

ИНТЕГРИРАНИ СИСТЕМИ ЗА КОМПЛЕКСНА АВТОМАТИЗАЦИЯ , МОНИТОРИНГ И КОНТРОЛ НА КОРАБНИ ЕНЕРГЕТИЧНИ УРЕДБИ (КЕУ).

SHIP POWER PLANT INTEGRATED SYSTEM FOR COMPLEX AUTOMATION, MONITORING AND CONTROL.

докторант инж. Маринов Х. А., докторант инж. Петрова М. И., докторант Тодорова А. И.,
Технически университет - Варна
h_marinov79@yahoo.com , marinnela.petrova@gmail.com, aneta__75@abv.bg

Abstract: The paper examines and analyzes the Ship Power Plant integrated monitoring and control systems constructed on PLC basis, performing their tasks according to their functional purpose. The paper presented management schemes, signaling and monitoring systems implemented by means of integrated automation and illustrated by SCADA. Also it's described and taken into account a PI and PID controllers involved in the process of regulation and management of various marine objects (thermal, mechanical, electrical). It's mention the trends and developments of Ship Power Plant Systems automation and approbation and implementation of new technologies in navigable practice of ship mechanics and electricity engineers.

Keywords: PLC, SCADA, SENSORS, ACTUATORS, IMACS, PI, PID

1. Въведение

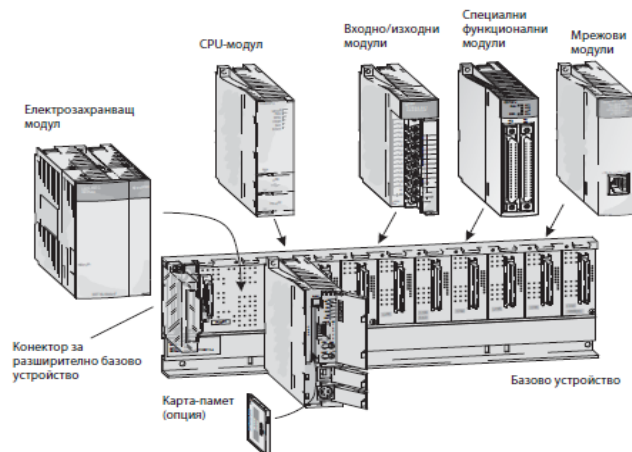
Съвременният комплексно автоматизиран кораб, представлява човеко-машинен комплекс, състоящ се от разпределени по кораба микропроцесорни станции (контролери), обединени в мрежа за събиране, предаване и обработка на данни. Те осигуряват ефективно управление, както на отделните технически средства , така и на кораба като цяло.

2. Методи и средства за комплексна автоматизация на корабните енергетични уредби.

Базовата постановка на такава система за комплексна автоматизация, мониторинг и управление включва PLC (програмируем логически контролер), сензори и изпълнителни механизми, законите за управление и регулиране, както и човеко-машинен интерфейс. Системата визуализира процесите на дистанционно управление и наблюдение чрез SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

Програмируеми логически контролери

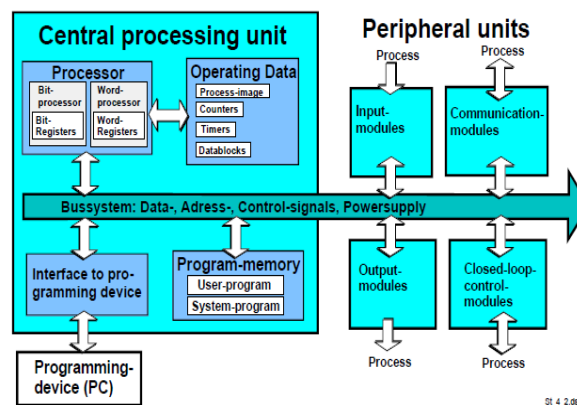
Програмируемите логически контролери (PLC) са микропроцесорни и микрокомпютърни управляващи устройства, използващи програмируема памет за съхраняване на инструкции включващи функции като логически, аритметични, бройни, времеви и секвениращи операции за управление на машини, системи и последователности, комбинаторни и непрекъснати процеси в реално време. Общият вид на една системна конфигурация на PLC е следният :



Фиг.1 Общ вид на PLC [6]

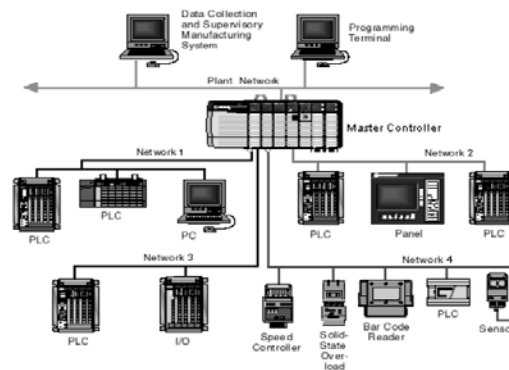
В разгледания по-горе модул вариант основните части на PLC показани на фигурата са електрозахранващ модул,

процесорен CPU модул, входно-изходни модули, специални функционални модули, мрежови модули. На фигурата по-долу е представена блок-схема на програмируем логически контролер.



Фиг.2 Архитектура на Siemens – PLC [1]

Принципът на работа на един програмируем логически контролер най-общо може да се опише по следния начин. Информацията която трябва да бъде обработена от контролера постъпва през входовете на PLC информацията към входовете се подава от сензори следящи средата или обекта който подлежи на регулиране и управление. От входовете през вътрешната шина (свързва входовете на PLC с процесорния модул) данните постъпват в процесорния модул (разгл. компактна PLC архитектура), където се обработват след което отново през вътрешната шина обработените данни (съгласно инструкциите) заложи в контролера се предават на изходите, а от там постъпват в изпълнителните механизми (актюатори).



Фиг.3 Архитектурното (йерархично) разпределение на контролерите в мрежа [5]

Сензори:

Основните изисквания които се предявяват към сензорите използвани в системите на КЕУ са: точност, линейност, чувствителност, висока скорост на реакция, надежност, устойчивост на въздействие на околната среда (топлина, вибрации, прах, вода, агресивна корозионна среда), висок диапазон на измерване и стабилност на смущаващи въздействия, както и възможност за корекция. Най-често на кораба се използват сензори за ниво, налягане, вакуум, разход и температура, като те са цифрови сензори преобразуващи измерваните неелектрически величини в цифров изходен сигнал (пряко или косвено преобразуване).

Изпълнителни механизми:

Изпълнителните механизми са технически устройства които въздействат върху регулиращите органи на обекта съобразно с избраните управляващи сигнали. Те могат да бъдат електрически и хидравлични двигатели, електромагнитни релета, пневматични (мембранно-пневматични) механизми. Електрическите двигатели осигуряват големи граници на изменение на регулируемата величина на обекта и имат голямо бързодействие. Хидравличните двигатели имат висок коефициент на усилване по мощност на входната величина и голямо бързодействие. Те могат да реализират и въртливо движение. Релетата са дискретно действащи елементи, осъществяващи скокообразни изменения във веригите за сигнализация и управление. Тези устройства се използват в ролята на усилвателни елементи. Регулиращите органи са предназначени за изменение на регулируемите величини на обекта съобразно с въздействието на изпълнителния механизъм.

Човечно-машинен интерфейс (ЧМИ) – Human-machine interface (HMI):

В конкретният случай под човечно-машинен интерфейс се разбира начина по който се извършва комуникацията и взаимодействието с програмируемия логически контролер от страна на човека (оператора). При проектирането на ЧМИ се взимат под внимание лесното и интуитивно използване, настройка и комуникация на устройството. Най-важният фактор в израждането на ЧМИ е конфигурацията, обусловена от броя и разнообразието на входни и изходни комуникационни канали които позволяват взаимодействието на потребителя с интерфейса. Човечно-машинният интерфейс на програмируемите логически контролери използвани в корабните енергетични уредби отделя особено внимание на системите за визуализация, програмното обезпечение и приборите за оперативно управление и мониторинг. ЧМИ могат да бъдат програмируеми бутонни панели, текстови дисплеи, текстови панели, графически панели, мобилни панели на оператора, многофункционални панели. Към изброените панели които са част от човечно-машинният интерфейс както и към самия човечно-машинен интерфейс се придвяват следните изисквания :

- Механична якост и компакност, ярки дисплеи за визуално отчитане на информацията.
- Просто и бързо конфигуриране, наличие на вградени интерфейси и драйвери и др.
- Програмно обезпечение-импортиране и използване на изображения, обслужване на библиотеки и графични обекти.
- Представяне на оперативна информация във вид на графики, система за аварийни и работни съобщения, създаване на архиви.
- Възможност за управление на едно устройство от ЧМИ и управление с няколко устройства от ЧМИ, както и система с централни функции.

- Възможност за работа с мобилни устройства и дистанционен достъп до устройствата .
- Допълнителни възможности за достъп до данните от процеса.
- Разпределени операторски станции, широк достъп до инсталациите, достъп до офис приложения.

Закопи за управление и регулиране използвани в системите за комплексна автоматизация на корабните енергетични уредби. Най-широко приложение в КЕУ намират ПИ-закопите и ПИД-закопите представени по-долу с кратко пояснение.

Пропорционално-интегрален закон за управление (ПИ-регулатор).

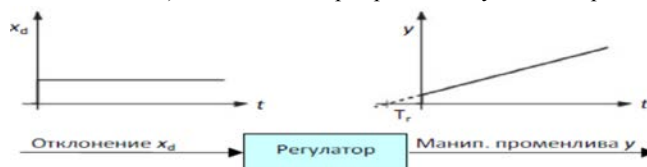
ПИ регулаторът комбинира поведението на П и И регулатори, съчетавайки предимствата на двата типа, т.е. бърза реакция и компенсирание на грешката в установен режим. Общият вид на ПИ регулатор е следният:

$$u = K_p e + K_i \int e dt$$

$$u = K_p e + \frac{1}{T_i} \int e dt$$

$$u = K_p \left(e + \frac{1}{T_N} \int e dt \right) \quad [4]$$

Освен коефициента на усилване (П съставяща), ПИ регулатора има още един коефициент, който характеризира поведението на интегралната компонента - времеконстантата на интегриране T_i . Тази времеконстанта (T_i) е мярка за това колко бързо регулаторът ще промени манипулираната променлива (в допълнение към генерирането на манипулираната променлива от П съставяща) за да компенсира грешката в установен режим.



Фиг. 4 Времева характеристика на ПИ регулатор [7]

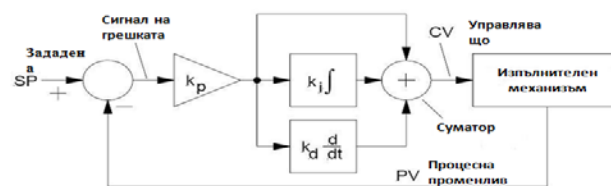
Ефективността на ПИ регулатора нараства при увеличаване на коефициента на усилване на пропорционалната съставяща K_p , както и увеличаване на интегралната съставяща. Но ако тези два коефициента са прекалено големи, работата на ПИ регулатора ще бъде прекалено груба и в цялата затворена система ще възникнат разходящи колебания, т.е. системата става неустойчива.

Пропорционално-интегрален-диференциален закон за управление (ПИД-регулатор).

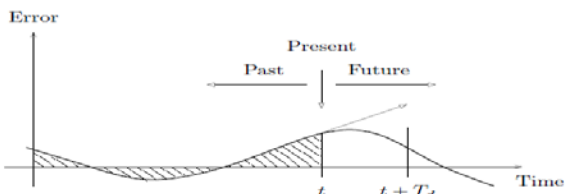
Крайният чист ПИД регулатор има следният вид:

$$u(t) = k_p e(t) + k_i \int_0^t e(\tau) d\tau + k_d \frac{de}{dt}, \quad [4]$$

ПИД закона за регулиране комбинира в себе си ПИ и Д закони за регулиране като в посочената формула k_p , k_i , k_d са константи предавателни коефициенти на регулаторите. Схема на регулатор в идеален вид е показана по-долу:



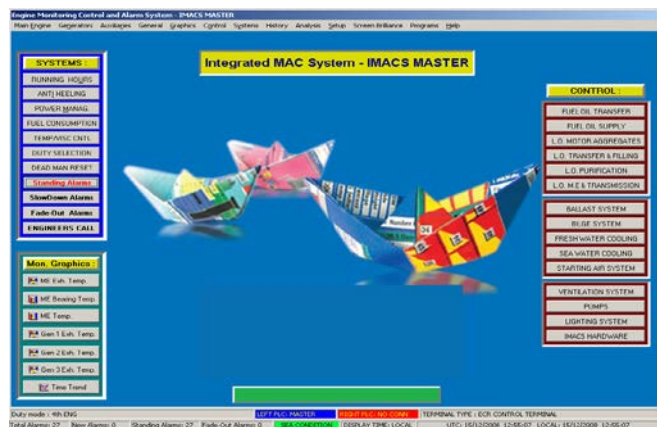
Фиг. 5 Затворена система за управление с идеален ПИД регулатор



Фиг. 6 Действие на ПИД регулатор във времето [4]

Общият принцип на действие на ПИД регулатор може да се опише по следният начин. Ако отклонението е голямо, Д-съставящата осигурява моментно много голяма промяна на стойността на манипулираната променлива. Докато влиянието на Д-съставящата пада веднага след това, под влиянието на И-съставящата стойността на манипулираната променлива бавно ще нараства. Ако отклонението е малко, влиянието на Д-съставящата също е пренебрежимо малко. Този тип поведение има две предимства, по-бърза реакция и по-бързо компенсиране на отклонението в случай, че се промени стойността на заданието или стойността на смущаващия сигнал. Недостатък обаче е че управляващият контур е преразположен към възникване на осцилации и затова настройката е по-трудна.

3. Интегрирани системи за комплексна автоматизация, мониторинг и контрол на корабните енергетични уредби.

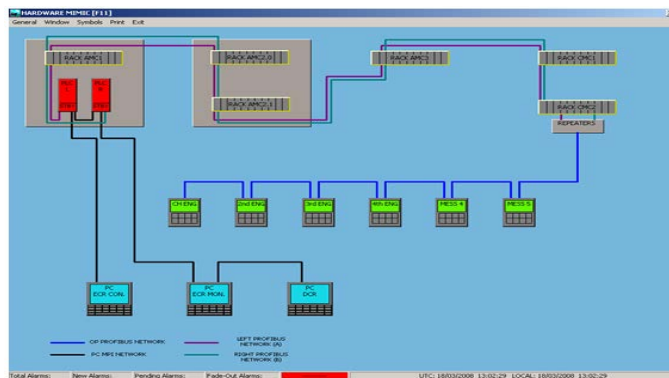


Фиг. 7 Общ вид на интегрирана система за сигнализация, наблюдение и управление. [3]

Интегрираните системи за комплексна автоматизация, наблюдение и управление са проектирани като разпределени (отделни) системи с управлявани от компютъра процеси. Те покриват всички системи и механизми в състава на КЕУ, както и системите свързани с трансфер на гориво, баласт и отпадни води на борда на кораба. Също така управляват и наблюдават спомагателните механизми, помпите и клапаните. Реализирането на тази комплексна автоматизация изисква наличието на хардуерна част (монтирана в панели-кабинети намиращи се в централния пулт за управление-ЦПУ или машинно отделение-МО) и софтуерна част, която се състои от:

- Модул за сигнализация (Alarm module cabinet - AMC)
- Модул за управление (Control modul cabinet - CMC)
- Програмируем логически контролер (PLC)
- Вх/изх карти монтирани в AMC и CMC – използвани за комуникация със сензорите и изпълнителните механизми.
- Интерфейсни модули за PROFIBUS – използвани за управление на процесите и връзките между системните компоненти.

- Операторска станция (ОС) - използва се за управление, настройка и визуализация на процесите в реално време и сигнализация в МО и на мостика. [3]



Фиг. 8 Хардуерна реализация на интегрирана система [3]

Всички части на управляващата система са свързани с шини за комуникация една с друга, като информацията от всички части на системата е достъпна във всички операторски станции. Управлението на машините и механизмите в МО (машинно отделение) може да се извършва по три начина - чрез автоматичен режим (automation mode), местно (local) управление – от самия механизъм или дистанционно (remote) управление от ЦПУ в МО. Автоматичният режим на работа на съответният механизъм позволява самостоятелно стартиране и спиране в случай на авария на друг механизъм в системата (например помпа или компресор) или при необходимост за поддържане на зададените параметри без да се прекъсва работата на съответната система. SCADA позволява следенето на различни параметри като температура, налягане, ниво, работещи и резервирани машини и механизми [3].

Системите за наблюдение включват сензори които следят за вх/изх стойности на температурата (най-вече температурата свързана с технологичните процеси - охлаждаща вода на цилиндровите ризи на главния двигател и дизел-генератори както и високо и нискотемпературните контури, маслото и горивото, парата, отработени газове на ГД и ДГ, среднотемпературната им разлика, температура на детайли и елементи, и др.), налягането (въздух - за технологични нужди и за стартиране и управление на главния двигател, гориво, масло, вода и др.), нивото (следи за нивото на гориво в горивните танкове, водата в танковете за сладка вода, нивото на масло в маслените танкове).

SN	Sensor Description	% Values	Low S.P.	App S.P.	Alarm	Actual
DG093	DG3 AVERAGE EXHAUST GAS TEMP.	90.0%			ON	0.0
DG094	DG3 EXHAUST GAS TEMP. DEVIATION FROM AVERAGE CYLINDER 1	90.0%			ON	0.0
DG095	DG3 EXHAUST GAS TEMP. DEVIATION FROM AVERAGE CYLINDER 2	90.0%			ON	0.0
DG096	DG3 EXHAUST GAS TEMP. DEVIATION FROM AVERAGE CYLINDER 3	90.0%			ON	0.0
DG097	DG3 EXHAUST GAS TEMP. DEVIATION FROM AVERAGE CYLINDER 4	90.0%			ON	0.0
DG098	DG3 EXHAUST GAS TEMP. DEVIATION FROM AVERAGE CYLINDER 5	90.0%			ON	0.0
DG099	DG3 EXHAUST GAS TEMP. DEVIATION FROM AVERAGE CYLINDER 6	90.0%			ON	0.0
DG100	DG3 EXHAUST GAS TEMP. DEVIATION FROM AVERAGE CYLINDER 7	90.0%			ON	0.0
DG101	DG3 EXHAUST GAS TEMP. DEVIATION FROM AVERAGE CYLINDER 8	90.0%			ON	0.0
DG085	DG3 EXH. GAS CIL.1 OUTLET TEMPERATURE	10.0%			ON	0.0 °C
DG086	DG3 EXH. GAS CIL.2 OUTLET TEMPERATURE	10.0%			ON	0.0 °C
DG087	DG3 EXH. GAS CIL.3 OUTLET TEMPERATURE	10.0%			ON	0.0 °C
DG088	DG3 EXH. GAS CIL.4 OUTLET TEMPERATURE	10.0%			ON	0.0 °C
DG089	DG3 EXH. GAS CIL.5 OUTLET TEMPERATURE	10.0%			ON	0.0 °C
DG090	DG3 EXH. GAS CIL.6 OUTLET TEMPERATURE	10.0%			ON	0.0 °C
DG108	DG3 OIL MIST DETECTOR CRANK CASE				ON	
DG109	DG3 LEAKED OIL TANK. F.O. HIGH PRESS. PIPE BROKEN				ON	
DG110	DG3 L.O. OIL SLURP TANK LOW LEVEL				ON	
DG112	DG3 F.O. HIGH SFP. PRESS.				ON	
DG116	DG3 H.F.O. HIGH VISCOSITY				ON	
DG117	DG3 SAFETY STOP CIRC. TROUBLE				ON	
DG118	DG3 SOURCE POWER FAILURE				ON	
DG119	DG3 FAILURE FOR SPEED SWITCH/UNIT				ON	
DG126	DG3 DEEP FAILURE				ON	

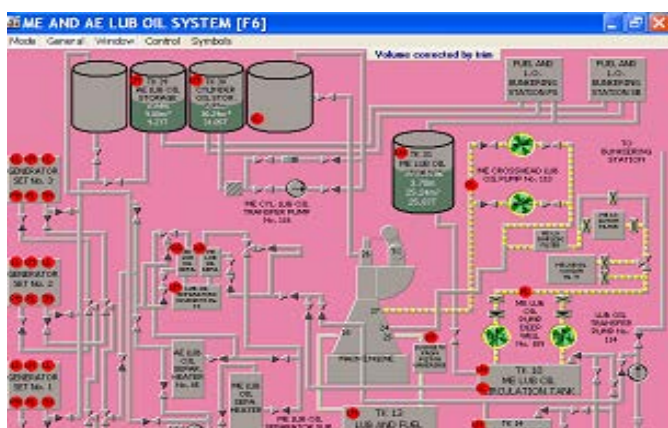
Фиг.9 Общ вид на панел за наблюдение на температура на изгорелите газове на ГД [3]

Системата за сигнализация позволява звукова и визуална сигнализация на алармата като се посочва конкретната причина за възникване на алармата, оставяйки активна но със спрян звук до нейното отстраняване, като системата продължава да следи текущите параметри. Алармата сигнализира за висока температура, ниско или високо ниво на масло, вода или гориво и за високо или ниско налягане на въздух, вода, гориво или масло и т.н.

SN	Time	Sensor	Alarm	Set Pnt	Alm Val	Act Val
DG001	13:15:44	DG1 EXH. GAS CYL.1 OUTLET TEMPERATURE	HIGH	50.0	57.0	62.8
CO002	13:18:43	FC90 [FC90] - DUTY ENGINEER FAILED TO RESPOND				
L0013	13:19:09	STERN TURB FWD SEAL OIL TANK LOW LEVEL				
DG002	13:19:59	DG1 EXH. GAS CYL.2 OUTLET TEMPERATURE	HIGH	50.0	50.1	51.3

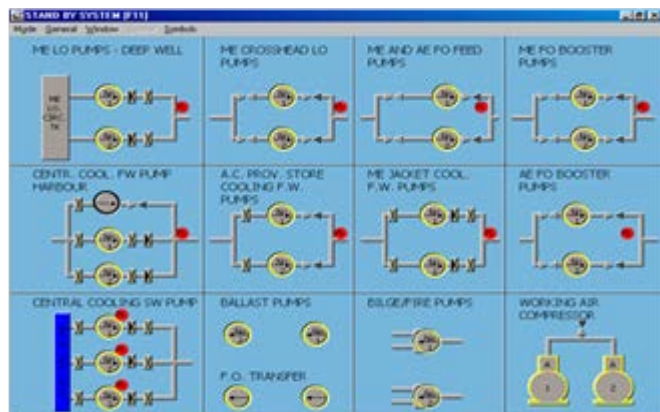
Фиг.10 Общ вид на панел за сигнализация [3]

Системите за управление позволяват настройка, регулиране и промяна на параметрите на различните механизми, промяна на заложените стойности на температура, налягане и т.н. Също така системата позволява ръчно и автоматично стартиране и спиране на различни механизми в състава на КЕУ. Допълнително могат да се реализират функции като управление на операциите за трансфер на гориво, баластните операции, управление на маслената система, горивната система, въздушната система, охлаждащите системи за морска вода и сладка вода.



Фиг. 11 Общ вид на панел за управление на маслена система [3]

Като пример за възможностите за управление може да посочим управлението на помпите. То се извършва като се избира главна (работна) помпа и резервна помпа. Те съответно могат да бъдат стартирани дистанционно от ЦПУ или автоматично в случай на авария (резервната помпа ще се включи когато имаме сигнал за ниско налягане) – в този случай след като резервната помпа се включи и налягането се възстанови, работещата главна помпа спира автоматично и тя става резервна помпа. Автоматичното управление на помпите е особено важно в случаите в които работят маслени помпи, охлаждащи помпи и горивни помпи в които е важно резервната помпа да стартира веднага за да се запази непрекъснатостта на процеса и предотвратяването на аварии и повреди. От голямо значение за сигурността на кораба и неговите механизми е и автоматичното стартиране на пожарните и осушителните помпи, което се постига отново със системите за комплексна автоматизация които непрекъснато следят параметрите за температура и ниво в МО.



Фиг. 12 Общ вид на панел за управление на помпи [3]

4. Заключение – тенденции и перспективи в системите за автоматизация на корабните енергетични уредби.

Съвременните тенденции и насоки очертаващи бъдещето на автоматизация и роботизация на КЕУ и на корабите въобще са насочени към общата свързаност, развитието на концепцията за „умен“ (smart ship) кораб, усъвършенстване на автономността на КЕУ чрез увеличаване на надежността на корабните задвижвания, техническото им съвършенство и намаляване на човешкия фактор и намеса с тенденция към създаването на безекипажни кораби. Огромна роля в този процес ще изпълняват иновациите в областта на IoT (Internet of things), широколентовите сателити (специално при преноса на информация), сензори, цифрови технологии, облачни технологии за обработка на данните. Все повече се обръща внимание на нови решения в областта на КЕУ, като свързване и „smart“ технологии, събиращи огромно количество информация от оперативната всекидневна дейност на КЕУ и кораба получавана от „on-board“ сензори, нейното анализиране, както и внедряването на самодиагностициращи се и все още в начален етап самообучаващи се системи подобряващи техническото съвършенство на КЕУ. Събраните масиви от данни от освоя страна помагат за подобряването и съвършенството на корабната конструкция, сигурността, намаляване на разходите за ремонт и поддръжка както и оперативните разходи по експлоатация на кораба. Позволява използване на най-икономичните локации, места за преминаване и скорост, даващи възможност за най-икономично пътуване, навигационно управление, управление на машините и системите в състава на КЕУ. Ефективното използване на тези данни ще позволи също и разработването на алгоритми помагачи за предотвратяване на злополуки при аварийни ситуации или причинени от човешка грешка. Широко приложение в конкретния случай започват да намират безжичните сензори събиращи данни. Инженерният подход помагач за усъвършенстване на КЕУ изследва и развива различни технологични аспекти като повишаване степента на автоматизация на машините и системите, умното управление-самоуправление, роботизиране на машините и системите, оптимизация на процесите (оптимизация на енергопотреблението, разхода на гориво, масло, вода и т.н.). Създават се решения и приложения-инструменти за предсказуемост на ремонтите на съоръженията и детайлите в състава на КЕУ, снабдяването с резервни части, бункероването както и подобряването на логистичната поддръжка на кораба на базата на „smart“ планиране. Създават се технологични решения позволяващи също така и дистанционно наблюдение и управление, настройка и корекция на работата на машините и системите в реално време. Съответно тук се отделя сериозно внимание на проблема свързан с кибер-сигурността по време на трансфера на данни от и към кораба, съхраняването на данните и последващото им анализиране.

5. Използвана литература и източници:

- [1]. Siemens Summerschool–block 1.3. Introduction/PLC PLC-processing–prof. Dr. eng. K. H. Kayser
- [2]. Василев П.–„Записки-курс лекции по дисциплината АРУ на КЕУ“, Варна, 2015
- [3]. Integrated monitoring, alarm and control system (IMACS) – TOTEM PLUS.
- [4]. Temel S., Yagli S, Goren S–P, PI, PD, PID controllers - 2013
- [5]. А. Тодоров, Ст. Джиев, Сн. Йорданова-Логическо управление на процеси
- [6]. Mitsubishi electric-industrial automation-ръководство на потребителя-MELSEC System Q
- [7]. AutoMatic: Модул 4, Глава 8: Управление с ПИД регулатор