

# DESIGN AND CONSTRUCTION OF SHIP SIMULATOR OF BOILER PLANT KANGRIA WITH FESTO DIDACTIC.

## ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗГРАЖДАНЕ НА СИМУЛАТОР НА КОРАБНА КОТЕЛНА УРЕДБА ТИП КАНГРИМ С FESTO DIDACTIC.

associate professor Eng. Milen Vasilev<sup>1</sup>, Phd Student Eng. Ivaylo Bakalov<sup>1</sup>

Faculty of "Engineering" – "N.Y. Vaptsarov" Naval Academy, Bulgaria<sup>1</sup>

E-mail: m.vasilev@nvna.eu , bakalov@nvna.eu

**Abstract:** В модерните кораби задвижването, контролът и управлението на машините и механизмите се извършва от разнообразни електрически, електронни, пневматични и други устройства, които измерват, изчисляват, коригират, запомнят, избират оптимални режими и др. За човека остават само задачите за контрол, настройка и техническо обслужване с оглед на поддържането им в работоспособно състояние и предотвратяване на аварии. Предмет на настоящата работа е разглеждане и осигуряване на оптимално решение за управление и контрол на един от основните и значими елементи от корабната пропульсивна уредба, както е корабният парен котел, чрез използването на програмируем логически контролер – едно съвременно средство, осигуряващо широк спектър от възможности и предоставящо надеждно и евтино решение на въпроса за управлението и контрола чрез FESTO Didactic.

**KEYWORDS:** CONTROL AND MANAGEMENT, FESTO DIDACTIC, MONITORING, ADJUSTMENT, BOILER STEAM PLANT, PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER.

### 1. Introduction

В съвременния свят транспортът заема все по-голямо място и се превръща в ключов фактор в световния бизнес, няма икономическа дейност – локална, регионална или в световен мащаб, която да е възможна без участието в нея на транспортни средства. При условие, че 2/3 от планетата е заета от водни басейни, водният транспорт е основна движеща сила в този отрасъл на човешката дейност и е един от най – динамично развиващите се. В модерните кораби задвижването, контролът и управлението на машините и механизмите се извършва от разнообразни електрически, електронни, пневматични и други устройства, които измерват, изчисляват, коригират, запомнят, избират оптимални режими и др. За човека остават само задачите за контрол, настройка и техническо обслужване с оглед на поддържането им в работоспособно състояние и предотвратяване на аварии. С навлизането на компютърните технологии в корабостроенето тази задача значително се улеснява, компютрите разполагат с достатъчен ресурс от гледна точка на бързодействие, памет, възможност за наблюдение на различни параметри, обработка и съхранение на масиви от данни. Предмет на настоящата работа е разглеждане и осигуряване на оптимално решение за управление и контрол на един от основните и значими елементи от корабната пропульсивна уредба [4], както е корабният парен котел, чрез използването на програмируем логически контролер – едно съвременно средство, осигуряващо широк спектър от възможности и предоставящо надеждно и евтино решение на въпроса за управлението и контрола. Важна задача на обслужването на корабната котелна уредба е достигането на най-високи икономически показатели на нейната работа в продължение на целия експлоатационен период. Тази задача се решава чрез постоянно поддържане на котелната уредба в пълна изправност, точно изпълняване на периодичните прегледи в определените срокове, освидетелстване и ремонт на уредбата, непрекъсната борба за икономия на горивото и др [5].

За целите на настоящата работа ще се използват данните от реална парогенераторна уредба, вградена на кораб „Morning classic”, тип „RO-RO CAR/TRUCK Carrier” с дедейт

35000 тона и размери – дължина 199,95м, ширина 32,26м. - плаващ под Бахамски флаг, собственост на “Stamco ship management” Ltd Гърция. Корабът е произведен през 2013г. в Република Южна Корея. Задвижването на гребния винт се осигурява от главен двигател “Doosan – MAN B&W” с мощност 15 820 kW, седем цилиндри, двутактов, редови, с директно впръскване на горивото. На кораба се използва утилизационна котелна уредба.

### 2. Problem discussion

Разликите между разработения симулатор и реалната котелна уредба произтичат главно от ПЛК (PLC). При това ПЛК може да се отбележи като недостатък, че има само дискретни (цифрови) входове. Това от своя страна води до възможност за включване само на аналогови сигнали. Друг недостатък е ограничението поставено от този модел ПЛК към входовете и изходите (имаме 12 входа и 6 изхода), това води до ограничения в това какво може да бъде реализирано на този симулатор. В следствие на това не са показани следните елементи:

- звукова индикация при наличието на аларма;
- липсва елемент симулиращ работата на въздушната клапа, част от продухателната система;
- липсва клапан с управление на подаването на питателна вода към котела;
- липса на клапан за контрол на излишната пара;
- липсва система за наличие на нефтопродукт в питателната вода в топлия сандък;
- подгревател на горивото.

За промяна на настройката на даден таймер е необходимо към ПЛК на стенда да се свърже компютър с необходимия софтуер.

### 3. Objective and research methodologies

Алгоритъм на работа на котелната уредба: на блок схемата (фиг.1) е показан алгоритъмът на работа на корабна котелна уредба тип „Кангрим“. Тази схема изяснява принципа на работа на мазут (HFO) в автоматичен режим.

При получаване на сигнал от пресостата на първата горелка за ниско налягане на пара се включва програмата „включване на горелката“ [6]:

1) при получаване на сигнал от пускане на горелката, помпата за горивото и вентилаторът на горелката се включват и се отваря клапата за въздуха и започва почистване (вентилиране) на пещта за 60сек. Очистването (вентилиране) на пещта е важно, защото ако не се извърши почистване (вентилиране) на пещта (минималният период е 60 сек.), може да доведе до взрив в пещта [1].

2) след изтичане на времето за почистване (вентилиране) се включва пилотната горелка за 10 сек., въздушната клапа се затваря, горивните клапани се отварят за да осигурят достъпа на гориво до двете степени на горелките, фотоклетката проверява наличието на пламък в пещта.

3) след изтичане на 10сек., пилотната горелка се изключва и ако фотоклетката отчете наличието на пламък от основната горелка, програмата продължава и горивните клапани остават отворени.

4) програмата минава в режим „програмата е включена“ и продължава горенето от основната горелка. В зависимост от режима, който е избран „Висок/Нисък“, имаме два положения на работа. За тези два режима е характерно, че освен основната горелка (първа степен) имаме и допълнителна горелка за поддръжка (втора степен). Допълнителната горелка се включва само, за да спомогне основната горелка, за да се повиши по-бързо налягането на парата. Когато е избран „Висок“ режим, работят и двете горелки до определено налягане на парата и втората горелка се изключва. Основната горелка продължава работа до достигане на задаването налягане на парата, при достигане на задаването налягане се затварят горивните клапани (Вкл./Изкл. и Висок/Нисък режим, горивните клапани са затворени).

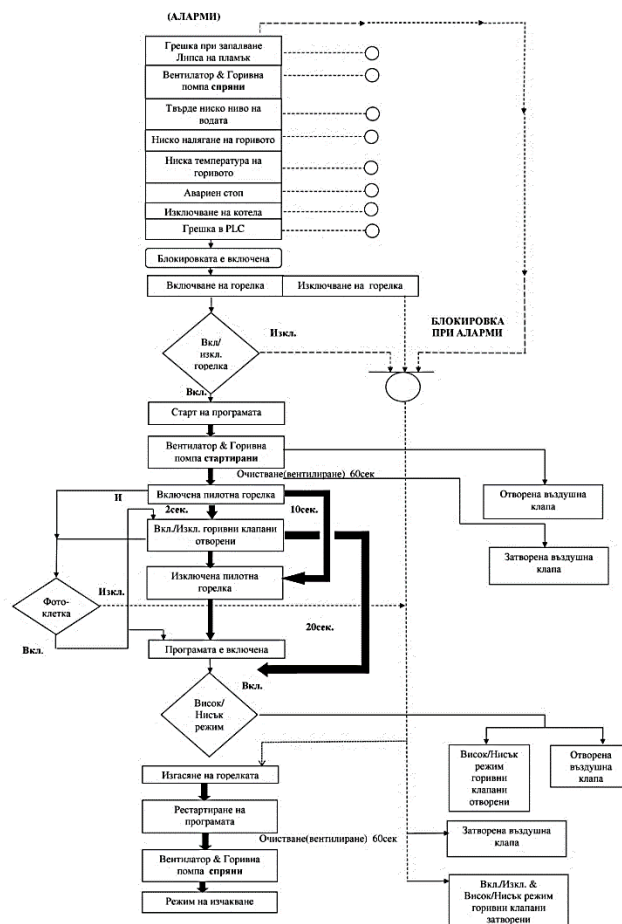
5) горивният процес се прекратява (Изгасяне на горелката).

6) следва 60сек. почистване (вентилиране) на пещта и горелката минава режим на чакане за ново пускане.

7) когато налягането на парата падне до стойност за включване, пресостатът задейства режима за автоматично палене на котела, описан по-горе. Докато горелката е в режим на изчакване за включване, подгревателят за горивото и горивната помпа се включват, за да циркулира горивото в тръбите и да поддържат температурата на горивото в системата. Те се пускат и спират по сигнал от реле за време.

В случай на грешка в запалването на основната горелка след 10 сек. и е отчетена липса на пламък от фотоклетката, незабавно се спира горелката чрез прекъсване на горивото и в същият момент светва индикация за „Липса на пламък“ и „Грешка при запалване“ в комбинация със звукова аларма. Вентилаторът на горелката спира след 60 сек. почистване на пещта. Рестартиране на пусковия процес е възможен след прекратяване на звуковата аларма и ресетиране на алармата.

Описаният алгоритъм на работа по-горе се отнася за работа на котела на мазут, ако котелът работи на дизелово гориво, подгревателят за горивото не работи и алармата „ниска температура на горивото“ не е активна. Тези аларми: „Грешка при запалване“ и „Липса на пламък“, „Вентилатор и Горивна помпа спрени“, „Твърде ниско ниво на водата“, „Ниско налягане на горивото“, „Ниска температура на горивото“, „Аварийен стоп“, „Изключване на котела“, „Грешка на PLC“ водят до включване на „блокировка при аларми“ и спиране на котела.



Фиг.1 Блок схема (алгоритъм)

Изработване на симулационна програма на Festo контролер.

➤ Представяне на операндите от FST.

FST е софтуер, разработван от фирмата FESTO и предназначен за изготвяне, прехвърляне, тестване на програми за управление на програмируеми логически контролери от същия производител [2]. Софтуерът FST позволява писане на програми в Statement List, Ladder Diagram, Basic.

За симулирането на автоматичната работа на корабна котелна уредба Кангрим са използвани два програмируеми логически контролера Festo FEC-FC34, като програмата е написана в Statement List. При използване на Statement List програмата представлява последователно написани логически команди в една или няколко отделни стъпки.

Програмите се състоят обикновено от стъпки, като всяка стъпка съдържа едно или няколко изречения, имащи условна и изпълнителна част. Първото изречение от стъпка може да не е пълно, т.е. да не съдържа условна част. Всяка програма може да съдържа до 255 стъпки. Използването на стъпки не е задължително, но почти винаги се използва, тъй като позволява произволно препращане от една към друга стъпка.

В STL програма дадена стъпка не се изпълнява, докато не е изпълнена THEN или OTHRW команда в последното изречение на предходната стъпка. Изпълнението на програма, съдържаща стъпки, не е циклично.

• IF – винаги представя условната част на изречение. Това което следва след IF, представлява условието за последващо изпълнение.

• THEN – представя изпълнителната част. Тази част от изречението се изпълнява, ако условието е вярно. Тя може да

съдържа команди за промяна на изходи, активиране на таймери или броячи или да извиква други програми и т.н.

• OTHRW – представя алтернативна изпълнителна част. Тя ще бъде изпълнена, ако условната част на изречението не е вярна и следователно изпълнителната част не може да бъде изпълнена.

Основни операнди от условната част на изречение:

• AND – тази операнда позволява логическо свързване на няколко входящи условия. Изречението ще се изпълни, когато всички входящи условия, свързани с AND, са вярни.

• OR – позволява да се създаде условна част с няколко условия, като изречението ще се изпълни, ако поне едно от условията е вярно.

• EXOR – чрез него може да се създаде изречение с две входни условия, като изречението ще се изпълни само ако едното или другото условие е вярно.

• NOP – използва, се когато дадено изречение трябва да се изпълни без да има условие, което трябва да е вярно.

• N – позволява да се инвертира входното условие, т.е. ако изход O0.1 не е активен, ще се изпълни изречението.

Основни операнди от изпълнителната част на изречение:

• SET – използва се за превключване на изход към логическа единица.

• RESET – има обратното действие на SET. Деактивира еднобитови операнди.

• LOAD – стойността, зададена с тази команда, се зарежда в мултибитова операнда. Обикновено я следва TO, което оказва къде да се зареди стойността.

• JMP TO – команда за програмата да продължи от определена стъпка.

Аритметични функции:

• INC – служи да повиши стойността на всяка мултибитова операнда с единица. Най-често се ползва с броячи.

➤ Информация за PLC FEC FC34.

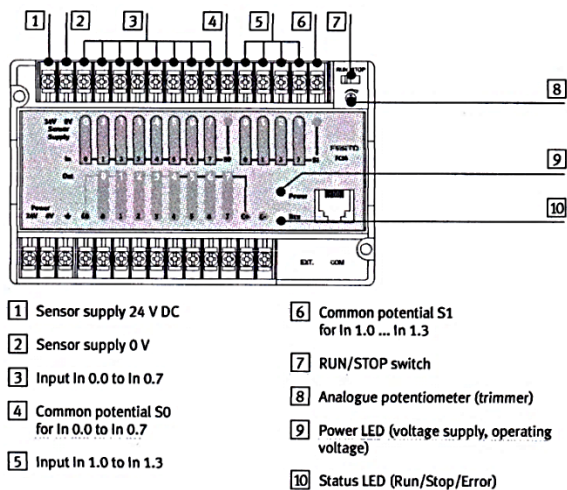
Описание на FEC FC34, Този модул има следните характеристики [3]:

- 12 входа, 6 изхода(2 релета,8 транзистора) 24V DC
- процесор 80186
- основна памет -512kByte
- програмна памет-512kByte
- интерфейс RS232C via SM14/15
- консумирана мощност typ2.5W при 24V max 180mA
- операционна система FESTO FST,Multiprog.

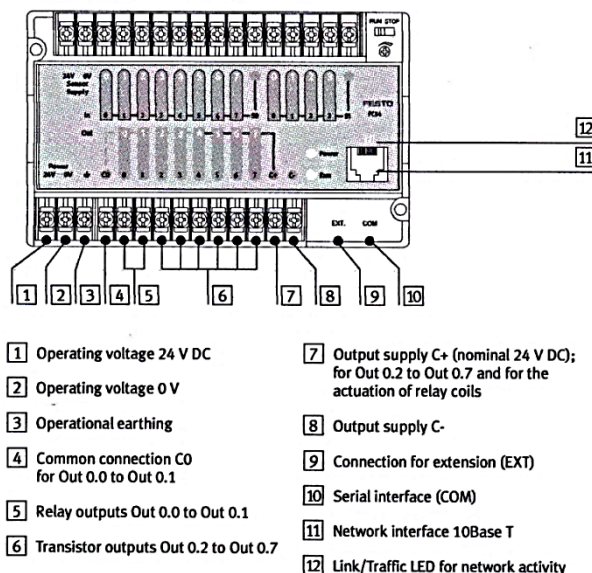
Входове на PLC FEC FC34 (фиг.2).

Изходи на PLC FEC FC34 (фиг.3).

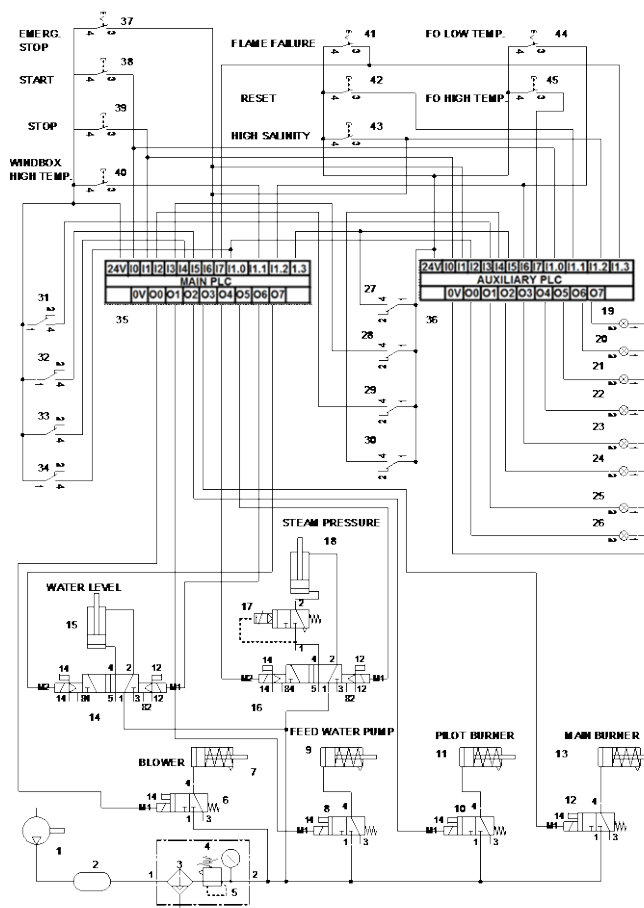
Принципна схема на симулатора (фиг.4).



Фиг. 2 Входове на PLC FEC FC34



Фиг. 3 Изходи на PLC FEC FC34



Фиг.4 Схема на свързването на елементите на симулатора Festo

1-компресор за съгъстен въздух; 2-бутилка за съгъстен въздух; 3-филтър с ръчно дренране; 4-редуциращ клапан; 5-манометър; 6,8,10,12-3/2 разпределител с електрическо управление и пружина; 7,9,11,13-пневматичен цилиндър с едностранно действие; 14,16-5/2 разпределител с електрическо управление и бутони за ръчно управление; 17-3/2 пневматичен разпределител с време закъснение; 15,18-двойно действащ пневматичен цилиндър; 19-лампа светеща при сигнал за аварийно ниско ниво на водата; 20-лампа, светеща при сигнал

за липса на пламък; 21-лампа, светеща при сигнал за твърде високо ниво на водата; 22-лампа, светеща при сигнал за ниска температура на горивото; 23-лампа, светеща при сигнал за аварийно високо налягане на парата; 24-лампа, светеща при сигнал за работеща циркуляционна помпа; 25-лампа светеща при сигнал за твърде ниско налягане на парата; 26-лампа, светеща при сигнал за висока температура на горивото; 27-краен изключвател за аварийно високо налягане на парата; 28-краен изключвател за високо налягане на парата; 29-краен изключвател за ниско налягане на парата; 30-краен изключвател за твърде ниско налягане на парата; 31-краен изключвател за твърде високо ниво на водата; 32-краен изключвател за високо ниво на водата; 33-краен изключвател за ниско ниво на водата; 34-краен изключвател за аварийно ниско ниво на водата; 35-основен програмен логически контролер; 36-спомагателен програмен логически контролер; 37-бутон за аварийен стоп; 38-бутон за старт; 39-бутон за стоп; 40-бутон за симулиране на висока температура на въздуха в продухвалната кутия; 41-бутон за симулиране на липса на пламък; 42-бутон за изчистване на индикациите на алармите; 43-бутон за симулиране на висока соленост; 44-бутон за симулиране на висока температура на горивото; 45-бутон за симулиране на ниска температура на горивото.

Схемата на свързване и използваните елементи могат да бъдат променени по такъв начин, че:

- Работата на циркуляционната помпа да бъде онагледена чрез поставяне на пневматичен цилиндър, а не само чрез индикация;
- Може също така да се изрази работата на клапата за почистване (вентилиране) на пещта чрез пневматичен цилиндър;
- Препоръчва се да се свържат двете ПЛК (PLC) FEC FC34, чрез кръстосан LAN кабел.

#### 4. Conclusion

Корабните парни котли са едни от най-важните механизми на кораба. Поради голямото разнообразие на плавателни съдове се е наложило създаването на различни видове парни котли. Всеки от тях има определени предимства и недостатъци, които бяха споменати по горе. С годините на експлоатация към корабните парните котли са предявени много изисквания, към производителността им, така и към тяхната автоматизация. В съвременните кораби трето поколение, за автоматизацията на отделните системи, подсистеми и управлението им като цяло, се използват микро-процесорни устройства. Управлението се осъществява от Централен Пост за Управление, оборудван със средства за визуализация, които индицират състоянието на подсистемите на кораба. В тези системи се използва компютърна техника със специализиран софтуер, което е задължително условие за покриване изискванията за безвахтеното обслужване на машинното отделение. Това от своя страна води до оптимизация на процесите на управление и обслужване и води до реализиране на редица икономии на горива и резервни части.

Автоматизацията се заключава в защитата на уредбата от последствията на възможни аварии, както при неустановени, така и при установени режими на работа. За тази цел при възникване на аварийни състояния трябва да се подава команда или поредица от команди за извеждане на уредбата в некритично състояние. Процесите от този род обикновено се наричат блокировки.

#### 5. Literature

- [1]. Инструкция на корабна котелна уредба тип „Кангрим“.
- [2]. An Introduction to Statement List Programming, Festo. Revised 1999.
- [3]. Инструкции за експлоатация на ПЛК Festo FEC, Compact.
- [4] URL: <http://www.steamesteam.com>
- [5] URL: <http://www.boilerroom.com>
- [6] URL: <http://www.zeinco.com>