

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА
АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут Автоматики та Електромеханіки
Кафедра Електричної Інженерії та Електроніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

на тему:

Автоматизація електромеханічного обладнання апарелей
судна типу RO-RO

Виконав: курсант 6 курсу, групи 3601Бз
спеціальності 271
«Морський та внутрішній водний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

Гоппе Євген Вікторович

(підпис, прізвище та ініціали)

Допущений до захисту 15.12.2023
(дата малого захисту)

завідувач кафедри ЕІ та Е

Микола Муха
(підпис, прізвище та ініціали)

Керівник Алла Дранкова
(підпис, прізвище та ініціали)

Нормоконтролер Ігор Малявін
(підпис, прізвище та ініціали)

Рецензент Григор Гвоздева
(підпис, прізвище та ініціали)

м. Одеса – 2023 рік

Підписання документа

Файл успішно підписано

Ми не вносили змін в оригінальний файл на вашому пристрої, а створили новий.
Тому вам обов'язково потрібно його зберегти

 ДРМ Гоппе Євген 3601Бз.pdf.p7s

Накладені підписи

 ГОПPE ЄВГЕН ВІКТОРОВИЧ

Ідентифікація

ФІЗИЧНА ОСОБА

ІНЕНП

3446405017

Сертифікат виданий

ІНЕНП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер

 84D526F82F38F04000000A1463801E6D5A604

Національний Університет «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕІ та Е

 Микола Муха
« 01 » 11 2023 р.

ЗАВДАННЯ

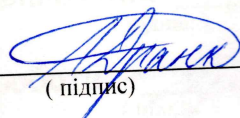
на дипломну роботу магістра
Гоппе Євгена Вікторовича

Тема магістерської роботи

1. «Автоматизація електромеханічного обладнання апарелей судна типу RO-RO» затверджена наказом ректора академії від 12 грудня 2023 року №2004.
2. Термін здачі курсантом закінченої роботи до 22.12.2023 р.
3. Вихідні дані: технічна документація судна типу RO-RO.
4. Змістовна частина розділів дипломної роботи освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» спеціальності 271 «Морський та внутрішній водний транспорт»:
 - 4.1 Загальні характеристики суднових апарелей.
 - 4.2 Електричні схеми та системи управління судновими апарелями.
 - 4.3 Розробка схем та алгоритмів управління судновими апарелями з використанням програмованого логічного контролера.
 - 4.4 Впровадження заходів безпеки в систему управління судновими парелями.

Дата видачі завдання: 01.09.2023 р.

Керівник


(підпис)

Алла Дранкова
(ім'я та прізвище)

Завдання прийняв до виконання

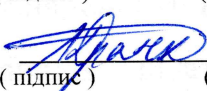
(підпис)

Євген Гоппе
(ім'я та прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Аналітичний огляд науково-технічної літератури по темі дослідження. Обґрунтування теми дослідження, її актуальності.	01.09.23-09.10.23	виконано
2.	Аналіз конфігурації системи управління судновими апарелями, а саме розробка детального опису проекту системи управління.	10.10.23-20.10.23	виконано
3.	Аналіз та підбір компонентів привода системи управління судновими апарелями. Схемна реалізація підключення компонентів привода до програмованого логічного контролера.	21.10.23-15.11.23	виконано
4.	Аналіз та реалізація алгоритмів управління апарелями у програмованому логічному контролері.	16.11.23-23.11.23	виконано
5.	Оформлення дипломної роботи. Підготовка презентації.	24.11.23-15.12.23	виконано

Курсант-дипломник _____ Євген Гоппе
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

АНОТАЦІЯ

Актуальність роботи. Судна типу RO-RO призначені для перевезення вантажу, забезпеченого колесами та в достатній мірі автономним приводом (крупногабаритні машини, як екскаватори, крани та т.і., які часто переміщують на платформах з власним приводом або тягачами). Призначенням кормової та бічної апарелей є надання доступу до вантажу судна з причалу.

Апарелі являються частиною борта судна і тому їх обладнано чисельними пристроями і датчиками, які забезпечують безпечну експлуатацію судна в морі, коли апарелі зачинено. Відповідно, для відкриття апарелей також повинно бути виконано значну низку операцій, які вимкнуть блокувальні пристрої та забезпечать переміщення апарелей в горизонтальне положення. Під час операцій розкриття необхідно враховувати, що кормова апарель складається з двох основних частин, які розкладаються одна відносно другої, а бічна апарель має механізм, схожий до ліфту, який змінює позицію фіксації опори апарелі проти однієї з трьох палуб. Крім того, внаслідок припливів, відливів, ступеню завантаження судна та інших факторів змінюється положення висоти апарелей відносно причалу. Для компенсації такого впливу наприкінці апарелей встановлено ультразвукові датчики відстані, які можуть автоматично вмикати необхідне обладнання для стабілізації цієї відстані. Саме автоматизація таких процесів є актуальною задачею.

Мета роботи і задачі дослідження – зменшення складності роботи оператора суднових апарелей за рахунок впровадження удосконаленої системи керування та сучасного програмного забезпечення.

Задля реалізації зазначеної мети в роботі вирішено наступні задачі:

- виконано аналіз штатних та аварійних режимів роботи електричної, гідравлічної, механічної підсистем кормової та бічної апарелей;

- розроблено електричну принципову схеми підключення сенсорів, індикації та органів керування до програмованого логічного контролера (ПЛК) FX3U з дискретними та аналоговими модулями розширення;
- розроблено детальний алгоритм керування апарелями в режимах відкриття та закриття;
- розроблено концептуальний прототип програмного забезпечення в пакеті GX IEC Developer;
- надано інструкції з дій персоналу в надзвичайних ситуаціях, обумовлених відмовою роботи віддаленої системи керування.

Методи досліджень. Виходячи з поставлених задач і з урахуванням особливостей об'єкту дослідження, в роботі використано методи інженерного аналізу складного електро-гідро-механічного обладнання, методи алгоритмізації для програмування промислових контролерів. Алгоритмічні рішення, запропоновані в роботі, поєднувалися з імітаційним моделюванням роботи програми в сучасному програмному пакеті GX IEC Developer.

Основні наукові та практичні результати. Отримано цілісну систему керування бічною та кормовою апарелями судна з урахуванням особливостей штатних та аварійних режимів роботи, яка дозволяє автоматизувати більшість операцій, пов'язаних з функціонуванням складних інженерних об'єктів. Розроблена система суттєво зменшує складність роботи оператора, зменшує можливість виникнення помилок оператора, підвищує безпеку та зменшує вірогідність відмов, аварій та пошкоджень обладнання.

Ключові слова: СУДНОВА КОРМОВА АПАРЕЛЬ, ДАТЧИК, МІКРОКОНТРОЛЕР, ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОДВИГУН, ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНА СТАНЦІЯ, ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИЙ КЛАПАН.

ABSTRACT

The master work consists of an introduction, 4 chapters, and conclusions. The total volume of the work is 69 pages, including the main text on 67 pages and a list of references with 17 items on 2 pages.

Relevance of work. Vessels of the RO-RO type are designed for the transportation of cargo equipped with wheels and sufficiently self-propelled (large-sized machines, such as excavators, cranes, etc., which are often moved on self-propelled platforms or tractors). The purpose of the stern and side appliances is to provide access to the ship's cargo from the berth.

The appliances are part of the ship's side and therefore they are equipped with numerical devices and sensors that ensure the safe operation of the vessel at sea when the appliances are closed. Accordingly, to open the devices, a significant number of operations must also be performed, which will disable the blocking devices and ensure the movement of the devices to a horizontal position. During the unfolding operations, it must be taken into account that the aft rigging consists of two main parts that unfold relative to each other, and the side rigging has a mechanism similar to an elevator that changes the position of the rigging support against one of the three decks. In addition, as a result of tides, low tides, the degree of loading of the vessel and other factors, the position of the height of the apparatus relative to the berth changes. To compensate for this effect, ultrasonic distance sensors are installed at the end of the apparatus, which can automatically turn on the necessary equipment to stabilize this distance. It is the automation of such processes that is an urgent task.

The purpose of the work and the task of the research are to reduce the complexity of the work of the ship equipment operator due to the introduction of an improved control system and modern software.

In order to realize the specified goal, the following tasks were solved in the work:

- the analysis of the regular and emergency modes of operation of the electrical, hydraulic, mechanical subsystems of the aft and side appliances was performed;

- the electrical principle of connecting sensors, indications and control bodies to the PLC FX3U with discrete and analog expansion modules was developed;

- a detailed algorithm for controlling devices in opening and closing modes has been developed;

- developed a conceptual software prototype in the GX IEC Developer package;

- provided instructions on personnel actions in emergency situations caused by remote control system failure.

Research methods. Based on the tasks and taking into account the peculiarities of the research object, the work uses methods of engineering analysis of complex electro-hydro-mechanical equipment, algorithmization methods for programming industrial controllers. The algorithmic solutions proposed in the work were combined with simulation modeling of the program's operation in the modern GX IEC Developer software package.

Main scientific and practical results. A complete control system of the ship's side and aft apparatus was obtained, taking into account the peculiarities of normal and emergency modes of operation, which allows automating most of the operations related to the functioning of complex engineering objects. The developed system significantly reduces the complexity of the operator's work, reduces the possibility of operator errors, increases safety and reduces the probability of failures, accidents and equipment damage.

Key words: SHIP STERN APPARATUS, SENSOR, MICROCONTROLLER, INTEGRATED CONTROL SYSTEM, CONTROL ALGORITHM, SOFTWARE, SHIP ELECTRIC MOTOR, ELECTRO-HYDRAULIC STATION, HYDRAULIC DISTRIBUTION VALVE.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1.ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ. ТЕХНІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ ТА ОБЛАДНАННЯ	9
1.1.Призначення та функціонування апарелей.	9
1.2.Перелік та призначення силового обладнання апарелей	13
2.ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ	17
2.1.Електрична силова частина системи.....	17
2.2.Індикаційна система спостереження.....	19
3. МІКРОКОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ	24
3.1.Принципова електрична схема підключення програмованого логічного контролера.....	24
3.2.Алгоритми роботи системи керування апарелями	35
3.3.Програмне забезпечення мікроконтролера.	51
4.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ...	61
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	67

ВСТУП

Судна типу RO-RO призначені для перевезення вантажу, забезпеченого колесами та в достатній мірі автономним приводом (крупногабаритні машини, як екскаватори, крани та т.і., які часто переміщують на платформах з власним приводом або тягачами).

Призначенням кормової та бічної апарелей є надання доступу до вантажу судна з причалу.

Апарелі являються частиною борта судна і тому обладнуються чисельними пристроями і датчиками, які забезпечують безпечну експлуатацію судна в морі, коли апарелі зачинено. Відповідно, для відкриття апарелей також повинно бути виконано значну низку операцій, які вимкнуть блокувальні пристрої та забезпечать переміщення апарелей в горизонтальне положення. Під час операцій розкриття необхідно враховувати, що кормова апарель складається з двох основних частин, які розкладаються одна відносно другої, а бічна апарель має механізм, схожий до ліфту, який змінює позицію фіксації опори апарелі проти однієї з трьох палуб. Крім того, внаслідок припливів, відливів, ступеню завантаження судна та інших факторів змінюється положення за висотою апарелей відносно причалу. Для компенсації такого впливу наприкінці апарелей встановлено ультразвукові датчики відстані, які можуть автоматично вмикати необхідне обладнання для стабілізації цієї відстані.

Тому автоматизація таких процесів є актуальною задачею.

Мета роботи і задачі дослідження

Метою роботи є зменшення складності роботи оператора суднових апарелей за рахунок впровадження удосконаленої системи керування та сучасного програмного забезпечення.

Для реалізації зазначеної мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати аналіз штатних та аварійних режимів роботи електричної, гідравлічної, механічної підсистем кормової та бічної апарелей;
- розробити електричну принципову схеми підключення сенсорів, індикації та органів керування до програмованого логічного контролера (ПЛК) FX3U з дискретними та аналоговими модулями розширення;
- розробити детальний алгоритм керування апарелями в режимах відкриття та закриття;
- розробити концептуальний прототип програмного забезпечення в пакеті GX IEC Developer;
- надати інструкції з дій персоналу в надзвичайних ситуаціях, обумовлених відмовою роботи віддаленої системи керування.

Методи досліджень

Виходячи з поставлених задач і з урахуванням особливостей об'єкту дослідження, в роботі використано методи інженерного аналізу складного електро-гідро-механічного обладнання, методи алгоритмізації для програмування промислових контролерів.

Алгоритмічні рішення, запропоновані в роботі, поєднувалися з імітаційним моделюванням роботи програми в сучасному програмному пакеті GX IEC Developer.

Основні наукові та практичні результати

Отримано цілісну систему керування бічною та кормовою апарелями судна з урахуванням особливостей штатних та аварійних режимів роботи, яка дозволяє автоматизувати більшість операцій, пов'язаних з функціонуванням складних інженерних об'єктів. Розроблена система суттєво зменшує складність роботи оператора, зменшує можливість помилок оператора, підвищує безпеку та зменшує вірогідність відмов, аварій та пошкоджень обладнання.

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ. ТЕХНІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ ТА ОБЛАДНАННЯ

1.1. Призначення та функціонування апарелей

Ролкери призначено для перевезення вантажів на колісній ході, які розташовуються на чисельних палубах, з'єднаних підйомними горизонтальними та/або нахильними пандусами між собою та двома завантажувальними апарелями – кормовою та бічною – для забезпечення руху вантажів на берег чи з берега (рис. 1.1).

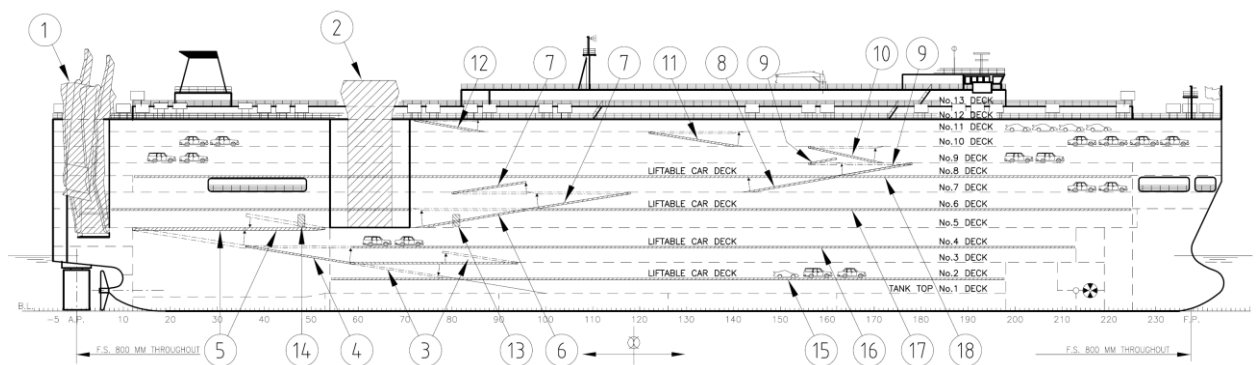


Рисунок 1.1 – Конфігурація вантажних палуб та апарелей на ролкері (1– кормова апарель, 2 – бічна апарель, 3,4,6–10,11,12 – рухомі рампи, 15–18 – Піднімальні палуби, 50 – Гідравлічна система, 80 – Електрична система) [1]

На ролкері, який розглядається – GRACEFUL LEADER [1] – системи підйому/спуску кормової та бічної апарелей побудовано десятиріччя тому і передбачають тільки ручне керування.

Кормова суднова апарель марки складається з двох головних частин і адаптивної ноги. Загальна довжина становить близько 38 метрів, з яких на основну частину I доводиться 22,5 м, на частину II – 9,5 м і на адаптивну ногу – 6 м. Ширина становить 15 м. Сумарна вага – 150 т.

На рисунку 1.2 представлена конструкція кормової апарелі в складеному і розкладеному положенні з її основними функціональними вузлами.

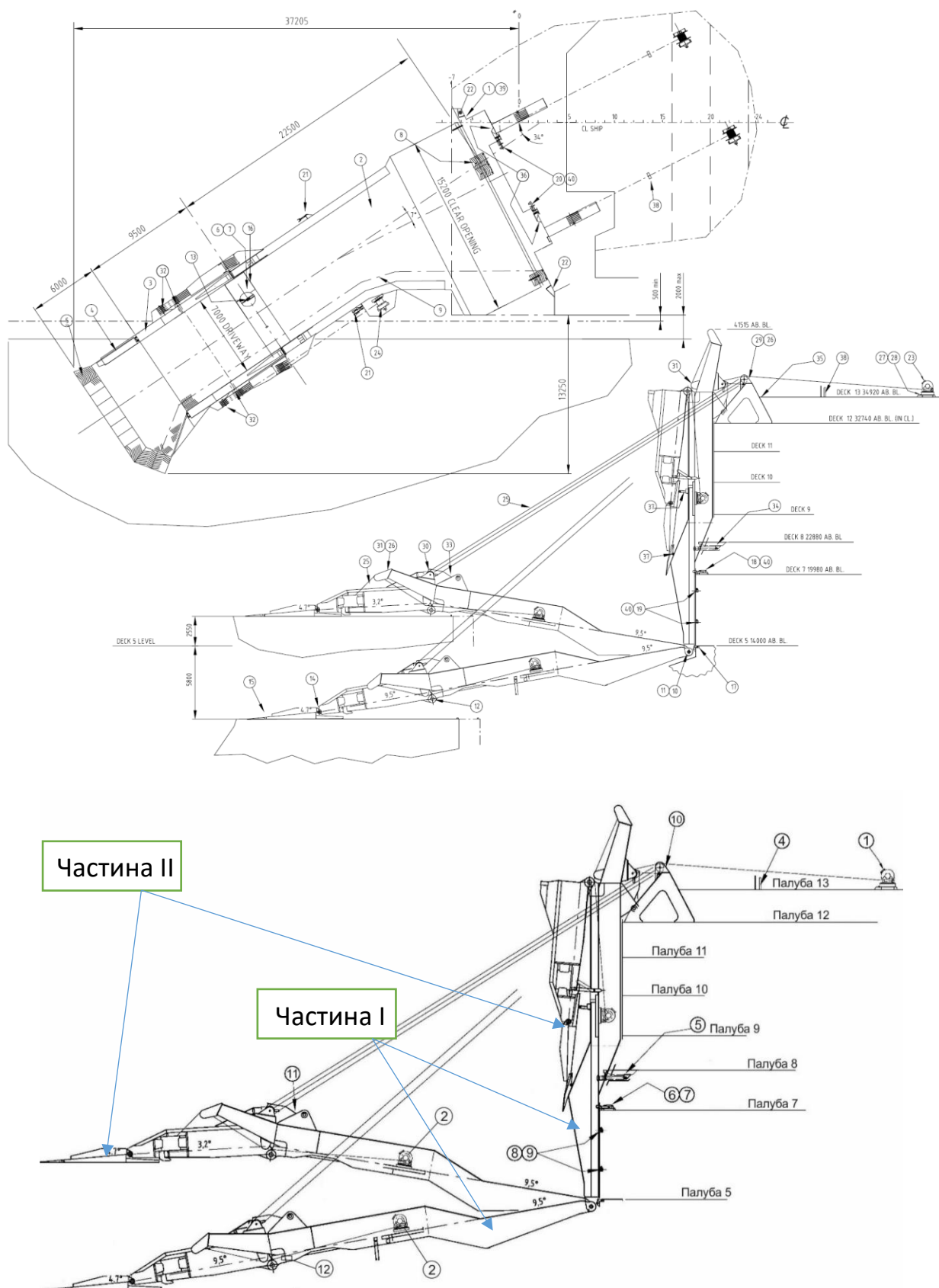


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд та конструкція і склад кормової апарелі:

1) головна лебідка; 2) розкладна лебідка; 3) приводний трос головної лебідки; 4) направляючі тросу головної лебідки; 5) відштовхувальний циліндр (launching cylinder); 6) верхні шпунти (Top cleating); 7) кінцеві вимикачі (limit switch); 8) бічні шпунти (Side cleating); 9) кінцеві вимикачі; 10) поліспасти (вживається для збільшення сили головної лебідки); 11) упорні циліндри (buttressing cylinders); 12) ультразвуковий сенсор автовизначення причалу

Бічна апарель судна складається з двох основних частин: саме апарелі, що піднімається та опускається на берег, та механізму підйому та фіксації точки опору апарелі біля необхідної палуби. Загальна довжина становить 21 м відповідно до висоти борту судна, загальна ширина 7.3 м, робоча зона 21х6.5 м. Сумарна вага становить 51 т.

На рисунку 1.3 представлена конструкція бічної апарелі з її основними функціональними вузлами.

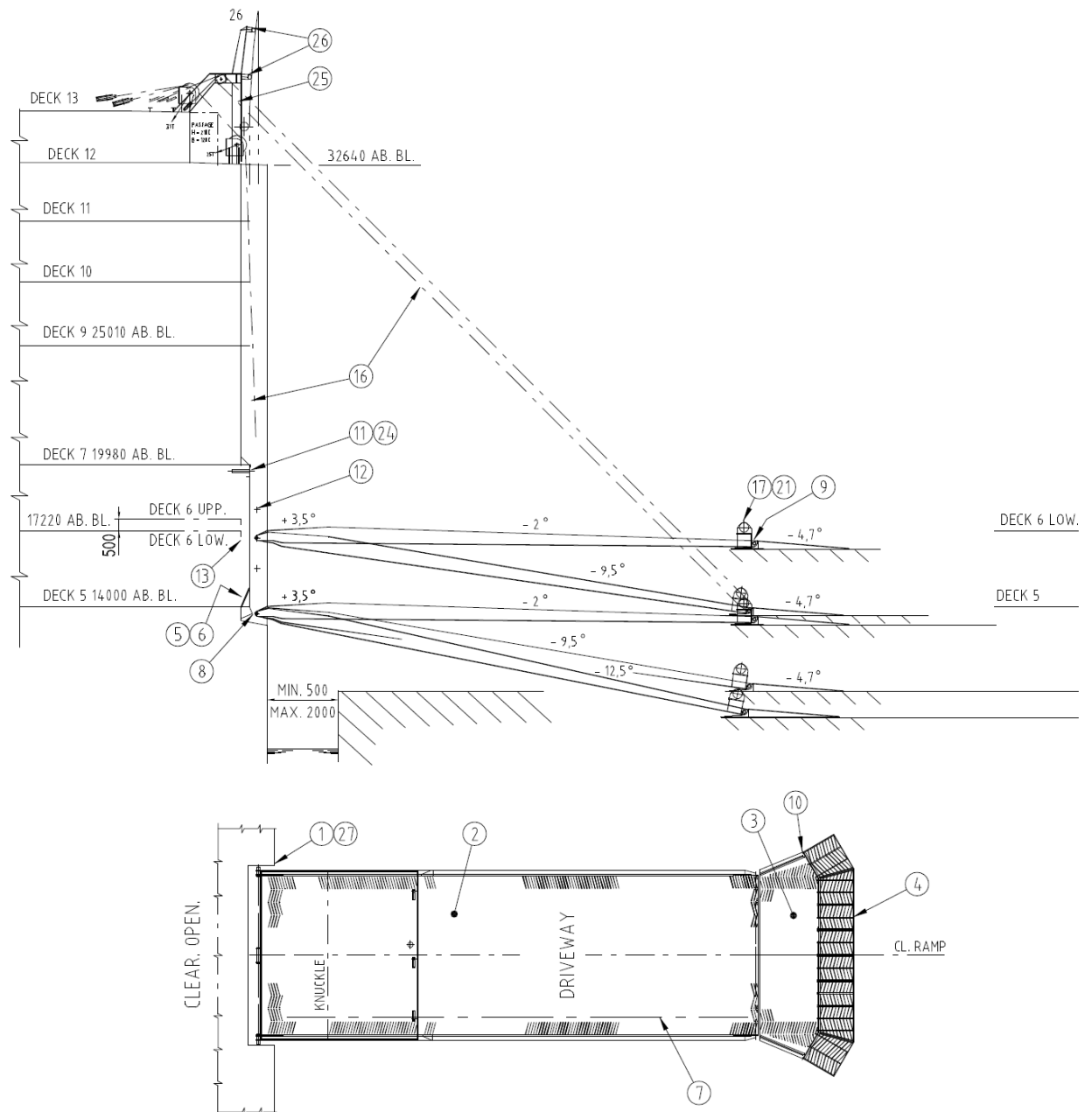


Рисунок 1.3 – Конструкція і склад апарелі:

- 1) болт верхнього замка (Top cleat bolt); 2) точка відштовхуючого циліндру (position for launching cylinder); 3) болт нижнього замка (cleat bolt); 4) болт фіксатора проти палуби (level locking bolt)

На рис.1.4 надано зображення механізмів, розташованих на верхній палубі, які забезпечують рух бічної апарелі.

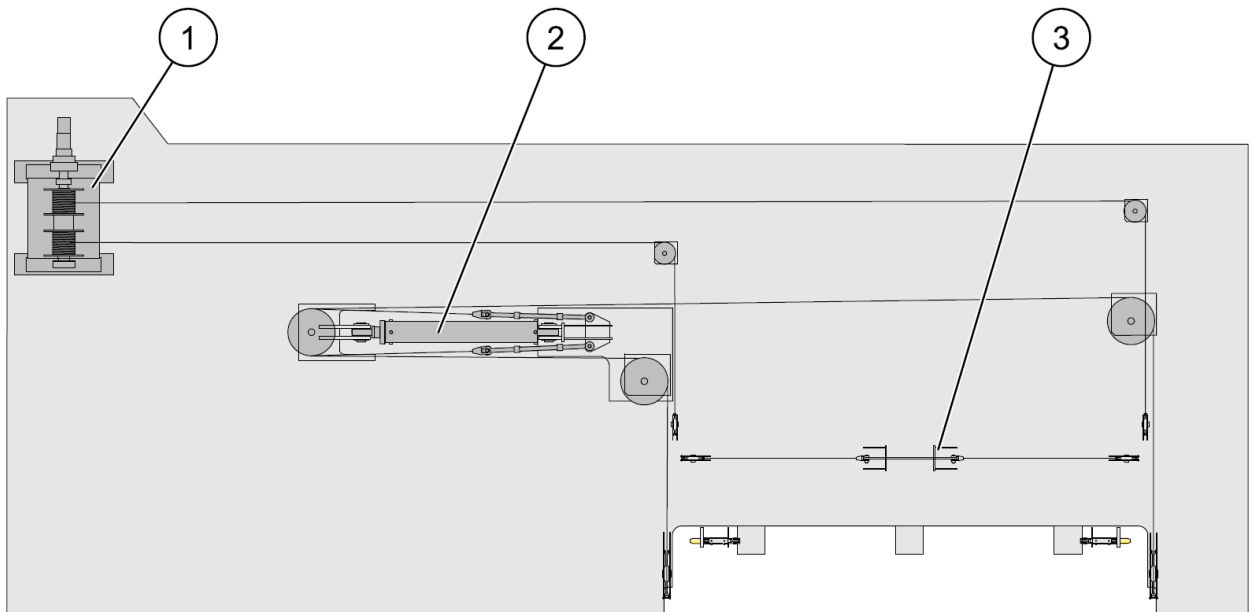


Рисунок 1.4 – Конструкція і склад приводів бічної апарелі:

- 1) головна лебідка (operating winch); 2) механізм підйому точки опори апарелі (jigger winch); 3) механізм зупинки (stop unit)

1.2. Перелік та призначення силового обладнання апарелей

Розглядаючи апарелі як сукупність технічних засобів, приведення в дію яких залежить від послідовності виконання алгоритму за допомогою засобів автоматики, її умовно можна розділити на такі складові [3]:

- Виконавче силове обладнання, за допомогою якого приводиться в рух апарель, блокування / розблокування рухомих частин;
- Обладнання автоматики і управління – виконує управління і регулювання заданих значень (згідно алгоритму), а також систем безпеки.

Для приведення в дію силових і виконавчих механізмів апарелі в якості силового механізму використовується гідравлічна установка. Для створення робочого тиску в системі (220 бар) застосовуються радіально-поршневі насоси, які приводяться від електродвигунів. Подача робочої рідини до виконавчих механізмів (лебідки, циліндри, тощо) здійснюється за допомогою

соленоїдних клапанів. Всі насоси приводяться в дію за допомогою електродвигунів. Номінали електродвигунів підібрані в залежності від навантаження, що приходить на кожен насос.

Насосна станція складається з семи насосів, які діляться на наступні три групи:

- 1) Три насоса закритого типу, з продуктивною здатністю близько 170 л / хв (максимальний тиск 320 бар) для основних і розкладних лебідок;
- 2) Два компенсуючих насоса, продуктивністю близько 80 л / хв (максимальний тиск 320 бар) для всього іншого обладнання (замки, шпунти, гальма);
- 3) Два насоса, продуктивністю близько 150 л / хв для охолодження, фільтрації та поповнення системи.

До складу виконавчого / силового гідравлічного обладнання, яке бере безпосередню участь в функціонуванні кормової апарелі, входять:

- 1) Дві основні лебідки (Main winch) на верхній палубі 13 для спускання та підйому всієї конструкції;
- 2) Одна розкладна лебідка (Spreading winch), розташованої в частині I для розгинання і згинання складаної частини II;
- 3) Один відштовхувальний циліндр (Launching cylinder), розташований під восьмою палубою;
- 4) Два упорні циліндра (Buttressing cylinders), розташовані на апарелі частина I, по одному з кожного боку;
- 5) Замкові механізми (Locking i Cleating cylinders), серед яких:
 - Два замкових циліндра (Locking cylinders), на палубі 12 щоб закріпити частину I (основну) до корпусу судна;
 - Два замкових циліндра (Locking cylinders), розташованих з кожного боку балки апарелі частини I, щоб замкнути між собою частини I і II;
 - П'ять шпунтів (Top Cleating), розташованих уздовж корми на 7-й палубі;

- По два шпунта (Side Cleating) по кожному боку апарелі в напрямку комінгса.

Відштовхувальний циліндр (Launching cylinder) встановлено для того, щоб відштовхнути апарель від корми до точки, де вона почне спускатися під дією власної сили тяжіння. Під час "закриття" цей циліндр має пом'якшувальний ефект, коли апарель долає точку рівноваги і близька до закриття.

При роботі бічної апарелі використовується наступне обладнання:

- 1) Основна лебідка (Operating winch) на верхній палубі для спуску та підйому всієї конструкції;
- 2) Лебідка підйому точки фіксації апарелі проти палуби (Jigger winch);
- 3) Один відштовхувальний циліндр (Launching cylinder), розташований під восьмою палубою;
- 4) Замкові механізми (Locking i Cleating cylinders), серед яких:
 - два основних замкових циліндра (Cleat hook locking cylinders), щоб закріпити апарель до корпусу судна;
 - два верхніх замкових циліндра (Top locking cylinders), щоб закріпити апарель до корпусу судна після підйому та фіксації Cleat hooks;
 - чотири шпунти (Cleat);
 - два шпунта (Level Cleating) для фіксації точки опори апарелі проти необхідної палуби.
- 5) Всі елементи мають кінцеві вимикачі для кожного стану, що надає змогу контролювати виконання команд, виявляти аварійні ситуації.

Всі лебідки – барабанного типу (drum-type), які приводяться в дію гідравлічним радіально-поршневим насосом (без шестерень), що розвиває високий крутний момент на низьких оборотах.

Лебідки оснащені паркувальним гальмом (стрічкового типу), які підпружинюються та приводяться в дію за допомогою гідравлічного тиску. Гальмівні циліндри під час роботи безперервно поповнюються маслом, щоб мінімізувати затримку в момент гальмування.

Упорні циліндри (Buttressing cylinders) працюють як регульовані опори між верхніми бічними балками апарелі частин I і II, що необхідно для пристосування конструкції до зміни висоти причалу.

Шпунти, або ж Cleating cylinders (Top і Side) закріплюють частина I кормової апарелі і бічну апарель до корпусу судна і таким чином забезпечують водонепроникність корпусу судна.

Для забезпечення безпеки в разі виникнення аварійних ситуацій застосовуються запобіжні клапани:

- три запобіжних клапана блокування (safety valve blocks), по одному на кожну лебідку, щоб гідравлічним методом зупинити лебідки у разі розриву шланги або труби. Лебідки блокуються також у тому випадку, якщо з якихось причин тиск в системі стає занадто низьким;

- два запобіжних клапана блокування (safety valve blocks) на кожному упорному циліндрі. Вони також запобігають аварійній ситуації у випадку розриву труб або шлангів.

Для керування цим обладнанням відповідно до команд оператора та технології роботи кожної апарелі пропонується використання промислового програмованого логічного контролеру Mitsubishi серії FX3U з модулями розширення, який через електромагнітні гідророзподільники подає робочий тиск до необхідного механізму і тим самим забезпечує потрібну послідовність включення в роботу всіх механізмів.

2. ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ

2.1. Електрична силова частина системи

Система контролю апарелей, складається з пульту керування, який наведено на рис. 2.1, та набору технічних засобів автоматики, необхідних для успішного виконання усіх вимог, які потребує алгоритм керування апареллю [6].

На сайті виробника надано фотографію міста роботи оператора поста управління апарелями (рис. 2.1).



Рисунок 2.1. – Пост управління апарелями, пандусами та підйомними палубами [3]

Електрична силова частина складається з релейно-контактної системи управління електродвигунами, які приводять в дію гідравлічні насоси (табл. 2.1). Електроживлення для електродвигунів складає 3 х 440 В, 60 Гц, постачається від загальної суднової мережі. Електроживлення для релейно-контактного обладнання складає 220 В, постачається від окремого перетворювача частоти для стабілізації напруги та частоти незалежно від коливань напруги в мережі.

Таблиці 2.1. Номінальні параметри електродвигунів насосної станції

№	Призначення насоса	U, V	P, kW	I _{ном} , A	I _{пуск} , A	RPM
M1	Головна лебідка PS	440	65	105	796	1775

M2	Головна лебідка SB	440	65	105	796	1775
M3	Розкладна лебідка	440	65	105	796	1775
M4, M5	Насос іншого обладнання	440	34,5	54.5	370	1765
M6, M7	Насоси охолодження, рециркуляції	440	8,6	15,1	98	1730

Для захисту від перегріву та перевантаження за струмом встановлено автоматичні вимикачі F01, F02, F03. Електричну принципову схему підключення двигунів надано на рис. 2.2.

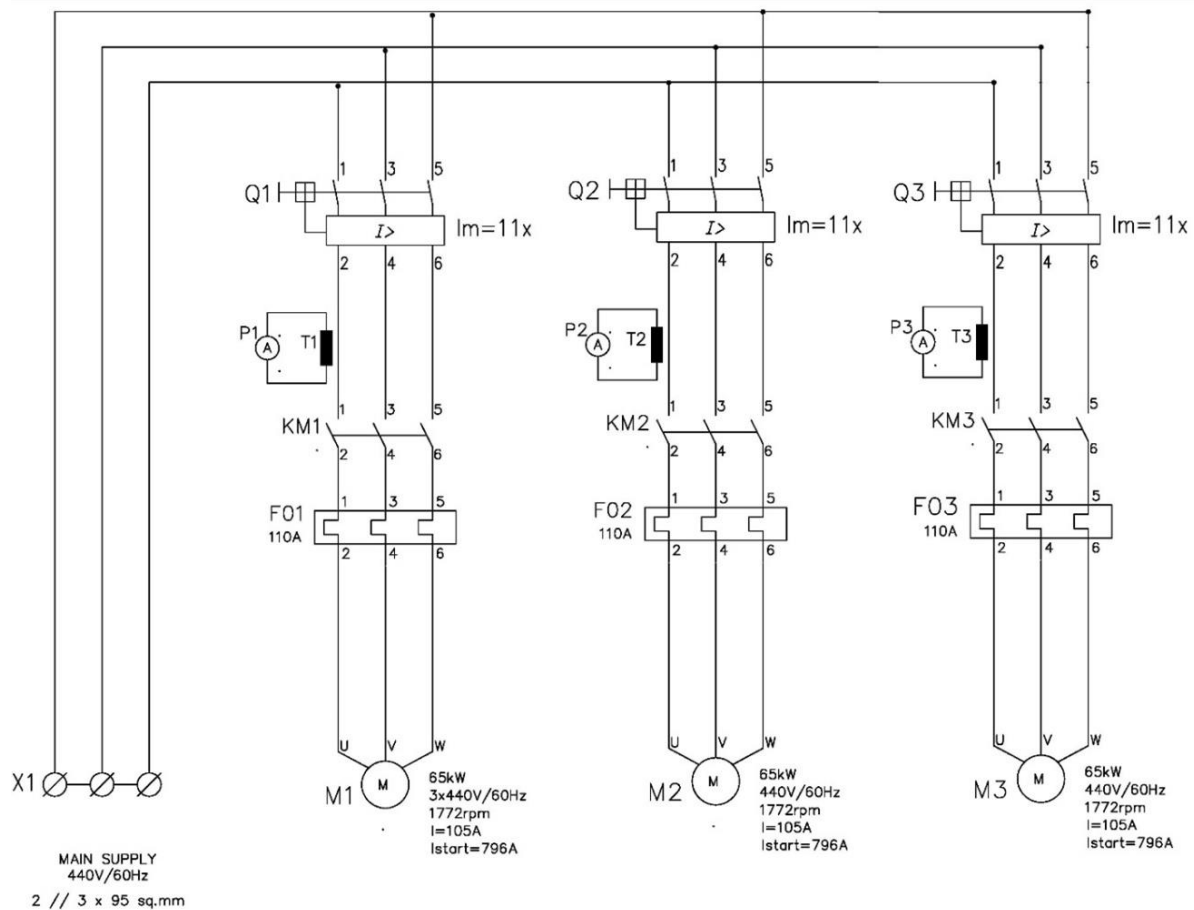


Рисунок 2.2 – Електрична принципова схема підключення електродвигунів насосної станції

2.2. Індикаційна система спостереження

Система контролю апарелей забезпечена датчиками положення апарелей, положення затворів, блокування, сигнали які мають бути передані в центральну систему контролю апарелями та до панелей індикації локальних пультів.

Кінцеві вимикачі розділяються на кілька груп, в залежності від призначення виконуючих механізмів, дію або стан яких вони контролюють.

Перша група сенсорів: Cleating cylynders (шпунти) – це гідравлічні циліндри що забезпечують водонепроникність корпусу судна у зачиненому стані апарелі.

Сенсори що належать до цієї групи:

– Верхні шпунти

1S121, 1S123, 1S125, 1S127 & 1S129 – Cleating top locked (зачинено);

1S122, 1S124, 1S126, 1S128 & 1S130 – Cleating top free (вільно);

– Шпунти з лівого борту

1S131 & 1S133 – Cleating STB locked (зачинено);

1S132 & 1S134 – Cleating STB free (вільно);

– Шпунти з правого борту

1S111 & 1S113 – Cleating PS locked (зачинено);

1S112 & 1S144 – Cleating PS free (вільно).

Інша група це Locking cylynders (замки):

– апарель до корпусу судна, правий борт

1S141 – Locking ramp PS locked (зачинено);

1S142 – Locking ramp PS free (вільно);

– апарель до корпусу судна, лівий борт

1S143 – Locking ramp STB locked (зачинено);

1S144 – Locking ramp STB free (вільно).

Сенсори 1S152 та 1S154 сигналізують що апарель знаходиться в зачиненому стані – Ramp closed, PS та STB відповідно.

Сенсори 1S251 та 1S253 сигналізують, що частина 1 та складна частина 2 зачинені між собою, або роз'єднані 1S252 та 1S254.

Сенсор 1S100 вказує положення відштовхувального циліндру (Launching cylinder).

Система спостереження включає в себе звукові та візуальні сигнали.

Елементи індикації апарелей відображено в табл. 2.2

Таблиця 2.2. Основні функції та індикація стану механізмів апарелі

Mark	Description	Type
PUMP FAULT	Аварія помпи	LAMP
PUMP RUN	Помпа працює	LAMP
PUMP OFF-ON	Вимкнути / ввімкнути помпу	SWITCH
CLEATS ON	Всі шпунти замкнені	LAMP
CLEATS OFF	Всі шпунти вимкнені	LAMP
HOOKS ON	Замки зафіксовано	LAMP
HOOKS OFF	Замки розімкнуто	LAMP
RAMP CLOSED	Апарель піднята	LAMP
RAMP 15 ° OUT	Апарель нижче 15 °	LAMP
FULLY LOWERED	Апарель повністю внизу	LAMP
RAMP POS. DECK 6b	Апарель на рівні 6b	LAMP
RAMP POS. DECK 6a	Апарель на рівні 6a	LAMP
RAMP POS. DECK 5	Апарель на рівні 5	LAMP
RAMP POS. MaxL	Апарель на рівні MaxL	LAMP
LEVEL LOCK ON	Всі фіксатори замкнені	LAMP

LEVEL LOCK OFF	Всі фіксатори вимкнені	LAMP
DECK 6a–6b–5	Перехід на палубу	SWITCH
CHANGE DECK LEV.	Запит переходу	SWITCH
OPEN SIDE RAMP	Апарель спустити	KEY
CLOSE SIDE RAMP	Апарель підняти	KEY
EMERGENCY STOP	Аварійна зупинка	KEY (FIXED)

Частину електричної схеми підключення індикаторів, деяких кінцевих вимикачів показано на рис. 2.3 – 2.6.

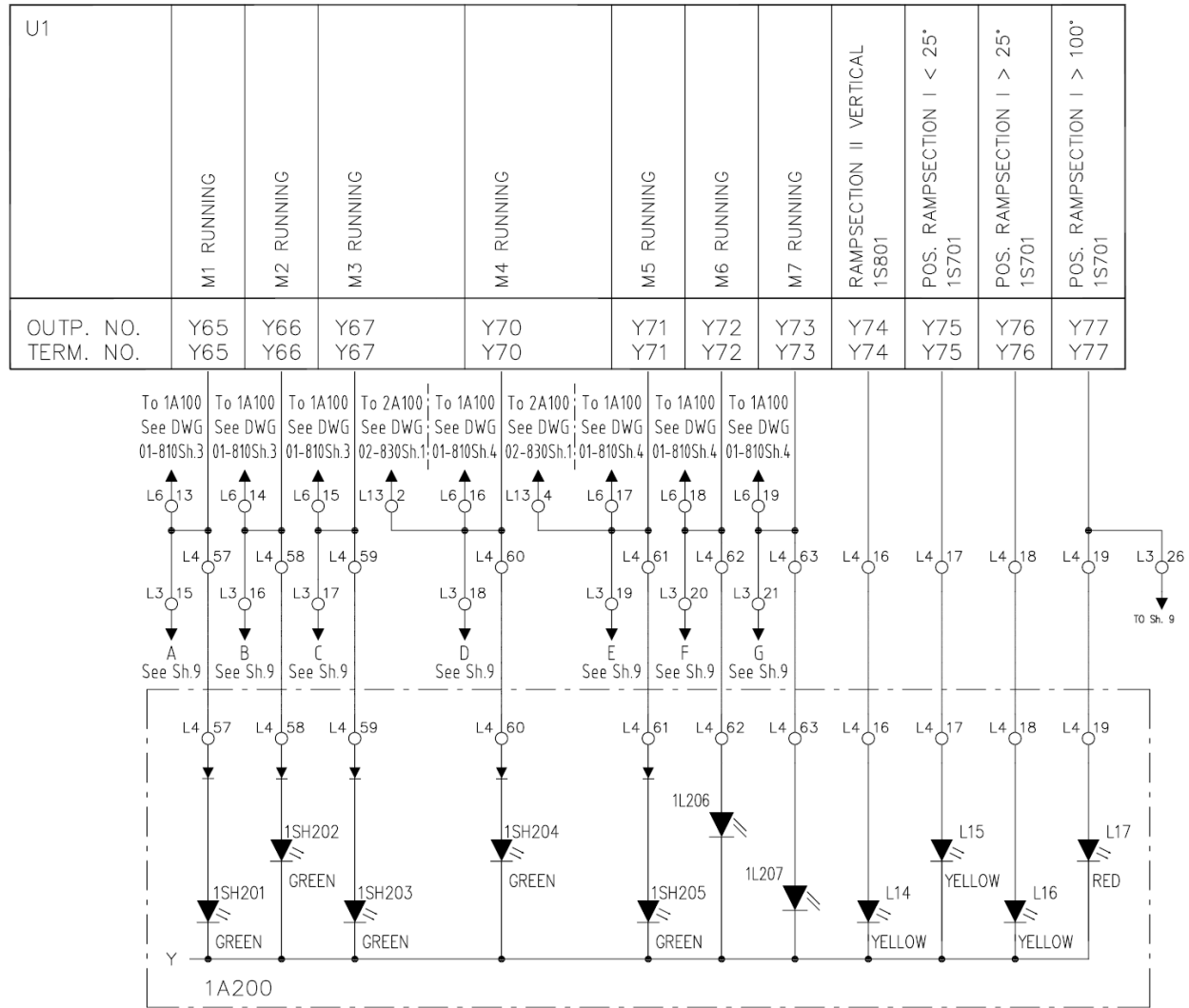


Рисунок 2.3 – Частина електричної схеми системи індикації роботи двигунів

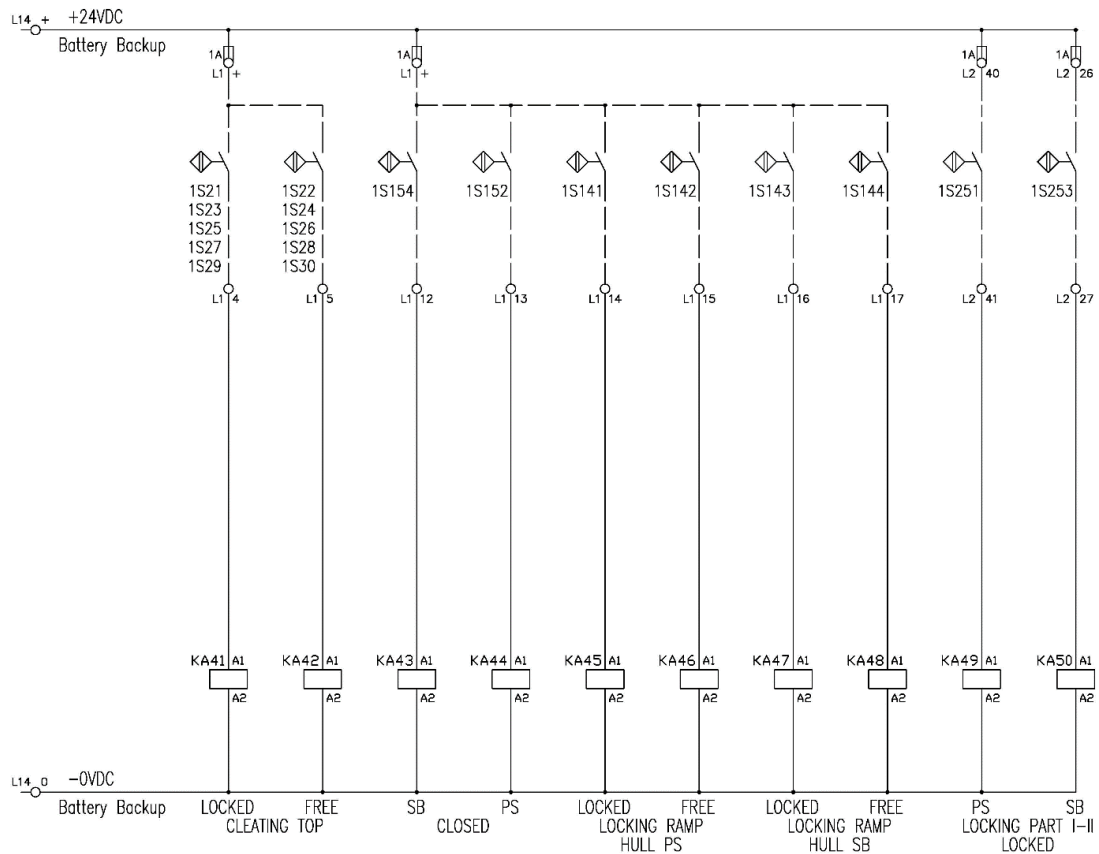


Рисунок 2.4 – Частина електричної схеми підключення кінцевих вимикачів системи індикації

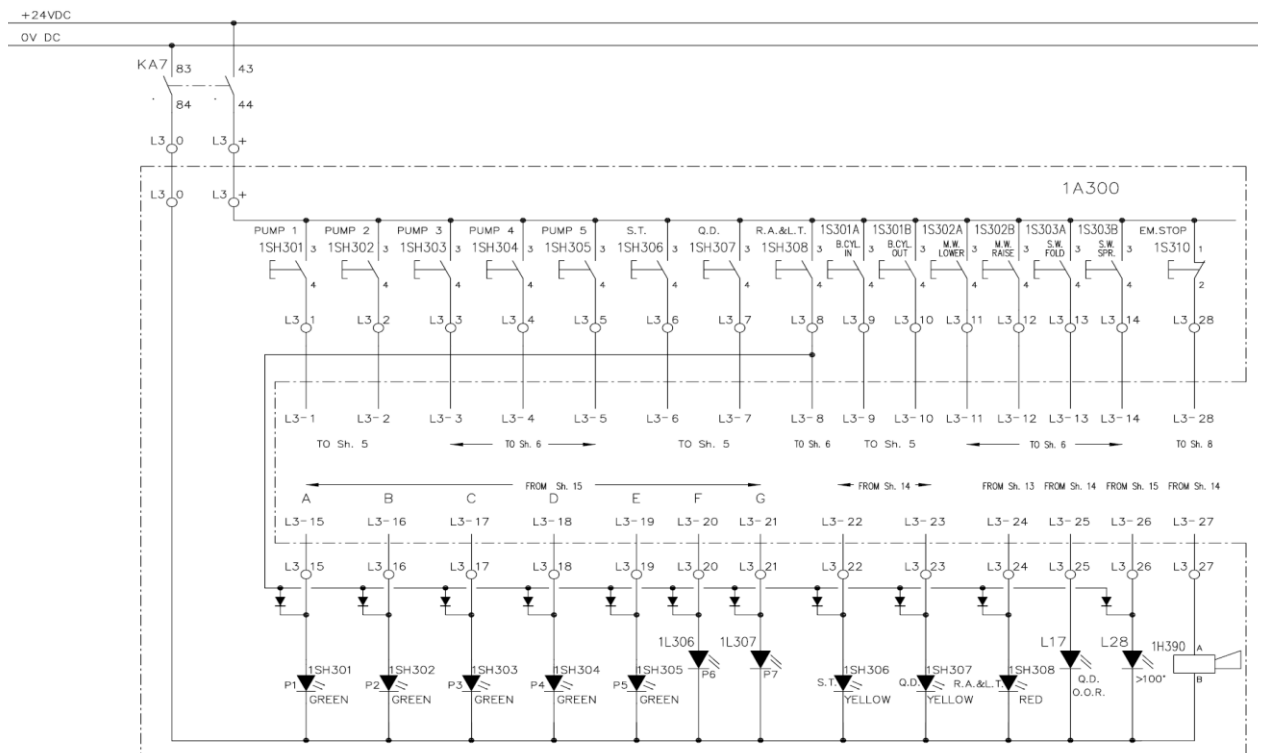


Рисунок 2.5 – Частина електричної схеми системи індикації та фіксаторів

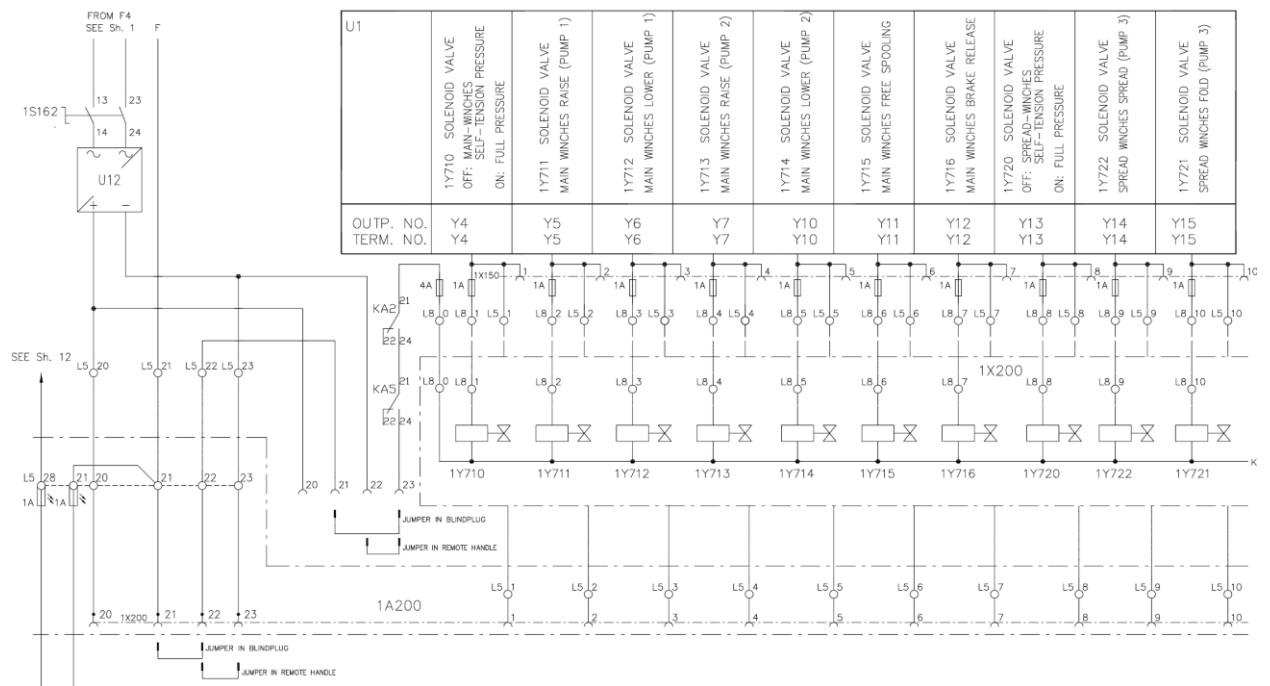


Рисунок 2.6 – Частина електричної схеми підключення клапанів

Електроживлення для системи спостереження (сенсорів) становить 24 В постійного струму та постачається від внутрішнього перетворювача напруги.

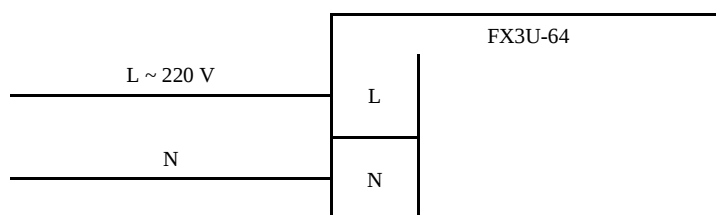
3. МІКРОКОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ

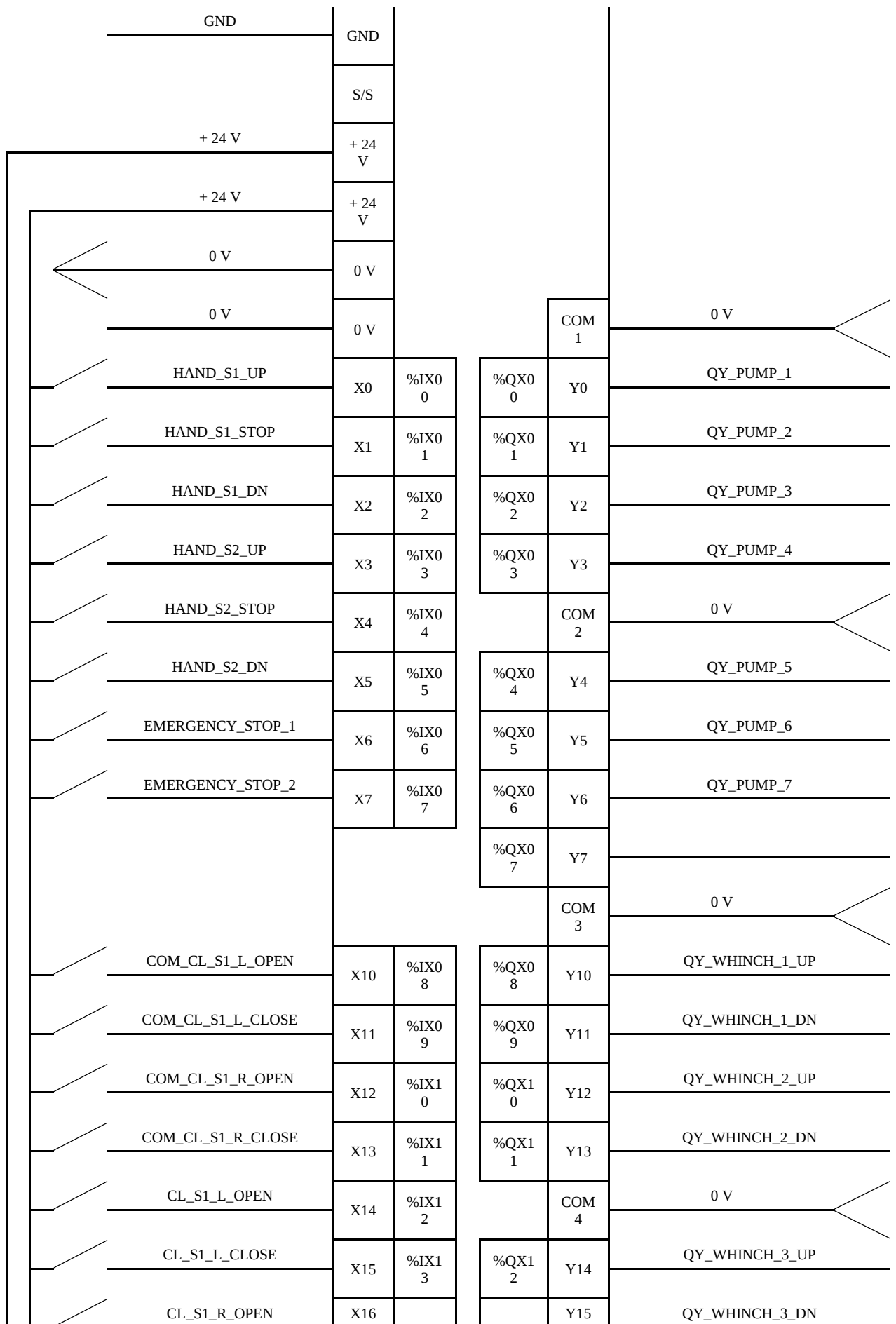
Призначення мікроконтролерної системи – під час перебування в порту забезпечувати необхідну послідовність роботи виконуючого обладнання та регулювання положення апарелей на підставі інформації, отриманої від кінцевих вимикачів та приладів керування і спостереження, під час перебування в морі забезпечувати надійне блокування та індикацію стану апарелей.

3.1. Принципова електрична схема підключення програмованого логічного контролера

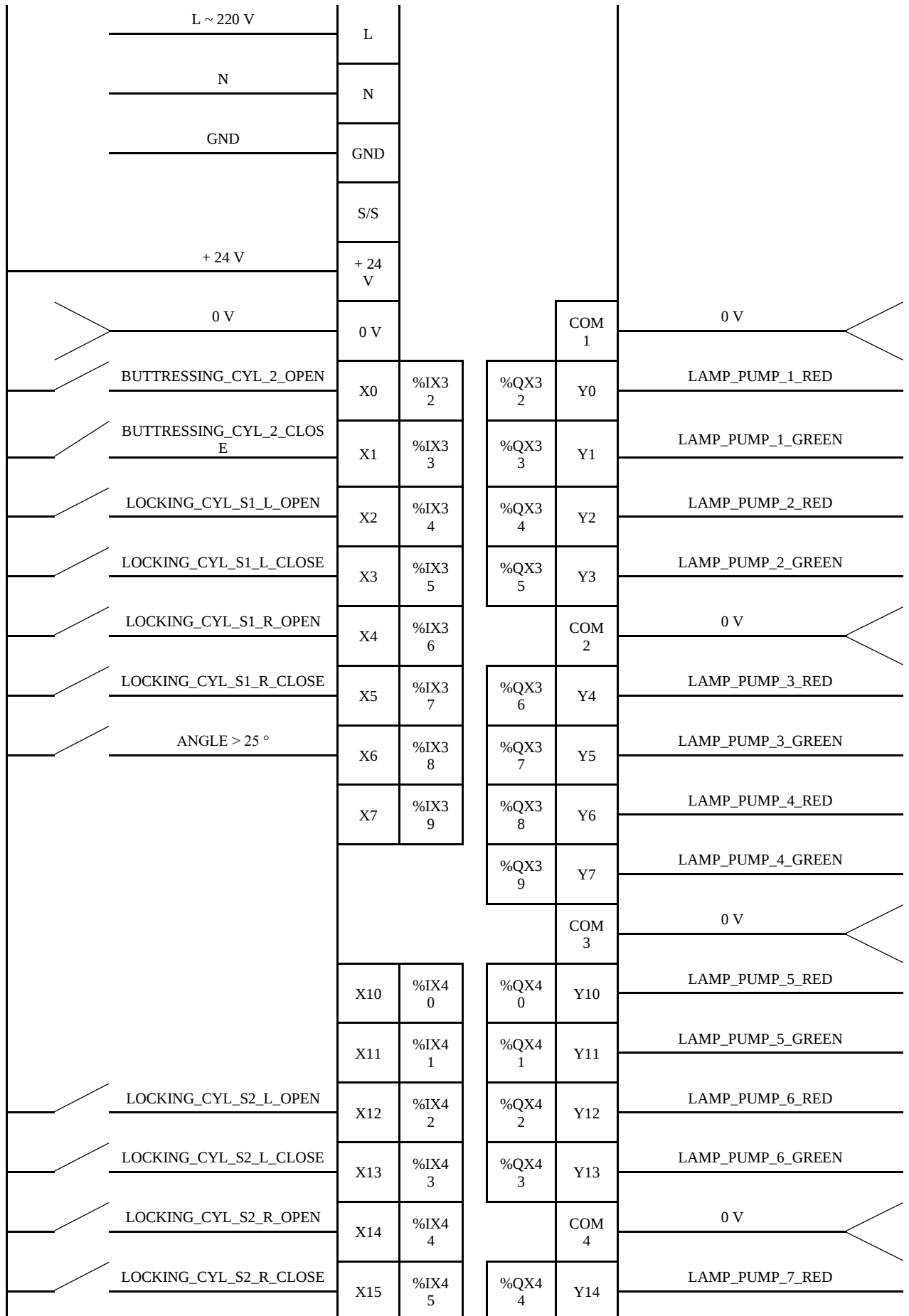
Систему керування побудовано на основі контролера Mitsubishi Electric FX3U-64MR/ES з релейними виходами, блоків розширення FX2N-32MR/ES, блоків розширення з аналоговими виходами FX2N-4DA для керування швидкістю перетворювачів частоти (електричних лебідок) та аналоговими входами FX2N-2AD для отримання сигналу від ультразвукових датчиків. Відповідно до цього розроблено принципову електричну схему підключення зовнішніх компонентів до контролера (рис. 3.1).

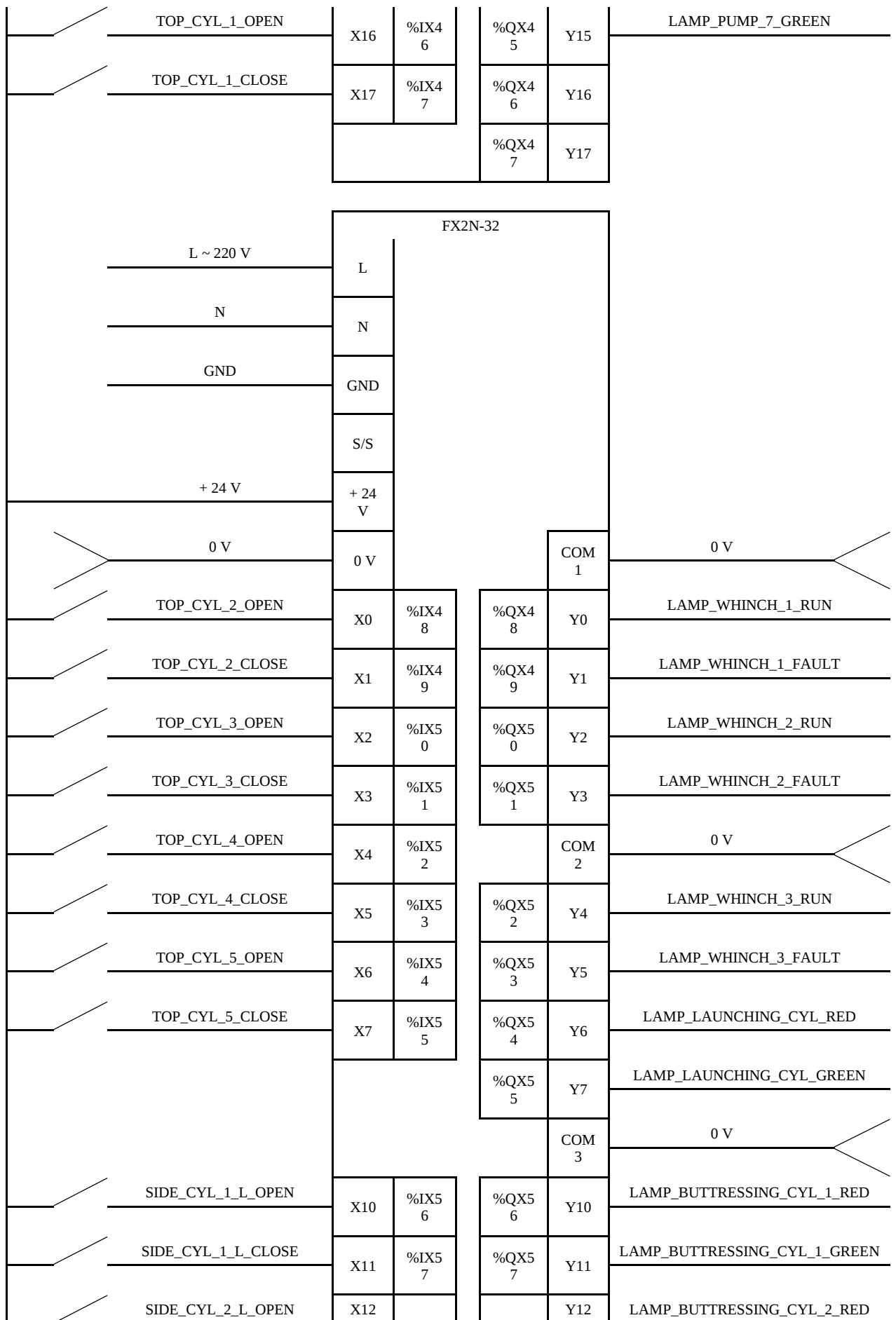
Програмування мікроконтролера здійснюється у фірмовому пакеті Mitsubishi Electric GX IEC Developer на одній з стандартних мов програмування промислових контролерів [7], а саме мові структурованого тексту (ST). Для розробки програми необхідно розподілити адреси входів та виходів.

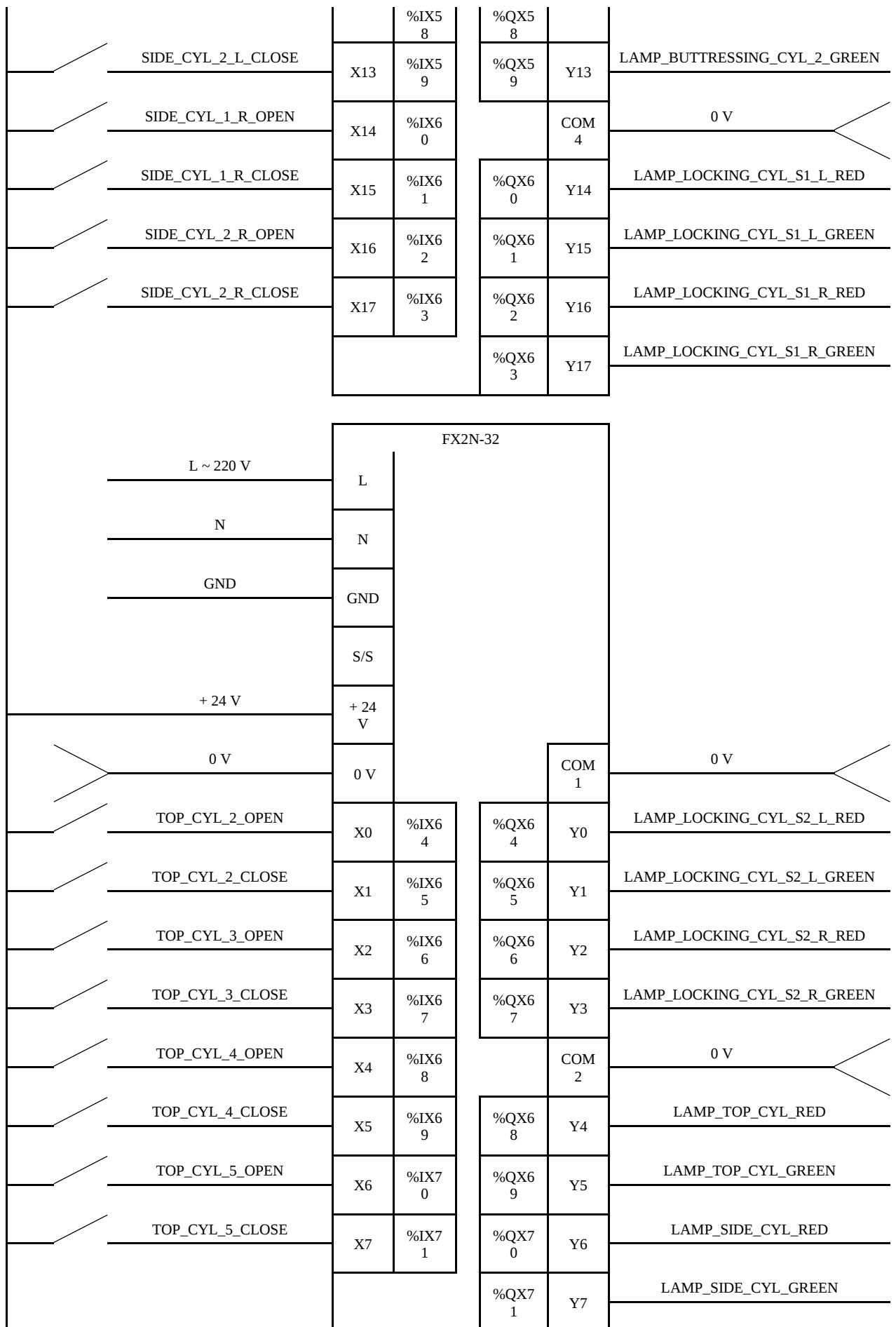


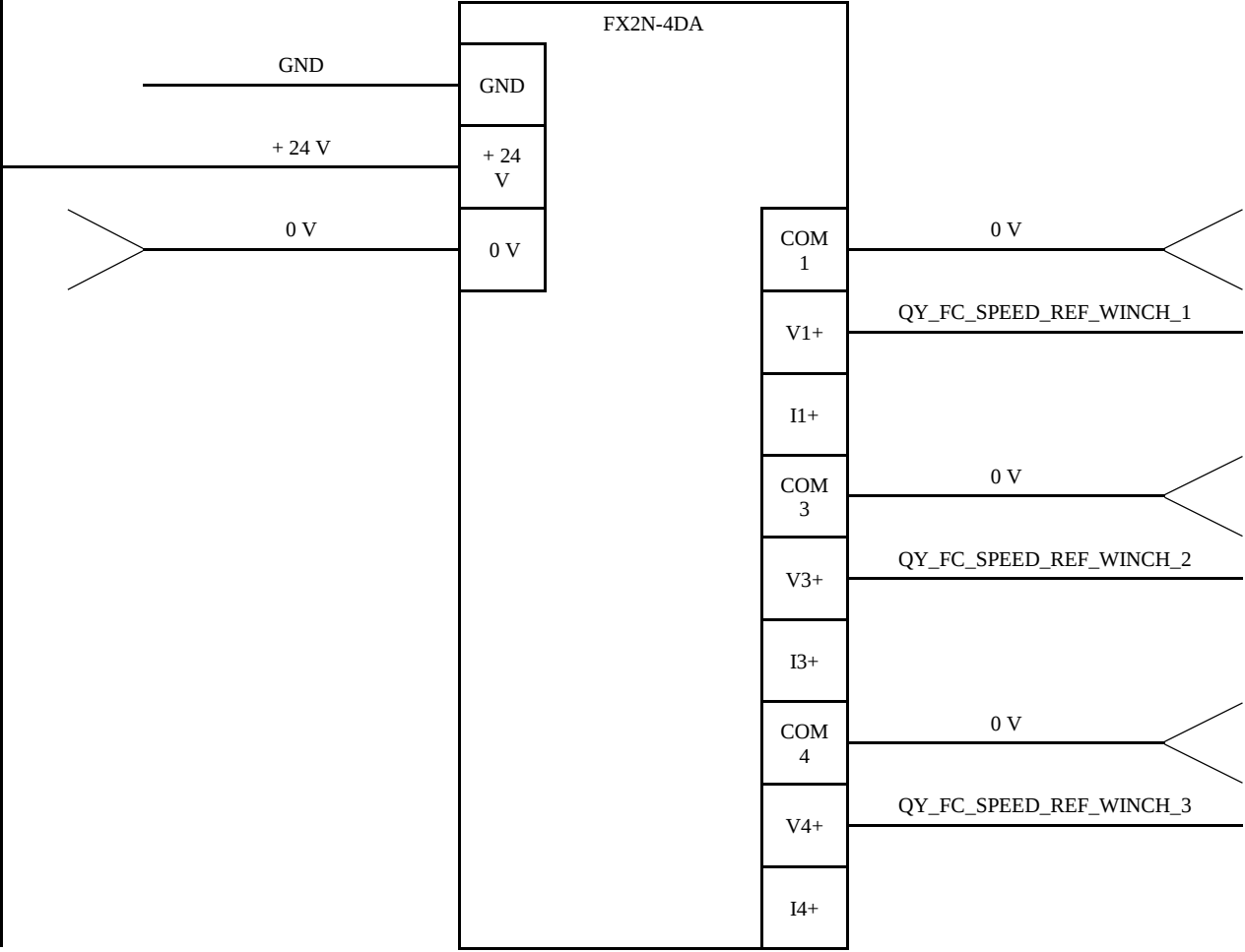
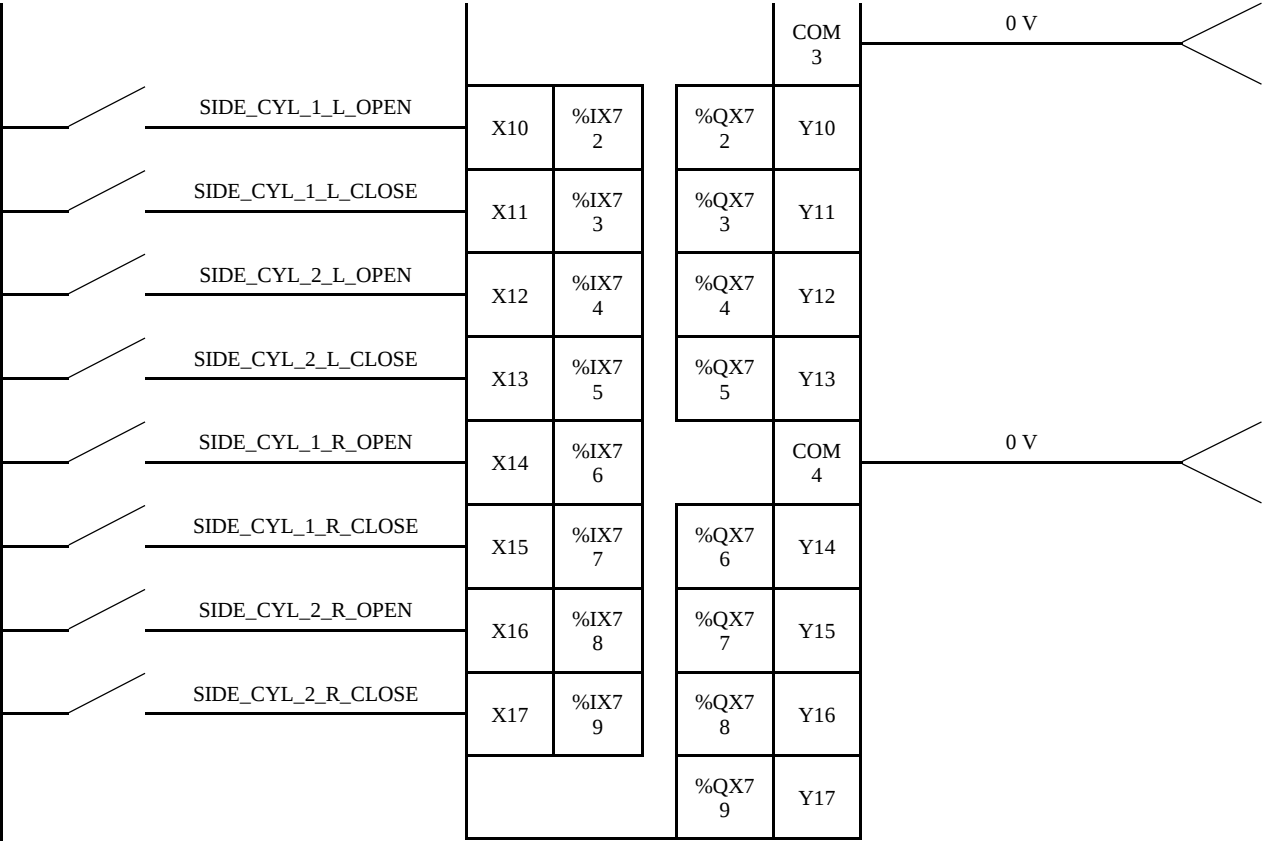


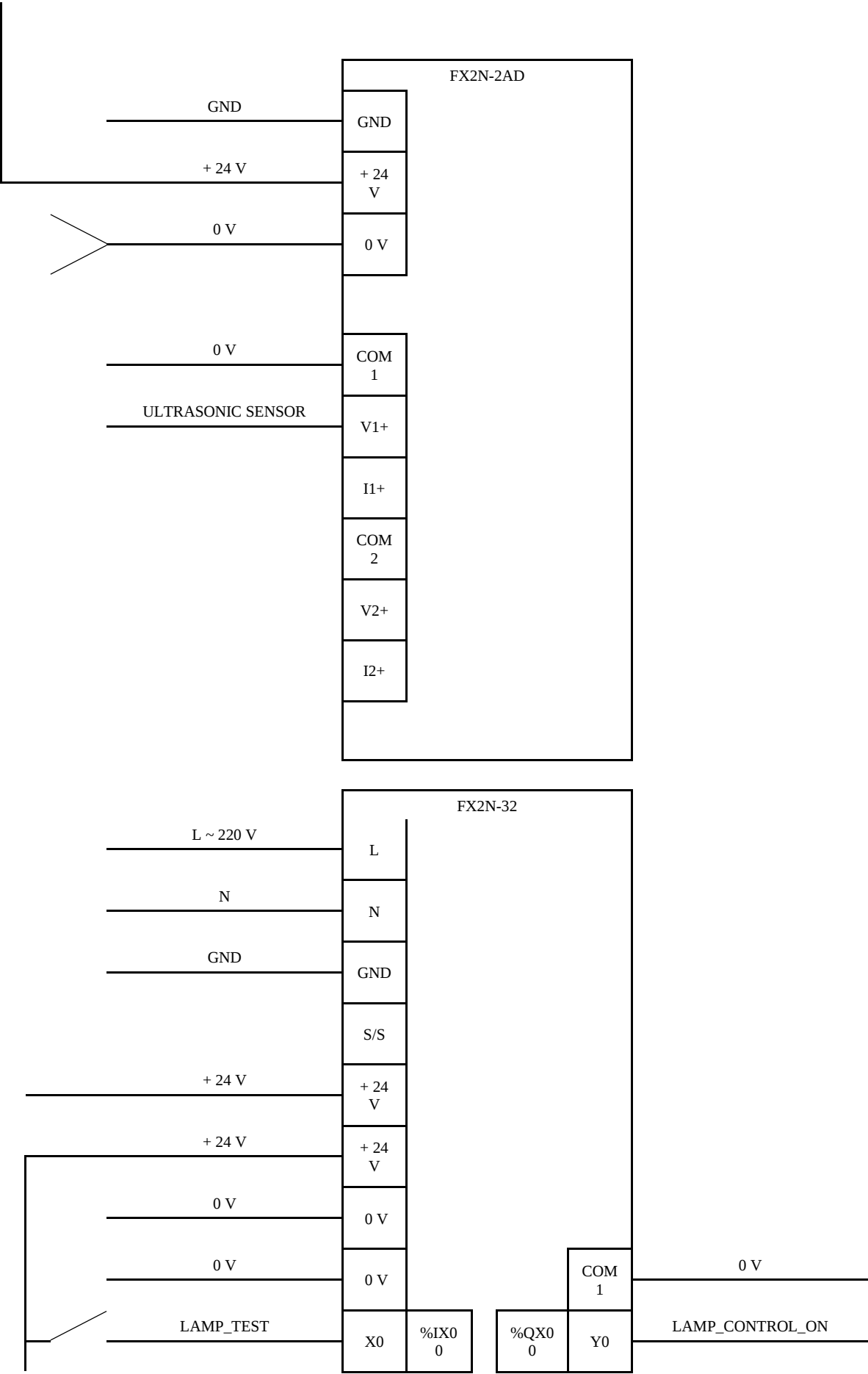






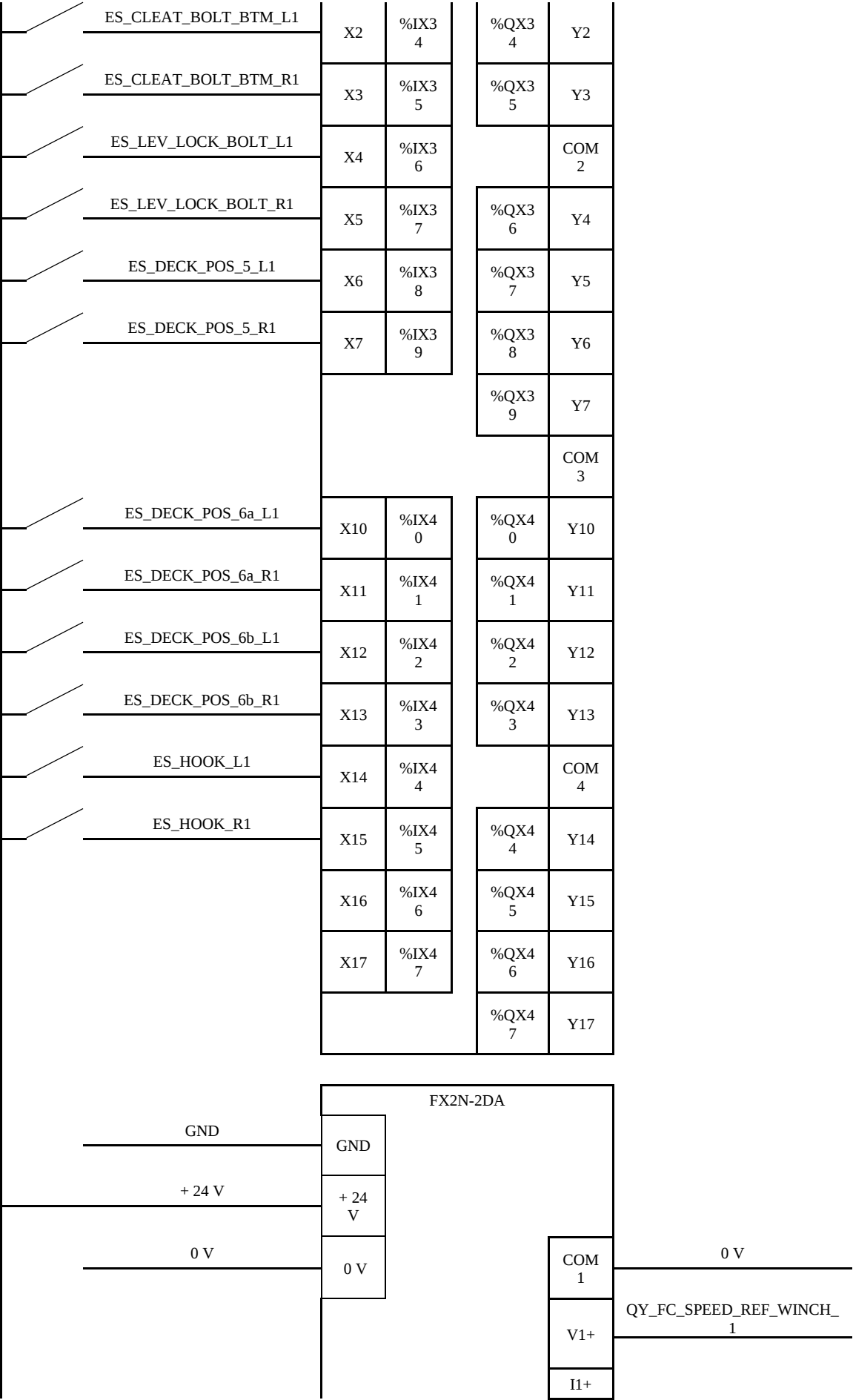






	PUMP_ON	X1	%IX0 1	%QX0 1	Y1	LAMP_PUMP_FAULT
	PUMP_OFF	X2	%IX0 2	%QX0 2	Y2	LAMP_CLEATS_ON
	DECK_5	X3	%IX0 3	%QX0 3	Y3	LAMP_HOOKS_ON
	DECK_6A	X4	%IX0 4		COM 2	0 V
	DECK_6B	X5	%IX0 5	%QX0 4	Y4	LAMP_RAMP_CLOSED
	CHANGE_DECK_LEVEL	X6	%IX0 6	%QX0 5	Y5	LAMP_RAMP POS. DECK 6B
	EMERGENCY_STOP	X7	%IX0 7	%QX0 6	Y6	LAMP_RAMP POS. DECK 6A
				%QX0 7	Y7	LAMP_RAMP POS. DECK 5
					COM 3	0 V
	OPEN_SIDE_RAMP	X10	%IX0 8	%QX0 8	Y10	LAMP_FULLY_LOWERED
	CLOSE_SIDE_RAMP	X11	%IX0 9	%QX0 9	Y11	LAMP_PUMP_RUN
	CONTROL_OFF	X12	%IX1 0	%QX1 0	Y12	LAMP_LEVEL_LOCK_ON
	CONTROL_ON	X13	%IX1 1	%QX1 1	Y13	LAMP_LEVEL_LOCK_OFF
	ES_CLEAT_BOLT_TOP_L	X14	%IX1 2		COM 4	0 V
	ES_CLEAT_BOLT_TOP_R	X15	%IX1 3	%QX1 2	Y14	LAMP_RAMP_15_OUT
	ES_LAUNCHING_CYL_ON	X16	%IX1 4	%QX1 3	Y15	LAMP_HOOKS_OFF
	ES_LAUNCHING_CYL_OFF	X17	%IX1 5	%QX1 4	Y16	LAMP_CLEATS_OFF
				%QX1 5	Y17	
					COM 5	0 V
	ES_CLEAT_BOLT_BTM_L	X20	%IX1 6	%QX1 6	Y20	QY_VB01A_HOOKS
	ES_CLEAT_BOLT_BTM_R	X21	%IX1 7	%QX1 7	Y21	QY_VB01B_HOOKS
	ES_LEV_LOCK_BOLT_L	X22	%IX1 8	%QX1 8	Y22	QY_VB02A_CLEATING
	ES_LEV_LOCK_BOLT_R	X23			Y23	QY_VB02B_CLEATING

			%IX1 9	%QX1 9		
	ES_DECK_POS_5_L	X24	%IX2 0	%QX2 0	Y24	QY_VB03A_LEV_LOCK
	ES_DECK_POS_5_R	X25	%IX2 1	%QX2 1	Y25	QY_VB03B_LEV_LOCK
	ES_DECK_POS_6a_L	X26	%IX2 2	%QX2 2	Y26	QY_VB04A_JIGGER_UP
	ES_DECK_POS_6a_R	X27	%IX2 3	%QX2 3	Y27	QY_VB04B_JIGGER_DN
					COM 6	0 V
	ES_DECK_POS_6b_L	X30	%IX2 4	%QX2 4	Y30	QY_VB05A_LAUNCH
	ES_DECK_POS_6b_R	X31	%IX2 5	%QX2 5	Y31	QY_VB05B_LAUNCH
	ES_STOP_UNIT	X32	%IX2 6	%QX2 6	Y32	QY_VB11A_HOIST
	ES_15_OUT	X33	%IX2 7	%QX2 7	Y33	QY_VB11B_LOWER
	S_PUMP_ON	X34	%IX2 8	%QX2 8	Y34	QY_PUMP_ON
	ES_HOOK_L	X35	%IX2 9	%QX2 9	Y35	
	ES_HOOK_R	X36	%IX3 0	%QX3 0	Y36	
		X37	%IX3 1	%QX3 1	Y37	
	L ~ 220 V	L	FX2N-32			
	N	N				
	GND	GND				
		S/S				
	+ 24 V	+ 24 V				
	0 V	0 V			COM 1	
	ES_CLEAT_BOLT_TOP_L1	X0	%IX3 2	%QX3 2	Y0	
	ES_CLEAT_BOLT_TOP_R1	X1	%IX3 3	%QX3 3	Y1	



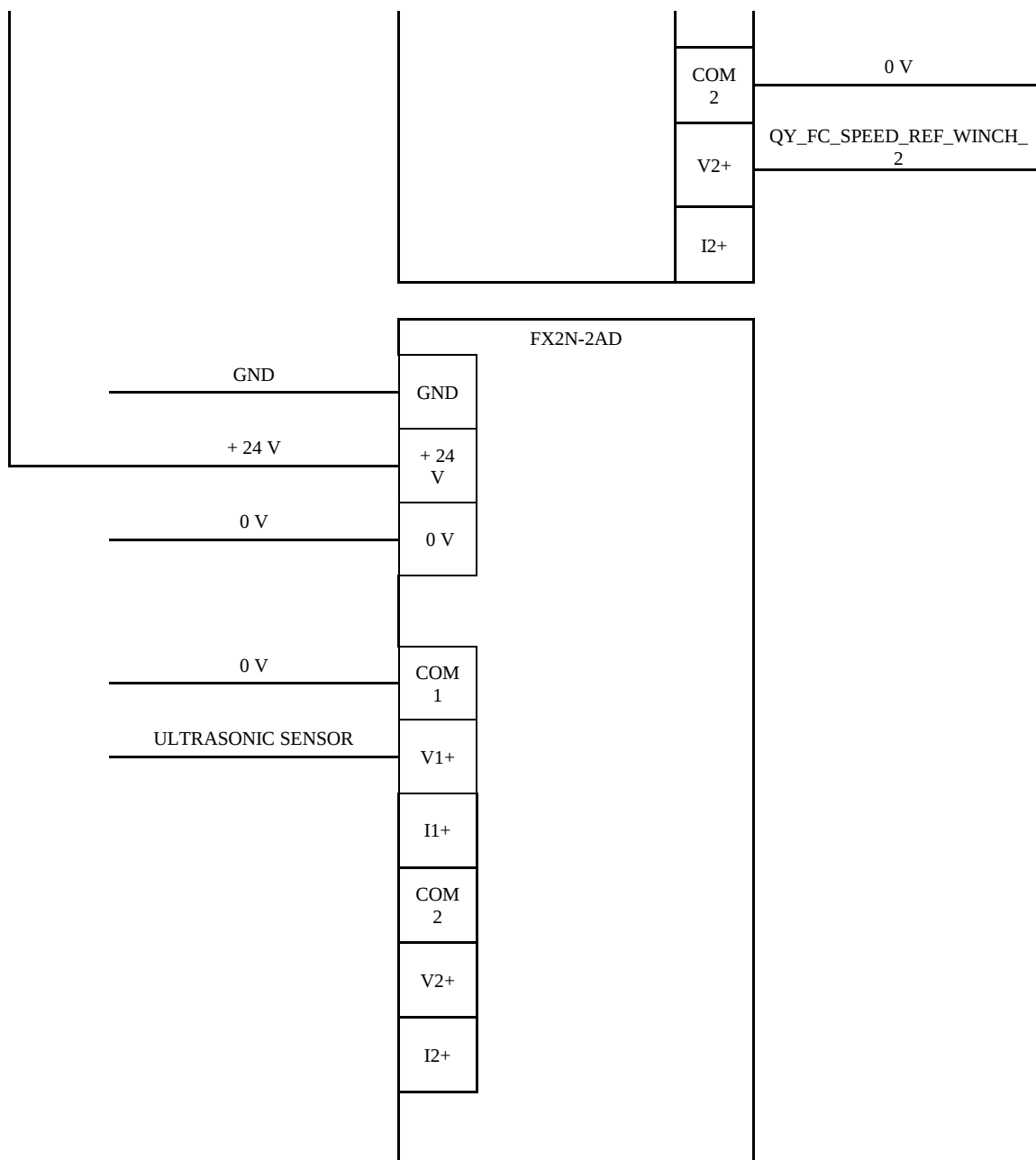


Рисунок 3.1 – Принципова електрична схема підключення органів керування, сенсорів та виконавчих елементів до ПЛК

На входи системи підключаються кнопки та перемикачі для ручного керування системою, датчики стану виконавчих елементів – насосів, лебідок, замків. Виходи мікроконтролера діляться на дві групи:

- напруга вихідних сигналів першої групи складає 220 В та призначена для живлення та активування соленоїдів гідравлічних розподільників;

- напруга вихідних сигналів другої групи складає 24 В та призначена для контролю силової частини, старту та зупинки електродвигунів, ламп індикації.

3.2 Алгоритми роботи системи керування апарелями

Контроль апарелями здійснюється з двох типів постів управління: головного і місцевого. Практично завжди використовується головний пост управління, а місцевими користуються лише в особливих випадках. Головний пост управління розташований на 12 палубі і дозволяє оглядати весь процес оперування апарелями. Для роботи в ручному режимі для кормової апарелі використовується пульт з мнемонічної картою послідовності операції (рис.3.2).

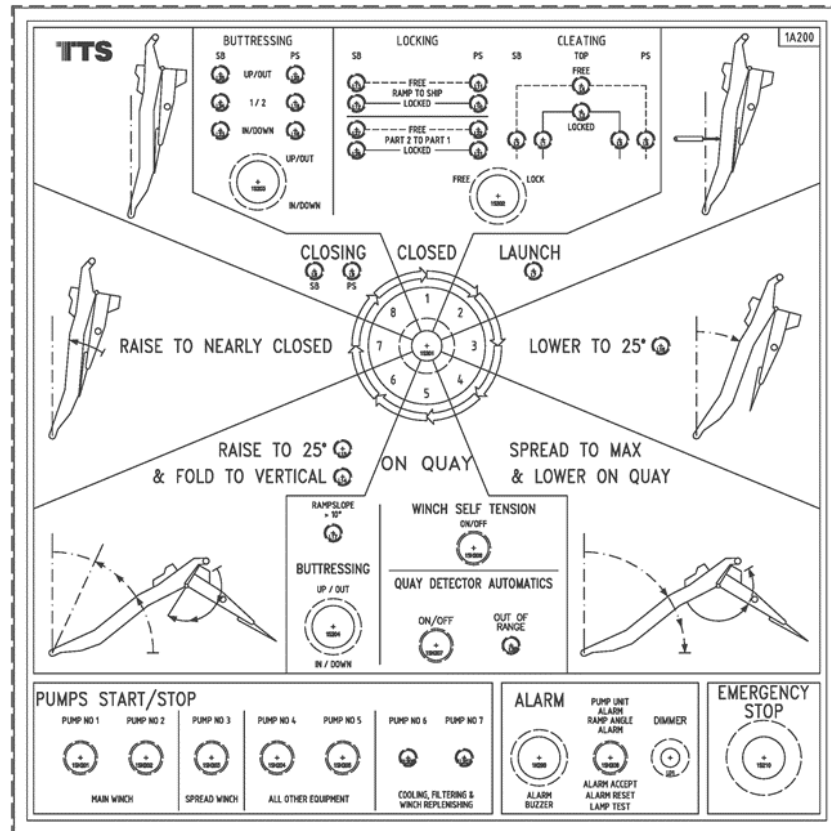


Рисунок 3.2 – Операторський пульт головного поста ручного керування кормовою апареллю

Але для забезпечення автоматичного керування цей пульт може бути спрощений, наприклад, як на сучасному судні [2], як показано на рис. 3.3.

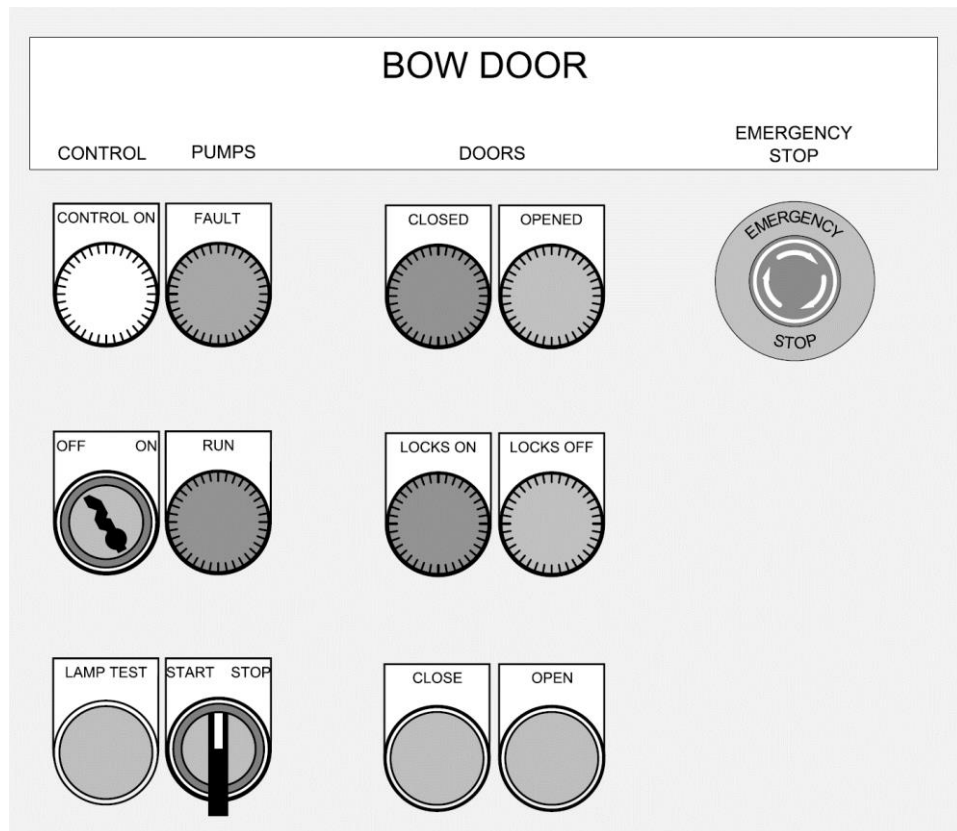


Рисунок 3.3 – Операторський пульт автоматичного керування кормовою апарелю

Операторський пульт для бічної апарелі потребує ручного керування точкою опори (проти палуб 5, 6а, 6б). Тому в ручному та автоматичному режимі органи керування несуттєво змінюються, що дозволяє використовувати одну панель (рис. 3.4).

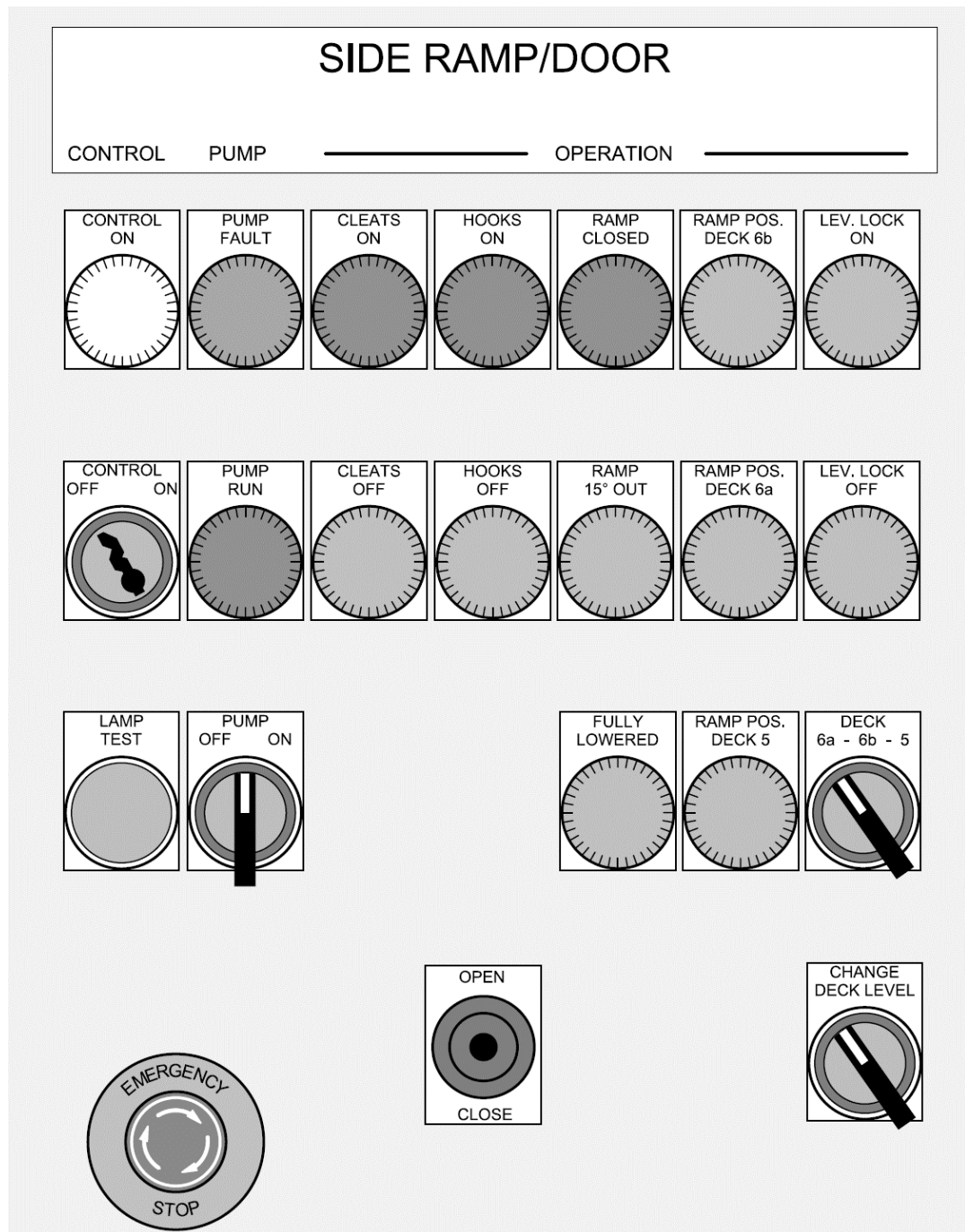


Рисунок 3.4 – Операторський пульт керування бічною апарелю

Головний пост управління апарелю складається з операторського пульта і джойстика управління лебідками. Операторський пульт включає засоби керування, зміни режимів та індикацію стану і положення окремих вузлів конструкції апарелей, що дозволяють операторові робити керування з візуальним контролем стану апарелей.

У табл. 3.1 вказана послідовність дій з керування кормовою апарелю, яка включає всі необхідні дії та порядок їх виконання для оператора, що виконує маневрування.

Таблиця 3.1 – Інструкція оперування кормовою апарелю

Режим Опускання
Позиція 1
Закрита
1: Запустити всі насоси
2: Відрегулювати підтримуючі циліндри
Низький причал: В (IN)
Нормальний причал: 1/2
Високий причал: Поза (OUT)
3: Звільнити Замки (до появи індикації - Вільно).
Вибрати позицію 2
Позиція 2
Спуск
Головна лебідка починає спуск "LOWER" (індикація - спуск)
Вибрати позицію 3
Позиція 3
Нижче 25 °
Головна лебідка продовжує спуск до моменту коли частина I досягає 25 ° нахилу (Індикація - Спуск до 25 °).
Перейти на позицію 4
Позиція 4
Розкладальна лебідка розгинає частину II

Головна лебідка продовжує спуск до повного розкладання апарелі і зіткнення з причалом.
Вибрати позицію 5
Режим На причалі
Позиція 5
На причалі
– Без самонатягування і детектора рівня причалу
1. Включити самонатягування
2. Відрегулювати підтримуючи циліндри до рівня причалу
3. Послабити троси
4. Зупинити всі насоси
– З самонатягуванням і без детектора рівня причалу
1. Включити самонатягування
2. Відрегулювати підтримуючи циліндри до рівня причалу
3. Зупинити насоси 4 і 5
– З самонатягуванням і детектором рівня причалу
1. Включити самонатягування
2. Відрегулювати підтримуючи циліндри до рівня причалу
3. Включити детектор рівня причалу
4. Зупинити насоси 4 і 5
Режим Підйом
Запуск всіх насосів.

Перейти на позицію 6
Позиція 6
Підняття до 25 ° і складання до вертикалі
Головна лебідка підіймає і, тим часом, розкладаюча лебідка складає частину II, до тих пір, поки частина I не прийме положення 25 ° і частина II вертикальну позицію.
Перейти на позицію 7
Позиція 7
Підняття до майже закритого стану
Головна лебідка підіймає до положення близького до закриття (близько 0,5 метра).
Перейти на позицію 8
Позиція 8
Закриття
Головна лебідка продовжує піднімати до повного закриття.
Перейти на позицію 9
Позиція 9
Закрита
Замикання всіх замків, засувів і притискних циліндрів.
Втягнути підтримуючи циліндри
Зупинити все насоси. Насоси 6 і 7 продовжують роботу, якщо температура масла вище 55 ° C

Керуючись табл. 3.1, розробимо алгоритми роботи кормової апарелі.

Алгоритм складається з двох основних частин алгоритм відкриття апарелі (рис. 3.5) та алгоритм закриття апарелі (рис. 3.6).

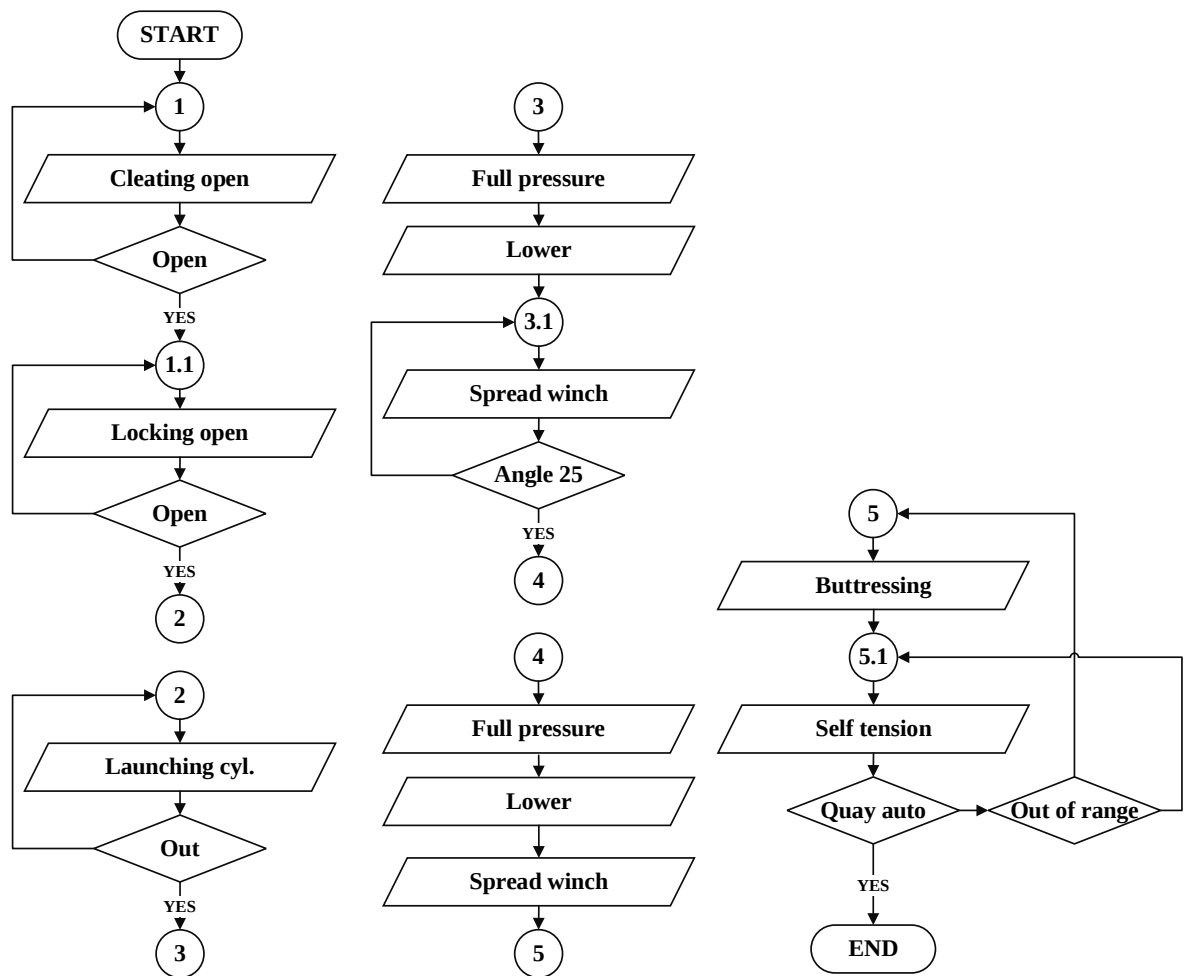


Рисунок 3.5 – Блок схема алгоритму відкриття кормової апарелі

Викання алгоритму описує послідовність активації соленоїдних клапанів, керованих мікропроцесорною системою, що приводять виконуючі механізми в дію. Підтвердження виконання команди сигналізують послідовно включені кінцеві вимикачі, подаючи сигнали на вхід мікроконтролера, що в свою чергу дозволяє або забороняє виконання наступного етапу або дії.

При завершенні виконання алгоритму відкриття апарель знаходиться у відчиненому стані, з активованим авторегулюванням рівня апарелі та самонатяжінням лебідок.

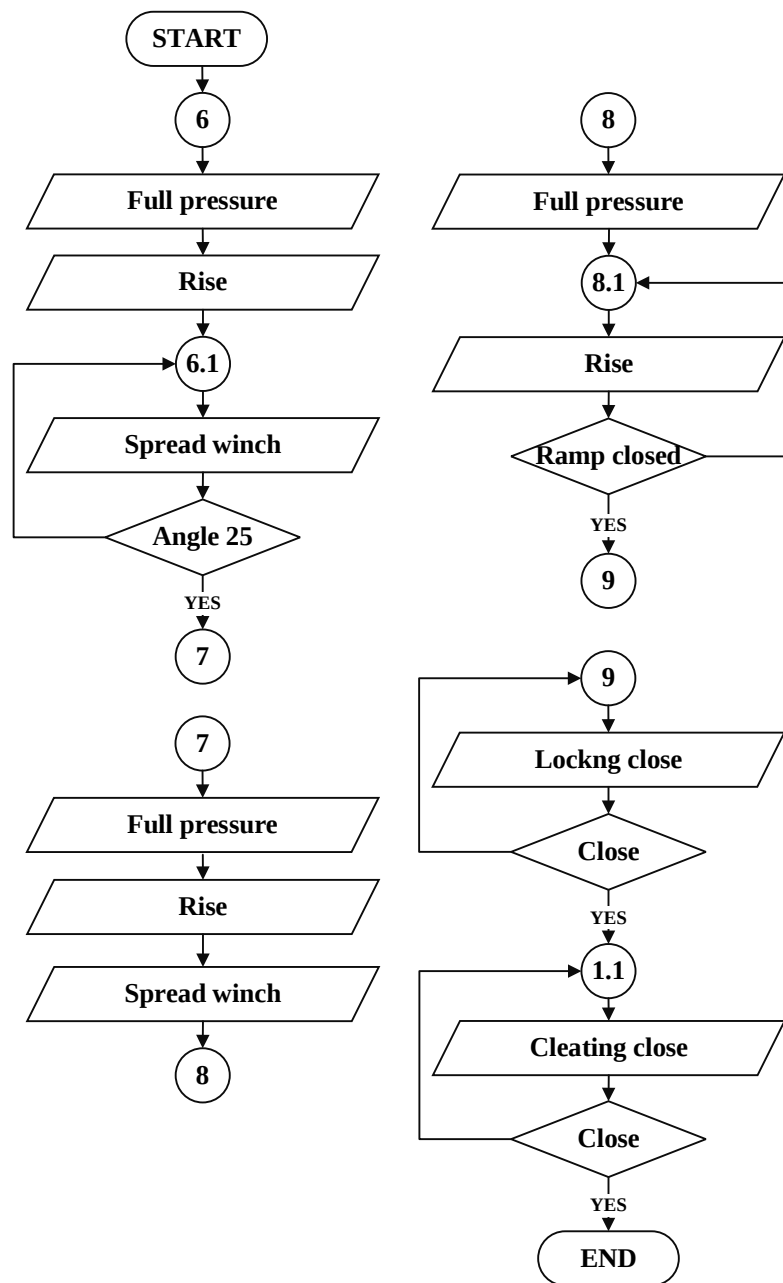


Рисунок 3.6 – Блок схема алгоритму закриття кормової апарелі

На даному етапі виконання алгоритму цикл роботи закінчується, кормова апарель зачинена і зафіксована.

Аналогічно на підставі технічної документації напишемо послідовність операцій з бічною апарелю.

Попередньо прогріти двигуни лебідок

У холодних умовах (приблизно $\pm 0^{\circ}\text{C}$) насос потрібно запускати за годину до роботи. У більш холодних умовах (нижче -10°C) насос повинен працювати протягом двох годин і більше. Циркулююче масло попередньо прогріває двигуни лебідки.

Перед операцією

1. Прочитайте "Заходи безпеки під час експлуатації".
2. Поверніть перемикач ключів у положення ON.
3. Натисніть кнопку LAMP TEST, щоб переконатися, що всі індикаторні лампи працюють правильно.
4. Запустіть насос.

Відкрити бічну апарель / в положенні 5 палуби

1. Встановіть перемикач DECK 6a-6b-5 на 5.
2. Потягніть джойстик у положення ВІДКРИТО, поки пандус не опирається на набережну.
3. Переконайтеся, що лампи панелі RAMP POS. DECK 5 та LEV. LOCK OFF показує стабільне світло.
4. Переконайтеся, що лампи панелі HOOKS OFF і CLEATS OFF показують стабільне світло.
5. Прикріпіть рухомі опори.

Відкрити бічну апарель / в положенні 6 палуби (6a або 6b)

1. Переконайтеся, що мостові плити на палубі 5 знаходяться в прихованому положенні.

2. Переконайтесь, що мостові пластини на панелі 6 автомобільної палуби знаходяться в прихованому положенні.

3. Встановіть перемикач DECK 6a-6b-5 на 6a або 6b залежно від необхідного положення бічного пандуса.

4. Потягніть джойстик у положення ВІДКРИТО, поки пандус не опирається на набережну.

5. Переконайтеся, що лампа на панелі LEV. LOCK ON показує стабільне світло.

6. Переконайтеся, що лампа на панелі RAMP POS. 6a або RAMP POS. 6b показує стабільне світло.

7. Переконайтеся, що лампи панелі HOOKS OFF і CLEATS OFF показують стабільне світло.

8. Прикріпіть рухомі опори.

Во всіх режимах може бути ввімкнута система автоматичного позиціонування апарелі від ультразвукового датчика, який вмикає необхідне обладнання для руху апарелі вниз або вгору, якщо її позиція не входить в припустимий діапазон $-a < h < +a$.

Закрити бічну апарель / з положення палуби 5

1. Зніміть рухомі опори.

2. Потягніть джойстик у положення ЗАКРИТИ.

3. Переконайтеся, що лампи на панелі RAMP ЗАКРИТИ, УВІМКНУТИ, ЗАХВАТИТИ, LEV. LOCK OFF і RAMP POS. DECK 5 показує стабільне світло.

Закрити бічну апарель / з положення палуби 6 (6a або 6b)

1. Переконайтеся, що мостові пластини на панелях 5 і 6 палуби автомобіля знаходяться в прибраному положенні.

2. Зніміть рухомі опори.
3. Потягніть джойстик у положення ЗАКРИТИ.
4. Переконайтеся, що лампи на панелі RAMP CLOSED, CLEATS ON, HOOKS ON, LEV. LOCK OFF and RAMP POS. DECK 5 показують стабільне світло.

Зміна положення точки опори

1. Переконайтесь, що апарель опущено на берег.
2. Встановіть перемикач DECK 6a-6b-5 у відповідне положення палуби.
3. Використовуйте перемикач CHANGE DECK LEVEL, щоб почати послідовність підйому.

Примітка: Якщо лампа на панелі FULLY LOWERED відображає стабільне світло, припиніть роботу. Потягніть джойстик у положення CLOSE, щоб підняти апарель горизонтально.

4. Використовуйте перемикач CHANGE DECK LEVEL, щоб продовжувати послідовність підйому.

5. Для палуб 6a та 6b: переконайтеся, що правильно встановлено POS RAM. DECK 6a / 6b та LEV. LOCK ON показує стабільне світло.

Для палуби 5: Переконайтеся, що RAMP POS. DECK 5 та LEV. LOCK OFF показують стабільне світло.

Після операції

1. Зупиніть насоси.
2. Поверніть перемикач ключів у положення ВИМК.
3. Вийміть ключ.

Відповідно до цього, можемо відобразити алгоритм відкриття (рис. 3.7) та закриття (рис. 3.8) бічної апарелі.

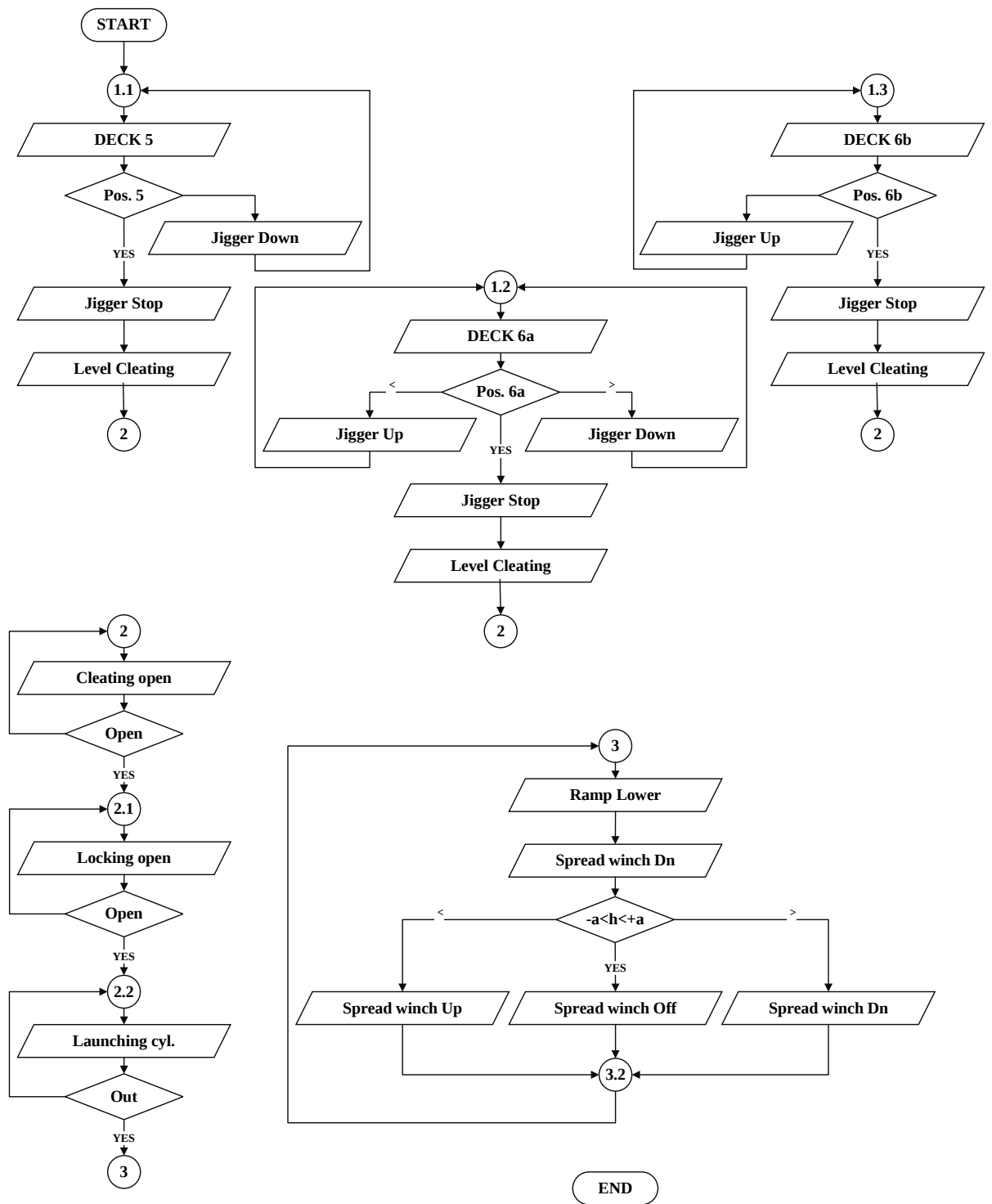


Рисунок 3.7 – Блок схема алгоритму відкриття бічної апарелі

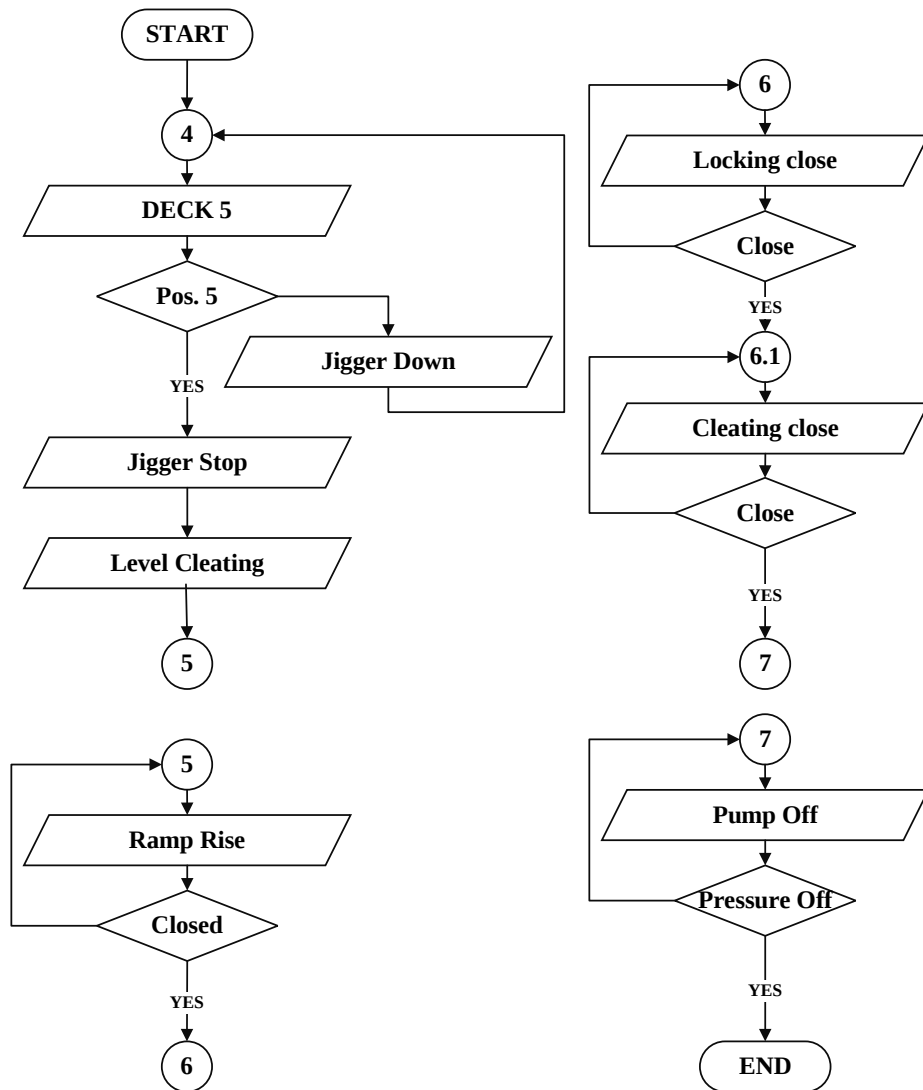


Рисунок 3.8 – Блок схема алгоритму закриття бічної апарелі

В аварійних ситуаціях існує можливість спуску / підйому апарелі у ручному режимі.

Для цього необхідно працювати з клапанами, що керують лебідками та замками (рис. 3.9).

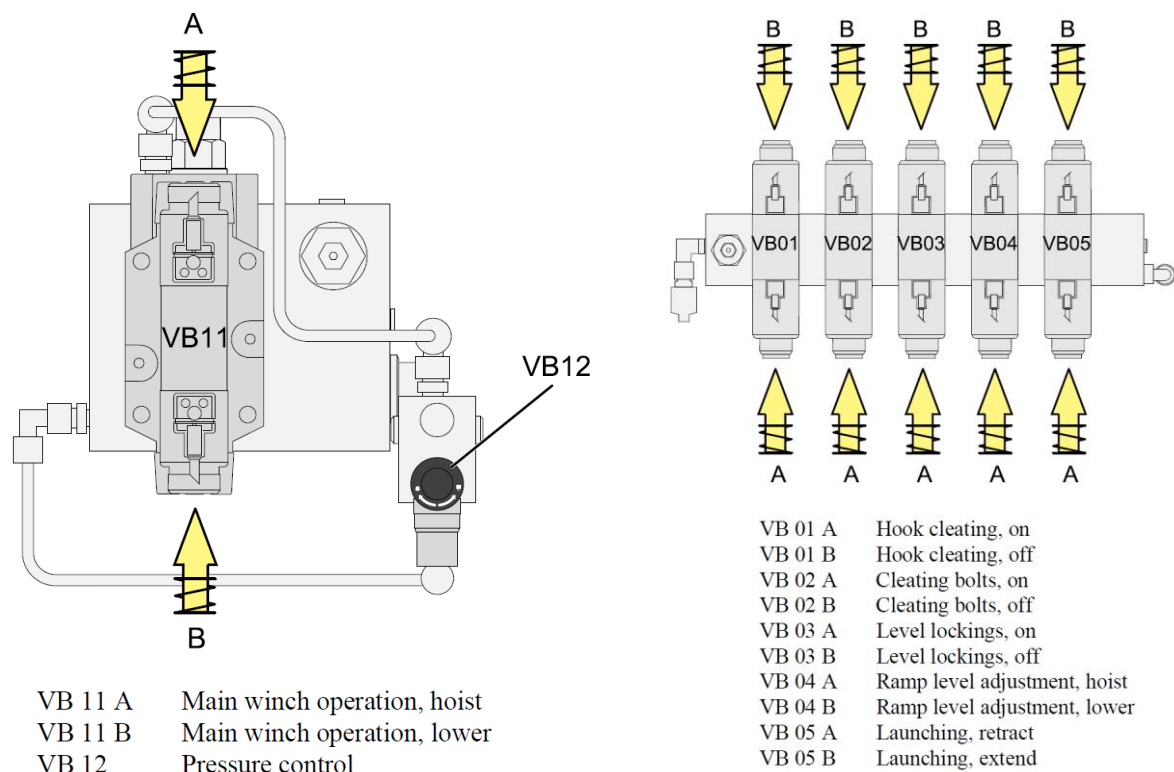


Рисунок 3.9 – Клапани керування лебідкою підйому (VB11A) і спуску (VB11B) бічної апарелі та замками і лебідкою для точки опори

Відповідно до цього, наприклад, процедура спуску апарелі в положенні 5-ї палуби виконується наступним чином.

Аварійне відкриття в положенні 5 палуби

1. Запустіть насоси.
2. Встановіть дистанційний компенсатор у заблоковане положення для ручного керування.
3. Експлуатувати клапани VB11A та VB03B одночасно, доки всі фіксатори не будуть звільнені.
4. Експлуатуйте клапани VB11A та VB02B одночасно, доки всі болти не будуть звільнені.
5. Експлуатуйте клапани VB11A та VB01B одночасно, поки не звільняться всі замки.

6. Експлуатуйте клапани VB05B і VB11B і VB12 одночасно, поки пандус не буде на набережній.

7. Прикріпіть рухомі опори.

8. Встановіть дистанційний компенсатор у автоматичне робоче положення.

9. Зупиніть насоси.

Аварійне закриття в положенні 5-ї палуби

1. Встановіть дистанційний компенсатор у заблоковане положення для ручної роботи.

2. Зніміть рухомі опори.

1. Експлуатуйте клапан VB01B, доки не відпустяться всі замки.

2. Працюйте з клапаном VB02B, доки всі болти не будуть звільнені.

3. Працюйте з клапаном VB03B, доки всі гачки не будуть звільнені.

4. Експлуатуйте клапан VB05B, поки пусковий циліндр не буде повністю витягнутий.

5. Експлуатуйте клапани VB11A і VB12 одночасно, поки пандус не буде піднятий.

6. Експлуатуйте клапани VB11A і VB05A до тих пір, поки апарель не буде закрита.

7. Працюйте з клапанами VB11A і VB01B, поки не зачепляться всі гачки.

8. Переконайтеся, що всі гачки зафіксовані.

9. Експлуатуйте клапани VB11A і VB02A, поки всі болти не будуть зафіксовані.

10. Переконайтеся, що всі болти зафіксовані.

11. Встановіть дистанційний компенсатор в автоматичну позицію.

12. Зупиніть помпу.

Аналогічно реалізуються операції в положеннях палуб 6а, 6б.

Послідовність дій при цьому співпадає з операціями автоматичного спуску / підйому, що використовується при розробці програмного забезпечення автоматичного підйому / спуску.

3.3. Програмне забезпечення мікроконтролера

На підставі вказаних алгоритмів створюється програма для мікроконтролера FX3U на мові STRUCTURED TEXT в програмному пакеті GX IEC Developer.

Так як розробка деталізованої програми – це задача для групи професійних розробників, то нижче наведено лише концептуальний фрагмент програми, функціонально виконуючий деякі процедури з бічною апарелю.

Список глобальних змінних відповідає схемі електричних підключень до програмованого контролера.

Передбачено входи від кнопок та перемикачів на панелі керування, входи від блокуючого шпунта з обох сторін, кінцевих вимикачів в стані ON / OFF від кожного замка, виходи для вмикання насоса, клапанів руху замків, фіксаторів в обох напрямках.

```
VAR_GLOBAL
```

```
CHANGE_DECK_LEVEL AT %IX6: BOOL:=FALSE;
```

```
CLOSE_SIDE_RAMP AT %IX9: BOOL:=FALSE;
```

```
CONTROL_OFF AT %IX10: BOOL:=FALSE;
```

```
CONTROL_ON AT %IX11: BOOL:=FALSE;
```

```
DECK_5 AT %IX3: BOOL:=FALSE;
```

```
DECK_6A AT %IX4: BOOL:=FALSE;
```

```
DECK_6B AT %IX5: BOOL:=FALSE;
```

```
DECK_POS_OLD: INT:=0;
```

```
EMERGENCY_STOP AT %IX7: BOOL:=FALSE;
```

ES_15_OUT AT %IX27: BOOL:=FALSE;
ES_CLEAT_BOLT_BTM AT %IX16: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_CLEAT_BOLT_BTM1 AT %IX34: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_CLEAT_BOLT_TOP AT %IX12: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_CLEAT_BOLT_TOP1 AT %IX32: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_DECK_POS_5 AT %IX20: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_DECK_POS_51 AT %IX38: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_DECK_POS_6A AT %IX22: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_DECK_POS_6A1 AT %IX40: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_DECK_POS_6B AT %IX24: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_DECK_POS_6B1 AT %IX42: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_HOOK AT %IX29: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_HOOK1 AT %IX44: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_LAUNCHING_CYL AT %IX14: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_LEV_LOCK_BOLT AT %IX18: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_LEV_LOCK_BOLT1 AT %IX36: ARRAY [1..2] OF BOOL:=[2(FALSE)];
ES_STOP_UNIT AT %IX26: BOOL:=FALSE;
LAMP_TEST AT %IX0: BOOL:=FALSE;
OPEN_SIDE_RAMP AT %IX8: BOOL:=FALSE;
PUMP_OFF AT %IX2: BOOL:=FALSE;
PUMP_ON AT %IX1: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_ARRAY AT %QX0: ARRAY [0..14] OF BOOL:=[15(FALSE)];
Q_LAMP_CLEATS_OFF AT %QX14: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_CLEATS_ON AT %QX2: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_CONTROL_ON AT %QX0: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_FULLY_LOWERED AT %QX8: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_HOOKS_OFF AT %QX13: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_HOOKS_ON AT %QX3: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_LEVEL_LOCK_OFF AT %QX11: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_LEVEL_LOCK_ON AT %QX10: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_PUMP_FAULT AT %QX1: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_PUMP_RUN AT %QX9: BOOL:=FALSE;

```

Q_LAMP_RAMP_15_OUT AT %QX12: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_RAMP_CLOSED AT %QX4: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_RAMP_POS_DECK_5 AT %QX7: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_RAMP_POS_DECK_6A AT %QX6: BOOL:=FALSE;
Q_LAMP_RAMP_POS_DECK_6B AT %QX5: BOOL:=FALSE;
QY_PUMP_ON AT %QX28: BOOL:=FALSE;
QY_VB01A_HOOKS_OFF AT %QX16: BOOL:=FALSE;
QY_VB01B_HOOKS AT %QX17: BOOL:=FALSE;
QY_VB02A_CLEATING_OFF AT %QX18: BOOL:=FALSE;
QY_VB02B_CLEATING AT %QX19: BOOL:=FALSE;
QY_VB03A_LEV_LOCK_OFF AT %QX20: BOOL:=FALSE;
QY_VB03B_LEV_LOCK AT %QX21: BOOL:=FALSE;
QY_VB04A_JIGGER_UP AT %QX22: BOOL:=FALSE;
QY_VB04B_JIGGER_DN AT %QX23: BOOL:=FALSE;
QY_VB05A_LAUNCH_OFF AT %QX24: BOOL:=FALSE;
QY_VB05B_LAUNCH AT %QX25: BOOL:=FALSE;
QY_VB11A_HOIST AT %QX26: BOOL:=FALSE;
QY_VB11A_LOWER AT %QX27: BOOL:=FALSE;
RUN_RAMP: BOOL:=FALSE;
S_PUMP_ON AT %IX28: BOOL:=FALSE;

END_VAR

```

На підставі опису технологічного процесу розроблено прототип однієї з частин програми – керування бічною апарелю.

Блоки програми виконують наступні дії.

Вмикання при повороті замка CONTROL ON:

```

(* ***** START / STOP ***** *)

RUN_RAMP:=CONTROL_ON;

```

Вмикання помпи для прогріву помпи і двигунів лебідок:

```
(* ***** WARM AND RUN ***** *)  
QY_PUMP_ON:=RUN_RAMP AND (PUMP_ON OR QY_PUMP_ON) AND  
NOT(PUMP_OFF);
```

Запуск процедури тестування помпи. Якщо через 300 циклів контролера стан помпи не відповідатиме стану команди, вмикається лампа PUMP_FAULT. В нормальному режимі вмикається лампа PUMP_RUN, але потім у кожному циклі контролера відбувається верифікація стану помпи.

```
IF QY_PUMP_ON THEN  
    C_PUMP:=C_PUMP+1;  
END_IF;  
  
IF C_PUMP>300 THEN  
    IF QY_PUMP_ON<>S_PUMP_ON THEN  
        Q_LAMP_PUMP_FAULT:=FALSE;  
        Q_LAMP_PUMP_RUN:=TRUE;  
        QY_PUMP_ON:=FALSE;  
        C_PUMP:=0;  
    ELSE  
        Q_LAMP_PUMP_RUN:=TRUE;  
        Q_LAMP_PUMP_FAULT:=FALSE;  
    END_IF;  
END_IF;
```

Запуск процедури тестування ламп. При натиснутій кнопці LAMP_TEST вмикаються всі лампи на панелі. Для мінімізації коду програми створено віртуальний масив Q_LAMP_ARRAY, який своїм адресним простором дублює

виходи всіх ламп, підключених послідовно к дискретним виходам центрального блоку контролера.

```
(* ***** LAMP_TEST ***** *)  
IF RUN_RAMP THEN  
    IF LAMP_TEST THEN  
        FOR i:=0 TO 14 DO  
            Q_LAMP_ARRAY[i]:=TRUE;  
        END_FOR;  
    ELSE  
        FOR i:=0 TO 14 DO  
            Q_LAMP_ARRAY[i]:=FALSE;  
        END_FOR;  
    END_IF;  
END_IF;
```

Процедура постійного фонового контролю всіх замків, фіксаторів. Якщо через 300 циклів контролера стан кожного з них не відповідатиме стану команди, тобто режиму роботи відповідного клапана, гаснуть лампі стану цієї групи фіксаторів. В нормальному режимі вмикається лампа, що відповідає команді «Розімкнути» або «Закрити» фіксатор. Виключення стосується тільки відштовхуючого циліндру, який виконує роль демпфера при закритті або допомагає відкриттю апарелі, і його стан не є принципово важливим, крім того, він принципово може не відповідати стану клапанів.

```
(* ***** HOOKS, CLETS, LEV_LOCKS, LAUNC TEST ***** *)
```

Процедура запуску лічильників при активації клапана для руху замка в будь-якому напрямі.

```

IF QY_VB01A_HOOKS_OFF OR QY_VB01B_HOOKS THEN
    C_HOOKS:=C_HOOKS+1;
END_IF;

IF QY_VB02A_CLEATING_OFF OR QY_VB02B_CLEATING THEN
    C_CLEATING:=C_CLEATING+1;
END_IF;

IF QY_VB03A_LEV_LOCK_OFF OR QY_VB03B_LEV_LOCK THEN
    C_LEV_LOCK:=C_LEV_LOCK+1;
END_IF;

IF QY_VB05A_LAUNCH_OFF OR QY_VB05B_LAUNCH THEN
    C_LAUNCH:=C_LAUNCH+1;
END_IF;

```

Процедури аналізу стану кінцевих вимикачів відповідно до стану клапанів через 300 циклів (30 с).

```

IF C_HOOKS>300 THEN
    IF QY_VB01A_HOOKS_OFF THEN
        IF ES_HOOK1[1] AND ES_HOOK1[2] THI
            Q_LAMP_HOOKS_OFF:=TRUE;
            Q_LAMP_HOOKS_ON:=FALSE;
        ELSE
            Q_LAMP_HOOKS_OFF:=FALSE;
            C_HOOKS:=1;
        END_IF;
    END_IF;
    |
    IF QY_VB01B_HOOKS THEN
        IF ES_HOOK[1] AND ES_HOOK[2] THEN

```

```

Q_LAMP_HOOKS_OFF:=FALSE;

        Q_LAMP_HOOKS_ON:=TRUE;

ELSE

        Q_LAMP_HOOKS_ON:=FALSE;

        C_HOOKS:=1;

END_IF;

END_IF;

END_IF;

IF C_CLEATING>300 THEN

        IF QY_VB02A_CLEATING_OFF THEN

                IF ES_CLEAT_BOLT_BTM1[1] AND ES_CLEAT_BOLT_BTM1[2] AND
ES_CLEAT_BOLT_TOP1[1] AND ES_CLEAT_BOLT_TOP1[2] THEN

                        Q_LAMP_CLEATS_OFF:=TRUE;

                        Q_LAMP_CLEATS_ON:=FALSE;

ELSE

                        Q_LAMP_CLEATS_OFF:=FALSE;

                        C_CLEATING:=1;

END_IF;

END_IF;

IF QY_VB02B_CLEATING THEN

        IF ES_CLEAT_BOLT_BTM[1] AND ES_CLEAT_BOLT_BTM[2] AND
ES_CLEAT_BOLT_TOP[1] AND ES_CLEAT_BOLT_TOP[2] THEN

                Q_LAMP_CLEATS_OFF:=FALSE;

                Q_LAMP_CLEATS_ON:=TRUE;

ELSE

                Q_LAMP_CLEATS_ON:=FALSE;

                C_CLEATING:=1;

END_IF;

END_IF;

END_IF;

IF C_LEV_LOCK>300 THEN

        IF QY_VB03A_LEV_LOCK_OFF THEN

```

```

IF ES_LEV_LOCK_BOLT1[1] AND ES_LEV_LOCK_BOLT1[2] THEN
    Q_LAMP_LEVEL_LOCK_OFF:=TRUE;
    Q_LAMP_LEVEL_LOCK_ON:=FALSE;
ELSE
    Q_LAMP_LEVEL_LOCK_OFF:=FALSE;
    C_LEV_LOCK:=1;
END_IF;
END_IF;

IF QY_VB03B_LEV_LOCK THEN
    IF ES_LEV_LOCK_BOLT[1] AND ES_LEV_LOCK_BOLT[2] THEN
        Q_LAMP_LEVEL_LOCK_OFF:=FALSE;
        Q_LAMP_LEVEL_LOCK_ON:=TRUE;
    ELSE
        Q_LAMP_LEVEL_LOCK_ON:=FALSE;
        C_LEV_LOCK:=1;
    END_IF;
END_IF;
END_IF;

```

Як зразок, реалізовано процедуру відкриття апарелі з точкою опори проти 5-ї палуби. Аналогічно реалізуються процедури для відкриття апарелі з 6а та 6б палуб.

Спочатку розмикаються всі замки та фіксатори, вмикається клапан помпи спуску опори апарелі, вмикається клапан, що відштовхує апарель. Коли спрацьовують кінцеві вимикачі на рівні 5-ї палуби, вмикаються фіксатори опори, вимикається помпа руху опори. Через деякий час спрацьовує датчик переходу через 15 градусів відхилення від корпусу, а ще через деякий час спрацьовує датчик знаходження апарелі у нижньому положенні – вимикається насос операційної помпи, вмикається лампа індикації нижнього положення апарелі.

(* ***** RUMP_OPEN DECK 5 ***** *)

IF S_PUMP_ON THEN

IF DECK_5 THEN

QY_VB01A_HOOKS_OFF:=TRUE;

QY_VB01B_HOOKS:=NOT(QY_VB01A_HOOKS_OFF);

QY_VB02A_CLEATING_OFF:=TRUE;

QY_VB02B_CLEATING:= NOT(QY_VB02A_CLEATING_OFF);

QY_VB03A_LEV_LOCK_OFF:=TRUE;

QY_VB03B_LEV_LOCK:=NOT(QY_VB03A_LEV_LOCK_OFF);

QY_VB05A_LAUNCH_OFF:=TRUE;

QY_VB05B_LAUNCH:=NOT(QY_VB05A_LAUNCH_OFF);

END_IF;

IF ES_DECK_POS_5[1] AND ES_DECK_POS_5[2] TNEN

QY_VB04B_JIGGER_DN:=FALSE;

QY_VB01A_HOOKS_OFF:=FALSE;

QY_VB01B_HOOKS:=FALSE;

C_HOOKS:=0;

QY_VB02A_CLEATING_OFF:=FALSE;

QY_VB02B_CLEATING:=FALSE;

C_CLEATING:=0;

QY_VB03A_LEV_LOCK_OFF:=FALSE;

QY_VB03B_LEV_LOCK:=TRUE;

C_LEV_LOCK:=0;

QY_VB11B_LOWER:=TRUE;

QY_VB05A_LAUNCH_OFF:=FALSE;

QY_VB05B_LAUNCH:=FALSE;

C_LAUNCH:=0;

DECK_POS_OLD:=5;

```
IF ES_15_OUT THEN
    Q_LAMP_RAMP_15_OUT:=TRUE;
END_IF;
IF ES_RUMP_DN THEN
    Q_LAMP_FULLY_LOWERED:=TRUE;
    QY_VB11B_LOWER:=FALSE;
END_IF;
ELSE
    QY_VB04B_JIGGER_DN:=TRUE;
END_IF;
END_IF;
```

Інші процедури формуються ідентично, тому в межах дипломної роботи програмний код не реалізовано.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДІЇ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Апарелі та їх електромеханічне обладнання є відповідальною частиною судна, від яких залежить його спроможність виходити і знаходитись у морі.

Тому обов'язково необхідно виконувати правила безпеки.

1. Персонал завжди повинен бути готовим до дій в аварійному режимі.
2. Якщо дії в аварійному режимі не виконуються в чіткій послідовності в повному обсязі, виникає загроза пошкодження обладнання і судна при переході до штатного режиму.
3. Після повернення до штатного режиму роботи офіцер повинен перевірити, що обладнання знаходиться у безпечному стані.
4. Перед початком дій з клапанами та гідравлічним обладнанням в ручному режимі необхідно перевірити справність та цілісність насосів, клапанів.
5. Роботу необхідно виконувати під наглядом та безпосередньо контролювати відповідність стану апарелі виконаним операціям – сигнальні лампи при аварійному стані можуть видавати недостовірну інформацію.

В аварійних умовах при виході з ладу пристроїв автоматизації необхідно прийняти будь-які дії для закриття або відкриття апарелі.

Такі дії ґрунтуються на використанні гідравлічної системи.

1. Офіцер повинен контролювати дії в аварійному стані та бути на постійному радіо-зв'язку з персоналом в гідравлічній станції.
2. Гідравлічні клапани пристосовані для ручних операцій в аварійних режимах (рис. 4.1).

Emergency operation with solenoid valves

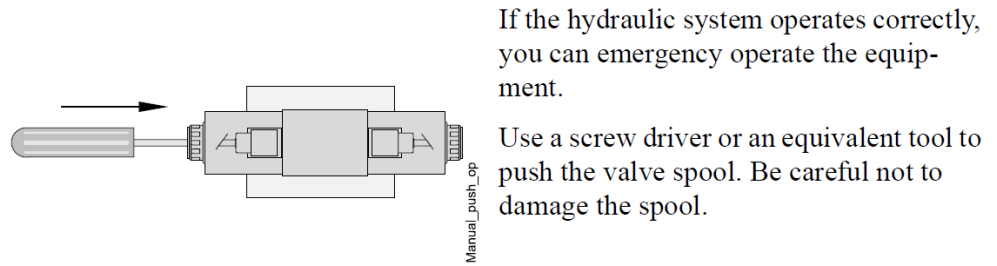


Рисунок 4.1 – Операції з клапаном в ручному режимі

3. В ручному режимі клапан може бути відкритий / закритий гвинтом з використанням відповідного інструменту.
4. При виконанні операцій необхідно перевіряти маркування та властивості клапану (рис. 4.2) – клапани можуть бути з возвратною пружиною, з фіксацією, та з пропорційною залежністю сили, що діє на механізм, від позиції штоку.

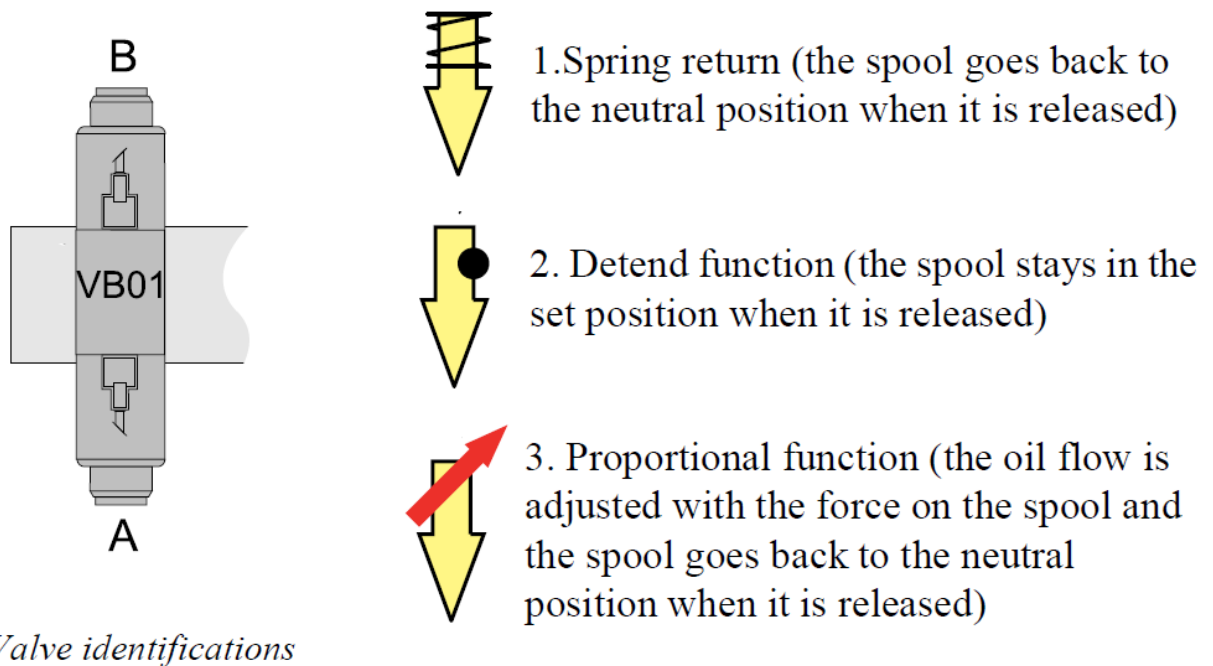


Рисунок 4.2 – Маркування клапанів

5. Правила читання інструкції з дій в аварійному стані:



Step	Operate	Unit	Action	Result and remarks
1	VB11 A VB01 B	Main winch operation Hook cleating	Hoist Off	Until ramp fully closed Until all hooks released
2	VB03 A	Level lockings	On	Until all lockings engaged

Рисунок 4.3 – Правила роботи з інструкцією з дій в аварійному стані

1 – номер кроку; 2 – номер та позиція клапану; 3 – призначення клапану; 4 – дія, яку необхідно виконати з клапаном; 5 – очікувана реакція та час виконання операції.

6. Комплектна насосна станція (рис. 4.4) має поворотний перемикач (9), який може знаходитись у трьох позиціях – автоматична робота (a), фіксована позиція для ручних операцій (b), миттєвий перехід для ручних дій (c).
7. Аварійні дії з клапанами необхідно виконувати відповідно до їх призначення та маркировки (рис. 4.5)

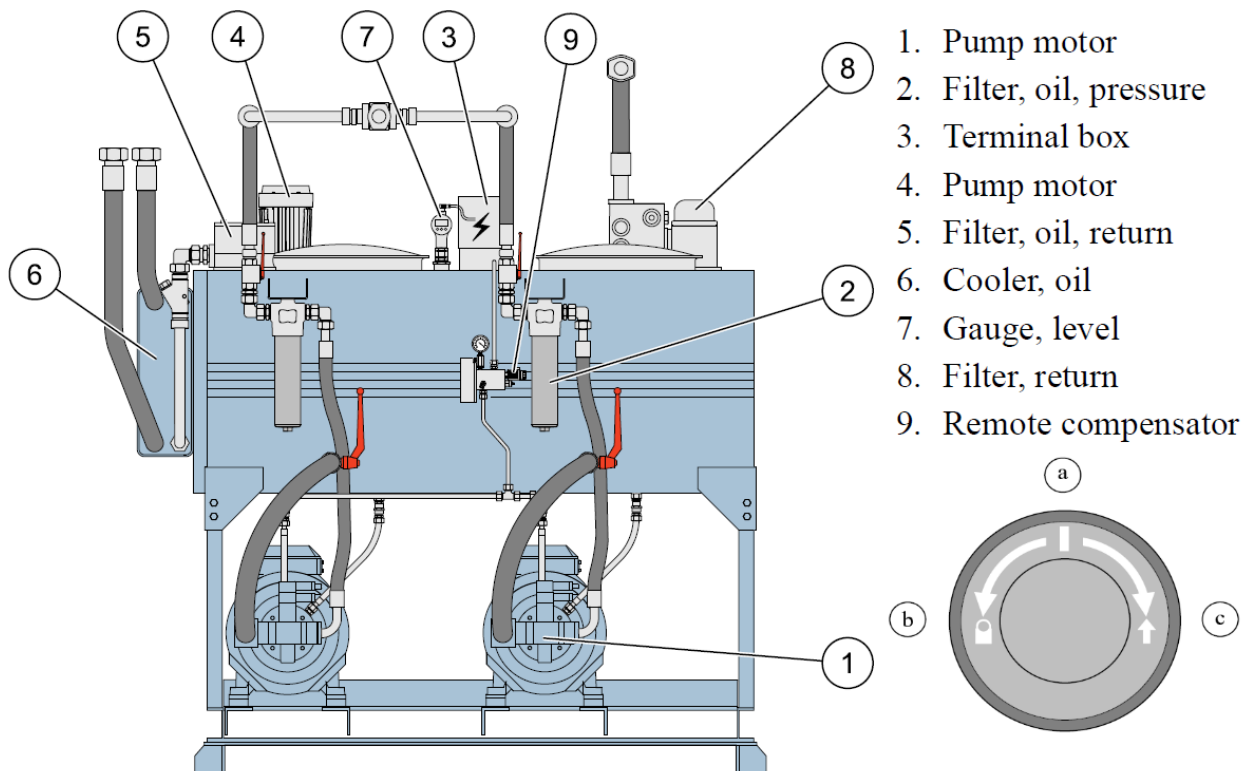


Рисунок 4.4 – Насосна станція

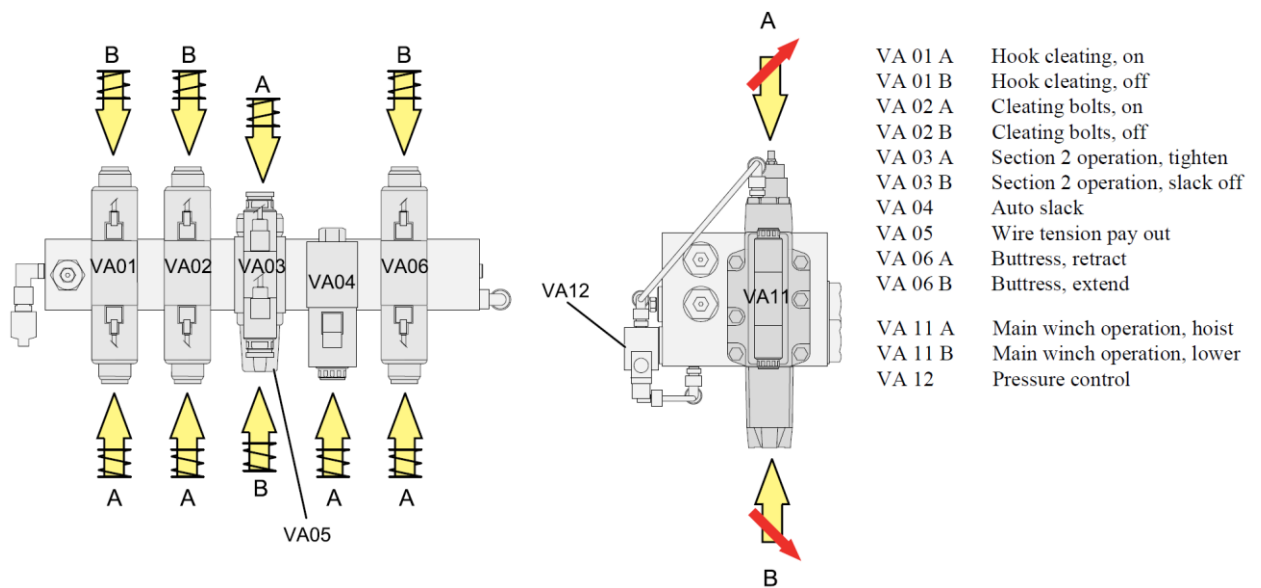


Рисунок 4.5 – Маркування та призначення клапанів

Інструкція з аварійного зачинення апарелі.

Увага! Не переходить до наступного кроку до повного завершення кроку, що виконується.

Одночасно вмикайте усі клапани, що вказано в кроці.

1. Встановить позицію компенсатора на станції у позицію ручних операцій.
2. Складіть зйомні бортики.
3. Натисніть VB01B доки всі крЮчки не будуть відкрити.
4. Натисніть VB02B доки всі фіксатори не будуть відкрити.
5. Натисніть VB11A та VB12 одночасно доки апарель не підніметься приблизно до 58 градусів від вертикалі.
6. Натисніть VB03B доки всі відштовхуючі циліндри не будуть розкрити.
7. Натисніть VB11A та VB12 одночасно доки апарель не підніметься до закритого стану.
8. Натисніть VB06A доки всі відштовхуючі циліндри не будуть закрити.
9. Натисніть VB11A та VB05 одночасно доки апарель на закриється.
- 10.Перевірте, що апарель закрита.
- 11.Натисніть VB11A та VB12 та VB01A одночасно доки всі фіксатори не будуть закриті.
- 12.Перевірте, що вони закриті.
- 13.Натисніть VB11A та VB12 та VB02A одночасно доки всі крЮчки не будуть закриті.
- 14.Перевірте, що вони закриті.
- 15.Встановить позицію компенсатора на станції у позицію автоматичної роботи.
- 16.Зупиніть помпу

ВИСНОВКИ

В роботі проаналізовано частину технологічного процесу завантаження /розвантаження судна типу RO-RO, яка стосується керування електромеханічним обладнанням бічної та кормової апарелей, та запропоновано деякі елементи підвищення рівня автоматизації цього процесу. Для створення автоматизованої системи керування розглянуто конструкцію апарелей та виконавче обладнання, систему датчиків, індикації, органів керування, що приймають участь в керуванні положенням апарелей. Виконано аналіз режимів роботи електричної, гідравлічної, механічної підсистем апарелей. Детально проаналізовано взаємодію обладнання в процесах відкриття, закриття апарелей, зміни та контролю точки опори бічної апарелі. На підставі переліку необхідного обладнання розроблено електричну принципову схему мікропроцесорної системи з використанням контролерів Mitsubishi Electric FX3U з релейними виходами, блоків розширення FX2N-32, блоків розширення з аналоговими виходами FX2N-4DA та аналоговими входами FX2N-2AD, а на підставі алгоритмів роботи розроблено деякі концептуальні фрагменти програми керування в програмному пакеті GX IEC Developer.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. TTS Ship Equipment AB Instruction Manual. – 2006. – 1309 p.
n:\design\steel\bk\instmanualergeneral\pärmregister med 12 flikar.doc.
2. McGregor. 4110255.4 – September 2011, Edition 2, – 568 p.
3. Altivar 71. Programming manual. Schneider Electric, 2008. – 260 p.
4. Серия MELSEC FX3U. Программируемые логические контроллеры. Руководство по эксплуатации. – Mitsubishi Electric Europe B. V. – 2009. – 256 p.
5. Mitsubishi Electric. Семейства MELSEC FX. Программируемые контроллеры. Пособие для начинающего программиста. FX1S, FX1N, FX2N, FX2NC, FX3G, FX3U, FX3UC. – Mitsubishi Electric Corporation: Штаб квартира Himeji Works Tokyo Building, 2-7-3 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310, Japan 840 Chiyoda Cho, Himeji, Japan, № 166944 03112010, Версия D, 2010. – 116 с.
6. Mitsubishi Electric. Серия MELSEC FX3U. Программируемые логические контроллеры. Руководство по эксплуатации. Описание аппаратной части. – Mitsubishi Electric Corporation: Штаб квартира Himeji Works Tokyo Building, 2-7-3 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310, Japan 840 Chiyoda Cho, Himeji, Japan, № 212627 06102008, Версия A, 2008. – 256 с.
7. Дранкова А.О., Шестака А.І., Муха М.Й. [Текст]: Методичні вказівки та завдання з виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни ПЛК / Сост. Шестака А.І., Дранкова А.О., Муха Н.И. – Одеса: НУ «ОМА», 2022. – 13 с. (електронний варіант)
8. Шестака А.І. Програмовані логічні контролери [Текст]: Навчальний посібник з практичної та самостійної роботи з дисципліни «ПЛК» / Сост. Шестака А.І., Дранкова А.О., Муха Н.И. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – 119 с. (електронний варіант)
9. http://marinelike.com/en/vessels/7714416-noble_ace.html [електронний ресурс].

10. <https://www.scheepvaartwest.be/CMS/index.php/car-carriers-ro-ro/8315-lydden-imo-9782091> [електроний ресурс].

11. Моделювання електроприводів: Навч.посібник / Л. Д. Костинюк, В. І. Мороз, Я. С. Паранчук. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 404 с.

12. Математичні методи моделювання [Текст] : навч. посіб. / [О. П. Чорний та ін. ; за заг. ред. О. П. Чорного]. – Кременчук : Щербатих О. В., 2016. – 232 с. : рис., табл. – Бібліогр.: с. 229 – 232. – 300 прим.

13. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. -К: Либідь,1997. -544 с.

14. Osowski S. Sieci Neuronowe w ujęciu algorytmicznym. – WNT:Warszawa, 1996. - P. 342.

15. Ronald R.Yager, Dimitar P. Filev. Podstawy modelowania i sterowania rozmytego. – Warszawa:WNT,1995.-386s.

16. Частотно-керовані асинхронні та синхронні електроприводи: Навч. Посібник / О. Г. Плахтина, С. С. Мазепа, А. С. Куцик. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2002. – 228 с.

17. Моделювання електроприводів: Навч.посібник / Л. Д. Костинюк, В. І. Мороз, Я. С. Паранчук. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 404 с.