисунках 3.6 та 3.7 вказано датчики та їх діапазони величин

Input typ	Range number	Code	°C range (°C)	°F range (°F)
K (CA)	0	K09	0.0 to 1200.0	0 to 2400
K (CA)	1	K08	0.0 to 800.0	0 to 1600
K (CA)	2	K04	0.0 to 400.0	0 to 750
K (CA)	3	K29	-200.0 to +1200.0	-300 to +2400
K (CA)	4	K44	-200.0 to +300.0	-300 to +700
K (CA)	5	K46	-200.0 to +200.0	-200 to +400
E (CRC)	6	E08	0.0 to 800.0	0 to 1800
J (IC)	7	J08	0.0 to 800.0	0 to 1600
T (CC)	8	T44	-200.0 to +300.0	-300 to +700
B (PR30-6)	9	B18	0.0 to 1800.0	0 to 3300
R (PR13)	10	R16	0.0 to 1600.0	0 to 3100
S (PR10)	11	S16	0.0 to 1600.0	0 to 3100
W (WRe5-26)	12	W23	0.0 to 2300.0	0 to 4200
W (WRe5-26)	13	W14	0.0 to 1400.0	0 to 2552
PR40-20	14	D19	0.0 to 1900.0	0 to 3400
Ni-Ni · Mo	15	Z13	0.0 to 1300.0	32 to 2372
N	16	U13	0.0 to 1300.0	32 to 2372
PL II	17	Y13	0.0 to 1300.0	32 to 2372
DIN U	18	Z08	-200.0 to +400.0	-300 to +750
DIN L	19	Z07	-200.0 to +800.0	-300 to +1600
Gold iron-chromel	20	Z06	0.0 to 300.0 K	—

Рисунок 3.6 – Типи датчиків та діапазони величин

Input typ	Range number	Code	°C range (°C)	°F range (°F)
JIS '89 Pt100 (IEC Pt100Ω)	32	F50	-200.0 to +500.0	-300.0 to +900.0
	33	F46	-200.0 to +200.0	-300.0 to +400.0
	34	F32	-100.0 to +150.0	-150.0 to +300.0
	35	F36	-50.0 to +200.0	-50.0 to +400.0
	36	F38	-60.00 to +40.00	-76.00 to +104.00
	37	F33	-40.00 to +60.00	-40.00 to +140.00
	38	F05	0.0 to 500.0	0.0 to 900.0
	39	F03	0.0 to 300.0	0.0 to 500.0
	40	F01	0.00 to 100.00	0.00 to 200.00
JIS '89 JPt100	48	P50	-200.0 to +500.0	-300.0 to +900.0
	49	P46	-200.0 to +200.0	-300.0 to +400.0
	50	P32	-100.0 to +150.0	-150.0 to +300.0
	51	P36	-50.0 to +200.0	-50.0 to +400.0
	52	P38	-60.00 to +40.00	-76.00 to +104.00
	53	P33	-40.00 to +60.00	-40.00 to +140.00
	54	P05	0.0 to 500.0	0.0 to 900.0
	55	P03	0.0 to 300.0	0.0 to 500.0
	56	P01	0.00 to 100.00	0.00 to 200.00

Input typ	Range number	Code	Range (programmable)
4 to 20mA	64	C01	-19999 to 26000
0 to 20mA	65	C08	
0 to 10mV	66	M01	
-10 to 10mV	67	L02	
0 to 100mV	68	L01	
0 to 1V	69	L04	
-1 to 1V	70	L08	
1 to 5V	71	V01	
0 to 5V	72	L05	
0 to 10V	73	L07	

Рисунок 3.7 – Типи датчиків та діапазони величин (продовження)

У цьому інструменті використовується така система, що різні налаштування та вибір можна виконувати за допомогою клавіш або зручного завантажувача для адаптації до різних програм. Для цього необхідні дані потрібно ввести під час ініціалізації. Коли джерело живлення інструменту вмикається вперше, спочатку

встановіть елементи налаштування (SETUP) за допомогою операції введення. Визначте основні характеристики приладу за елементами налаштування, потім встановіть параметри (PARAM). Підготовлені елементи налаштування не потрібно змінювати так часто після того, як вони встановлені. Коли ці параметри встановлено за допомогою клавіші $\mathbf{n}$, їх не можна змінити в будь-якому іншому режимі, окрім READY.

На рисунку 3.8 та 3.9 представлено алгоритм налаштування контролера DIGITRONIK SDC40A

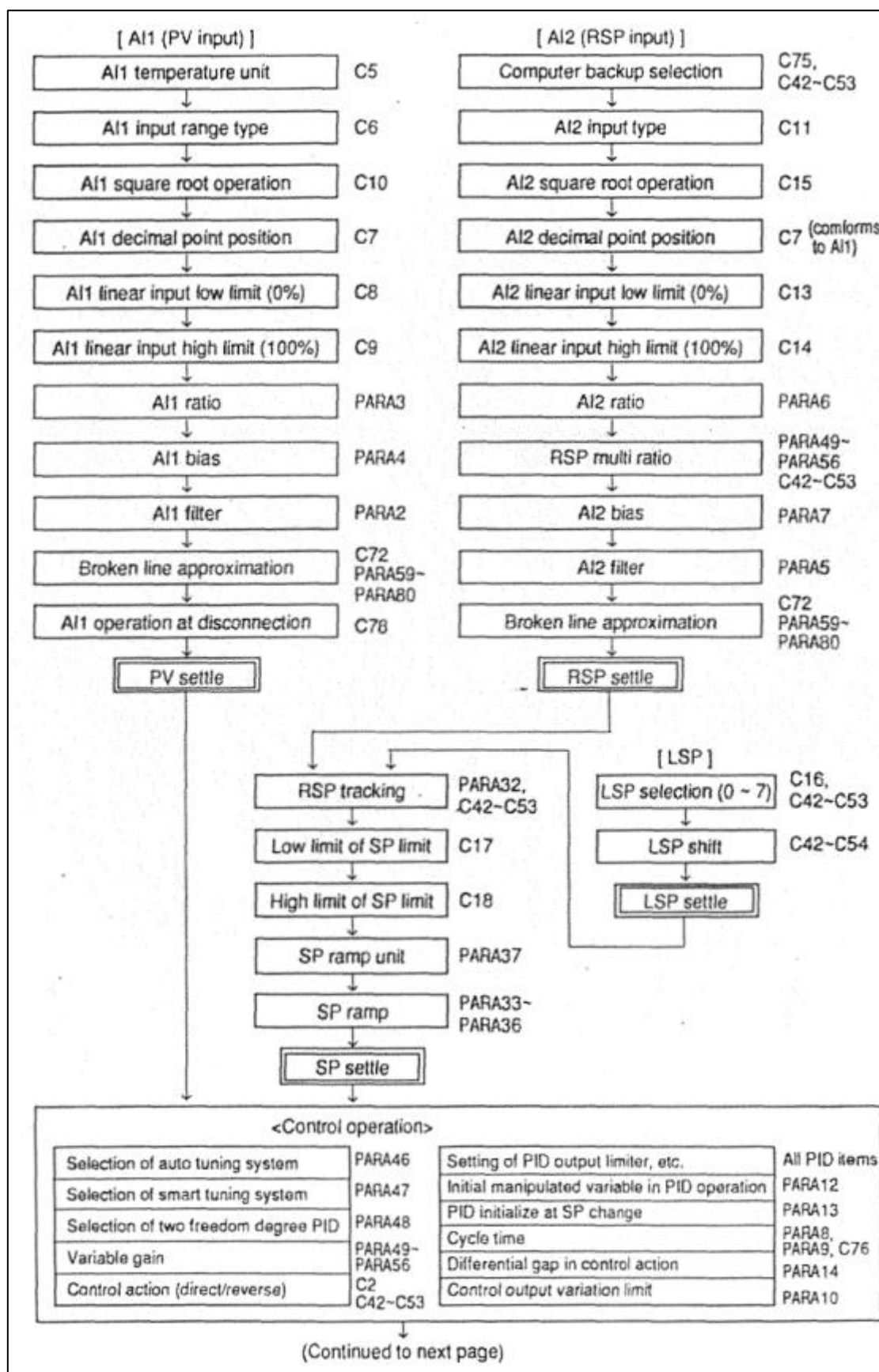


Рисунок 3.8 – Алгоритм налаштування контролера DIGITRONIK SDC40A

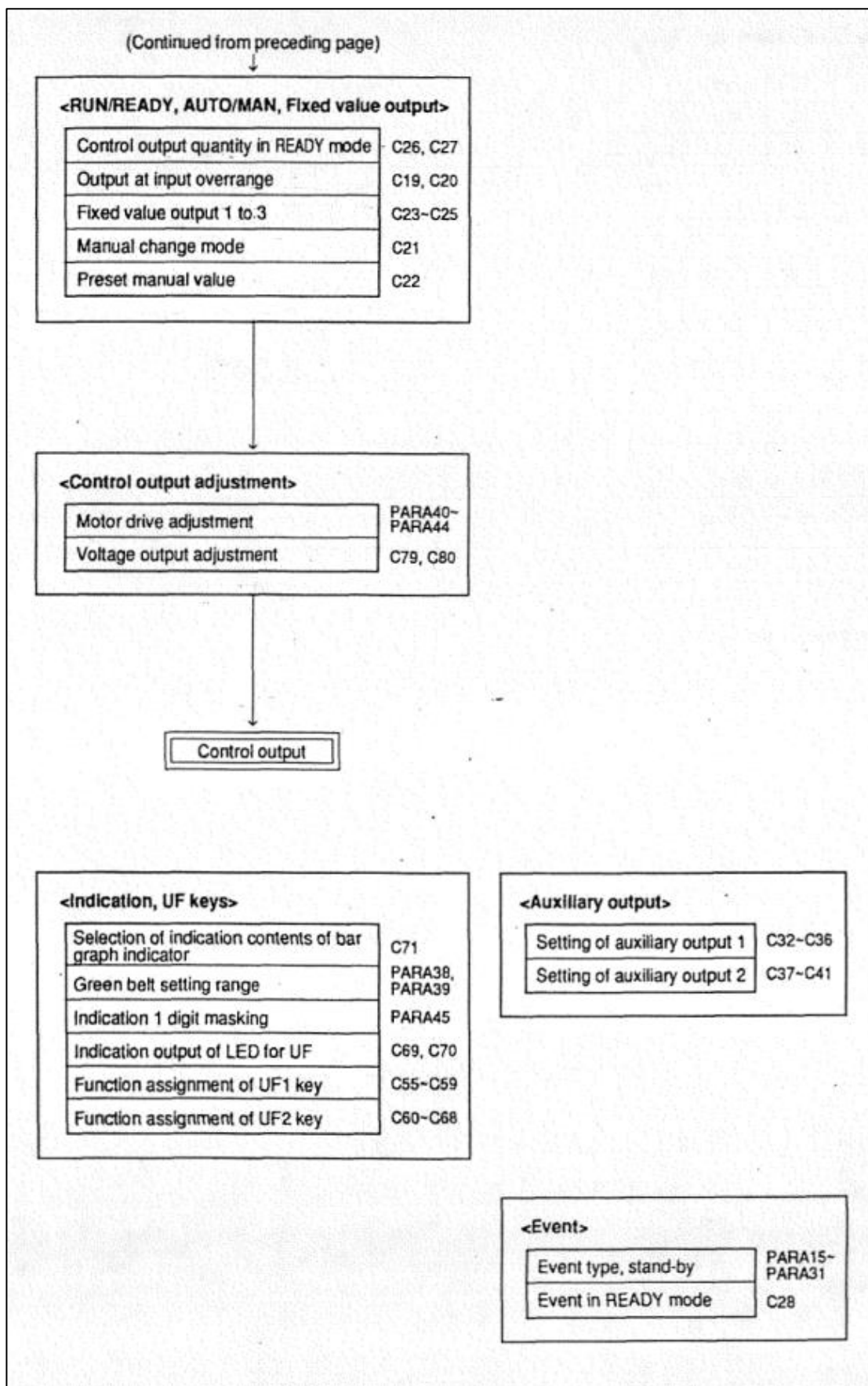


Рисунок 3.9 – Алгоритм налаштування контролера DIGITRONIK SDC40A
(продовження)

Висновок: розробка схем керування та алгоритмів керування допоміжним котлом за допомогою ПЛК дозволила отримати складну та надійну систему керування. Успішне впровадження цих алгоритмів сприяє ефективності, безпеці та адаптивності допоміжного котла.

4. ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ

4.1 Аналіз та впровадження заходів безпеки у систему управління котлом

Аналіз та впровадження заходів безпеки в системі керування котлом мають вирішальне значення для забезпечення безпечної та надійної роботи котла. Заходи безпеки призначені для запобігання нещасним випадкам, захисту персоналу та захисту обладнання.

Спеціальна логіка аварійного вимкнення: Спеціальний розділ програмного забезпечення системи керування спеціально для аварійного відключення. Ця логіка повинна містити алгоритми, які можуть швидко та надійно привести котел у безпечний стан.

Моніторинг і зворотний зв'язок: Постійний моніторинг критичних параметрів, таких як тиск, температура, рівень води та стан полум'я. Якщо будь-який контрольований параметр відхиляється від безпечних меж, запускається послідовність аварійного відключення.

Резервні апаратні компоненти: Резервні апаратні компоненти для критичних елементів системи аварійного відключення. Резервування має включати процесори, датчики, виконавчі механізми та комунікаційні інтерфейси.

Моніторинг клапана скидання тиску: Використання датчиків тиску для постійного моніторингу тиску в котлі. Забезпечення резервування датчиків тиску для критичних додатків. Сигналізація, яка сигналізує про те, що тиск перевищує безпечні межі, і про негайне аварійне відключення, якщо клапани скидання тиску не працюють.

Моніторинг рівня води: Впровадження алгоритму моніторингу рівня води в системі керування. Встановлення резервних датчиків рівня з окремими схемами. Забезпечення чітких візуальних та звукових сигналів про низький рівень води та аварійне відключення, якщо рівень води падає нижче критичної точки.

Моніторинг полум'я: Використання алгоритмів та логіки моніторингу полум'я. Додавання резервних датчиків полум'я для критичних застосувань. Чітка

фіксація нормального горіння полум'я та активація аварійного відключення за відсутності полум'я або зриву полум'я.

Контроль температури: Інтеграція алгоритмів контролю температури та логіки відключення при високих показниках температури. Впровадження резервних датчиків температури. Запровадження сигналізації про високу температуру та ініціювання аварійного відключення, якщо температура перевищує безпечні межі.

Алгоритми перевірки безпеки: Впровадження алгоритму перевірки безпеки для постійного моніторингу стану критичних параметрів і перевірки дотримання умов безпечної роботи. Якщо будь-який параметр відхиляється від безпечного діапазону або якщо виявлено небезпечну послідовність, спрацьовує логіка блокування, щоб запобігти подальшим діям.

Постійний моніторинг технічного стану: Безперервний моніторинг працездатності датчиків і виконавчих механізмів. Впровадження самоперевірки та діагностичних тестів для виявлення будь-яких несправностей або погіршення продуктивності.

Візуальні індикатори: Чіткі візуальні індикатори на панелі керування, щоб позначити, коли блокування активні. Використання різних кольорів, підсвічування або графічних елементів, щоб розрізнити нормальну роботу та умови блокування.

Моніторинг у реальному часі: Моніторинг критичних компонентів у реальному часі для швидкого виявлення аномалій. Впровадження алгоритмів, які безперервно аналізують дані датчиків і порівнюють їх із очікуваною поведінкою.

Впровадження надійної системи виявлення та діагностики несправностей включає в себе поєднання передових програмних алгоритмів, механізмів самоперевірки в апаратному забезпеченні та ефективних механізмів сигналізації. Регулярне тестування, перевірка та постійне вдосконалення діагностичних алгоритмів є важливими для забезпечення надійності та ефективності системи виявлення несправностей у системі керування допоміжним котлом.

Якщо в стані базової індикації виявлено помилку введення або помилку приладу (коли кожен режим налаштування PARA, PID, SETUP, SP No., SP та EV

не встановлено), SDC40A видає індикацію коду тривоги та звичайну індикацію на Індикатор № 1 по черзі кожні 1с. Якщо виникло більше ніж одна помилка, код тривоги, наведений в альтернативній індикації, змінюється по черзі, починаючи з молодшого коду помилки.

Перечень кодів помилок їх пояснення та можливі способи вирішення приведені в додатку Б

Висновок: впровадження заходів безпеки в систему управління виявилось успішним та допомогло створити надійну, ефективну та стійку до ризиків систему для операцій та функціонування.

ВИСНОВКИ

Підсумовуючи, модернізація системи керування допоміжним котлом контейнеровоза є ключовим і своєчасним заходом із далекосяжними наслідками для морської галузі. Завдяки комплексному дослідженню сучасних технологій, галузевих тенденцій і практичних міркувань.

Впровадження сучасних систем управління, що використовують такі технології, як ПЛК і вдосконалена автоматизація, має потенціал для значного підвищення ефективності роботи допоміжних котлів. Оптимізація споживання палива та енергоефективність узгоджується з галузевими цілями сталого розвитку та зменшення впливу на навколишнє середовище.

Інтеграція складних функцій безпеки, включаючи системи аварійного відключення та розширену діагностику, підкреслює прагнення забезпечити безпеку як морського персоналу, так і самого судна. Резервні системи та покращені можливості моніторингу сприяють підвищенню надійності та експлуатаційної стійкості.

Процес модернізації не тільки відповідає безпосереднім потребам системи керування, але й забезпечує зручну інтеграцію допоміжного котла з новими технологіями.

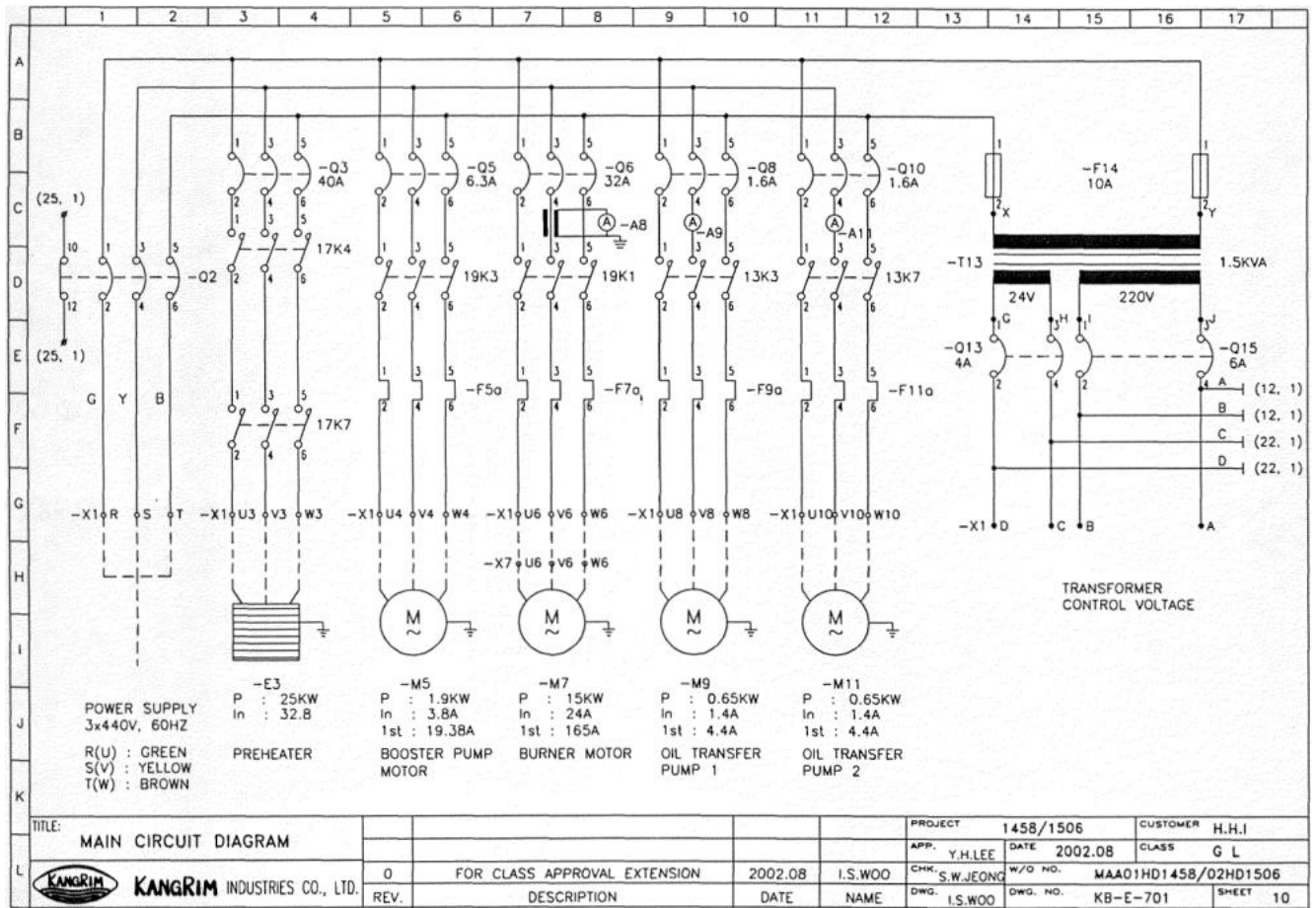
Оновлення системи контролю забезпечує узгодження з морськими правилами, що розвиваються, і стандартами класифікаційного товариства. Відповідність екологічним нормам і правилам безпеки має першочергове значення.

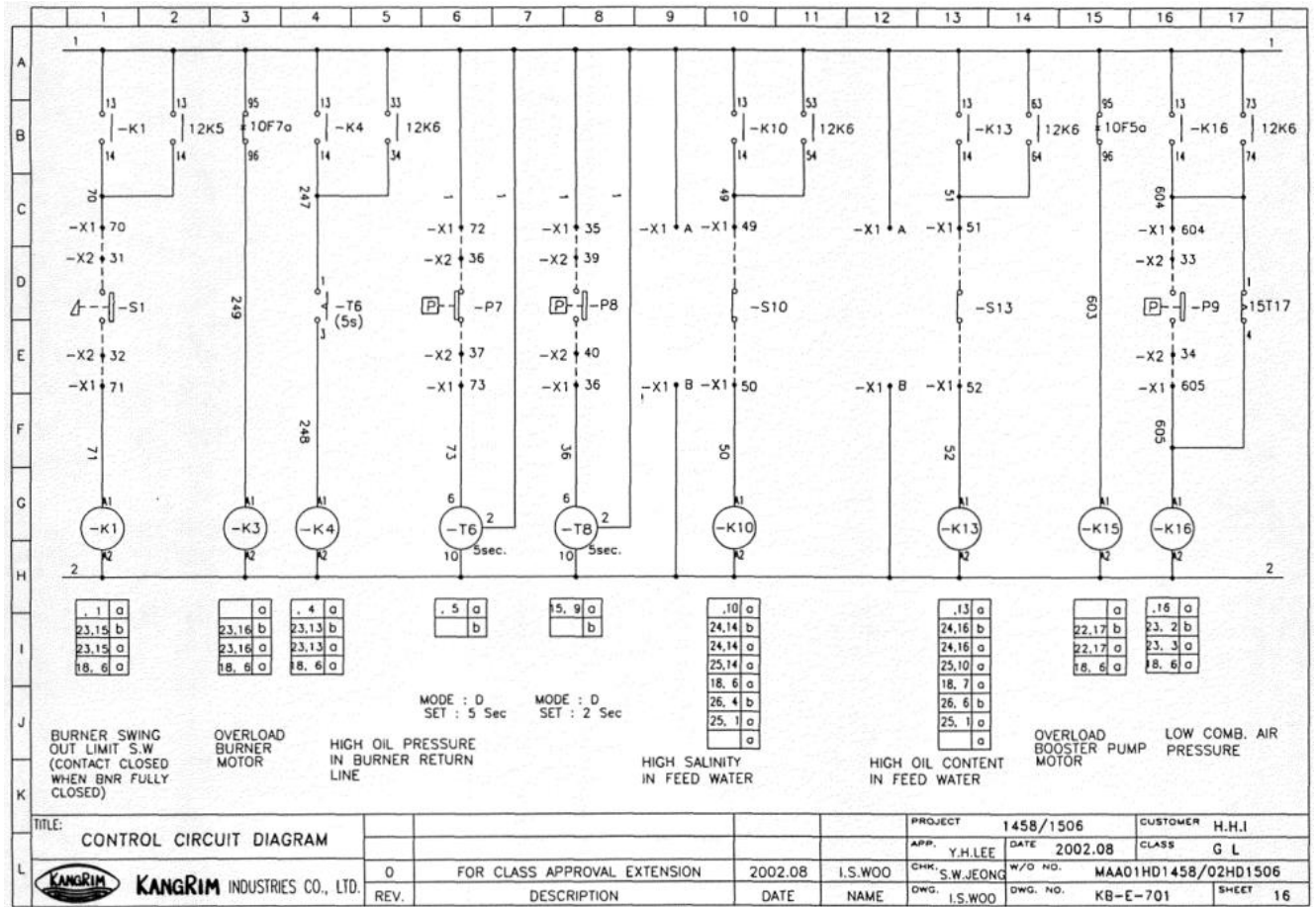
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Інжиніринг електроприводів та систем автоматизації: навчальний посібник для студ. вищ.учб. Закладів/[М.П.Белов, О.І.Зементов, А.Є.Козярук та ін]; за ред. В.А.Новікова, Л.М.Чернігова. - М.: Видавничий центр «Академія», 2006. - 368 с.
2. Правила Регістру України для морських та річкових суден. Київ. - 2003.
3. А.О. Дранкова, Н.І. Муха, А.І. Шестака. Лабораторія мікроконтролерного управління та моделювання електромеханічних систем// Електротехнічні та комп'ютерні системи. Тематичний випуск: Проблеми автоматизованого електроприводу. Науково-технічний журнал №15(91), Видавництво «Техніка» – Київ. - 2014. - С. 435 - 440.
4. Mykola Mukha, Alla Drankova “About Practical Preparation of Marine Engineers on the Electromechanical Systems Laboratory “Computational problems of electrical engineering”, Vol. 8, No.2, 2018, pp. 66 -72.
5. Alla Drankova, Mykola Mukha, Sergiy Mikhaykov, Igor Krasovskyi / Electromechanical Laboratory Complex for Power Quality Studies of the Ship Electrical System // Conference: 2019 IEEE 20th International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE). September 2019.
6. Муха М.Й. Реалізація модуля керування навантаження на базі ПЛК для частотно-регульованого електропривода / М.Й. Муха, А.О. Дранкова, І.І. Красовський, С.С. Міхайков // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», 05.11.2019 - 06.11.2019. – Одеса: НУ «ОМА», 2020. – С.127-131.
7. INSTRUCTION MANUAL FOR Aux. Boiler & RMS60/2A-ZMD
8. Е.В.Корнілов, П.В.Бойко, Е.І.Голофастов ДОПОМІЖНІ, УТИЛІЗАЦІЙНІ, ТЕРМООЛІЙНІ КОТЛИ МОРСЬКИХ СУДЕН. Конструкція й експлуатація: Навч. посіб. – Одеса: ЕкспрессРеклама, 2008. – 240 с.
9. Сиромятников В. Ф. Автоматика як засіб діагностики на морських судах. Л, Суднобудування, 1979.312 с.

- 10.Денисенко Н. І., Харченко В. Г. Безпека та надійність суднових котлів. М: Транспорт, 1978.192 с.
- 11.Хряпченков О.С. Суднові допоміжні утилізаційні казани. - Л "Суднобудування", 1988, - 293 с.
- 12.Овсяніков М.К., Петухов В.А. Суднові автоматизовані енергетичні установки. "Транспорт", 1989.
- 13.Соколов, Б.А. Основи теплотехніки Теплотехнічний контроль та автоматика котлів: Підручник для поч. проф. освіти/Б.А. Соколов. – К.: ІЦ Академія, 2013. – 128 с.
- 14.Gray, D. Centralized and Automatic Control in Ships, Pergamon Press. Guide for Shipboard
- 15.Steingress, Frederick M. (2001). Low Pressure Boilers (4th ed.). American Technical Publishers.
- 16.E. R. Alphonsus and M. O. Abdullah, "A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs)", Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 60, pp. 1185-1205, 2016.
- 17.Htet Htet Aung and Thae Thae Ei Aung, "Simulation and Implementation of PLC based for Nonstop Filling Process using PLCSIM and HMI", International Journal of Creative and Innovative Research in All Studies, vol. 2, no. 3, 2019
- 18.Vakkilainen, E.K. 2005. Kraft recovery boilers – Principles and practice. Helsinki, Suomen Sooda - kattilayhdistys r.y.
- 19.Udaykumar S. Kulkarni, Venkat N. Ghodke, “An adaptive industrial boiler automation application using FPGA & GSM” International Journal of Applied Research 2015
- 20.K. Gowri Shankar “ Control of Boiler Operation using PLC – SCADA” Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2008 Vol II IMECS 2008, 19-21 March, 2008,Hong Kong

Додаток А





Alarm code	Name of alarm	Contents	Remedial measure
AL01	AI1 overrange	AI1 exceeds 110% FS.	Check AI1 input.
AL02	AI1 underrange	AI1 is reduced below -10% FS.	
AL03	AI2 overrange	AI2 exceeds 110% FS. (*1)	Check AI2 input.
AL04	AI2 underrange	AI2 is reduced below -10% FS. (*1)	
AL07	RTD disconnection A	A wire of RTD is disconnected.	Check whether or not RTD (resistance thermometer bulb) connected to AI1 is disconnected or terminal connection is proper.
AL08	RTD disconnection B	B wire of RTD is disconnected, or all A, B and C wires are disconnected.	
AL09	RTD disconnection C	C wire of RTD is disconnected.	
AL10	MFB disconnection	One or all of Y, T, and G wires of MFB are disconnected.	Check wiring of MFB (motor feedback).
AL11	MFB short circuit	Y-G or Y-T-G short circuit.	
AL12	MFB adjustment failure	Miswiring or motor trouble	Check MFB or on/off relay wiring.
AL70	A/D1 fault	A/D converter 1 is defective.	Ask for repair.
AL71	A/D2 fault	A/D converter 2 is defective.	
AL80	Output configuration error	Output configuration is not adaptable to hardware.	There is possibility that this error can be corrected at site. Contact nearest YH representative.
AL97	Parameter error	Set value is abnormal. (*2)	Reset abnormal PARA, PID or SETUP item. When there is no error in them, reset the following 3 items. • Proportional band 0 (P-0) • SP up ramp (SPU) • Indication 1 digit masking (d1 SP) If error occurs again, ask for repair.
AL98	Adjusting value error	AI or AO data is destroyed.	Ask for repair.
AL90	ROM error	ROM data is destroyed.	Ask for repair.