



Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА
имени адмирала С. О. МАКАРОВА**

**Институт МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ
ФАКУЛЬТЕТ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**
*Кафедра «двигатели внутреннего сгорания и автоматика
судовых энергетических установок»*

А. Б. Шадрин

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ
СУДОВЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ
УСТАНОВКАМИ**

Опорный конспект

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова в качестве опорного конспекта учебно-методического комплекса по направлению подготовки 26.06.05 - «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Санкт-Петербург
Издательство ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

2018

Утверждено редакционно-издательским советом университета
УДК 629.5.03 (075.8)
ББК 39.42 – 04 я 73

Шадрин А. Б. Автоматизированные системы управления судовыми энергетическими установками: Опорный конспект/сост. А.Б. Шадрин - СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2018. – 207 с.

Соответствует Федеральному стандарту высшего образования по направлению подготовки по специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Опорный конспект по дисциплине необходим для изучения и освоения элементов комплекса технических средств (КТС) в автоматизированных системах управления судовыми энергетическими установками (АСУ СЭУ) курсантами и студентами, обучающихся по специальности 26.06.05 - «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова в качестве опорного конспекта учебно-методического комплекса по направлению подготовки 26.06.05 - «Эксплуатация судовых энергетических установок». Протокол № от ноября 2018г.

Рецензенты:

Л.В. Тузов, д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»

Р.У. Тугушев, доцент ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»

ISBN

© ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
2018

© Шадрин А. Б., 2018

Оглавление

Введение	5
Раздел 1 Основы АСУ СЭУ	5
1.1 Схема функционирования АСУ СЭУ и ее место в структуре управления судном.....	5
1.2 Функции и структуры АСУ СЭУ.....	7
1.3. Классификация АСУ СЭУ.....	8
Раздел 2 Алгоритмические основы АСУ СЭУ.....	10
2.1 Алгоритмическая структура АСУ СЭУ. Алгоритмы идентификации характеристик объектов управления.....	10
2.2 Алгоритмы централизованного контроля, локального и программного управления.....	15
2.3 Примеры алгоритмов контроля и управления в АСУ СЭУ	18
Раздел 3 Техническое обеспечение АСУ СЭУ.....	19
3.1 Технические средства подсистем централизованного контроля.....	19
3.2 Средства локальной автоматики. Аналоговые и цифровые средства регулирования в системе ГСП.....	20
3.3 Микропроцессорные системы локального управления типа “Ремиконт” и ПТК “Контар”. Использование УВМ в АСУ СЭУ.....	22
Раздел 4 Разработка программного обеспечения АСУ СЭУ.....	27
4.1 Основные компоненты программного обеспечения АСУ СЭУ. Общее и специальное программное обеспечение.....	27
4.2. Основные этапы разработки специального программного обеспечения....	28
4.3 Использование SCADA WinCC и QNX для разработки программного обеспечения АСУ СЭУ.....	29
Раздел 5 Общие вопросы внедрения АСУ СЭУ.....	34

5.1 Основные этапы построения АСУ СЭУ. Предпроектное обследование...	35
5.2 Элементы мехатроники транспорта	35
5.3 Элементы сетевого управления	67
5.4 Система защиты в AutoChief C20 для дизелей серии МС.....	90
5.5 Бортовые сети на основе судовой мехатроники в системе управления дизелем.....	111
5.6 Бортовые сети на основе мехатроники в автономных энергоустановках для тригенерации.....	127
5.7 Бортовые сети на основе мехатроники в пропульсивном комплексе.....	132
5.8 Бортовая полевая шина.....	139
5.9 Возможности бортовых сетей.....	144
Заключение.....	153
Список сокращений и условных обозначений.....	197
Список литературы.....	205

Введение

АСУ СЭУ - относится к одной из основных дисциплин в подготовке специалистов по эксплуатации судовых энергетических установок в части: математического, алгоритмического, программного обеспечения для человеко-машинных систем управления, обеспечивающих автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления процессами в судовой энергетической установке (СЭУ) в соответствии с принятыми критериями.

Критериями управления могут быть: технико-экономические показатели (себестоимость, производительность СЭУ и т.д.); технические показатели (параметры энергетического процесса, характеристики входных и выходных ресурсов).

Раздел 1 Основы АСУ СЭУ

Более подробная информация по заданному разделу содержится в [1-6]. При изучении данного раздела необходимо проработать следующие темы: Схема функционирования АСУ СЭУ и ее место в структуре управления специализированными судами; Функции и структуры АСУ СЭУ; Классификация АСУ СЭУ.

Для проверки усвоения материала тем необходимо ответить на вопросы для самопроверки, приведенные в конце изложения каждой темы.

1.1 Схема функционирования АСУ СЭУ и ее место в структуре управления судом

АСУ СЭУ - человеко-машинная система управления, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления СЭУ в соответствии с принятыми критериями. АСУ СЭУ осуществляет управление СЭУ в реальном времени, т.е. в темпе с энергетическими процессами при

эксплуатации специализированного судна (ЭП) и причем в выработке и реализации решений по управлению судном участвуют средства: измерений, автоматики, мехатроники, компьютерных сетей и члены экипажа. В схеме функционирования АСУ СЭУ необходимо выделять: ЭП – энергетический процесс; УВК – управляющий вычислительный комплекс; УСО – устройство связи с объектом; УС – устройство связи с оператором; $U(t)$ – вектор управляющих воздействий; $Y(t)$ – выходные переменные процесса; $X(t)$ – входные контролируемые воздействия; $Z(t)$ – входные неконтролируемые воздействия.

Информация о выходных и входных переменных ЭП с измерительных приборов поступает на УСО, а через него на УВК, где обрабатывается по соответствующим алгоритмам, и вновь через УСО в виде вектора управления $U(t)$, сигналы поступают на исполнительные устройства. Одновременно информация о выработанных режимах управления через УСО передается оператору, который на основе анализа этой информации может вмешаться в ход управления в процессе эксплуатации судна.

Методологическая основа создания АСУ СЭУ - системный подход, обеспечивающий комплексное решение задач наилучшего управления ЭП. Необходимость системного подхода диктуется тем, что современные ЭП - сложные объекты управления с большим числом входных и выходных переменных. Сложные нелинейные связи между переменными, их нестационарность, высокий уровень шумов, недостаточность априорной информации о закономерностях их протекания создают значительные трудности при создании адекватных моделей ЭП. Ведение ЭП должно удовлетворять нескольким зачастую противоречивым требованиям к качеству и безопасности эксплуатации судна и производительности СЭУ. Производительность АСУСЭУ определяется простоями оборудования, потерями времени при переходе на ряд режимов работы, потерями на плановые и аварийные ремонты. Качество и производительность взаимосвязаны и системы и технологии управления ими не могут быть автономными. Подсистемы управления качеством организуются для каждого энергетического процесса или операции и должны быть оперативными - исполняться в реальном времени. Система управления производительностью в АСУ СЭУ состоит из систем управления режимами энергетических операций, управления

транспортными операциями и межоперационными запасами. В связи с этим важно изучать интегративные процессы в современных АСУ СЭУ, когда наряду с реализацией заданного критерия управления энергетическими процессами, подготавливается информация для решения организационно-экономических задач, выполняемых на более высоком уровне управления.

Вопросы для самопроверки по теме 1.1

1. Дайте определение АСУ СЭУ.
2. В чем отличие АСУ СЭУ от системы автоматического управления?
3. Перечислите основные задачи, которые решает АСУ СЭУ.
4. Какое место в АСУ морского предприятия (АСУП) занимает АСУ СЭУ?

1.2 Функции и структуры АСУ СЭУ

Особое внимание - системным принципам построения АСУ СЭУ. Рассматривая ЭП и систему управления им как совокупность элементов в определенной взаимосвязи, можно получить различные структуры АСУ СЭУ. При этом в зависимости от характера цели различают функциональную, информационную, алгоритмическую и техническую структуры АСУ СЭУ.

Функциональная структура АСУ СЭУ определяется уровнем целей управления, для достижения которых предназначена данная система.

Информационная структура АСУ ТП определяется, в основном, функциональным назначением системы и характером связи между подсистемами, решающими общую задачу управления ЭП.

Алгоритмическая структура отражает системный подход к управлению ЭП - основа для создания внешнего математического обеспечения АСУ СЭУ, т. е. алгоритмизации ЭП. Алгоритмизация ЭП — разработка математического описания поведения системы «ЭП — АСУ

СЭУ» на нескольких уровнях формализации: от разработки управляемого ЭП до разработки программного обеспечения АСУ СЭУ.

Совокупность всех технических средств, используемых в данной АСУ СЭУ, выполненных в виде конструктивно самостоятельных приборов, узлов и устройств, модулей, агрегатов, называют технической структурой АСУ СЭУ.

Вопросы для самопроверки по теме 1.2

1. Перечислите виды управления, реализуемые на различных уровнях функциональной структуры АСУ СЭУ
2. Как подразделяют АСУ СЭУ по степени автоматизации задач управления?
3. Перечислите основные подсистемы, входящие в АСУ СЭУ .
4. Какие задачи решает информационная структура АСУ СЭУ?
5. Перечислите средства, входящие в техническую структуру АСУ СЭУ.

1.3 Классификация АСУ СЭУ

При рассмотрении темы, связанной с классификацией АСУ СЭУ, следует обратить внимание на многообразие признаков, положенных в основу классификации АСУ СЭУ: по характеру управляемого энергетического процесса (виду объекта управления); по степени сложности управляемого процесса; по степени автоматизации задач управления; по функционально-алгоритмическому признаку.

По характеристике управляемого процесса АСУ СЭУ можно разделить на два больших класса: непрерывных и дискретных процессов. Каждый из этих классов имеет специфические особенности, которые обусловлены характером управляемого энергетического процесса.

Классификация по степени сложности АСУ СЭУ основана на числе контролируемых и управляемых параметров. Для процессов с непрерывным характером в соответствии с ростом сложности объекта

управления выделяют следующие границы: 20, 40, 100, 800 параметров. Примером объектов с малым объемом контролируемых и регулирующих параметров (до 20) могут служить топки паровых котлов, весовые дозаторы, установки автоматического пожаротушения. Среди объектов с числом контролируемых и управляемых параметров (до 40) можно выделить технологические котлы, печи. К объектам со средним количеством контролируемых и управляющих параметров (до 100) можно отнести конвертеры, секционные печи, химические реакторы, установки первичной переработки нефти.

Деление систем по степени автоматизации задач управления определяет распределение задач управления между техническими средствами управления и операторами, т.е. основывается на признаке технического совершенства АСУ СЭУ. При этом выделяют три основных класса систем: Системы с автоматическим сбором и обработкой информации (информационные). Системы с автоматической выработкой советов оператору (информационно-советующие). Системы автоматического управления процессом (управляющие).

Классификация по функционально-алгоритмическому признаку определяет функции и степень совершенства алгоритма управления реализуемого в АСУ СЭУ. Различают следующие виды управления: логико-программное, экстремальное, адаптивное, организационно-технологическое, оптимально-координационное.

К системам логико-программного управления можно отнести системы прямого цифрового управления по жесткой программе одной и группой установок.

К системам экстремального управления относятся системы автоматического или автоматизированного управления, обеспечивающие нахождение экстремума заданного критерия.

К системам адаптивного управления относятся системы автоматического или автоматизированного управления, работающие по самонастраивающемуся алгоритму, обеспечивающему нахождение экстремума в условиях случайных изменений внешних воздействий.

К объектам класса АСУ организационно-технологического управления можно отнести энергоблоки атомной и тепловой электростанций, производство серной кислоты.

Системы оптимально-координационного управления обеспечивают автоматическое и автоматизированное управление ходом процессов с динамической оптимизацией по критерию максимума выходных параметров.

Вопросы для самопроверки по теме 1.3

1. Какие признаки положены в основу классификации АСУ СЭУ?
2. Перечислите области использования логико-программного управления.
3. Как подразделяются системы по степени автоматизации?
4. В чем разница между экстремальной и адаптивной системами?
5. Как подразделяются системы по степени сложности объекта управления?

Раздел 2 Алгоритмические основы АСУ СЭУ

Информация по заданному разделу содержится в [1- 12]. При изучении данного раздела надо проработать следующие темы: Алгоритмическая структура АСУ СЭУ. Алгоритмы идентификации характеристик объектов управления. Алгоритмы централизованного контроля, локального и программного управления. Примеры использования алгоритмов контроля и управления в АСУ СЭУ.

Для проверки усвоения материала надо ответить на вопросы для самопроверки, приведенные в конце изложения каждой темы.

2.1 Алгоритмическая структура АСУ СЭУ. Алгоритмы идентификации характеристик объектов управления

Алгоритмическая структура АСУ СЭУ характеризуется набором алгоритмов и программ в соответствии с используемым уровнем управления, определяемым функциональной структурой АСУ СЭУ. Основным узлом алгоритмической структуры является математическая модель ЭП, которая реализуется на ВМ. На вход модели подаются

параметры в виде сигнала X , значения качественных показателей выходных параметров в виде сигнала Y и сигнал F , определяющий критерий качества. В соответствии с используемыми алгоритмами оптимизации модель в ускоренном масштабе времени формирует вектор оптимального управления, который затем реализуется более низкими уровнями управления. По мере отклонения параметров модели от реальных параметров процесса, осуществляется уточнение параметров модели с помощью алгоритмов коррекции математической модели.

Эффективное управление ЭП в большинстве случаев невозможно без его математического описания, т.е. без математической модели этого процесса. Поэтому построение математического описания - идентификация ЭП - важнейший этап создания любой автоматизированной или автоматической системы управления.

Алгоритмы идентификации характеристик объектов управления.

Выбор характера математического описания, т.е. вида модели, зависит от природы самого процесса и от решаемой задачи управления. Так, модель процесса можно задать в виде таблицы, связывающей входные и выходные переменные, описать функциональными зависимостями, дифференциальными уравнениями, передаточными функциями и т.п. В каждом случае методы получения математического описания оказываются различными. Однако различие методов идентификации этим не исчерпывается. Методы идентификации ЭП различаются, кроме того, в зависимости от наличия той или иной априорной информации о процессе, а также делятся на активные и пассивные. Активные методы идентификации основаны на проведении специальных заранее спланированных экспериментов, позволяющих проводить целенаправленное изучение исследуемых свойств ЭП. Пассивные методы предполагают изучение ЭП в режиме нормальной работы. При этом увеличивается время, необходимое для сбора экспериментальных данных, достаточных для построения адекватной модели процесса, однако снижаются затраты на проведение эксперимента. Кроме того, при выборе пассивных методов оказывается возможным использовать архивный материал. Как показывает опыт, пассивные методы идентификации ЭП с х с экономической точки зрения более предпочтительны. Для управления ЭП необходимо знать, как влияет то или иное входное воздействие на

выходную переменную, характеризующую его протекание. Поэтому идентификация процесса сводится к построению математического описания зависимости между этими величинами. Первоначально необходимо определить характер искомой зависимости и вид ее математического описания, а затем найти конкретные значения параметров такого описания. Первый этап обычно называется структурной идентификацией, а второй - параметрической. Исходными данными для построения математической модели ЭП могут служить как теоретические представления о природе физических явлений, происходящих при протекании этого процесса, так и экспериментально измеряемые зависимости между входными и выходными переменными. В принципе каждый из этих подходов может использоваться для идентификации ЭП. Однако использование только теоретического подхода осложнено тем, что на практике, как правило, оказывается невозможным учесть все многообразие реально действующих на процесс факторов. В то же время идентификация процесса только на основании экспериментальных данных оказывается весьма сложной с вычислительной точки зрения. Поэтому при идентификации ЭП целесообразно комплексное использование всей имеющейся информации о ЭП, причем теоретические представления следует относить к структурной идентификации. При этом оцениваются динамические свойства ЭП, его линейность, стационарность и др., с помощью которых обосновывается выбор вида математического описания ЭП. Экспериментальные данные используются для параметрической идентификации ЭП. Качество статической модели ЭП, определяющее возможность ее дальнейшего использования для целей управления, во многом зависит от правильности планирования и постановки эксперимента. Планирование пассивного эксперимента состоит в разработке методики сбора экспериментальных данных. Основными моментами такого планирования являются: выбор интервала съема данных, определение общего числа опытов, учет динамических свойств ЭП.

Выбор интервала съема данных. Изменения входной z_i и выходной u_j переменных объекта. Значения $z_i(1)$, $z_i(2)$, $z_i(3)$ и т.д., полученные в результате измерений переменной z_i в соответствующие моменты времени t_1 , t_2 , t_3 и т.д. должны быть стохастически независимы.

Для этого интервал времени ΔT между соседними замерами переменной z_i необходимо выбирать не меньше, чем время затухания ее автокорреляционной функции $R_z(\tau)$, т.е. $\Delta T \geq \tau_0$. Используя соответствующие автокорреляционные функции, аналогичным путем можно определить допустимые интервалы между соседними замерами для других входных и выходных переменных ЭП. Обычно с целью упрощения анализа или экспериментальных измерений для всех переменных принимают одинаковый, равный наибольшему, интервал между измерениями, т.е. $\Delta T = \tau_{\max}$.

Под опытом будем понимать однократное измерение (наблюдение) всех входных и выходных ЭП. Поскольку все переменные - случайные процессы, а регрессионная модель отражает связь между их усредненными значениями (математическими ожиданиями), то очевидно, чем больше число наблюдений, тем меньше случайные отклонения полученной линии регрессии от реальной статической характеристики ЭП. При неограниченном росте числа наблюдений влияние случайных помех полностью устраняется, и линия регрессии стремится занять свое предельное (теоретическое) положение, всецело совпадающее со статической характеристикой ЭП. Исходя из этого, общее число опытов, по крайней мере, на порядок должно превосходить число определяемых параметров модели. Так, если модель описывается уравнением регрессии второго порядка

$$y = a_0 + a_1 z_1 + a_2 z_2 + a_{11} z_1^2 + a_{12} z_1 z_2 + a_{22} z_2^2$$

с шестью ($Q=6$) неизвестными коэффициентами a_i , a_{ij} , то общее число опытов $N \geq 10 * Q = 60$. Зная число опытов и интервал между ними, можно определить полный интервал наблюдений: $T = \Delta T * N$.

Всякий объект в СЭУ обладает динамическими свойствами: при изменении входной переменной соответствующий ей уровень выходной переменной устанавливается не сразу, а спустя некоторое время. Поэтому при проведении пассивного эксперимента моменты наблюдений выходной переменной y_j должны быть сдвинуты относительно моментов наблюдений входной переменной z_i на величину $\Delta t = \tau_{\text{э.кв.}}$. Величина $\tau_{\text{э.кв.}}$ - эквивалентна времени запаздывания объекта и определяется как абсцисса точки экстремума взаимокорреляционной функции переменных z_i и y_j . В этом случае погрешность определения статической модели, обусловленная

влиянием динамики объекта, будет минимальна. Планирование пассивного эксперимента завершается составлением таблицы с B в таблице с отражением числа доминирующих входов и выходов объекта, которые подлежат наблюдению, предусматривается запланированный интервал между соседними наблюдениями, например, ($\Delta T = 1$ ч) и необходимый сдвиг между наблюдениями входов и выходов, например, ($\Delta t = 20$ мин), а также указывается общее число наблюдений, время их начала и окончания. Таблица показывает, что, где и когда надо измерить и куда записать результат измерения, и тем самым полностью определяет программу проведения пассивного эксперимента. Численные значения $z_i^{(v)}$, $y_j^{(v)}$ измеряемых входов и выходов объекта заносятся в соответствующие графы и служат исходной информацией для определения параметров статической модели ЭП.

При идентификации ЭП на основе пассивного эксперимента широко используется аппарат корреляционного и регрессивного анализа. Этот аппарат позволяет получить математическую модель объекта в форме уравнения регрессии, т. е. в виде алгебраического полинома, связывающего входные и выходные параметры объекта в статическом режиме. При этом вид и порядок уравнения регрессии предполагаются уже известными, исходя из анализа априорной информации, а определению подлежат лишь численные значения его коэффициентов, т. е. по существу ставится задача параметрической статической идентификации. При обработке данных пассивного эксперимента в настоящее время широко используются корреляционные и регрессионные методы математической статистики. Основным условием применимости методов корреляционного анализа - существование многомерного нормального распределения для всех исследуемых переменных в ЭП, следовательно, практически эти методы могут применяться для построения лишь линейных моделей ЭП.

Методы регрессионного анализа требуют выполнения менее жесткого условия, т. е. достаточно существования одномерного нормального распределения. Это условие обычно выполняется как в линейных, так и в нелинейных системах, поэтому регрессионные методы - более универсальные и заслуживают предпочтения. Особенно эффективно применение таких методов при построении нелинейных статических моделей сложных многосвязных объектов в СЭУ.

Регрессионный анализ особенно удобен в сочетании с методом наименьших квадратов, который обеспечивает получение минимальных значений среднеквадратичных ошибок параметров. Этот метод позволяет проводить идентификацию объектов с нескольких входами и выходами.

Вопросы для самопроверки по теме 2.1

- 1.Что характеризует алгоритмическая структура АСУ СЭУ?
- 2.Перечислите основные узлы многоуровневой АСУ СЭУ.
- 3.Какие сигналы на входе математической модели ?
- 4.Для каких процессов необходимо периодическое уточнение параметров модели?
- 5.Перечислите преимущества и недостатки методов активного и пассивного эксперимента.
- 6.В чем отличие структурного и параметрического методов идентификации.
- 7.Перечислите основные этапы планирования пассивного эксперимента.
- 8.Какая задача идентификации решается с помощью методов регрессионного анализа?

2.2 Алгоритмы централизованного контроля, локального и программного управления

Алгоритмы централизованного контроля решают задачи сбора и передачи измерительной информации от датчиков, установленных на ЭП, а также для первичной обработки этой информации.

Комплекс алгоритмов централизованного контроля: циклического и адресного опроса датчиков; аналитической градуировки датчиков; фильтрации измеряемых сигналов от помех; экстраполяции и интерполяции дискретно-изменяемых величин; алгоритмы контроля достоверности информации об ЭП; алгоритм по расчету технико-экономических показателей.

Поскольку информация, вырабатываемая алгоритмами централизованного контроля, используется для расчета законов

управления, то она должна использоваться в реальном масштабе времени, т.е. в темпе с ЭП. Исключения составляют алгоритмы по расчету технико-экономических показателей (ТЭП), которые не используются в системе управления АСУ СЭУ, а передаются на более высокий уровень управления, например в систему планирования работ по эксплуатации судов. Такая информация обычно обрабатывается в ускоренном масштабе времени. Алгоритмы по расчету ТЭП занимают весьма важное место среди алгоритмов по расчету суммарных и средних показателей в транспортных системах управления и контроля. При их изучении следует обратить особое внимание на методику расчета результирующих технико-экономических показателей, таких как, затраты на эксплуатацию транспорта, себестоимость единицы транспортируемой продукции, прибыль от эксплуатации АСУСЭУ и т.п.

В иерархической АСУ СЭУ локальные системы занимают нижнюю ступень управления ЭП. Они служат для стабилизации оптимальных режимов локальных модулей и агрегатов в СЭУ, которые задаются системой управления более высокого уровня.

Локальные системы стабилизации строятся по принципу обратной связи с использованием, как правило, аналоговых (непрерывных) регуляторов, реализующих (П, ПИ, ПИД) типовые законы управления. В последнее время в АСУ СЭУ наиболее широко стали применяться цифровые регуляторы на базе УВМ. Такое управление получило название прямого цифрового управления. Применение его целесообразно в тех случаях, когда регулирование осуществляется по многим контурам. При прямом цифровом управлении на УВМ легко реализуются все принципы регулирования, кроме того, машина позволяет осуществить и нереализуемые средствами аналоговой техники, более сложные законы управления. Необходимо помнить при этом, что алгоритмы законов управления следует представлять в форме разностных уравнений, учитывая дискретный характер формирования сигналов в УВМ.

Программное управление занимает более высокую ступень в иерархической структуре АСУ СЭУ. По сравнению с локальным, этот вид управления характеризуется тем, что управление ЭП осуществляется по жесткой, заранее составленной программе. Типичный пример такого управления — пуск различного рода сложных механизмов и устройств.

Кроме того, принципы программного управления широко используются при управлении несложными стационарными технологическими процессами. При наличии адекватной математической модели такого процесса можно заранее рассчитать программу оптимального управления, которая затем может быть реализована в СЭУ. Полученные данные оформляются в виде таблиц и закладываются в УВМ для реализации оптимального программного управления ЭП.

Цель применения алгоритмов программного управления при пуске и остановке ЭП - в изменении номинальных значений параметров и состояния оборудования в соответствии с заранее заданными функциями времени. Управление ЭП в этом случае производится по разомкнутому принципу, а временная функция, по которой осуществляется управление - программа.

Вопросы для самопроверки по теме 2.2

1. Перечислите основные алгоритмы централизованного контроля.
2. Куда поступает информация на выходе алгоритмов централизованного контроля?
3. Какие способы определения истинного значения измеряемой переменной в случае нелинейной характеристики датчика?
4. В чем недостаток табличной формы задания нелинейной функции?
5. В каких случаях необходимо использовать косвенное измерение и когда его можно применять?
6. Перечислите основные методы интегрирования дискретных величин при определении суммарных и средних показателей.
7. Перечислите основные алгоритмы, используемые при обнаружении нарушений и неисправностей в АСУ СЭУ.
8. Почему алгоритмы по расчету ТЭП можно реализовывать в ускоренном масштабе времени?
9. От чего зависит себестоимость единицы продукции от применения АСУ СЭУ?
10. Какие слагаемые используются при расчете прибыли от эксплуатации АСУ СЭУ?

11. Перечислите задачи, которые решаются локальным управлением в АСУ СЭУ.

12. Как реализуются непрерывные и дискретные законы управления?

13. В чем преимущества и недостатки прямого цифрового управления?

14. Запишите типовые законы управления в форме разностных уравнений.

15. Составьте схему алгоритма, реализующего ПИД — закон управления.

16. Сформулируйте задачу оптимального программного управления стационарным ЭП при контролируемых возмущениях.

17. В функции каких координат могут строиться траектории изменения уставок локальных регуляторов?

2.3 Примеры алгоритмов контроля и управления в АСУ СЭУ

В этой теме рассматриваются примеры синтеза оптимального программного управления для простейших ЭП при работе их в статическом режиме и режиме пуска. Первый пример связан синтезом оптимального программного управления стационарным процессом при изменяющихся возмущающих воздействиях.

Во втором примере анализируется программа пуска ЭП сыпучих материалов в оптимальной постановке. В этом примере необходимо обратить внимание на освоение методики сведения задачи динамической оптимизации к задаче статической оптимизации и внимательно проанализировать результаты синтеза.

Вопросы для самопроверки по теме 2.3

1. К какой форме необходимо приводить исходные неравенства при решении задачи по методу Черникова?

2. Каким знаком заменяется знак равенства в целевой функции при поиске минимума?

3. Каким знаком заменяется знак равенства в целевой функции при поиске максимума?

4. Почему при поиске максимума из множества значений целевой функции выбирается минимальное?

5. Как вычисляются координаты оптимальной точки?

6. Перечислите основные этапы сведения задачи оптимального программного управления к задаче математического программирования.

7. При каких условиях дифференциальные уравнения, описывающие исходную непрерывную систему, могут быть заменены рядом алгебраических уравнений?

Раздел 3 Техническое обеспечение АСУ СЭУ

Информация по заданному разделу содержится в [1-12]. При изучении данного раздела надо проработать темы: Технические средства подсистем централизованного контроля. Средства локальной автоматики. Аналоговые и цифровые средства регулирования в системе ГСП. Микропроцессорные системы локального управления типа Ремиконт и ПТК "Контар". Использование УВМ в АСУ СЭУ. Для проверки усвоения материала надо ответить на вопросы для самопроверки, приведенные в конце изложения каждой темы.

3.1 Технические средства подсистем централизованного контроля

В АСУ СЭУ для автоматического получения информации о параметрах ЭП используются датчики и первичные преобразователи. Они представляют собой весьма разнообразные по принципам действия устройства, воспринимающие изменения контролируемых параметров процессов. Современная измерительная техника может непосредственно оценивать большое количество различных физических, химических и других величин, но этого для автоматизации ряда новых областей человеческой деятельности бывает недостаточно. Экономически целесообразное расширение номенклатуры датчиков в ГСП достигается унификацией чувствительных элементов. Чувствительные элементы,

реагирующие на давление, силу, вес, скорость, ускорение, звук, свет, тепловое и радиоактивное излучения, применяются в датчиках для контроля загрузки оборудования, его рабочих режимов, контроля качества, выпускаемых изделий, и др. Выходные сигналы всех этих датчиков преобразуются в стандартные электрические или пневматические сигналы, которые передаются другим устройствам.

В качестве средств представления информации используются показывающие стрелочные, цифровые, символьные и др. индикаторы, самопишущие приборы, печатающие устройства и графопостроители. Для лучшего восприятия широко применяется метод визуального контроля с помощью устройств отображения информации, промышленного телевидения, мнемонических схем. При большом количестве информации применяют средства вычислительной техники.

Вопросы для самопроверки по теме 3.1

1. Какие технические средства относятся к устройствам получения и первичного преобразования информации?
2. Перечислите основные средства отображения информации.
3. Какие элементы входят в систему ГСП?
4. Чем достигается высокая взаимозаменяемость изделий ГСП?
5. Какую задачу решают нормирующие преобразователи?

3.2 Средства локальной автоматики. Аналоговые и цифровые средства регулирования в системе ГСП

Средства локальной автоматики (регуляторы), получая сигналы непосредственно от датчика или через устройство централизованного контроля, вырабатывают в соответствии с заданной программой и законом регулирования энергетические импульсы, приводящие в действие исполнительный механизм, который через регулирующие органы (коммутирующую аппаратуру, управляемые вентили, клапаны, заслонки, задвижки) изменяет потоки энергии или вещества и этим воздействует на объект регулирования. Локальные системы управления строятся по

принципу обратной связи с использованием, как правило, аналоговых (непрерывных) регуляторов, реализующих (П, ПИ, ПИД) типовые законы управления. Однако, за последнее время в АСУ СЭУ широко стали применяться цифровые регуляторы, функции которых все чаще возлагают на УВМ. Такое управление получило название прямого цифрового управления. Применение его целесообразно в тех случаях, когда регулирование осуществляется по многим контурам. При прямом цифровом управлении на УВМ легко реализуются все принципы регулирования, кроме того, машина позволяет осуществить и нереализуемые средствами аналоговой техники, более сложные законы управления.

В состав ГСП входят пневматические, гидравлические и электрические регуляторы. Наибольшей универсальностью обладают электрические устройства. Однако пневматические устройства широко применяются для контроля и регулирования на многих пожароопасных и взрывоопасных производствах, а гидравлические устройства чаще используются при управлении оборудованием, требующим для перестановки регулирующих органов больших скоростей при значительных усилиях и высокой точности. С целью наиболее рациональной систематизации средств ГСП и для повышения эффективности их производства, а также для упрощения проектирования и комплектации АСУ СЭУ устройства ГСП при разработке объединяются в агрегатные комплексы. Агрегатные комплексы, благодаря стандартизации входных-выходных параметров и модульной конструкции устройств, наиболее удобно, надёжно и экономно объединяют различные технические средства в автоматизированных системах управления и позволяют собирать разнообразные специализированные установки из модулей и агрегатов широкого назначения.

Вопросы для самопроверки по теме 3.2

1. Перечислите задачи, которые решаются локальным управлением.
2. Как реализуются непрерывные и дискретные законы управления?

3. В чем преимущества и недостатки прямого цифрового управления?

4. Какие комплексы средств используются для автоматизации управления ЭП?

5. Какие задачи в АСУ СЭУ решает комплекс средств программного управления (АСПУ).

3.3 Микропроцессорные системы локального управления типа “Ремиконт” и ПТК “Контар”. Использование УВМ в АСУ СЭУ

На современном этапе автоматизации ЭП средства аналогового контроля и управления начинают заменяться средствами микропроцессорной техники - позволяют создавать интегрированные комплексы контроля и управления, обладающие большой надежностью и качеством функционирования. Из широкого класса микропроцессорных устройств, в практике АСУ СЭУ используются микропроцессорные контроллеры типа “Ремиконт” - устройства управления, архитектура которых оптимизирована для решения задач автоматического регулирования ЭП за счет возможности технологического программирования без программистов, возможности оперативного изменения структуры управляющего контура, повышенной надежности. Ремиконт включает следующие основные блоки: устройство связи с объектом (УСО), вычислитель, модуль интерфейсной связи, устройство связи с оператором, цифровую шину, блоки питания и переключатели. УСО реализует связь микропроцессорного устройства с процессом. В его состав входят модули, выполняющие необходимые преобразования входных и выходных сигналов, а так же осуществляющие гальваническую развязку аналоговых цепей. В состав вычислителя входят три модуля: процессор, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). Модуль интерфейсный содержит четыре интерфейсных канала радиальной последовательной связи (ИРПС). Устройство связи с оператором включает модуль управления и сигнализации, а так же пульт оператора для реализации технологического программирования.

Наличие широкого класса моделей ремиконтов с различными техническими характеристиками позволяет строить АСУ СЭУ с различными требованиями по объему, надежности и экономичности. Ремиконт - проектно-компануемое изделие. Алгоритм проектной компоновки включает следующие основные этапы: Проверку алгоритмического соответствия библиотеки алгоритмов и решаемой задачи. Выбор типа ремиконта и распределение задач между ремиконтами. Расчет аппаратного состава ремиконта.

Контар – программно–технический комплекс, предназначенный для решения различных задач автоматизации на базе микропроцессорной техники. Отличительное свойство КОНТАР – его универсальность, масштабируемость и диапазон предлагаемых возможностей. Созданный на базе Московского завода тепловой автоматики, КОНТАР стал продуктом, который сейчас успешно заменяет зарубежное оборудование. Его популярность быстро распространялась в 90-х годах прошлого века в силу отсутствия соответствующих по своему уровню предложений со стороны отечественных производителей. При создании нового продукта КОНТАР учитывался опыт, накопленный сотрудниками МЗТА за многолетний период своей деятельности, а также группы разработчиков в США. Параллельно московскому научно техническому центру КОНТАР был создан в штате Аризона США (компания Arecont Systems, Inc.). Его задачей стала совместная выработка требований к новому высокотехнологичному продукту, который должен был занять сразу две ниши и отвечать растущим потребностям российского рынка, так и конкурировать на равных с американскими и европейскими производителями средств автоматики. Сейчас результат этих совместных усилий могут оценить специалисты в этой области и те, кто использует новую технику в повседневной жизни и работе.

Системы КОНТАР установлены и работают на множестве объектов, решая задачи автоматизации, мониторинга и диспетчеризации. Опираясь на множественный опыт эксплуатации, можно утверждать, что удалось добиться очень стабильной работы приборов при различных условиях

применения, сделать систему простой в освоении для инженеров, диспетчеров, так и для неподготовленных пользователей в АСУ СЭУ.

Программное обеспечение, поставляемое с КОНТАР, постоянно расширяет свою функциональность и уже сейчас решает весь комплекс задач по проектированию алгоритмов, наладке и диспетчеризации. Оно включает следующие компоненты:

Конграф(Kongraf) - инструментальная графическая среда разработки алгоритмов для всех приборов комплекса.

Консоль(Konsole)- программа инженера-наладчика. Предназначена для взаимодействия с контроллерами: загрузка алгоритмов, изменение настроек, чтение данных.

Контар АРМ - (Автоматизированное Рабочее Место) – программный продукт, выполняющий функции сбора и хранения данных для объектов, автоматизированных с использованием свободно-программируемых контроллеров КОНТАР, графического отображения получаемой информации на динамических экранах пользователя - мнемосхемах инженерных установок. Обладает широкими возможностями по отображению данных в виде графиков, обеспечивает работу с тревожными сообщениями (алармами) и планировщиком.

Контар-SCADA - система для мониторинга и диспетчерского управления. Обеспечивает доступ операторов к установленному на объекте(-ах) оборудованию Контар, осуществляет сбор и обработку данных, отображает информацию в виде мнемосхем, графиков и отчетов, имеет в своем составе удобный инструментальный для создания экранов пользователя.

Основные устройства КОНТАР – набор модулей, распределенных по автоматизируемым установкам и (при необходимости) связанных цифровыми каналами передачи данных в единую сеть. При этом КОНТАР сочетает мощные программные инструменты с современными информационными технологиями, обеспечивает прямой выход в Интернет. В основу комплекса положен одноплатный прибор – контроллер МС8. Он

представляет собой универсальное измерительное, сигнализирующее, управляющее и коммуникационное устройство, к клеммам которого могут непосредственно подключаться датчики, исполнительные устройства и другие источники и приемники информации. MC8 позволяет осуществлять: измерение и преобразование в цифровую форму различных аналоговых сигналов, представляющих такие физические параметры как температура, давление, расход, уровень, влажность, содержание газов, освещенность и т.п. по каждому из 8 входов; преобразование 4 дискретных (бинарных) сигналов, представляющих состояние различных внешних контактов; сигнализацию отклонений параметров от предустановленных значений; управление всевозможным исполнительным оборудованием: реле, пускателями, электромоторами насосов, вентиляторов, ИМ клапанов, задвижек, заслонок, направляющих аппаратов, жалюзи, позиционерами и т.п. по 10 выходным каналам (8 дискретных выходов и 2 аналоговых); передачу и приём информации по каналам RS232C и RS485; функцию часов реального времени с энергонезависимой памятью; архивирование данных и событий во внутренней памяти.

Управление всем подключенным оборудованием и обмен информацией осуществляется по алгоритмам, записанным в контроллер (стандартным или индивидуальным), а также по сигналам с верхнего уровня управления.

К одному MC8 с встроенным пультом при необходимости могут быть подключены по сети RS485 другие контроллеры, образуя таким образом составной контроллер необходимых для данного объекта сложности. Однако встроенный пульт позволяет обращаться только к своему контроллеру.

К контроллеру MC8 может быть подключён сотовый модем для информирования персонала об опасных ситуациях (в реальном времени) короткими сообщениями (SMS) на мобильный телефон. По этому же телефону может быть запрошена краткая информация о текущих параметрах наблюдаемого объекта.

При объединении контроллеров в единую сеть они выполняют общую задачу и могут обмениваться друг с другом информацией. Это дает возможность оптимально распределять ресурсы контроллеров в рамках

сети. В этом случае вся сеть может представлять собой один "большой контроллер", интеллект которого распределен по отдельным компонентам объекта.

Такая идеология обеспечивает большую гибкость и живучесть, возможность наращивания системы, избегая избыточности ее ресурсов

Возможность использования всей мощи современных информационных технологий открывается при дополнении одноплатного контроллера MC8 небольшим вставным submodule WebLinker. В этом варианте контроллер MC8 кроме перечисленных выше функций обеспечивает возможность включения в сети Ethernet и непосредственного выхода в ИНТЕРНЕТ.

WebLinker Modem с интерфейсом RS232C, позволяющий подключиться к сети Интернет через GPRS/CDMA/Dialup модемы. Этот же канал может быть использован для подключения к компьютеру.

Универсальное исполнение: WebLinker EM позволяет пользователю выбрать и настроить канал выхода в ИНТЕРНЕТ (Ethernet или сотовая сеть).

Вопросы для самопроверки по теме 3.3

1. В чем преимущества микропроцессорных систем управления перед аналоговыми регуляторами?
2. Перечислите основные характеристики микропроцессорных устройств типа ремиконт.
3. Какие модули входят в состав ремиконта?
4. Какие расчеты необходимо выполнить для получения формулы ремиконта?
5. Что понимается под формулой ремикота?
6. Перечислите программные компоненты ПТК"Контар".
7. Какие задачи решаются с помощью инструментальной графической среды "Конграф(Kongraf)"?
8. Каково назначение программы инженера-надладчика."Консоль(Konsole)"?
9. Какие задачи решает программная система "Контар-SCADA"?

Раздел 4 Разработка программного обеспечения АСУ СЭУ

Более подробная информация по заданному разделу содержится в [1-9]. При изучении данного раздела надо проработать следующие темы: Основные компоненты программного обеспечения АСУ СЭУ. Общее и специальное программное обеспечение. Основные этапы разработки специального программного обеспечения. Использование систем – SCADA и ПТК "Контар" для разработки математического и программного обеспечения АСУ СЭУ.

Для проверки усвоения материала тем надо ответить на вопросы для самопроверки, приведенные в конце изложения каждой темы.

4.1 Основные компоненты программного обеспечения АСУ СЭУ. Общее и специальное программное обеспечение

Программное обеспечение представляет собой комплекс программ, реализующих алгоритмы обработки информации. Его разделяют на общее (ОПО) и специальное (СПО). ОПО - совокупность программ, рассчитанных на широкий круг пользователей и предназначенных для организации вычислительного процесса и (или) решений часто встречающихся задач обработки информации, СПО - разрабатываемых при создании конкретной АСУ СЭУ для реализации ее функций.

В состав ОПО ЭВМ входят операционные системы различного назначения, системы программирования, процедурно ориентированные пакеты прикладных программ, рассчитанные на решение часто встречающихся задач обработки информации, а также сервисные и контрольно-диагностические программы. Операционная система (ОС) определяется как система программ, предназначенная для обеспечения определенного уровня эффективности вычислительной системы за счет автоматизированного управления ее работой и предоставления пользователям определенного набора услуг. Термин система программирования трактуется как система автоматизации

программирования, образуемая языком программирования, компиляторами или интерпретаторами программ, представленных на этом языке, соответствующей документацией, а также вспомогательными средствами для подготовки программ к выполнению. Пакет прикладных программ (ППП) - система прикладных программ, предназначенная для решения задач определенного класса.

Основной составляющей разработки программного обеспечения АСУ СЭУ - специальная часть, ориентированная на управление конкретным процессом. Разработка СПО сложностью и исключительным разнообразием процессов, функций и алгоритмов задач управления и соответственно их программных интерпретаций.

Вопросы для самопроверки по теме 4.1

1. Перечислите основные программные средства, входящие в состав программного обеспечения АСУ СЭУ.
2. Какие программные средства характеризуют общее программное обеспечение АСУ СЭУ?
3. Какие программные средства относятся к СПО АСУ СЭУ?
4. Раскройте назначение операционной системы в составе программного обеспечения АСУ СЭУ.

4.2 Основные этапы разработки специального программного обеспечения

На первом этапе развития АСУ СЭУ программное обеспечение каждой системы разрабатывалось индивидуально, в виде соответствующих монолитных материалов, разработанных специально для данной системы. По мере увеличения числа АСУ СЭУ и расширения их функций трудоемкость работ возрастала, и стало очевидным несовершенство принятых форм проектирования. Позднее программное обеспечение стали готовить в виде отдельных, функционально законченных элементов – программных модулей (ПМ), из которых можно собирать программное обеспечение конкретных проектируемых систем управления. Исходя из этого, в настоящее время наметились следующие тенденции развития

технологии подготовки программного обеспечения АСУ СЭУ: Путем обобщения достаточно многочисленных разработок конкретных АСУ СЭУ создается база алгоритмических модулей, типичных для ведущих отраслей промышленного судостроения. На базе алгоритмических модулей создаются программные модули, которые компонуется на машинных носителях в виде библиотеки, снабженной сервисными программами. Создание систем генерации программного обеспечения, которые существенно сокращают ошибки при формировании СПО АСУ СЭУ и упрощают его комплексную отладку на судах. Создание САПР ПО АСУ СЭУ. Внедрение таких САПР означает переход к индустриальным методам разработки СПО АСУ СЭУ.

Вопросы для самопроверки по теме 4.2

1. Дайте характеристику основным этапам разработки СПО АСУ СЭУ.
2. Какие задачи проектирования удастся решить с помощью САПР АСУ СЭУ?
3. В чем заключается несовершенство методики проектирования программного обеспечения в начальной стадии развития АСУ СЭУ?
4. Обоснуйте преимущества использования программных модулей при проектировании САПР АСУ СЭУ.

4.3 Использование SCADA WinCC и QNX для разработки программного обеспечения АСУ СЭУ

В большинство современных SCADA включены фирменные технологии автоматизации разработки проекта, объединенные общим названием – "Автопостроение" - набор автоматических процедур формирования различных элементов проекта АСУ СЭУ. Автопостроение избавляет от наиболее рутинной работы, сокращает время разработки проекта, и снижает вероятность внесения ошибок, возникающих при ручных операциях. Применение автопостроения не исключает возможности "ручной привязки" - макросредство, работающее за

человека, но под его полным контролем. Автопостроение не оставляет ничего "за кадром", результаты работы автопостроения всегда могут быть при необходимости отменены или скорректированы.

Достаточно полно различные виды автопостроения реализованы в SCADA системе TRACE MODE 6. В этой системе все данные между каналами, экранами, программами и компонентами передаются через аргументы. Это позволяет использовать один и тот же компонент многократно.

Структура кадров (Обзорная область, Рабочая область и Область кнопок), как и Базовые данные генерируются Мастером системы управления процессом [Process Control System Wizard].

В Системе Менеджер Сервера конфигурирует Клиентов. Теги импортируются из Сервера во время процесса Отображения. Пакеты создаются только на сервере. Созданные пакеты могут быть загружены в мультиклиентские проекты. В каждом серверном проекте Конфигурируется одна или более Областей иерархии. Базовые данные создаются с помощью Мастеров дополнительных пакетов системы управления процессом [Редактор BaseData] -Базовые данные в Проводнике WinCC [WinCC Explorer]. Конфигурация кадра [Picture Configuration] применима к конфигурации тегов. Для копирования многопользовательских проектов копируют папку проекта и вставляют ее в необходимом месте на компьютере. После этого имя компьютера должно быть изменено. Настройки - связи тегов должны быть сделаны прямо у клиента. Настройки можно сделать через [Laplink] или [PC anywhere] (ПК где угодно). Пакеты должны быть загружены на мультиклиент на месте. Невозможно сконфигурировать иерархию кадров на мультиклиенте. В системах Runtime имеется Обзор всех иерархий всех Серверных проектов, импортированных в виде Пакетов. Обзорные кадры (BPC) содержат 16 кнопок. Области иерархии Кадров всех Серверных проектов, импортируемые в виде Пакетов, отображаются для Пользователя автоматически в режиме Runtime. Пользователь не может влиять на порядок серверных проектов. Система обеспечивает идентичное представление иерархии на всех мультиклиентах. Поведение кадров рекомендуется конфигурировать с помощью Функций – [Split Screen Manager] - (Менеджера разделения экрана). Кадры с мультиклиентов не

могут быть включены в Обзорные кадры, так как они не содержатся ни в каких Иерархиях кадров. Они могут быть открыты в Рабочем окне или Окне процесса с помощью функции [Picture via name] - Кадр по имени. Все Данные предоставляются Мастером регистрации аварий [Alarm Logging Wizard], а также содержатся в Базовых данных. Не требуется конфигурирование системы аварийной сигнализации. Таблица Пользователей на мультиклиенте станет доступной после того, как будут импортированы Пакеты всех серверных Проектов вместе с Иерархиями кадров - [Picture Tree Manager] – Менеджер дерева кадров. Области серверного проекта будут отображаться в колонках таблицы пользователей на мультиклиенте только после того, как будет загружен Пакет серверного проекта в мультиклиентский проект. Если были внесены изменения в конфигурацию в серверном проекте, касающиеся иерархии Менеджера дерева кадров [Picture Tree Manager], то пакет серверного проекта должен быть снова создан, загружен на мультиклиент и должны быть внесены соответствующие изменения в таблицу авторизации пользователей. Функции Хранилища [Storage] конфигурируются на сервере. На мультиклиенте не требуется никакого конфигурирования. В режиме Runtime можно управлять функциями Хранилища [Storage] с мультиклиента. Допускается 16 мультиклиентов с 4 экранами каждый - всего 64 экрана. Области всех серверных проектов отображаются в обзорном кадре базовых данных. При сбое сервера все области данного сервера деактивируются. В результате деактивации порядок областей не изменяется. После переключения на резервированный сервер области опять становятся активными. Конфигурирование [Life Beat Monitoring] - Мониторинга работоспособности в серверных проектах осуществляется с отслеживанием состояний мультиклиентов. На мультиклиенте не допускается конфигурирование [Life Beat Monitoring]. Все серверные проекты, пакеты которых были импортированы на мультиклиент, отображаются в системном кадре Life Beat Monitoring. Если происходит сбой сервера или клиентов, то системный кадр мультиклиента сообщит об ошибке в определенной заранее форме. Щелкните на пиктограмме сервера в соответствующем серверном проекте для отображения изменений, произошедших в системном кадре серверного проекта. Таким образом можно посмотреть Серверы/Клиенты, в которых произошел сбой. В пакете

Мониторинг работоспособности - Мониторинг признака жизни [Life Beat Monitoring] - sign-of-life monitoring во время переключения с неработающего сервера на работающий. Серверы/Клиенты отображаются как неработающие. Конфигурирование Системы:

1. Создать Серверный проект с помощью Мастера разделения экрана [Split Screen Wizard] и Мастера регистрации аварийных сообщений [Alarm Logging Wizard].
2. Сконфигурировать иерархию кадров с помощью Менеджера дерева кадров [Picture Tree Manager].
3. Создать таблицу авторизованных пользователей с помощью Администратора пользователей [User Administrator].
4. Сгенерировать пакеты на серверах.
5. Создать мультиклиентский проект с помощью Мастера разделения экрана [Split Screen Wizard].
6. Загрузить пакеты.

7. Сконфигурировать на мультиклиенте функции Мониторинга работоспособности [Life Beat Monitoring].
8. Создать таблицу авторизованных пользователей в Администраторе пользователей [User Administrator] мультиклиента. Для эффективного использования отдельных пакетов должен быть установлен пакет [Basic Process Control] - Базовое управление процессом.

[Basic Process Control] - Базовое управление процессом: Базовые данные, [Split Screen Manager] – Менеджер разделения экрана, управление отображением, мастер сообщений [Alarm Logging Wizard] - Мастер регистрации аварийных сообщений, вывод сигналов через сигнальные модули, отображение иерархии кадров [Picture Tree Manager] – Менеджер дерева кадров и наблюдение за работоспособностью системы [Lifebeat Monitoring] - Мониторинг работоспособности.

[Storage] – Хранилище: Архивизация/извлечение из архива [Storage] - Хранилище. Функции архивизации включают в себя автоматическую запись данных с жесткого диска на другие носители для длительного хранения и удаление данных с жесткого диска.

[Chipcard] - Магнитная карта - Возможность использования магнитных карт для авторизации пользователей. Если устанавливаете с опцией [Chipcard], то расширяются функциональные возможности [User Administrator]. Опция [Chipcard Reader] добавляет в меню пункт "Chipcard" и соответствующие функции.

[Video] - Камера ОСХ. При подключении данного модуля в

[Graphics Designer] можно создать окно с помощью OLE для отображения видеок кадров.

[Picture Tree Manage] - Менеджер дерева кадров: используется для управления иерархией систем, подсистем, имен функций и кадров [Graphics Designer].

[Time Synchronization] - функция для магистрально-модульных систем (Profibus и Industrial Ethernet. WinCC-OS, выполняющая роль активных ведущих часов, отвечает за синхронизацию времени всех подключенных к магистрали Серверов и Клиентов. Внутренние часы на системной шине считаются ведомыми часами синхронизации.

[Lifebeat Monitoring] - Мониторинг работоспособности - ведет мониторинг за отдельными системами и отображает результаты

на экране в [Runtime], автоматически запускает модули звуковых сигналов и генерирует сообщения Системы управления процессом.

[Alarm Logging Wizard] - Мастер регистрации аварийных сообщений - используется для конфигурирования и инициализации Окна ообщений, собственно Сообщений, Классов сообщений и Систем сообщений Управления процессом, а также Вывода сигналов через сигнальные

компоненты для текущего проекта. SFC –Система последовательного управления процессами с пошаговой Последовательностью состояний (Нить управления) в зависимости от изменений сложного процесса.

[Picture Tree Manager] -Менеджер дерева кадров: создать и отредактировать иерархию проекта (CS); обеспечить поддержку определения систем; назначить кадры этим системам и установить связи с кадрами, созданными в [Graphics Designer]; синхронизировать компоненты CS и RT [Picture Tree Manager], а также Навигатора дерева кадров [Picture Tree Navigator] и объектов обобщенного состояния [group display] - синхронизация распространяется на всю сеть; редактирование с помощью функции "перетащить и оставить";

[Picture Tree Manager] предоставляет интерактивную помощь.

Вопросы для самопроверки по теме 4.3

1. Дайте определение термину – автопостроение.

2. Какие задачи автоматизации проектирования решает автопостроение?
3. Какие методы автопостроения реализованы в SCADA системе TRACE MODE 6?
4. Как решаются задачи автоматизации процесса разработки АСУ СЭУ для крупных распределенных объектов ?

Раздел 5 Общие вопросы внедрения АСУ СЭУ

Более подробная информация по заданному разделу содержится в [1- 12]. При изучении данного раздела надо проработать следующие темы: Основные этапы построения АСУ СЭУ. Предпроектное обследование. Состав и содержание технического проекта. Состав и содержание рабочего проекта. Методика внедрения АСУ СЭУ. Эксплуатация АСУ СЭУ Технико-экономическая эффективность АСУ СЭУ.

Для проверки усвоения материала предстоит ответить на вопросы для самопроверки, приведенные в конце изложения каждой темы.

5.1 Основные этапы построения АСУ СЭУ.

Предпроектное обследование

Создание конкретной АСУ СЭУ для эксплуатации (от момента возникновения идеи до внедрения системы в эксплуатацию) - длительный процесс (до нескольких лет). В настоящее время в связи со значительным улучшением основных параметров агрегатных комплексов технических средств (КТС), усовершенствованием математического обеспечения, а также с появлением групп специалистов, имеющих опыт проектирования и внедрения систем, наметилась тенденция к сокращению срока создания АСУ СЭУ. Продолжительность создания АСУ СЭУ зависит от многих факторов: степени сложности объекта управления и подготовленности к автоматизированному управлению; стадии освоения объекта управления в промышленности; функционально-алгоритмической характеристики задач управления, реализуемых в АСУ СЭУ;

квалификации и численности групп специалистов, выполняющих проектные работы, монтаж и внедрение АСУ СЭУ; выбора КТС; подготовленности математического обеспечения, в том числе степени стандартизации программного обеспечения; организации последовательно-параллельного выполнения отдельных этапов работ (например, применения методов сетевого планирования и управления).

Основные этапы проектирования такой АСУ СЭУ - предпроектная проработка; разработка технического проекта; подготовка рабочего проекта; монтажно-наладочные работы на объекте; испытания и опытная эксплуатация.

На этапе предпроектной проработки выбирают объект управления и устанавливают цели внедрения АСУ СЭУ. Затем формируют задачи управления и производят предварительную оценку алгоритмов решения этих задач. При этом анализируют информационные потоки в системе ЭП - АСУ СЭУ, предварительно намечают точки съема информации и приложения управляющих воздействий к ЭП, а также ориентировочно определяют функции оперативного персонала для АСУ СЭУ. Наконец, производят приближенную оценку состава и стоимости технических средств и предварительную оценку ожидаемого экономического эффекта.

Результаты предпроектной проработки служат исходными материалами для составления технического задания на проектирование АСУ СЭУ. В техническом задании уточняются цели и задачи АСУ СЭУ, определяются технические требования к системе и составным частям, устанавливаются этапы разработки.

Вопросы для самопроверки по теме 5.1

1. Перечислите основные факторы, определяющие сроки разработки АСУ СЭУ.
2. Назовите этапы проектирования при разработке АСУ СЭУ.
3. Какие задачи проектирования АСУ СЭУ решаются на этапе предпроектной проработки?
4. Какие вопросы должны быть отражены в техническом задании на разработку АСУ СЭУ?

5.2 Элементы мехатроники транспорта

Транспортная сеть (NT) управляет процессами: - Special Equipment of Logical Management of Signals (SELMS); Converter of Signals (CS), Transceiver of a Signal of Satellite Management (TSSM), Transmitter of Global Positioning System (TGPS); Wireless Radio Transmitter(WRT).

Серверное управление обеспечивают подсистемы: BC (Bort Computer) - Бортовой компьютер с диагностическим портом (Diagnostic port); DSC (Dynamic Stability Control) - Система динамической устойчивости; DME (Digital Motor Electronics) - Электронная система управления двигателем; ESP (Electronic Stability Program) - Система поддержания динамической стабильности; ABS (Anti-locking Brake System) - Антиблокировочная система тормозов; DWA (Diebstahlwarnanlage) - Система противоугонной сигнализации; ATM (Automatic Transmission Modul) - Блок управления автоматической коробкой передач; BM (Brake Modul) - Блок управления тормозной системой; PDC(Park Distance Control) - Система контроля дистанции; DD (Dynamic Drive) - Система уменьшения крена кузова при повороте; ETS (Electronic Traction Support) - Электронное управление тягой; EPB (Electronic Parking Brake)- Электронный парковочный тормоз; CBC (Cornering Brake Control) - Система торможения колес при прохождении поворотов; TDI (Tire Display Injury) - Индикация повреждения шин; DTS (Dynamic Traction System) - Система динамического контроля тяги; AFS (Active Front Steering) - Активное рулевое управление; EDC (Elektronische Daempfer Control) - Электронный регулятор жесткости амортизаторов; EBV (Elektronische Bremskraftverteilung) - Электронное распределение силы торможения; RDC (Reifendruck-Control) - Контроль давления в шинах автомобиля; CON (Controller iDrive) - Контроллер управления (джойстик) iDrive; NAV (Navigation) - Навигационная система; COND (Conditioner) –Кондиционер; Combi - Комбинация приборов; DVD (Digital Video Disk Changer) - DVD-чейнджер (проигрыватель DVD дисков); AUM (Audio Modul) – Аудиомодуль; HUD (Head-up Display) - Проекционный дисплей; Display (Display iDrive) - Информационный дисплей iDrive; SWM (Steering Wheel Modul) - Модуль мультифункционального рулевого колеса; PM (Phone Modul) - Модуль телефона; ACC (Adaptive Cruise Control) - Система круиз-

контроля; LM (Light Modul) Световой модуль; ISIS (Integrate System Information Safety) - Интегрированная система безопасности; SRS (Supplemental Restraint System (Airbag)) - Дополнительная система ограничения (подушка безопасности); S (Sensor) краш-сенсор - Датчик столкновения; DDM (Driver Door Modul) - Модуль двери водителя; PDM (Passenger Door Modul) - Модуль двери пассажира; PLDM (Postern Left Door Modul) - Модуль задней левой двери; PRDM (Postern Right Door Modul) - Модуль задней правой двери; DSM (Driver Seat Modul) - Модуль сидения водителя; PSM (Passenger Seat Modul) - Модуль сидения пассажира; PLSM (Postern Left Seat Modul) - Модуль заднего левого сидения; PRSM (Postern Right Seat Modul) - Модуль заднего правого сидения; RM (Roof Modul) - Модуль управления крышей автомобиля (для кабриолета); RVMM (Rear-view mirrors Modul) - Модуль управления зеркалами заднего вида; HM (Hatch Modul) - Модуль подъемно-сдвижного люка; CLM (Central Lock Modul) - Модуль центрального замка.

Серверное управление стимулирует совершенствование технологий: (x-by-wire и drive-by-wire): FlexRay, Time Triggered Protocol (TTP), Media Oriented Systems Transport (MOST) и ByteFlight, Controller Area Network (CAN). FlexRay (скорость до 10 Мбит/с) совершенствуют BMW (Bayerische Motoren Werke AG), DaimlerChrysler, Motorola, Philips, Bosch GmbH, General Motors, Atmel, C&S Group, Fujitsu, Hella, Mitsubishi Electric, NEC, Renesas, STMicroelectronics, Texas Instruments, TRW, Visteon.

Media Oriented Systems Transport (MOST) на основе волоконно-оптической технологии со скоростью передачи до 25 Мбит/с, IEEE 1394 (FireWire, i-Link) - технология высокоскоростной передачи между компьютером и другими электронными устройствами.

Bluetooth - технология беспроводной передачи данных в частотном диапазоне 2,44 ГГц, Wireless Fidelity (Wi-Fi) - беспроводная технология построения локальных сетей Wireless LAN (Local Area Network) - уже используют на транспорте.

В Automotive Multimedia Interface Consortium (AMIC) входят: BMW, DaimlerChrysler, Ford, Fiat, General Motors, Honda, Mitsubishi, Nissan, PSA/Peugeot - Citroen, Renault, Toyota и Volkswagen для совершенствования: IDB-C (Intelligent transportation systems Data Bus-CAN), MOST (Media Oriented Systems Transport), а также IEEE 1394.

Микросистемы: Microprocessor(MP), Sensor Display (SD), Microchip of Identification(MI), CS, TSSM, TGPS, WRT расширяют возможности гибкого управления транспортом.

SELMS обеспечивает мониторинговые технологии управления. CS конвертирует сигналы радио – спутниковых каналов. TRITON через: GSM, Code Division Multiple Access (CDMA) - обеспечивает множественный доступ с кодовым разделением в спутниковой навигации. Trunk или Globalstar (вторичный канал связи), GPS или ГЛОНАСС/GPS, General Packet Radio Service (GPRS) - расширяют автоматическое управление транспортом. SiRF Star III с пониженным энергопотреблением и высокой чувствительностью, может определять позицию не только по сигналам спутников, но и по слабым и переотражённым сигналам. TSSM реализуется на оборудовании спутниковой связи Thuraya и упрощает использование спутниковых каналов. Радиоконтроллеры на базе: WML-24M, Flash-памяти, радиотрансивера, узла питания упрощают сбор информации на транспорте. Системная шина EMI необходима для высокоскоростных устройств. Контроллер SMCD 4503 управляет двух и четырехфазными гибридными шаговыми двигателями с током фазы до 4А. Блок позволяет управлять 4, 6 и 8 - выводными шаговыми двигателями FL86STH (питание - 12-42V; максимальный ток - 4А;

ток управляющих сигналов - 8 - 15МА; частота - 40 КГц; диапазон регулирования скорости вращения ротора -10 - 5000 шаг/сек; среда - 0-50°С; влажность воздуха - 95% без конденсата; шаг до 1/32; размеры: 94 мм*100 мм*35 мм; ток /фаза 5.5 А; сопротивление/фаза - 0.42 Ом; индуктивность/фаза - 3.5 мГн; угловой шаг - 1.8°; крутящий момент - 46 Кг см; количество выводов 4; момент инерции ротора - 1400 г-см²; вес - 2,3 Кг; длина - 80 мм.

Для систем электроприводов подвижных частей используют ультразвуковые датчики - PIL Sensoren GmbH серии P43 (измеряют интервал с момента выхода направленного ультразвукового сигнала и до приема отраженного). Содержат: генератор ультразвукового сигнала, приемник и микроконтроллер (дистанция срабатывания - 25 —200, 30–400 мм; выходной сигнал - 0 - 10 В, 4 - 20 МА; аналоговые выходы – 1 или 2).

Мобильная система может выполняться в виде карманного компьютера Fujitsu-Siemens, со средствами Bluetooth, спутниковой

навигации и оснащённого специально разработанной операционной системой.

NAVSTAR с глобальной системой позиционирования - Global Positioning System-Satellite (GPSS) передают на пульт управления навигационной системе координаты. Система спутниковой навигации совместно с программно-аппаратным обеспечением пульта управления позволяет видеть взаимное расположение транспорта (водитель-автомобиль) на отображаемой навигационной карте местности, что позволит найти наиболее короткий и удобный путь к автомобилю.

iDrive BMW; COMMAND Mercedes открыли новые возможности управления серверами через мультименю с наглядным отображением важнейшей информации. Мониторинговая система Head-Up Display проецирует скорость, навигационные метки, показания самодиагностики Check Control на ветровое стекло, обеспечивая оптимальную видимость этой информации для водителя. Дополнительно индикатор может быть настроен на отображение выбранной в данный момент передачи секвентальной механической коробки передач (SMG), показ числа оборотов двигателя и индикацию оптимального момента для переключения передачи. Проектор отображает параметры на стекле. Информация считывается с дисплея независимо от условий освещения, а водителю не приходится отрывать взгляд от дороги. iDrive: интерактивная; интеллектуальная; инновационная; интуитивная; интеграционная; информационная;

im Zentrum (центральная). На рычаги и переключатели выведены только самые необходимые функции - все остальное управляется, настраивается и регулируется через iDrive. Водитель получает информацию от системы на цветной жидкокристаллический дисплей, встроенный в переднюю панель автомобиля, а отдаёт команды бортовым компьютерам с помощью специального джойстика: нажимать, наклонять в восьми направлениях и вращать. Джойстик обладает силовой обратной связью и облегчает использование системы. В iDrive использована Windows CE1. Функции меню системы iDrive: Klima; Assist; Kommunikation; Short Message Service (SMS); Bord Daten; Navigation ; GPS; Hilfe. Выдаёт справку по выбранной функции основного меню системы.

Система развлечения (Entertainment): AM-FM-тюнер, акустическая система с CD - чейнджером (проигрыватель музыкальных дисков), просмотр фильмов на DVD (Digital Video Disk), спутниковое телевидение. Установка параметров автомобиля (Einstellungen). Установка даты и времени, языка меню, установка единиц измерения параметров, установка функций электронных систем автомобиля (например, автоматический парковочный тормоз, система динамической устойчивости (Dynamic Stability Control (DSC)), система динамического контроля тяги (Dynamic Traction System (DTS)), электронный регулятор жесткости амортизаторов (Elektronische Daempfer Control (EDC)). Апгрейд через Software Tankstelle2 с прошивкой новых версий управления. Для апгрейда использован Bluetooth – “заправка программным обеспечением”.

diDrive - “Автомобиль на ладони” - дистанционное управление системами. Дополнительно обеспечивается контроль технического и физического состояния: получение полной информации об автомобиле. От диагностической системы автомобиля будет поступать информация об исправности его систем, состоянии программного обеспечения, выполняться анализ и автоматическая корректировка ошибок электронных блоков систем автомобиля без посещения станции технического обслуживания. Система сигнализации реализует получение информации в режиме реального времени на дисплей пульта управления при попытке угона, перемещения автомобиля, вскрытия салона. Система навигации обеспечивает передачу координат физического положения водителя и автомобиля в пространстве относительно друг друга, и их отображение как пиктограмм на навигационной карте. Вся информация об автомобиле и интерфейс меню системы управления выводятся на жидкокристаллический сенсорный дисплей пульта управления, который помещается на ладони и определяет - **diDrive: интеллектуальная; динамическая; дисплейно-информационная; диагностическая.** Предусмотрена функция автоматической блокировки систем автомобиля при нажатии одной клавиши или автоматическая при анализе расстояния до водителя (идентификация владельца по встроенному в пульт управления электронному ключу-идентификатору, без которого невозможен доступ к автомобилю). Она обеспечивает блокирование и разблокирование замков автомобиля (доступ к блоку управления центральным замком), включение

и выключение автомобильной сигнализации, автоматический запуск и выключение двигателя. Получение, обработка и вывод информации главного меню и подменю бортовой системы iDrive, навигационной, диагностической и системы безопасности на дисплей пульта управления обеспечивается совместно с техническим и программным обеспечением автомобиля.

Графический интерфейс системы с функцией подсознательного управления основан на объектно– ориентированном программировании и отображает заставку при включении системы (приветствие владельца, ввод пароля для активации системы), меню и подменю системы, пиктограммы, клавиши, текст, изображения.

Подменю отображает следующие основные функции. Управление автоматизированной системой “кузов-салон”: открытие-закрытие дверей, багажника, капота, подъёмно-сдвижного люка, крыши автомобиля, запуск двигателя, установка микроклимата, управление положением всех салонных сидений, управление пространственным положением зеркал заднего вида, доступ к системе навигации, подготовка системы развлечения (радио, CD, DVD), система защиты автомобиля (функция автоматической постановки на защиту, возможность проверки состояния автомобиля). Дополнительная функция управления открытием– закрытием дверей, багажника, капота, люка, крыши (для кабриолета) автомобиля, активизируется, когда владелец находится около автомобиля: на сенсорном дисплее пульта управления отображаются клавиши управления с надписями соответствующих объектов управления. Все подменю логически связаны с основным меню системы, что упрощает запоминание, воспроизведение в памяти и управление. Автоматическая индикация функций при анализе расстояния от автомобиля до водителя: автоматическое включение–выключение центрального замка и открытие–закрытие дверей, багажника, капота, крышки топливного бака, а также старт–стоп двигателя, установка климата, музыки, освещения в салоне; автоматический переход в основное меню системы и активизация заставки при нахождении в салоне автомобиля.

Дистанционные процессы iDrive: установка климата; определение местонахождения автомобиля и водителя относительно друг друга; получение информации от службы Assist; установка параметров;

подготовка систем развлечения (радио, аудиосистема, DVD – TV); получение справки по функциям меню; получение информации о бортовых данных; доступ к коммуникациям (телефонная книга, беспроводной Internet и электронная почта). **Дополнительные:** постановка автомобиля на сигнализацию с пульта управления (блокировка систем автомобиля при нажатии одной кнопки или автоматическая при анализе расстояния до водителя), контроль за состоянием автомобиля в реальном режиме времени и обратной связи (получение информации от системы защиты при попытке угона, перемещения, вскрытия салона). Шифрование управляющих сигналов: информации навигационной системы, “электронного” ключа запуска двигателя, постановки и снятия автомобиля с сигнализации.

Программирование diDrive построено на шаблонах поведения систем автомобиля из уже отработанных подпрограмм управления. Это позволит быстро и эффективно активизировать настройки автомобиля в зависимости от предпочтений водителя (память положения рулевого колеса, сидения, пространственного положения зеркал), стиля вождения, количества пассажиров (активация подушек безопасности пассажиров), времени суток и года. Программа управления содержит всю информацию о настройках автомобиля и обеспечит: дистанционный запуск двигателя, установку микроклимата, музыки в салоне, автоматическое включение системы подсветки салона (в зависимости от времени суток), автоматическое открытие–закрытие дверей, багажника и капота автомобиля, управление внешним светом автомобиля. Процессы управления INT обеспечивают включение пульта дистанционного управления diDrive. Анализируется блок сенсорного дисплея: если нажата клавиша “Steuerung” (управление), то операционная система пульта управления (ОС) выполняет подпрограмму активизации подменю “Steuerung” и отображает процессы в виде подменю. После выбора необходимого процесса: двигатель, кондиционер, двери, капот, багажник, люк, исполнительная система реализует управление: старт-стоп двигателя, установка микроклимата в салоне, открытие-закрытие дверей, капота или багажника. После выхода в основное меню системы diDrive снова анализируется блок сенсорного дисплея. Проверятся нажатие клавиш “Steuerung” и “Kommunikation”, если они не нажаты, то проверяется нажатие клавиши “Entertainment” (развлечение). Если клавиша

“Entertainment” нажата, то выполняется подпрограмма активизации подменю “Entertainment”, где выбираются средства развлечения: включение радио-тюнера, музыки или видео в автомобиле. После возможно перенастроить выбранные средства развлечения или вернуться в основное меню системы diDrive. Снова анализируется блок сенсорного дисплея и нажатие клавиш, рассмотренных выше. Если ни одна из них не нажата, то анализируется состояние клавиши “Sicherheit” (безопасность). При ее нажатии выполняется подпрограмма активизации подменю “Sicherheit”. В подменю пользователь системы может открыть или закрыть центральный замок автомобиля, включить или выключить противоугонную сигнализацию (возможно добавление функции автоматического открытия-закрытия центрального замка и включение-выключение противоугонной сигнализации при анализе расстояния до владельца автомобиля). Далее вновь происходит выход в основное меню системы diDrive и анализ блоков состояния всех рассмотренных выше кнопок, если они не активны, то анализируется последняя клавиша – выход в основное меню системы iDrive автомобиля. Если нажата эта клавиша, то происходит запуск подпрограммы дистанционного доступа к бортовой системе автомобиля, отображение стартового меню и на этом алгоритм заканчивается. Для повышения безопасности также возможно применение сенсорных датчиков крайних положений и чувствительных датчиков Холла в электроприводах для экстренного останова электропривода. После получения управляющего сигнала анализируется блок датчика движения автомобиля, если автомобиль движется, то выполняется подпрограмма блокировки электропривода и управляющих сигналов дверью, до тех пор, пока автомобиль не остановится. Далее анализируется состояние двери (открыта она или закрыта), если дверь закрыта, то анализируется блок кнопок “Открытие-закрытие”. Если кнопка “Открытие” не нажата, то осуществляется переход на анализ блока дистанционного управления от пульта управления, если принят сигнал на открытие, то происходит переход к подпрограмме управления открытием центрального замка, иначе вновь анализируется блок кнопок “Открытие-закрытие” и блок дистанционного управления. После открытия анализируется датчик внешних препятствий. Если препятствие есть, то цикл выполняется до тех пор, пока оно не исчезнет. Управление передается на подпрограмму

управления электроприводом двери на открытие и шаговый двигатель делает первый шаг. Далее анализируется достижение дверью крайнего положения по сенсорному датчику, если крайняя “мертвая точка” не достигнута, то вновь анализируется наличие внешних препятствий и выполняется следующий шаг двигателя. Как только дверь достигает крайнего положения, происходит останов электропривода. Далее дверь находится в открытом состоянии, и управление передается на параллельную ветвь алгоритма, которая выполняет действия уже по закрытию двери и обеспечивает достижение конца алгоритма.

Датчики: расхода воздуха (ДРВ), угла поворота коленчатого вала (ДУПКВ), температуры охлаждающей жидкости (ДТОЖ), потенциометрический датчик положения дроссельной заслонки (ПДПДЗ) – реализуют способ мультиплексированного опроса и сбора всех параметров в бортовой сервер двигателя - Digital Motor Electronics (DME): загрузка двигателя, скорость вращения коленчатого вала, температура, угол поворота дроссельной заслонки). DME по многомерным таблицам формирует команды для управления исполнительными устройствами (ИУ): топливными форсунками, клапаном управления холостым ходом (КУХХ), клапаном продувки угольного фильтра (КПУФ), реле.

Основные профили процессов измерений и управления (длительности замкнутого состояния контактов прерывателя, установки угла опережения зажигания и продолжительности впрыска топлива) записаны в форме многомерных таблиц в постоянную память DME. Это позволяет ускорить формирование команд к (ИУ), например, угла опережения и продолжительности впрыска топлива в зависимости от скорости и нагрузки на двигатель. Применение оптимальных многомерных таблиц, содержащих массивы параметров для рациональных режимов, скоростей и нагрузок (с шагом от 5 об/мин для сжатия), позволяет DME выполнять интерполяцию отсчетов измерений с достаточной точностью. Момент зажигания и продолжительность впрыска топлива совместно обрабатываются в DME таким образом, чтобы достичь оптимального результата для каждого режима работы двигателя. Основным коэффициентом для приведения измерений к стандартным условиям является показание датчика температуры охлаждающей жидкости. Незначительная корректировка угла опережения и состава

рабочей смеси вносится на основании измерения напряжения аккумулятора, а также сигналов датчиков температуры воздуха и положения дроссельной заслонки. В моделях с клапаном управления холостым ходом DME содержит отдельную таблицу для холостого хода, из которой подбираются необходимые значения при работе двигателя в этом режиме. Обороты холостого хода в течение прогрева и при нормальных условиях автоматически корректируются DME. Кроме того, тонкую регулировку оборотов холостого хода большинство DME осуществляет за счет изменения угла опережения зажигания в небольшом диапазоне. В моделях с каталитическим преобразователем и датчиком кислорода (ДК) DME, получая сигнал от ДК, управляет импульсами впрыска топлива таким образом, чтобы состав рабочей смеси поддерживался в диапазоне, при котором Лямбда = 1 (обычно диапазон колебаний составляет 0.97... 1.03). Этот режим управления известен под названием “обратной связи”. Однако, если состав рабочей смеси всегда поддерживается на одном уровне в режиме “с обратной связью”, могут возникать ситуации, когда двигатель не сможет удовлетворительно выполнять свои функции. По этой причине при пуске холодного двигателя и прогреве, резком ускорении и полном открытии дроссельной заслонки состав смеси должен выйти из узкого диапазона регулировки параметра Лямбда, для чего DME переключается в режим работы без обратной связи. Если частота вращения двигателя превышает максимально допустимую, DME в целях обеспечения безопасности прекращает работу форсунок. Подача топлива прекращается также при выбеге автомобиля для обеспечения плавного замедления и экономии топлива. При падении оборотов двигателя ниже минимально допустимых подача топлива возобновляется.

Современные DME выполняют самодиагностику (регулярно опрашивают датчики и, в некоторых случаях, проверяют работу ИУ). В случае обнаружения неисправности DME определяет ее код. Этот код может быть извлечен при помощи считывателя кода неисправности (СКН), который подключается к диагностическому разъему. Формат и тип данных в многомерных таблицах в DME определяется заводом-изготовителем автомобиля. Функция СКН заключается в инициализации программы DME, которая заложена в него изготовителем. Если изготовитель не пре-

дусмотрел в программе DME доступа к какой-либо информации, то такую информацию не удастся получить никаким считывателем. Например, кроме считывания кода неисправности и стирания списка неисправностей, с помощью СКН возможно получение информации о сигналах датчиков, регулирование содержания CO в выхлопных газах. На некоторых автомобилях на панели приборов устанавливается сигнальная аварийная лампочка. Если DME обнаружит серьезную неисправность, он включит цепь и лампочка загорится. Она будет гореть до тех пор, пока неисправность не будет устранена. Даже после устранения неисправности код неисправности будет сохранен в памяти DME до тех пор, пока он не будет стерт СКН или не будет отключен аккумулятор. Однако сигнальная лампочка установлена не на всех автомобилях. Если такой лампы нет, то для считывания кода неисправности потребуется СКН. Некоторые DME способны сохранять информацию о неисправностях, носящих эпизодический характер. Очень часто такая информация является ценной при устранении неисправности. Коды неисправности подразделяются на так называемые “медленные” и “быстрые”. Медленные коды (генерируемые DME) представляют собой коды неисправностей, которые могут регистрироваться светодиодом или сигнальной лампочкой. Быстрые коды - это цифровые коды, которые не могут быть показаны при помощи лампочки. Для их считывания необходим цифровой СКН. В дополнение к функции самотестирования, современные DME обычно имеют функцию, позволяющую довести неисправный автомобиль до гаража и называемую усеченным режимом. Показания заменяются эталонными (как для исправных датчиков). Обычно неправильные показания датчиков связаны с коротким замыканием или обрывом его цепи. Другие повреждения датчика необязательно приводят к его отключению. Усеченный режим - система защиты, которая позволяет довести автомобиль до гаража, хотя при этом работа двигателя будет менее эффективна. Водитель может и не подозревать, что одна или несколько систем DME имеет повреждения датчиков. Однако, из-за того, что показания неисправных датчиков заменяются эталонными, т.е. соответствующими прогретому двигателю, пуск и прогрев холодного двигателя затрудняются. Кроме того, в случае поломки ДДК или ДРВ мощность двигателя значительно снижается.

DME способна адаптироваться к изменению эксплуатационных показателей двигателя и постоянно контролирует данные от различных датчиков. По мере износа компонентов двигателя DME реагирует на эти изменения, корректируя карту параметров. При использовании скорректированной карты в совокупности с показаниями датчика кислорода DME быстрее и точнее производит контроль и регулировку состава выхлопных газов. При работе системы с обратной связью, базовое количество впрыскиваемого топлива определяется значением, записанным на карте в зависимости от оборотов двигателя и нагрузки. Если базовое количество впрыскиваемого топлива приводит к выходу коэффициента Лямбда за пределы регулирования (0.97... 1.03), это свидетельствует о чрезмерном обогащении или обеднении рабочей смеси. При этом ДК пошлет в DME соответствующий сигнал для корректировки состава рабочей смеси. Однако эта реакция занимает много времени, поэтому DME запоминает скорректированное количество впрыскиваемого топлива в качестве базового и добавляет его к карте, хранящейся в его памяти. Начиная с этого момента, большинство режимов работы двигателя не приводит к выходу коэффициента Лямбда за пределы регулирования. При поступлении сигнала от ДК DME требуется лишь осуществление небольшой корректировки измененного состава рабочей смеси. Процесс адаптации и корректировка карт происходит при работе следующих систем двигателя: а) Работа клапана продувки угольного фильтра; б) Работа клапана управления холостым ходом;

в) Регулировка оборотов холостого хода и состава рабочей смеси;

г) Регулировка состава рабочей смеси при частичной нагрузке. При работе клапана продувки угольного фильтра происходит изменение состава рабочей смеси за счет дополнительного впрыскивания паров топлива. Состав рабочей смеси корректируется DME путем уменьшения длительности впрыска топлива с учетом сигнала ДК. В режиме холостого хода адаптивная система запоминает длительность впрыска и опережение зажигания применительно к данному конкретному двигателю. Однако большинство адаптивных систем не способны сохранять изменения при отключении аккумулятора. После подключения аккумулятора и пуска двигателя система заново производит корректировку всех параметров. Обычно этот процесс происходит достаточно быстро, хотя обороты

холостого хода некоторое время могут быть неустойчивыми. Отсоединение аккумулятора действует не на все системы. Например, в системе Rover MEMS для сохранения изменений параметров используется энергонезависимая память. Иногда этот процесс приводит к неустойчивой работе двигателя или другим проблемам до тех пор, пока не будут изучены все параметры и откорректированы карты.

Датчик детонации. Оптимальная установка угла опережения зажигания (при оборотах выше холостых) в современных двигателях с высокой степенью сжатия очень близка к возникновению детонации. В связи с этим очевидно, что без принятия дополнительных мер, детонация обязательно возникнет в одном или нескольких цилиндрах. Поскольку детонация может возникнуть в любом из цилиндров, DME содержит специальный процессор, который анализирует возникновение детонации в каждом цилиндре. Датчик детонации, состоящий из пьезокерамической пластинки, устанавливается на блоке цилиндров и реагирует на возникновение дополнительных шумов в двигателе. Напряжение на выходе датчика, пропорциональное уровню шума, подается в DME для анализа. Обычно частота детонации составляет 6... 15 кГц. DME анализирует уровень шума от каждого цилиндра и устанавливает для них эталоны шума (средний уровень шума в течение некоторого периода). Если уровень шума превысит эталонный, DME распознает возникновение детонации.

Датчики детонации устанавливаются в соответствии с оптимальным значением. При возникновении детонации процессор уменьшает угол опережения в одном или нескольких цилиндрах таким образом, чтобы детонация исчезла. После исчезновения детонации угол опережения вновь увеличивается до своего оптимального значения или до возникновения детонации. При работе двигателя процесс коррекции угла опережения осуществляется непрерывно для каждого цилиндра.

Индукционный датчик импульсов, выполняющий роль датчика скорости вращения и задающего генератора системы управления двигателем, обычно устанавливается в распределителе зажигания. Он состоит из постоянного магнита с обмоткой и диска с выступами. Диск закреплен на валу распределителя и может вращаться вместе с ним. При вращении диска в поле постоянного магнита в его обмотке будет генерироваться

напряжение переменной полярности. В момент прохождения выступа мимо магнита полярность напряжения меняется. Если число выступов на диске датчика равно числу цилиндров, то каждому цилиндру будет соответствовать свой импульс напряжения, который используется системой как начало отсчета угла опережения зажигания. Мощность сигнала датчика недостаточна для управления первичной обмоткой катушки зажигания, поэтому в состав системы включен усилитель зажигания.

Датчик угла поворота коленчатого вала (ДУПКВ) работает по тому же принципу, что и индукционный генератор. Датчик обычно расположен рядом с маховиком двигателя. На ободе маховика равномерно устанавливаются стальные штифты. Обычно они устанавливаются через каждые 10° , т.е. 36 штифтов. Таким образом, маховик выполняет роль диска датчика. Постоянный магнит датчика устанавливается в непосредственной близости от маховика и создает магнитное поле. При вращении маховика штифты поочередно проходят через магнитное поле и генерируют в обмотке датчика переменное напряжение, частота которого пропорциональна частоте вращения. Если один штифт преднамеренно пропустить (или установить вместо одного два штифта), изменение частоты импульсов укажет на прохождение верхней мертвой точки (ВМТ). Местоположение пропущенного штифта не обязательно находится в ВМТ. Оно может быть смещено относительно ВМТ на любой угол (лишь бы он был известен DME). Хотя современные системы обычно имеют один ДУПКВ, в некоторых ранних версиях устанавливались два датчика: датчик частоты вращения и датчик положения коленчатого вала. Вид генерируемого сигнала для ДУПКВ, изготовленных различными фирмами, может отличаться друг от друга. Амплитуда переменного напряжения датчика изменяется прямо пропорционально частоте вращения, Напряжение может изменяться от 5 В на холостом ходу до 100 В при частоте вращения 6000 об/мин. Поскольку для процессора предпочтителен цифровой сигнал (включено/выключено), переменное напряжение преобразуется в аналого-цифровом преобразователе (АЦП). ДУПКВ может также использоваться в качестве задающего генератора для выдачи базового сигнала на зажигание и впрыск топлива.

Задающий генератор на основе датчика Холла. Датчик Холла в качестве задающего генератора обычно устанавливается в системах зажигания с распределителем, в котором этот датчик располагается. На пластинку датчика подается напряжение питания немного ниже напряжения аккумулятора. Второй вывод датчика замкнут на массу. Напротив пластинки располагается постоянный магнит, поле которого создает в пластинке небольшое вторичное напряжение, которое подается в ДМЕ. К ротору прикреплен стальной обтюратор с числом вырезов, равным числу цилиндров двигателя. При вращении ротора обтюратор то открывает, то перекрывает магнитное поле, поэтому в пластинке датчика генерируются прямоугольные импульсы напряжения, соответствующие положению ВМТ в каждом цилиндре. Поскольку сигнал датчика представляет собой прямоугольный импульс (есть напряжение - нет напряжения) он более удобен для его обработки ДМЕ. Недостатком этого датчика является необходимость наличия распределителя зажигания. Поскольку современные двигатели все чаще обходятся без распределителя, эти датчики постепенно вытесняются индукционными. Если этот датчик установлен, он применяется для выработки опорного сигнала на зажигание и впрыск топлива.

Датчики системы впрыска топлива. Электронные топливные системы имеют множество компонентов. Эти компоненты делятся на датчики и исполнительные устройства. Датчики посылают данные в ДМЕ, который приводит в действие форсунки на определенный промежуток времени. Электронные системы впрыска топлива содержат следующие компоненты. Все датчики имеют сопротивление, изменяющееся от температуры или нагрузки. Если температура или нагрузка изменяется, сопротивление датчика также изменяется. Изменение сопротивления приводит к изменению напряжения, посылаемого к ДМЕ. Измеряя это напряжение и сравнивая его с картами, ДМЕ получает информацию о состоянии того или иного компонента. Датчики системы впрыска разделяются на несколько основных групп. Первая и вторая группы включают в себя датчики переменных сигналов различных типов. Обычно это датчики с двумя или тремя проводами. Третья группа включает в себя двух- и трехпроводные датчики, объединенные в один блок. Примером может служить датчик расхода воздуха, устанавливаемый во многих

системах фирмы Bosch. В этом датчике объединены датчик расхода и температуры воздуха в общий блок, имеющий одно заземление. Последняя группа объединяет контактные датчики, являющихся по существу выключателями (датчики крайних положений дроссельной заслонки, датчик предельного давления масла). Двухпроводные датчики имеют провод заземления и питания (5 В). Цепь этих датчиков начинается и заканчивается в DME. Провод питания одновременно служит и для передачи выходного сигнала следующим образом. При изменении сопротивления датчика напряжение питания изменяется. Например, для двухпроводного датчика температуры охлаждающей жидкости напряжение питания, равное 5 В, уменьшается до 2...3 В при температуре двигателя 20°C и до 0.6...0.8 В при температуре 80°C. Трехпроводный датчик имеет провод питания (5 В), провод заземления через DME и провод для выходного сигнала. По этому проводу в DME поступает переменное напряжение сигнала. Примерами такого типа датчиков служат датчик расхода воздуха с заслонкой, потенциометрический датчик положения дроссельной заслонки, датчик давления в коллекторе и др.

Датчик нагрузки. Датчиком для определения загрузки двигателя может служить датчик расхода воздуха (ДРВ), либо датчик давления в коллекторе (ДДК), либо датчик положения дроссельной заслонки (ПДПДЗ). Показаний любого из этих датчиков хватает DME, чтобы определить загрузку двигателя. ДРВ показывает расход воздуха в двигателе, сигнал ДДК показывает величину разрежения во впускном коллекторе относительно атмосферного давления, а ПДПДЗ показывает угол поворота дроссельной заслонки. На практике обычно используются два первых датчика. Хотя ПДПДЗ иногда используется в качестве самостоятельного датчика загрузки двигателя, чаще он используется для уточнения показаний одного из двух других датчиков.

Датчик расхода воздуха с заслонкой располагается между воздушным фильтром и корпусом дроссельной заслонки. При прохождении воздуха через датчик заслонка отклоняется. Чем больше расход воздуха, тем на больший угол отклоняется заслонка. Заслонка соединена с движком потенциометра, к которому подведено эталонное напряжение. Напряжение с движка, пропорциональное углу поворота заслонки, подается на DME. Цепь этого датчика включает в себя три провода. Эталонное напряжение (5

В) подается на один конец потенциометра, второй конец которого заземлен. Третий провод связан с движком. В зависимости от возвращаемого напряжения, DME вычисляет объем поступающего воздуха для определения продолжительности впрыска топлива. Для сглаживания колебаний заслонка имеет специальный демпфер. Показание датчика является основным для определения продолжительности впрыска.

Датчик расхода воздуха с нагретым проводом - “датчик массового расхода”. В настоящее время наибольшее распространение получили датчики расхода воздуха (ДРВ) с нагретым проводом и пленочного типа. Это связано с высокой точностью определения этими датчиками объема, температуры и плотности воздуха на любой высоте относительно уровня моря. Датчик может быть установлен между воздушным фильтром и двигателем или в корпусе дроссельной заслонки. Напряжение питания такого датчика составляет 5 или 12В. Воздух поступает в двигатель через датчик. Небольшое количество воздуха проходит через дополнительный канал, в котором находятся два провода. Эти провода известны как провод измерения и провод компенсации. Через провод компенсации проходит небольшой ток, поэтому этот провод остается не нагретым. При обдувании этого провода воздухом его температура и сопротивление изменяются, что дает возможность датчику измерить температуру поступающего воздуха. Провод измерения нагрет до температуры на 100°С выше, чем провод компенсации. При обдувании провод измерения охлаждается, его сопротивление изменяется. Для поддержания его температуры на прежнем уровне требуется увеличение силы тока. Выходное напряжение, пропорциональное току, проходящему через провод измерения, подается в DME. Это напряжение непосредственно связано с объемом, температурой и плотностью воздуха, поступающего в двигатель. Преимуществом датчика с нагретым проводом является автоматическая компенсация высоты автомобиля над уровнем моря, что дает возможность точного определения количества впрыскиваемого топлива при любых условиях.

Датчик абсолютного давления во впускном коллекторе (ДДК). Датчик дополняет ДРВ и имеет встроенный конвертор. Этот датчик соединен вакуумным шлангом с впускным коллектором. Вакуум перемещает диафрагму датчика, а DME конвертирует это перемещение в электрический сигнал. Абсолютное давление в коллекторе

определяется как атмосферное давление минус разрежение в коллекторе. Датчик давления позволяет определить плотность воздуха, поступающего в цилиндры. Объем воздуха DME вычисляет по частоте вращения коленчатого вала в предположении, что за один оборот в двигатель поступает одно и тоже фиксированное количество воздуха. Этот способ не так точен, как вычисления на основании показаний ДРВ. Если разрежение велико (малая нагрузка двигателя), DME уменьшает количество впрыскиваемого топлива. При уменьшении разрежения (т.е. при открытии дроссельной заслонки) показания датчика меняются, и DME увеличивает подачу топлива. ДДК бывают двух типов. Наиболее широко используемый тип - аналоговый датчик с выходным напряжением, пропорциональным нагрузке двигателя. Другой тип - цифровой датчик (используется в системе Форд ЕСС IV). Цифровой датчик посылает прямоугольные импульсы различной частоты. При увеличении нагрузки двигателя частота увеличивается. Преимуществом цифрового сигнала является уменьшение времени обработки сигнала DME, так нет необходимости в применении аналого-цифрового преобразователя.

Если в двигателе коллектор “мокрого” типа (в основном, в системах центрального впрыска), изменения давления в коллекторе могут привести к попаданию топлива в вакуумный шланг и в корпус датчика. При этом может разрушиться диафрагма датчика. Если на двигателе установлен датчик в виде отдельного блока, его замена недорога. Однако, если датчик входит в DME, то придется менять весь DME. Впускной коллектор на двигателях с распределенным впрыском “сухого” типа. Поскольку топливо впрыскивается непосредственно рядом с впускными клапанами, нет никакого риска, что топливо попадет на диафрагму датчика.

Датчик идентификации цилиндра - фазовый дискриминатор (только для систем с последовательным впрыском топлива). В системах с одновременным впрыском топлива DME не требуется определять номер цилиндра, в который необходимо подать топливо. Когда задающий генератор подает сигнал зажигания, требуемый номер цилиндра, в котором должно произойти воспламенение смеси, определяется механически положением ротора распределителя. В моделях, оборудованных системой последовательного впрыска, необходимо определить не только цилиндр, в котором должен начаться рабочий ход, но и цилиндр, в котором идет такт

всасывания. Фазовый дискриминатор обеспечивает DME этой информацией. Обычно фазовый дискриминатор представляет собой датчик индукционного типа, расположенный рядом с распределительным валом, либо в корпусе распределителя зажигания. Действие датчиков различных фирм-изготовителей имеет различия.

Датчики температуры воздуха и охлаждающей жидкости - представляют собой термисторы, т.е. полупроводниковые резисторы с отрицательным температурным коэффициентом. Некоторые автомобили, оборудованные системой Renix, имеют датчики с положительным температурным коэффициентом. При изменении температуры меняется сопротивление термистора. Изменение выходного напряжения дает информацию DME о температуре воздуха или охлаждающей жидкости. Резисторы с отрицательным и положительным температурным коэффициентом при повышении температуры сопротивление резистора с отрицательным температурным коэффициентом уменьшается, а с положительным температурным коэффициентом - увеличивается. Датчики обоих типов являются двухпроводными, но в одном случае напряжение увеличивается, а в другом - уменьшается.

Датчик температуры воздуха (ДТВ). ДТВ представляет собой двухпроводной термистор, измеряющий температуру воздуха в коллекторе. Поскольку при увеличении температуры плотность воздуха уменьшается, показания ДТВ позволяют уточнить количество воздуха, поступающего в двигатель. Питание датчика осуществляется эталонным напряжением 5В. Сигнал датчика в виде напряжения, обратно пропорционального температуре, возвращается в DME. ДТВ может быть установлен в различных местах, например, во впускном коллекторе, воздушном фильтре или перед ДРВ. Расположение датчика очень важно для конкретного двигателя, поскольку DME запрограммирован на определенное положение датчика. Сигнал ДТВ сильно различается для холодного и горячего двигателя в зависимости от местоположения датчика. Например, если датчик установлен в воздушном фильтре, температура воздуха будет находиться в диапазоне 20...40°C. Если же ДТВ установлен во впускном коллекторе или корпусе дроссельной заслонки, температура воздуха может достигать 70°C. На некоторых автомобилях устанавливаются два ДТВ: один для измерения температуры наружного воздуха, другой -

для измерения температуры воздуха, поступающего в двигатель. Это может быть особенно важным для двигателей с турбонаддувом. Большинство двигателей оборудуются датчиками с отрицательным температурным коэффициентом, на двигателях с системой Renix датчики имеют положительный температурный коэффициент.

Датчик температуры охлаждающей жидкости (ДТОЖ) погружен в охлаждающую жидкость и представляет собой двухпроводной термистор с отрицательным температурным коэффициентом. При холодном двигателе сопротивление датчика велико. По мере прогрева двигателя сопротивление датчика уменьшается. Сигнал в виде переменного напряжения поступает в DME. Напряжение питания датчика составляет 5 В. Это напряжение уменьшается пропорционально сопротивлению резистора. Нормальная температура охлаждающей жидкости при прогревом двигателя составляет 80...100°C. Сигнал ДТОЖ используется в DME для внесения поправок к установке угла опережения зажигания и продолжительности времени впрыска топлива. На двигателях, оборудованных системой Renix, датчик имеет положительный температурный коэффициент. Сопротивление и напряжение увеличиваются при повышении температуры охлаждающей жидкости.

Датчики положения дроссельной заслонки. Положение дроссельной заслонки может определяться простым контактным датчиком (микровыключателем), потенциометром или их комбинацией. Иногда оба датчика устанавливаются отдельно. Потенциометрический датчик положения дроссельной заслонки (ПДПДЗ) информирует DME о положении дроссельной заслонки. ПДПДЗ представляет собой трехпроводный потенциометр. Напряжение питания 5 В подается на один конец потенциометра, другой конец которого заземлен. Третий провод соединен с движком, который перемещается вдоль потенциометра. В зависимости от положения дроссельной заслонки меняется сопротивление и, соответственно, возвращаемое в DME напряжение. В зависимости от получаемого с датчика сигнала DME определяет положение дроссельной заслонки. Напряжение 0.7 В соответствует холостым оборотам; напряжение 4.5 В - полностью открытой дроссельной заслонке. Кроме того, DME определяет скорость поворота дроссельной заслонки. При полностью открытой дроссельной заслонке DME обеспечивает

дополнительное обогащение рабочей смеси. При полностью закрытой дроссельной заслонке ДМЕ прекращает подачу топлива до тех пор, пока обороты двигателя не уменьшатся до предельно допустимых. После этого ДМЕ возобновит подачу топлива для обеспечения работы двигателя на оборотах холостого хода или в случае открытия дроссельной заслонки. На некоторых моделях ПДПДЗ имеет возможность регулировки.

Контактный датчик крайнего положения дроссельной заслонки. Датчик информирует ДМЕ о полном закрытии дроссельной заслонки. Иногда устанавливается вторая пара контактов - для положения полного открытия заслонки. ДМЕ обеспечивает дополнительное обогащение рабочей смеси на холостом ходу и при полном открытии заслонки. Каждый датчик имеет два положения: замкнутое и разомкнутое. ДМЕ различает три режима: 1). Дроссель закрыт (контакты холостого хода замкнуты); 2). Дроссель в промежуточном положении (обе пары контактов разомкнуты);

3). Дроссель полностью открыт (замкнуты контакты полного открытия заслонки) На некоторых двигателях положение контактных датчиков может регулироваться.

Регулировка состава рабочей смеси. Автомобили, оборудованные каталитическим преобразователем, как правило, не имеют ручной регулировки состава рабочей смеси. Если регулировка возможна, она обеспечивается в небольших пределах вращением регулировочного винта и только для холостого хода. При открытии дроссельной заслонки количество топлива в рабочей смеси зависит только от сигнала ДМЕ. В настоящее время имеются два способа регулировки качества рабочей смеси: 1). Винт, регулирующий поступление воздуха через дополнительный канал. При изменении воздушного потока заслонка датчика расхода воздуха меняет свое положение. Это изменение регистрируется ДМЕ, который изменяет подачу топлива. Это устройство устанавливалось на ранних моделях двигателей. 2). Потенциометр, при вращении которого изменяется напряжение сигнала, подаваемого в ДМЕ. Этот потенциометр может быть установлен на ДМЕ или внутри моторного отсека. Может быть двух- или трехпроводного типа.

Потенциометр регулировки СО (для моделей без каталитического преобразователя). Потенциометр предназначен для осуществления регулировки состава рабочей смеси в небольшом диапазоне. Этот

регулятор может быть установлен на DME или внутри моторного отсека. В последнем случае потенциометр получает напряжение питания 5В, второй провод заземлен, а с третьего снимается напряжение сигнала в DME. При изменении напряжения сигнала, DME меняет подачу топлива, что приводит к изменению состава рабочей смеси.

Электромагниты системы впрыска топлива. Топливная форсунка представляет собой клапан, управляемый электромагнитом, и предназначена для подачи отмеренного количества топлива. Продолжительность открытия форсунки, а значит, и количество поданного топлива, зависят от длительности управляющего импульса DME. Напряжение питания обмоток форсунок подается от главного реле или выключателя зажигания, а заземление включается и выключается в DME. Длительность импульса (времени открытого состояния форсунок) составляет 1.5...10 мс. Это время зависит от температуры двигателя, его загрузки, частоты вращения и других параметров. При закрытии форсунки скачок обратного напряжения достигает 60 В. Обмотка форсунки заземляется DME в течение расчетного промежутка времени. В течение этого времени клапан открыт и топливо подается. Для предотвращения попадания грязи и пыли внутрь форсунки в топливной системе имеется фильтр тонкой очистки. Однако в процессе эксплуатации грязь откладывается на фильтре и игле форсунки, что приводит к уменьшению подачи топлива. Загрязнение форсунок является серьезной проблемой для большинства систем впрыска. Форсунки устанавливаются в патрубках впускных клапанов таким образом, чтобы распыленное топливо попадало на заднюю поверхность их тарелок. Для систем с одновременным впрыском топливо находится на клапанах до их открытия.

Каталитический преобразователь состоит из стального корпуса, в котором находится керамический элемент с тонкими продольными каналами (ячейками). Таких каналов может насчитываться до 400 на квадратный дюйм. Эти каналы увеличивают площадь поверхности керамического элемента, которая составляет 3.55 м^2 . Поверхность каналов покрыта ячеистой пленкой из оксида алюминия и обожжена в печи. Поверх пленки нанесен очень тонкий слой, содержащий 2...3 грамма благородных металлов - платины и родия. Стальная сетка предохраняет элемент от высокой температуры и колебаний автомобиля. Между днищем

автомобиля и выхлопной трубой помещена теплоизоляция. Катализатор представляет собой своеобразную камеру сгорания, в которой CO и HC преобразуются в H₂O и CO₂. Окислы азота, соединяясь с CO, превращаются в азот (N₂) и CO₂. Бедная рабочая смесь с высоким содержанием O₂ в преобразователе эффективно окисляет CO и HC. С другой стороны, богатая смесь, содержащая избыток CO, эффективно уменьшает концентрацию NO. Компромисс достигается при соотношении воздуха к топливу в рабочей смеси, равном 14:1. Это означает, что двигатель работает на несколько обогащенной рабочей смеси, что приводит к повышенному расходу топлива. Минимальная температура, при которой начинает работать катализатор, составляет 300°C, а температура наибольшей эффективности находится в диапазоне 400...800°C. При увеличении температуры преобразователя до 800...1000°C начинает разрушаться пленка из благородных металлов. Перегрев катализатора может быть вызван чрезмерно богатой рабочей смесью или сбоями в системе зажигания. Применение этилированного бензина или повышенное сгорание моторного масла могут также повредить катализатор, поскольку свинец или несгоревшие элементы начнут оседать на поверхности катализатора и понизят его эффективность. В заливной трубе топливного бака автомобиля, оборудованного катализатором, имеется устройство, предотвращающее применение этилированного бензина. Новый катализатор может испускать сероводород (H₂S). Этот газ пахнет гнилыми яйцами. Это явление вызывается серой, находящейся в бензине. При замедлении, когда рабочая смесь обеднена, в катализаторе накапливается SO. После прекращения замедления рабочая смесь обогащается и SO₂ реагирует с водородом, образуя H₂S. Обычно через несколько тысяч километров пробега этот запах исчезает. Двигатель, оборудованный каталитическим преобразователем, но без СУД и датчика кислорода работает без “обратной связи” и способен преобразовать не более 50% вредных веществ. Однако двигатель с преобразователем и СУД, имеющий “обратную связь” способен преобразовать до 90% вредных веществ.

На машинах с катализатором НЕЛЬЗЯ : а) Выключать двигатель, если частота его вращения превышает обороты холостого хода. б) Запускать двигатель при помощи буксировки. в) Использовать бензин или моторное

масло с добавками. г) Двигаться, если наблюдается повышенный расход масла. д) Не парковать автомобиль на сухих листьях или в высокой траве. На автомобиле, оборудованном каталитическим преобразователем, очень важно следить за исправностью двигателя. Неполное сгорание или перебои зажигания очень быстро приводят к разрушению преобразователя, поскольку возникает его перегрев. При температуре 900°C основа катализатора начинает плавиться. Кроме разрушения катализатора это может привести к возникновению пробки в выхлопной трубе. В свою очередь, пробка снижает мощность двигателя и затрудняет его запуск.

Управление с “обратной связью”. Системы с обратной связью имеют датчик кислорода, который определяет содержание кислорода в выхлопных газах. Низкое содержание кислорода указывает на чрезмерно богатую смесь. Высокое содержание кислорода в выхлопных газах указывает на бедную смесь. При работе двигателя, оборудованного датчиком кислорода, ДМЭ корректирует длительность впрыска топлива таким образом, чтобы состав рабочей смеси был близок к стехиометрическому. При работе двигателя соотношение воздух/топливо поддерживается таким, чтобы коэффициент Лямбда находился в пределах от 0.97 до 1.03. Таким образом, происходит почти полное сгорание топлива в двигателе и через каталитический преобразователь проходит меньшее количество вредных веществ.

Управление двигателем с обратной связью осуществляется при рабочей температуре двигателя. Если двигатель еще не прогрет или работает с предельной нагрузкой, ДМЭ работает в “разомкнутом режиме”. При этом, ДМЭ обогащает или обедняет рабочую смесь без учета коэффициента Лямбда. Такая регулировка позволяет избежать неустойчивости работы двигателя, например, при ускорении с полностью открытой дроссельной заслонкой.

Датчик кислорода (ДК) представляет собой керамический элемент, расположенный в выхлопной трубе (до каталитического преобразователя). Этот датчик известен, как лямбда-датчик (лямбда-зонд), датчик кислорода или датчик кислорода в выхлопных газах. Количество кислорода, остающееся после сгорания смеси, является превосходным показателем качества смеси (богатая или бедная смесь). Датчик кислорода посылает сигнал ДМЭ, который почти мгновенно (за 50 мс) реагирует и

корректирует длительность впрыска топлива. Управление двигателем при любых режимах работы таким образом, чтобы коэффициент Лямбда был близок к 1.0, дает почти полное сгорание топлива. Датчик кислорода имеет два пористых платиновых электрода. Внешний электрод покрыт пористой керамикой и находится внутри выхлопной трубы. Внутренний электрод обращен к наружному воздуху. В настоящее время используются ДК двух типов. В датчике первого типа (наиболее широко используемом) применяются циркониевые элементы. Сигнал формируется за счет разности потенциалов внешнего и внутреннего электродов и передается в DME. Это напряжение обратно пропорционально содержанию кислорода в выхлопных газах. На основе этого сигнала DME корректирует длительность впрыска таким образом, чтобы $\text{Лямбда} = 1 \pm 0.02$. Напряжение сигнала датчика кислорода меняется от 100 мВ (бедная смесь) до 1 В (богатая смесь). Фактически, сигнал имеет форму прямоугольного импульса, что позволяет DME быстро реагировать на изменение коэффициента Лямбда.

Продувка фильтра под управлением DME. До запуска двигателя клапан продувки фильтра открыт. После запуска двигателя этот клапан закрывается. При прогреве двигателя, а также при оборотах холостого хода этот клапан остается закрытым. Во время работы двигателя при нормальной рабочей температуре и средних положениях дроссельной заслонки (при движении без ускорений) клапан продувки получает импульсные сигналы от DME и открывается. При этом пары топлива всасываются во впускной коллектор и сгорают в цилиндрах.

Клапан продувки с механическим управлением. В этой системе клапан управляется разрежением впускного коллектора в зависимости от сигнала термистора. Во время прогрева двигателя клапан остается закрытым для того, чтобы мощность двигателя не снижалась. После прогрева двигателя и при положении дроссельной заслонки в промежуточном положении (во время движения без ускорений) клапан открывается под воздействием разрежения во впускном коллекторе, и пары топлива попадают во впускной коллектор.

Клапан продувки с управлением от дроссельной заслонки. При закрытом дросселе линия продувки угольного фильтра также закрыта. После запуска двигателя и открытия дроссельной заслонки разрежение во

впускном коллекторе втягивает пары топлива из фильтра во впускной коллектор.

Анализ состава выхлопных газов. Кислород представляет собой газ, концентрация которого в воздухе составляет 21%, необходимый для сгорания топлива, состоит из двух атомов кислорода и измеряется в процентах от общего объема. Небольшое количество

(1 ...2%) кислорода остается после полного сгорания топлива. Меньшее или большее количество оставшегося после сгорания кислорода указывает на неправильное соотношение топливо/воздух в рабочей смеси или неисправность системы зажигания. Таким образом, количество кислорода в выхлопных газах является надежным показателем состава рабочей смеси (для исправного двигателя).

Угарный газ (СО) образуется при неполном сгорании рабочей смеси (при недостатке кислорода). Низкая концентрация СО в выхлопных газах указывает на правильный состав рабочей смеси. Высокое содержание СО указывает на чрезмерно богатую рабочую смесь, засорение воздушного фильтра, неисправность клапана принудительной вентиляции картера или чрезмерно низкие обороты холостого хода. Низкая концентрация СО указывает также на обеднение рабочей смеси или утечку вакуума или утечку выхлопных газов из выхлопной системы. Содержание СО (и НС) в выхлопных газах уменьшается при увеличении нагрузки (при росте температуры), т.е. эффективность работы двигателя увеличивается. Содержание СО в выхлопных газах является показателем состава рабочей смеси, но только при исправном двигателе. Любая неисправность системы зажигания приводит к снижению концентрации СО. Угарный газ образуется при неполном сгорании, а при перебоих зажигания топливо не сгорает и, следовательно, СО не образуется. В этом случае попытка регулировки рабочей смеси приведет к ее переобогащению, несмотря на то, что газоанализатор покажет низкое содержание СО. Только специальные газоанализаторы с “корректировкой” СО способны дать полную картину работы двигателя. Поэтому очевидно, что перед регулировкой состава рабочей смеси необходимо убедиться в исправности системы зажигания. СО представляет собой ядовитый газ без цвета и запаха. На закрытых площадках и при большом скоплении транспорта этот газ может представлять угрозу для здоровья. Доза этого газа, равная 0.3%, вдыхаемая

в течение 30 минут, может привести к смертельному исходу. CO образует устойчивое соединение с гемоглобином крови, что приводит к кислородному голоданию. Весовое содержание CO в составе всех загрязнителей атмосферы составляет около 47%. Одна молекула CO состоит из одного атома кислорода и одного атома углерода. Содержание CO в выхлопных газах зависит от состава рабочей смеси: меньшее количество топлива - меньше содержание CO.

Углекислый газ (CO₂) образуется при работе исправного двигателя.

При низком содержании CO и HC в выхлопных газах CO₂ составляет от 13 до 15%. Если CO₂ меньше, чем 8%, это указывает на неисправность системы зажигания или выхлопной трубы. Содержание CO₂ обратно пропорционально количеству топлива в рабочей смеси и обратно пропорционально содержанию CO. Чем меньше топлива в рабочей смеси, тем выше содержание CO₂. При увеличении оборотов двигателя от холостых до 2000 об/ мин содержание CO₂ увеличивается на 1 ...2%. Это связано с повышением эффективности работы двигателя. Одна молекула углекислого газа содержит один атом углерода и два атома кислорода. Углекислый газ химически устойчив и практически не реагирует с другими веществами. Этот газ не ядовит и является продуктом жизнедеятельности всех живых организмов. При вдыхании кислорода выдыхаемый газ содержит около 5% углекислого газа. Углекислый газ поглощается растениями. Под воздействием солнечного света растения из углекислого газа производят кислород. Этот процесс известен под названием “фотосинтеза”. Углекислый газ образуется при любом горении. Считается, что все автомобили производят углекислого газа в два раза меньше, чем производственные предприятия. Углекислый газ тяжелее воздуха, поэтому он находится в нижних слоях атмосферы, препятствуя отводу тепла, образующегося от солнечной радиации. В настоящее время углекислого газа образуется больше, чем расходуется растениями, поэтому уменьшение площади лесов является тревожным фактором. Чем меньше леса, тем меньше углекислого газа перерабатывается в кислород. Как считают специалисты, увеличение концентрации углекислого газа ведет к глобальному потеплению. Этот эффект называется “парниковым”. Единственный способ снижения CO для автомобильного двигателя

заключается в уменьшении количества сжигаемого топлива, или отказ от двигателя внутреннего сгорания. Это означает либо использование высокоэффективного двигателя, либо создание автомобиля с электрическим двигателем. Однако электромобили нуждаются в подзарядке, а работа электростанций также сопровождается образованием углекислого газа.

Углеводороды (НС). Бензин состоит на 15% из водорода и на 85% из углерода, т.е. представляет собой чистый углеводород. Остаточные углеводороды (НС) образуются при неполном сгорании топлива. Содержание НС измеряется в “промилле” (миллионных долях). В выхлопных газах могут содержаться углеводороды различных видов и большинство из них способно причинить серьезные заболевания глаз, носоглотки и легких. При смешивании углеводородов с NO_2 на солнечном свете образуется так называемый фотохимический смог. Считается, что углеводороды являются причиной вымирания лесов. При сгорании топлива атомы водорода соединяются с атомами кислорода, в результате чего образуется вода H_2O . Атомы углерода соединяются с кислородом и образуется CO_2 . Высокое содержание НС в выхлопных газах указывает на следующие неисправности: свечей, высоковольтных проводов системы зажигания, установки зажигания, состава рабочей смеси или механические поломки двигателя. Фактически, любая неисправность двигателя приводит к увеличению концентрации НС в выхлопных газах. При обеднении рабочей смеси концентрация НС увеличивается из-за плохого сгорания смеси. Вот почему черный дым из глушителя может быть следствием переобедненной рабочей смеси. Для решения этой проблемы особое внимание уделяется правильному конструированию камеры сгорания двигателя. В настоящее время используют два типа датчика кислорода. В первом используется циркониевый элемент и сигнал с него пропорционален содержанию кислорода в выхлопных газах. Сигнал с датчика меняется в диапазоне от 100 мВ (бедная смесь) до 1В (богатая смесь). Датчик второго типа выполнен из титана и работает за счет изменения сопротивления датчика. Отклик на сигнал такого датчика приходит гораздо быстрее, чем для циркониевого датчика, а сигнал намного более устойчив к температуре выхлопных газов. К сожалению, поддержание коэффициента Лямбда,

равным 1.0, вредит в некоторых случаях управляемости двигателя. При таком управлении во время ускорения работа двигателя становится неустойчивой, возникают колебания частоты вращения, что может сделать двигатель практически неуправляемым. Поэтому, управление с обратной связью осуществляется при работе двигателя с постоянной частотой вращения. При ускорении или в процессе прогрева двигателя обратная связь не поддерживается, что позволяет двигателю работать на обогащенной рабочей смеси.

Подогреватель ДК. ДК начинает функционировать только тогда, когда его температура достигает 300°C. Для того, чтобы ДК вступал в работу как можно быстрее, он снабжен специальным подогревателем. Питание подогревателя, как правило, осуществляется от реле топливного насоса. Таким образом, подогреватель датчика начинает работать только после запуска двигателя.

Улавливание паров топлива (угольный фильтр и клапан продувки). Для улавливания паров топлива на автомобилях с каталитическим преобразователем устанавливается фильтр с активированным углем. Пары топлива накапливаются в угольном фильтре, который время от времени продувается воздухом. Для управления этим процессом фильтр оснащен специальным клапаном. В некоторых системах клапан может управляться ДМЕ, в других - механически (в зависимости от температуры). При открытии клапана пары топлива из фильтра всасываются во впускной коллектор и, далее попадают в цилиндры двигателя, где сгорают обычным образом. Иногда применяется более простая система очистки фильтра, управляемая положением дроссельной заслонки.

Элементы систем управления впрыском топлива. В компьютерных системах непосредственного впрыска топлива (НВТБ) в бензиновых двигателях автомобилей устанавливают новые узлы - топливный насос высокого давления для бензина (ТНВДБ) и электромагнитные форсунки (ЭМФБ) для впрыска бензина под высоким давлением. Кроме этого применяется датчик давления топлива (ДДТБ), подкачивающий электробензонасос погружного типа (ПКБНБ), клапан рециркуляции (отработанных газов) ОГ (КРЦОГ) новой конструкции. Компьютерное управление дозированием топлива реализуется в

зависимости от параметров скоростных и нагрузочных режимов работы двигателя. При этом состав топливоздушная смеси (ТВС), как правило, изменяется от гомогенного (при Лямбде близкой к 1) до предельно расслоенного (от 1.3 до 2.2). Преимущество двигателей с НВТБ проявляется при работе на обедненных ТВС и при средних нагрузках. Устойчивая работа двигателя достигается расслоением ТВС с образованием зоны богатой ТВС вблизи свечи зажигания, после воспламенения которой начинается процесс горения всего заряда ТВС в цилиндре. Для более надежного воспламенения ТВС используется зажигание с повышенной энергией искрового разряда. Момент впрыска и давление топлива также изменяются в зависимости от режима работы двигателя для обеспечения требуемых условий смесеобразования в цилиндре при данном составе смеси. Например, если на холостом ходу давление топлива поддерживается на уровне 3 МПа, то на полной нагрузке и номинальной частоте вращения (до 6000 об/мин) оно возрастает до 10—12 МПа. Все эти меры позволяют достичь эффективного сгорания экстремально обедненных смесей (Лямбда > 2.0). Это обеспечивает повышение экономии бензина в двигателях с НВТБ, примерно, на 20% по сравнению с применением распределенного впрыска топлива (РВТ). Реализация НВТБ позволяет повысить мощностные показатели двигателя, примерно, на 10%, но требует использования высоких степеней сжатия и увеличения наполнения. При этом снижается суммарная токсичность ОГ на 20% по сравнению с другими компьютерными системами впрыска бензина. В двигателях с НВТБ используется рециркуляция ОГ (до 40%) и применяют трехкомпонентный нейтрализатор с иридиевым катализатором. Этот нейтрализатор отличается повышенной эффективностью по снижению NO_2 и является дорогим и недолговечным при работе на плохих бензинах. К тому же он очень чувствителен даже к незначительному содержанию серы в топливе и к превышению температуры выше рабочей. В целом системы НВТБ являются сложными и требуют хорошее топливо. Системы распределенного впрыска топлива (РВТ) совершенствуется в направлении: улучшения распыливания топлива с помощью ультразвуковых устройств, использования сжатого воздуха; применения локального подогрева топливоздушной смеси для улучшения пусковых качеств двигателей;

использования различных видов наддува в сочетании с охлаждением наддувочного воздуха; применения адаптивных алгоритмов управления топливоподачей, взаимосвязанных с регулированием зажигания, рециркуляции ОГ, наддувом. Современный двигатель с помощью DME гибко управляет всеми рабочими процессами дозирования топлива и смесеобразования, в отличие от карбюраторных систем.

В системе последовательного распределенного впрыска топлива форсунки открываются в последовательности работы цилиндров. Эти системы позволяют свести к минимуму содержание вредных веществ в выхлопных газах, особенно для двигателей с механическими неисправностями или неисправной системой зажигания. В этой системе используются те же датчики, что и в системах с одновременным впрыском. Однако в системе с последовательным впрыском имеется дополнительный датчик для определения номера открываемой форсунки - фазовый дискриминатор. Обычно действие этого датчика подобно ДУПКВ. Часто этот датчик устанавливается на распределительном валу. Иногда датчик устанавливается в распределителе зажигания.

Обобщение состояния развития сетевой теле-авто-мехатроники показывает.

1. Дефицит знаний на всех уровнях эксплуатации и отставание в развитии интерсервиса современных NT усложняет своевременное обнаружение и оперативное прогнозирование признаков возникновения аварийных ситуаций. Необходимо оперативно обучать скрытым уникальным возможностям CAN-T - самоидентификации низкого качества горюче-смазочных материалов, своевременное обнаружение которых обеспечит запас работоспособности современного транспорта. Обучение потребителей сенсорно-серверно-сетевому энергоаудиту на базе возможностей современных бортовых NT расширит внедрение новых технологий.

2. Концепция системной интеграции NT ориентирована на ускорение интеллектуализации серверно- сетевого управления транспортом в части процессов: мониторинга, аудита и сервиса. Концепция построения специализированных подсистем NT реализует стратегии управления: жесткого и адаптивного. Первая доступна больше на этапах проектирования и постройки при условии оперативного многоцелевого

доступа к новым аналитическим и программным моделям. Вторая медленно совершенствуется транспортными структурами и требует опережающего обучения эксплуатации новых технологий.

3. NT успешно реализует процессы: радиосвязи, навигации и вождения, электроэнергетики, защиты, безопасности и комфорта. Поэтому важно с учетом комплексных решений на стыке наук наладить опережающее обучение всех участников использования новых транспортных технологий: маневрирования и выбора маршрута; контроля перевозимого груза и грузовых операций; диагностирования оборудования; ведения вахтенной отчетности; выработки рекомендаций по эффективному использованию механизмов и систем; сервису при аварийных и нештатных ситуациях.

4. NT стимулирует подготовку: техников, специалистов, бакалавров и магистров для решения национально-региональных задач эффективного управления всеми кластерами транспорта при ограничении экипажа за счет: живучести, отказобезопасности и отказоустойчивости функционирования ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕЛЕ-АВТО-МЕХАТРОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ; интеллектуализации оперативных процессов функционирования серверов в нештатных, аварийных ситуациях и при борьбе за живучесть и безопасность транспорта и экипажа с использованием новейших информационных технологий; мониторинга и аудита состояния и внутренней обстановки с целью раннего обнаружения причин или предпосылок аварийных ситуаций, их предотвращения или исключения вероятности возникновения.

5. При опережающем обучении открытым уникальным дорогим технологиям и интерсервису транспорта слушатели должны: знать основы интеграции аппаратно-программных теле-авто-мехатронных элементов в транспортные комплексы; уметь осваивать потенциальные возможности элементов транспортных комплексов в условиях высоких темпов обновления гранулированных аппаратных и программных средств и необходимости обеспечения их преемственного развития; овладеть системным подходом к интеграции: мировоззренческих, научно-методологических и производственно-экономических способов транспортной информатики в области теории и практики открытых теле-

авто-мехатронных элементов и многоуровневой защиты на всех этапах жизненного цикла компонентов интегрированных транспортных комплексов.

Схема основного метода транспортной информатики содержит процессы: бортового мониторинга; выработки стратегий управления; предсказания оптимальных параметров, профилей и процессов; бортового оперативного интересервиса для анализа алгоритмов, структур, графов, топологии, архитектуры управления транспортом.

Общность элементов теорий открытых систем, сетей, технологий для развития управления и информатики в транспортных комплексах должна стимулировать международную стандартизацию и упрощать обучение интересервису в части современных компонентов – идентификации, абстрагирования, типизации, унификации, модульности, агрегирования и преемственности для увеличения привлекательности теле-авто-мехатронных транспортных комплексов на всех этапах их жизненного цикла.

5.3 Элементы сетевого управления

CAN реализует асинхронную передачу фреймов через один логический сегмент из двух или более узлов, с возможностью подключения/отключения узлов от шины без перенастройки других узлов.

Способ доступа к общей шине - механизм «монтажное И», при котором 'recessive' бит соответствует 1 (логической единице), а 'dominant' - 0 (логическому нулю). Пока ни один узел не формирует 'dominant' бит, шина находится в 'recessive' состоянии, но 'dominant' бит от любого узла создает 'dominant' состояние шины. Поэтому при выборе способа доступа к шине, необходимо определить какое состояние будет 'dominant', а какое - 'recessive'.

Шина реализуется на витой паре (линии называются CANH и CANL). На концах шины устанавливают нагрузочные резисторы. При этом можно получить максимальную скорость передачи данных 1 Мбит/с при длине шины 40 м. Для шины 1000 м скорость - не более 40кбит/с.

Из-за дифференциального способа линейного кодирования (NRZ кодом: низкий уровень - 'dominant', высокий уровень 'recessive') шина мало чувствительна к электромагнитным помехам. Экранирование шины снижает воздействие внешнего электромагнитного поля и важно для скоростных режимов работы.

В фреймы (кадры, передаваемые через шину между узлами) для синхронизации добавлен “наполняющий” бит (при последовательной передаче через шину пяти бит одинаковой полярности, узел - передатчик вставляет один “наполняющий” бит противоположной полярности перед передачей остальных битов. Узел -приемник считает биты и проверяет полярность для удаления “наполняющих” битов). При передаче фреймов узлы-приемники не адресуются, а указывается идентификатор узла-передатчика. Идентификатор указывает: содержание (например - обороты, температура, расход воздуха, момент и длительность впрыска) и приоритет фрейма (меньшее значение идентификатора - более высокий приоритет).

Для получения коллективного доступа узлов к шине во фреймы введен “неразрушающий” арбитраж с опросом состояния шины. Перед началом передачи фрейма узел проверяет состояние шины (отсутствие активности на шине). При захвате шины узел становится сервером (управляющим) шины, все остальные узлы переходят в режим клиентов. Каждый клиент-узел выдает подтверждение приема, проверяет идентификатор фрейма, обрабатывает или удаляет принятые данные из фрейма. Если два или более узлов начинают передачу фреймов в шину одновременно, то узлы выполняют проверку арбитражей, встроенных в фреймы (для захвата доступа к шине). Узлы выдают на шину внутри фреймов идентификаторы (старший бит формируется первым) и побитно через идентификаторы узлы контролируют состояния шины. Если узел посылает 'recessive' (1) бит, а читает 'dominant' (0), то выявив это в поле арбитража в фрейме, узел определяет потерю приоритета доступа к шине и переключается в режим приема. Это происходит тогда, когда идентификатор в фрейме конкурирующего узла имеет больший приоритет (меньшее бинарное значение). Узел с высоким приоритетом выигрывает арбитраж, без необходимости повторять передачу фрейма. Все остальные узлы будут

пытаться передать фреймы после освобождения шины. Данный механизм не позволяет узлам сети передавать одновременно фреймы с одинаковым идентификатором, поскольку ошибки могут возникнуть позже.

Спецификация CAN (1.0, 1.2 и 2.0A) определяет длину идентификатора 11 бит (2048 возможных вариантов). В версии CAN 2.0B длина идентификатора может быть 11 или 29 бит (536 миллионов вариантов). Фреймы, содержащие 11-разрядный идентификатор, называются стандартными и соответствуют CAN 2.0A. Можно использовать 2048 идентификаторов (0 - 2047). 16 идентификаторов с наименьшими приоритетами зарезервированы (2032 - 2047).

В расширенной версии структура фрейма, согласно техническим требованиям CAN 2.0B, может иметь 29 разрядный идентификатор. 29 разрядный идентификатор содержит: 11 бит стандартных и 18 бит расширенных.

CAN модули версии 2.0A могут только передавать или принимать фреймы. Версия 2.0B позволяет активным узлам (серверам) сделать удаленный запрос и получить фреймы от нужного узла, используя расширенный фрейм.

В микромодуле CAN с основными функциями аппаратно реализуются только функции: приема/передачи и поразрядная проверка потока фреймов. На программном уровне выполняется фильтрация и проверка фреймов, управление передачей фреймов и многое другое. Нагрузка на MCU в таких модулях значительна и они могут использоваться при низких скоростях передачи фреймов и малой информационной нагрузке (присутствуют несколько типов фреймов в сети). Преимущество модулей с основными функциями CAN - низкая стоимость.

Полнофункциональный модуль CAN аппаратно реализует все процедуры протокола шины, включая фильтрацию принятия и управление передачей фреймов. CAN модули данного типа при работе имеют несколько целей по приему/передаче фреймов в стандартном или расширенном формате. На этапе инициализации определяются цели работы CAN модуля, таким образом, нагрузка на процессорный

элемент модуля (MCU) сокращена. Полнофункциональные модули CAN используются при высокой скорости передачи фреймов.

В CAN нет особых требований к содержанию фреймов. Полнофункциональный CAN модуль поддерживает два нижних уровня OSI: управление приемом/передачей фреймов (LCC подуровень); управление доступом (MAC подуровень); кодирование фреймов (PLS подуровень). LCC выполняет: фильтрацию фреймов; уведомление о перегрузке; управление обнаружением ошибок. MAC обеспечивает LLC в части управления средой передачи: получение фреймов; выполнение арбитража; проверка ошибок; передача фреймов и сигналов ошибки; выдает заключение о неисправности. MAC получает фреймы от LCC для передачи по шине и передает фреймы, принятые с шины в LCC подуровень. В пределах подуровня MAC определяется отсутствие активности на шине для начала передачи фрейма. Заключение о неисправности является механизмом самоконтроля в CAN при постоянном возникновении кратковременных ошибок.

Физический уровень (PLS) определяет процесс передачи бит через линии шины между узлами с выполнением всех электрических требований. PLS определяет способ линейного кодирования фрейма и контролирует: синхронизацию бит; кодирование бит; шинную синхронизацию. Нижние уровни протокола определяют тип канала: витая пара, оптоволокно. Внутри сегментов сети физический уровень должен быть одинаков для всех узлов. Характеристики драйвера физического уровня не определены в CAN и не ограничивают работу по оптимизации передач фреймов через шину для разных приложений.

Полнофункциональный микромодуль CAN аппаратно должен поддерживать протоколы: CAN 1.2, CAN 2.0A, активную и пассивную версию CAN 2.0B. CAN модуль обеспечивает: обработку стандартных и расширенных типов фреймов с длиной от 0 до 8 байт; программное управление скоростью передачи фреймов до 1 Мбит/с; поддержку удаленного запроса фреймов. Модуль содержит: два буфера приема с двойной буферизацией фрейма; 6 полных приемных фильтров (стандартный/расширенный идентификатор); 2 фильтра для фреймов высокого приоритета, 4 - для фреймов с низким

приоритетом; элементы обработки полных масок (приоритетов) принимаемых фреймов; передающие буферы (с возможностью указания приоритета и аварийного прекращения передачи); элементы управления возможностью пробуждения из SLEEP режима(со встроенным НЧ фильтром); программируемый генератор тактовых импульсов; программируемый контроль шлейфа (синхронизирующий функцию самоконтроля); гибкую систему прерываний; низкое энергопотребление в SLEEP режиме. CAN модуль содержит контроллер протокола и буферы фреймов.

Контроллер протокола состоит из нескольких функциональных блоков: управления (FSM - автомат, малого разрешения, с изменением управляющих сигналов при различных типах фреймов и состоянии передачи/приема данных. FSM реализует функции: управления последовательным потоком фреймов между TX/RX и сдвиговым регистром); вычисления и контроля CRC; управления состоянием шины; обработки ошибок (EML); управления параллельным потоком фреймов между сдвиговым регистром и буфером; выполнения арбитража; сигнализации об ошибках согласно CAN протоколу; автоматической повторной передачи фреймов.

Интерфейс передачи фреймов от контроллера к буферу - параллельный 8 - разрядный. Фрейм разбивается на байты и побайтно загружается/читается в/из сдвиговый регистр для передачи/приема. FSM контролирует какая часть фрейма принята/передана.

Регистр циклического контроля избыточности (CRC) формирует CRC код, который побайтно будет передан при передаче фрейма, и проверяет код CRC при получении фрейма.

Логика управления обработкой ошибок (EML) формирует сигнал о неисправности CAN модуля. Показания принимающего и передающего счетчиков ошибок увеличиваются и уменьшаются от сигналов разрядного процессора потока. Согласно значениям счетчиков ошибок CAN модуль может находиться в состоянии: активной ошибки, пассивной ошибки, отключен от шины.

С помощью BTL осуществляется контроль линейного входа шины, обрабатывается состояние шины и выполняется синхронизация бита согласно CAN протокола. BTL синхронизируется при переходе от

'recessive' (1) к 'dominant'(0) биту. VTL выделяет сегменты времени выборки элементов фрейма (для компенсации задержки времени распространения и смещения фазы). Программирование VTL зависит от скорости передачи фреймов и шинного времени запаздывания.

Фреймы, предназначенные для передачи, записываются в соответствующие регистры. Состояние CAN модуля и возникшие ошибки проверяются чтением регистров статуса. Любой фрейм, передаваемый по шине, проверяется на наличие ошибок, идентифицируется через фильтры и сохраняется в регистрах приемного буфера при выполнении всех условий. CAN модуль поддерживает следующие типы фреймов: стандартный; расширенный; удаленный запрос; ошибка; перезагрузка; простой шины.

Стандартный фрейм формируется, когда узел желает передать фрейм. Стандартный фрейм состоит из полей: 'dominant' бита начала фрейма для жесткой синхронизации всех узлов; арбитража 12 бит (11 бит идентификатор и RTR бит передачи по удаленному запросу); управления 6 бит: 1 бит IDE указатель расширенного идентификатора, состояние 'dominant' определяет стандартный фрейм; RBO резервный 'dominant' бит; 4 бита - число байт данных, содержащихся в фрейме (от 0 до 8); CRC поле 16 бит: 15 бит используется для обнаружения ошибок передачи данных; 1 бит завершения; подтверждения 2 бита: 1 бит ACK - передающий узел выдает 'recessive' бит, а любой узел, который принял фрейм без ошибок, формирует 'dominant' бит подтверждая прием; 2-й завершающий 'recessive' бит.

Расширенный фрейм формируется, когда узел желает передать фрейм или сделать удаленный запрос. Расширенный фрейм состоит из полей: 'dominant' бита начала фрейма для жесткой синхронизации всех узлов; арбитража 38 бит: 11 старших бит идентификатора и SRR бит удаленного запроса; 1 бит IDE указатель расширенного идентификатора (состояние 'recessive' определяет расширенный фрейм); 18 младших бит идентификатора и RTR бит передачи по удаленному запросу; поле управления 6 бит: RBO:RB1 зарезервированы 'dominant' биты; 4 бита - число байт данных содержащихся в фрейме (от 0 до 8); CRC поле 16 бит: 15 бит

используется для обнаружения ошибок при передаче фреймов; 1 бит завершения; поле подтверждения 2 бита: 1 бит АСК - передающий узел выдает 'recessive' бит, а любой узел, который принял фрейм без ошибок, формирует 'dominant' бит подтверждая прием; 2-й завершающий 'recessive' бит.

Для удаленного запроса в узел назначения (источник) посылается удаленный запрос с идентификатором узла-источника. Источник посылает через шину стандартный или расширенный фрейм в ответ на запрос.

Имеется различие между удаленным запросом и стандартным фреймом. Бит RTR в удаленном запросе передается в 'recessive' состоянии, а в фрейме не передаются никакие данные. В маловероятном случае, когда узел-сервер формирует удаленный запрос, а узел - клиент пытается одновременно передать фрейм с одинаковыми идентификаторами, арбитраж будет выигран узлом, передающим фрейм из 'dominant' состояния бита RTR. Узел, который посылал запрос, получает фрейм с данными немедленно.

Сообщение об ошибке формируется любым узлом, который обнаруживает ошибку на шине. Фрейм об ошибке состоит из двух полей. Поле признака ошибки сопровождается разделителем ошибки, состоящим из 8 'recessive' битов и позволяющим перезапустить доступ к шине. Значение поля признака ошибки зависит от текущего состояния узла, который обнаружил ошибку. Если ошибку обнаружил активный узел, тогда он прерывает передачу текущего фрейма, формируя активный флаг ошибки. Активный флаг ошибки состоит из 6 последовательных 'dominant' битов, которые нарушают правило заполнения. Остальные узлы также обнаруживают ошибку и начинают формировать фрейм об ошибке. После перехода шины в нормальное состояние узлы вновь пытаются передать фреймы.

Если ошибку обнаружил пассивный узел, тогда он формирует пассивный флаг ошибки, состоящий из 6 последовательных 'recessive' битов. После передачи пассивной ошибки, узел должен ожидать 6 последовательных 'recessive' битов для восстановления связи с шиной.

Формат фрейма перезагрузки аналогичен формату фрейма активной ошибки, но может быть сформирован только, когда

шина простаивает. Фрейм перезагрузки состоит из двух полей: флаг перезагрузки и разделитель перезагрузки. Флаг перезагрузки состоит из 6 последовательных 'dominant' битов. Другие узлы обнаруживают перезагрузку и начинают формировать ее самостоятельно. Поэтому на шине, во время выполнения перезагрузки, может быть до 12 'dominant' битов. Разделитель перезагрузки состоит из 8 последовательных 'recessive' бит. Узел может сформировать фрейм о перезагрузке в двух случаях: между фреймами обнаружен 'dominant' бит, что является ненормальным во время простоя шины; для задержки передачи нового фрейма. Узел может последовательно сформировать не более 2 фреймов перезагрузки.

Между фреймами шина находится в 'recessive' состоянии. Для выполнения условий «простой шины» необходимо, чтобы было получено как минимум 3 'recessive' бита после завершения передачи/приема последнего фрейма.

CAN модуль может находиться в одном режиме работы: инициализация; выключенное состояние; нормальный режим; только прием фреймов; петлевой режим; распознавание ошибки. Выбор требуемого режима производится установкой соответствующих битов: REQOP2:REQOPO, кроме режима распознавания ошибки, который включается битом CANRXM. Текущий режим работы не будет изменен (биты: OPMODE2 : OPMODEO) до тех пор, пока на шине не возникнет холостой ход (простой шины), определяемый 11 последовательными 'recessive' битами.

В режиме инициализации CAN модуль не будет принимать или передавать никаких фреймов, счетчики ошибок сброшены, флаги прерываний остаются неизменными. Пользователь имеет доступ ко всем конфигурационным регистрам модуля, некоторые из которых могут быть недоступны в других режимах.

В выключенном состоянии модуль не может принимать или передавать фреймы, счетчики ошибок не изменяют своего значения, флаги прерываний сохраняют свое состояние, кроме флага WAKIF обнаружения активности на шине. Если биты: REQOP2:REQOPO = 001, то модуль переходит в выключенное состояние, останавливая

внутреннюю синхронизацию, при неактивном состоянии CAN модуля (т.е. модуль не должен передавать или принимать фрейм).

Если модуль находится в активном состоянии, он будет ожидать 11 последовательных 'recessive' битов (простой шины) перед началом перехода в выключенное состояние. Когда биты: $OPMODE2:OPMODE0 = 001$, то модуль успешно перешел в выключенное состояние. Порты ввода/вывода, задействованные CAN модулем, переходят в режим цифровых входов/выходов при выключенном состоянии CAN модуля.

Запись в $REQOP2:REQOP0$ значения 001, в то время, когда модуль CAN выполняет прием/передачу фрейма (продолжает обрабатываться модулем). Обнаруживая 11 'recessive' битов, модуль переходит в выключенное состояние, устанавливая: $OPMODE2:OPMODE0 = 001$, подтверждая переход в указанный режим. CAN модуль реагирует на активность шины, устанавливая флаг WAKIF (если WAKIE=1), фрейм игнорируется. Запись в $REQOP2:REQOP0 = 000$ во время выполнения действий на шине. Модуль ожидает 11 'recessive' бит, прежде чем начать переход в другой режим. Модуль обнаруживает 11 'recessive' битов и изменяет режим функционирования, подтверждая запись в $OPMODE2:OPMODE0$ биты.

Команда SLEPP останавливает кварцевый генератор, а процессор модуля переходит в режим энергосбережения. Порты ввода/вывода переходят в режим цифрового входа/выхода в зависимости от состояния битов в регистре TRIS. Рекомендуется сначала перевести модуль CAN в выключенное состояние, затем выполнить команду SLEEP.

Активность на шине устанавливает флаг WAKIF. Если GIE=1, процессор перейдет по вектору прерывания. Процессор пытается выполнить команду SLEEP, когда WAKIF=1. WAKIE=1 и GIE=0, вместо команды SLEEP выполняется NOP. Запрос перехода в нормальный режим CAN модуля.

Если модуль находится в режиме SLEEP, а бит WAKIE установлен, то начало фрейма, передаваемого по шине, выведет модуль из SLEEP режима, сгенерировав прерывание. Сам фрейм, вызвавший

«пробуждение», будет потерян. Если бит WAKIE сброшен, никакие действия на шине не вызовут выход микроконтроллера из SLEEP режима.

Модуль CAN позволяет включить фильтр нижних частот (установкой бита WAKFIL) в SLEEP режиме микроконтроллера для защиты от кратковременных помех на шине, которые могут вызвать «пробуждение» микроконтроллера. Перевод модуля CAN в выключенное состояние с разрешением прерываний по обнаружению активности на шине. Первый бит фрейма устанавливает флаг прерывания WAKIF и запускает тактовый генератор.

Процессор выжидает время запуска генератора, продолжает программу или обрабатывает прерывание в зависимости от состояния бита GIE. CAN модуль ожидает 11 последовательных 'recessive' битов перед началом действий на шине. Модуль обнаруживает 11 последовательных 'recessive' бит, и может передавать и принимать фреймы.

В нормальном режиме порты ввода/вывода работают под управлением CAN модуля. CAN модуль может передать и принять фреймы. Нормальный режим работы CAN модуля выбран, когда $OPMODE2:OPMODE0 = 000$.

Режим «только прием фреймов» - частный случай нормального режима работы, предназначенный для системной отладки. Модуль CAN находится в пассивном состоянии по отношению к шине, без формирования сигналов подтверждения приема фреймов. Счетчики ошибок выключены. Этот режим может использоваться для определения скорости передачи фреймов по шине опытным путем. Для определения скорости передачи необходимо как минимум пара узлов, обменивающихся фреймами.

Распознавание ошибки используется для приема всех фреймов, игнорируя любые ошибки. Включение режима осуществляется установкой соответствующих битов: $RXM1:RXM0$ в регистре $RXBNSCON$. В этом режиме фреймы, принятые до возникновения ошибки, переписываются в приемный буфер и могут быть обработаны MCU.

В петлевом режиме передаваемый фрейм принимается по внутренним цепям модуля CAN. Специальные аппаратные средства формируют подтверждение для передатчика.

После сброса микроконтроллера, модуль CAN находится в режиме настройки (бит OPMODE2 установлен). Счетчики ошибок очищены, все управляющие регистры содержат значения по умолчанию. Прежде чем сбросить бит REQOP2, необходимо настроить модуль CAN. Все регистры, управляющие настройкой режима работы модуля CAN, недоступны для изменения в любом другом режиме, что защищает шину от возникновения ошибок. Защищенные регистры: все управляющие регистры; регистры идентификаторов приемных фильтров; регистры идентификаторов приемных масок.

В CAN модуле есть 3 приемных буфера, один из которых используется для приема текущего фрейма. Этот буфер называется буфером сборки (MAB). Два других доступных буфера RXBO и RXB1, по существу, «мгновенно» принимают законченный фрейм от контроллера модуля CAN. MCU может обрабатывать полученный фрейм, в то время, как принимается новый фрейм. После приема фрейма в буфер сборки он транслируется в приемный буфер RXBN, если идентификатор фрейма совпадает с маской, указанной в фильтре. После приема фрейма аппаратно устанавливается бит RXFUL. Бит сбрасывается программно после обработки фрейма - это гарантирует защиту фрейма от обновления приемного буфера. Если бит RXNIE установлен, то формируется прерывание по приему нового фрейма. В модуле CAN для приема фреймов используется две маски идентификаторов, по одному для каждого из приемных буферов. Когда фрейм принят, биты: FILHIT2:FILHIT0 регистра RXBN указывают приемный критерий для фрейма.

Для каждого приемного буфера в CAN модуле существует несколько приемных фильтров. Буфер RXBO имеет высокий приоритет и 2 фильтра фреймов. Буфер RXB1 имеет более низкий приоритет и 4 фильтра фреймов. Меньшее число приемных фильтров для буфера RXBO делает его более ограниченным и подразумевает критичность принимаемых фреймов. Если буфер RXBO содержит правильно принятый фрейм, а другой правильно принятый фрейм

получен, RXBO может быть настроен таким образом, что новый фрейм для RXBO будет записан в RXB1.

Фильтры и маски приема фреймов используются для определения в какой из приемных буферов поместить фрейм из буфера сборки. Как только правильно получен фрейм в MAB, поле идентификатора фрейма сравнивается со значением фильтра. Если есть совпадение, то фрейм будет загружен в один из приемных буферов. Маска применяется для указания того, какие биты фильтра будут использоваться для проверки идентификатора фрейма. Если бит маски равен нулю, то соответствующий бит идентификатора фрейма будет принят, не зависимо от состояния бита фильтра. Бит EXIDEN указывает, какой тип идентификаторов проверять. Если бит EXIDEN сброшен, то проверяется 11-разрядный идентификатор фрейма. Если битам: RXM1:RXM0 присвоить значение 01 или 10, назначение бита EXIDEN может быть изменено.

Фильтры: RXFO, RXF1 и маска RXMO связаны с приемным буфером RXBO. Фильтры: RXF2, RXF3, RXF4, RXF5 и маска RXM1 связаны с приемным буфером RXB1.

Битом RXODBEN можно управлять использованием фильтров, аналогично FILNIT битам, отличать фильтры: RXFO и RXF1 при записи фрейма в RXBO или в RXB1 (при занятом буфере RXBO). 111= приемный фильтр 1 (RXF1). 110= приемный фильтр 0 (RXFO). 001= приемный фильтр 1 (RXF1). 001= приемный фильтр 0 (RXFO).

Если бит RXODBEN сброшен, то приемному буферу RXB1 соответствует 4 фильтра. Если бит RXODBEN установлен, то приемному буферу RXB1 соответствует 4 фильтра, плюс 2 фильтра RXFO, RXF1 при занятом буфере RXBO.

Переполнение происходит, когда буфер сборки MAB правильно принял фрейм, выполнено условие фильтрации, но приемный буфер не свободен. Если возникло условие переполнения, будет установлен флаг ошибки RXnOVR и EERIF, фрейм из MAB будет потерян. Модуль CAN продолжает нормально функционировать, но все новые фреймы для занятого буфера будут потеряны.

При установленном бите RXODBEN приемные буферы RXBO и RXB1 работают независимо друг от друга. Если бит RXODBEN

установлен, обработка переполнения для буфера RXBO выполняется иначе. Новый фрейм, полученный для буфера RXBO, будет записан в буфер RXB1, если RXBO полон, то RXB1 пуст. При этом ошибка переполнения не возникнет. Если оба буфера полные, то будет сформирована ошибка переполнения для буфера RXB1.

После сброса все регистры имеют значения повторной установки, модуль CAN необходимо инициализировать заново. Полученные фреймы будут потеряны.

CAN модуль обнаруживает следующие типы ошибок при приеме фреймов: ошибка CRC; бит “наполняющая” ошибка; недопустимый фрейм.

При возникновении ошибок во время приема фреймов, прерывания не формируются. Однако если приемный счетчик ошибок превысит значения 96, то устанавливается флаг RXWARN, и может быть сформировано прерывание.

Ошибка CRC возникает при не совпадении вычисленного значения циклического кода со значением в принятом фрейме. Обнаружив ошибку, модуль CAN формирует фрейм об ошибке, приемный счетчик ошибок увеличивает показание на единицу.

Если между началом фрейма и разделителем CRC обнаружено подряд 6 бит одинаковой полярности, возникает бит “наполняющая” ошибка. Модуль CAN, обнаружив ошибку, формирует фрейм об ошибке, приемный счетчик ошибок увеличивает показание на единицу. Возникновение ошибки: «недопустимый фрейм» отмечается установкой и используется миромодулем для автоподбора скорости передачи фреймов по шине.

Приемный счетчик ошибок изменяет показания по правилам. Когда приемник обнаруживает ошибку, приемный счетчик ошибок увеличивает показание на единицу, кроме возникновения ошибок при получении фреймов об активной ошибке и перезагрузке. Когда приемник обнаруживает 'dominant' бит после фрейма активной ошибки, приемный счетчик ошибок увеличивается на 8. Если возникает ошибка при поиске получателя, ожидании активного флага ошибки или перезагрузке, то приемный счетчик ошибок увеличивает показание на 8. После успешного приема фрейма и формирования

подтверждения АСК, приемный счетчик ошибок уменьшает показание на единицу, если его значение было от 1 до 127. Если приемный счетчик ошибок имеет значение 0, то он не изменяется. Если приемный счетчик ошибок имел значение большее чем 127, то он принимает значение от 119 до 127.

Прерывания при приеме фреймов можно разделить на две группы: прерывания при приеме фрейма и прерывания при возникновении ошибок. После успешного приема фрейма и загрузки его в один из приемных буферов (окончание приема поля EOF) генерируется прерывание. Проверкой флага можно определить, в какой из буферов был принят фрейм. Бит ERRIF указывает, что произошла ошибка. Источник ошибки определяется проверкой состояния битов регистра COMSTAT. В этом регистре находятся флаги ошибок при приеме и передаче фреймов. Биты регистра используются для определения ошибок при приеме фреймов. IXRIF - возникла ошибка во время приема последнего фрейма. Этот бит не указывает конкретный тип ошибки. Может быть использован для определения скорости передачи фреймов на шине CAN в режиме «только прием фреймов». RXnOVR - переполнение возникает при правильном приеме нового фрейма, выполнения условий фильтрации и занятом буфере получателя. Новый принятый фрейм будет потерян. CAN модуль продолжает нормально работать. RXWARN - предупреждение о достижении показания приемного счетчика ошибок значения 96. Сбрасывается программно. Аппаратно сбрасывается при уменьшении счетчика ошибок до 95. RXBP - состояние пассивной ошибки, значение приемного счетчика ошибок превысило 127. Сбрасывается программно. С помощью битов: RXM1:RXMO устанавливаются специальные режимы приема фреймов. Обычный режим работы - прием всех правильных фреймов, с учетом приемных фильтров (RXM1 : RXMO=00). Если биты RXM1:RXMO установлены в 01 или 10, получатель примет только стандартные или расширенные фреймы соответственно. Если значение бита EXIDEN не соответствует RXM1:RXNO, то приемный фильтр не используется. Эти два способа приема фреймов могут использоваться в системах, в которых известно, что будут передаваться только стандартные или расширенные фреймы.

Если значение: $RXM1 :RXMO = 11$, буфер примет все фреймы, не зависимо от значения приемных фильтров и наличия ошибок. Этот способ приема может быть полезен во время отладки сетевого управления.

Для передачи фреймов в реальном масштабе времени узел должен удерживать шину через свой арбитражный статус в идентификаторе (передаваемые фреймы имеют высокий приоритет). Если узел имеет только один буфер передачи, то, передав фрейм, ему необходимо «отпустить» шину для подготовки нового фрейма. С двумя передающими буферами схема работы микромодуля следующая: один буфер передает фрейм, другой - перезагружается. Однако нагрузка на MCU при такой схеме в микромодуле значительна. Необходимо гарантировать обновление второго буфера, до того как закончиться передача фрейма из первого. Типовые приложения микромодулей требуют три передающих буфера. Один буфер передает фрейм, второй подготовлен к передаче, а третьей может быть перезагружен MCU. Данный способ несколько снижает нагрузку на MCU. Имея три передающих буфера, есть возможность распределить приоритет между ними.

CAN модуль имеет 3 передающих буфера, каждый из которых занимает 14 байт памяти: 8 байт (данные в фрейме); 5 байт (стандартный и расширенный идентификаторы, информация об арбитраже фрейма); 1 байт (служебный байт, связанный с каждым фреймом). Указываются условия и статус передачи фреймов. Данные, подготовленные для передачи, сохраняются в регистрах TXBnDm. Как минимум, должен быть указан стандартный идентификатор в TXBnSIDH:TXBnSIDL регистрах. Если в фрейме будет использоваться расширенный идентификатор, то его необходимо записать в регистры TXBnEIDm и установить бит EIXDEN. Перед началом передачи фрейма должен быть указан приоритет и включено прерывание TXIE, если это необходимо. После окончания передачи устанавливается флаг TXBnIF и сбрасывается TXREQ.

До отправки бита SOF на шину CAN, приоритеты всех буферов одинаковы. Сначала передаются фреймы из буфера с самым высоким приоритетом. Если два буфера имеют один близкий приоритет, то

первым будет передан фрейм из буфера с более высоким приоритетом. Например, буферы: 0 и 1 имеют одинаковый приоритет, первым будут переданы данные из буфера 1. Биты: TXPRI1:TXPRIO используются для указания приоритета буфера (11 наивысший приоритет).

Чтобы инициировать передачу фрейма, необходимо установить бит TXREQ, узел сам решает конфликты синхронизации между установкой бита TXREQ и формированием бита SOF. При установке бита TXREQ автоматически сбрасываются биты TXABT, TXLARB и TXERR. Установка бита TXREQ фактически не запускает передачу, а помещает фрейм в буфер в очередь для передачи. Передача начнется, когда узел обнаружит простой шины, с передачи фрейма с самым высоким приоритетом. Если фрейм успешно передан с первой попытки, TXREQ сбросится, будет сформировано прерывание, если оно разрешено битом TXIE. Если фрейм не удастся отправить с первого раза, один из флагов условия будет установлен. Бит TXREQ остается установленным, показывая, что фрейм все еще ожидает передачи. Если во время передачи фрейма возникла ошибка, будет установлен бит TXERR, что может вызвать прерывание. При потере арбитража во время попытки передать фрейм, устанавливается бит TXLARB, прерывание не формируется.

Узел позволяет отменить передачу фрейма сбросом бита TXREQ для каждого из буферов в отдельности. Установкой бита ABAT будет выполнен запрос на прекращение передачи из всех буферов. Установка бита TXREQ для начала передачи фрейма. Установка бита ABAT для отмены всех поставленных в очередь фреймов, CAN модуль ожидает 11 'recessive' бит, через 2 такта устанавливает TXABT. Поставленный в очередь фрейм отменен, сбросом бита TXREQ. Установка бита TXREQ для начала передачи фрейма. Сброс бита TXREQ для отмены передачи фрейма, CAN модуль ожидает 11 'recessive' бит, через 2 такта устанавливает TXABT. Если фрейм еще не запущен на передачу, или если передача была прервана в результате ошибки или из-за потери арбитража, отмена передачи фрейма будет обработана. После прекращения, выполнения операции отмены передачи фрейма, устанавливается бит TXABT, флаг TxnIF не устанавливается. Если

начата передача фрейма, и поступила команда отмены, модуль CAN будет пытаться передать фрейм полностью. При удачной передаче фрейма бит TXABT не устанавливается. Установка бита TXREQ для начала передачи фрейма. CAN модуль начинает передачу фрейма после обнаружения 11 'recessive' бит. Сброс бита TXREQ для отмены передачи фрейма, подтверждение отмены фрейма нет. Передача фрейма завершена, бит TXABT сброшен, бит TXnIF установлен. Если попытку передать фрейм, при поступившей команде отмены, выполнить не удалось, повторно фрейм не передается. Будет выполнена команда отмены и установлен бит TXABT. Установка бита TXREQ для начала передачи фрейма. TXLARB автоматически сбрасывается. CAN модуль начинает передачу фрейма. Потеря арбитража, устанавливается бит TXARB.

После обнаружения 11 'recessive' бит, вторая попытка передать фрейм. Передача фрейма завершена, бит TXREQ сброшен, бит TXIF установлен. Есть два типа прерываний, связанных с передачей фреймов: передача завершена; ошибка при передаче. После завершения передачи фрейма устанавливается флаг TXIF, указывая, что, по крайней мере, один из трех буферов пуст. При возникновении ошибки во время передачи фрейма устанавливается флаг ERRIF. Для определения источника ошибки необходимо проверить биты регистра COMSTAT. Следующие биты регистра связаны с передатчиком: TXWARN - предупреждение о достижении счетчиком ошибок передатчика значения 96. Прерывание возникает при переходе из 0 в 1. Бит не может быть сброшен программно, он сбрасывается автоматически при значении счетчика меньше 96. Флаг ERRIF сбрасывается программно. TXEP - указывает, что модуль находится в пассивном состоянии. Значение счетчика ошибок передатчика превысило 127. Прерывание возникает при переходе значения бита из 0 в 1. Бит не может быть сброшен программно, он сбрасывается автоматически при значении счетчика меньше 127. Флаг ERRIF сбрасывается программно. TXBO - указывает, что модуль CAN находится в состоянии - отключен от шины. Значение счетчика ошибок передатчика превысило 255. Прерывание возникает при переходе значения бита из 0 в 1. Бит не может быть сброшен

программно. Флаг ERRIF сбрасывается программно. После сброса все регистры имеют значения повторной установки, модуль CAN необходимо инициализировать заново. Полученные фреймы будут потеряны.

Все узлы шины должны работать на одной скорости передачи данных. Установка скорости передачи может быть выполнена только в режиме инициализации и не может быть изменена. CAN протокол обеспечивает сложные механизмы обнаружения ошибок. Ошибки делятся на две основных группы: Ошибки приемника: CRC; “наполняющая” ошибка; недопустимый фрейм. Ошибки передатчика: подтверждения; формы; бита. При возникновении ошибки во время передачи фрейма, ошибочный фрейм прерывается и будет повторно передан как можно раньше. Каждый узел может находиться в одном из трех состояний. Состояние активной ошибки - обычное состояние: узел может передавать, принимать фреймы и формировать 'dominant' фрейм об ошибке. Состояние пассивной ошибки: узел может передавать, принимать фреймы и формировать 'recessive' фрейм об ошибке. Состояние отключено от шины - состояние «выключено»: узел не может передавать и принимать фреймы.

CAN модуль содержит два счетчика ошибок: приемный счетчик ошибок (RXERRCNT), счетчик ошибок передатчика (TXERRCNT). Значение обоих счетчиков доступно для MCU. Значение счетчиков изменяется согласно техническим требованиям к CAN. CAN модуль находится в состоянии активной ошибки, если значение обоих счетчиков меньше 128. Состояние пассивной ошибки возникает, когда один из счетчиков превысит значение 127. Если счетчик переполнится (значение больше 255), узел переходит в состояние - отключен от шины. Дополнительно имеется промежуточное (предупреждающее) состояние, когда значение одного из счетчиков превышает 96.

Все узлы должны работать на одной скорости передачи фреймов. CAN позволяет использовать кодирование NZR, в котором не присутствует синхронизация. Поэтому приемники, с независимой синхронизацией, должны восстанавливать синхронизацию фреймов. Для настройки скорости передачи должны быть выполнены следующие настройки: ширина перехода синхронизации;

предварительный делитель; фазовые сегменты; длина фазового сегмента 2; элементы выборки; сегменты распределения.

Поскольку тактовые генераторы и время распространения сигнала от узла к узлу могут быть различные, приемник должен иметь некоторое подобие фазовой автоподстройки, синхронизированной к переходу уровней во время передачи фреймов. Для кодирования NZR необходимо использовать “наполняющий” бит, чтобы гарантировать изменение полярности передаваемых фреймов, по крайней мере, через каждые 6 бит передачи. Эту функцию выполняет устройство цифровой фазовой автоподстройки синхронизации (DPLL). Логика работы DPLL программно настраивается с учетом следующих факторов: время передачи бита; тип синхронизации к локальному генератору; компенсация задержки в цепи передачи; позиционирование элемента выборки. Интервал времени передачи одного бита можно разделить на сегменты: синхронизации (синхронизация SEG); распространения (опора SEG); буфер фазы сегмента 1 (Фаза 1 SEG); буфер фазы сегмента 2 (фаза 2 SEG). Сегменты времени и номинальное время передачи бита составлены из целочисленных интервалов времени, называемых квантами времени TQ. Номинальное время передачи бита колеблется от 8TQ до 25TQ. Минимальное номинальное время передачи бита 1 мкс, что соответствует скорости передачи 1 Мбит/с.

Программируемый предварительный делитель частоты предназначен для определения длительности кванта времени TQ. Длительность кванта времени рассчитывается по формуле: $TQ = 2 \times (BRP + 1) \times T_{osc}$, BRP <5:0> имеет значения от 0 до 63. Например: $F_{osc} = 16 \text{ МГц}$, BRP5:BRP0 = 00h, номинальное время передачи бита = 8TQ, тогда, TQ = 125нс, скорость передачи данных = 1 Мбит/с. $F_{osc} = 32 \text{ МГц}$, BRP5:BRP0 = 01 h, номинальное время передачи бита = 8TQ, тогда, TQ = 125нс, скорость передачи данных = 1 Мбит/с. $F_{osc} = 32 \text{ МГц}$, BRP5:BRP0 = 3Fh, номинальное время передачи бита = 25TQ, тогда, TQ = 4мкс, скорость передачи данных = 10Кбит/с.

Сегмент распространения используется для компенсации физического времени запаздывания в пределах сети. Задержка рассчитывается с учетом: прохождения бита от передатчика к приемнику и обратно, входной задержки компаратора и задержки

выхода драйвера. Значения сегмента распространения колеблются от 1TQ до 8TQ, и устанавливаются битами PRESE2:PRESE0. Фазовые сегменты предназначены для оптимального расположения (выборки) бита, в пределах интервала времени для передачи бита. Точка выборки располагается между фазовым сегментом 1 и фазовым сегментом 2.

Фазовый сегмент 1 определяет момент выборки в пределах передаваемого бита и имеет значение от 1TQ до 8TQ (SEG1PH2 : SEG1PH0). Фазовый сегмент 2 обеспечивает задержку до начала следующего бита и устанавливается в пределах от 1TQ до 8TQ (SEG2PH2 : SEG2PH0). Элемент выборки - время, когда читается состояние шины для определения принятого бита. Выборка размещается в конце фазового сегмента 1. Если синхронизация бита медленная (содержит большое количество TQ), возможно задать многократный выборочный контроль состояния шины. CAN модуль производит выборку три раза для каждого принимаемого бита, с периодичностью TQ/2. Значение, полученное два (три) раза, принимается как истинное. Включение многократной выборки производится установкой бита SAM в регистре BRG2C0N.

Чтобы компенсировать смещение фазы между частотами генераторов различных узлов шины, каждый CAN модуль должен синхронизироваться к переходу уровня у битов линейного кода фрейма. Как только переход бита обнаружен, то элементы синхронизации в микромодуле сравнят размещение перехода у бита с ожидаемым и выполнят настройку значений фазовых сегментов 1.

Реализованы два механизма синхронизации: аппаратная синхронизация; синхронизация с восстановлением тактовых интервалов.

Аппаратная синхронизация выполняется при переходе от 'recessive' к 'dominant' биту в течение холостого хода шины, указывая начало фрейма. При жесткой синхронизации тактовые интервалы не изменяются в течение всего фрейма.

Синхронизация с восстановлением тактовых интервалов выполняется автоматическим удлинением фазы сегмента 1 или укорачивая фазовый сегмент 2. Максимальное значение изменения

фазовых сегментов колеблется в пределах от 1TQ до 4TQ (SJMP1: SJMP0).

Синхронизация выполняется только при переходах от 'recessive' к 'dominant' биту. Фиксированное значение максимального числа последовательных бит одинаковой полярности гарантирует своевременное восстановление синхронизации. Фазовое искажение перехода выполняется относительно синхронного сегмента, измеренного в квантах TQ.

Если величина фазового искажения меньше или равна запрограммированному значению ширины перехода восстановления тактовых интервалов, синхронизация выполняется жестким методом.

Если величина фазового искажения большая, чем ширина перехода восстановления тактовых интервалов, и если фазовое искажение положительно, то фазовый сегмент 1 удлиняется.

Если величина фазового искажения большая, чем ширина перехода восстановления тактовых интервалов, и если фазовое искажение отрицательно, то фазовый сегмент 2 укорачивается.

Приведем требования для программирования времени сегментов: Сегмент распространения + сегмент фазы 1 \geq Сегмент фазы 2 > синхронная ширина перехода. Скорость передачи данных = 125Кбит/с $F_{osc} = 20$ МГц, $T_{osc} = 50$ нс, BR5:BRP0 = 04h, TQ = 500. Для скорости передачи данных 125Кбит/с, номинальное время бита 16TQ.

Как правило, момент выборки должен располагаться в интервале 60 - 70% от времени передачи бита, в зависимости от системных параметров. Синхронный сегмент - 1TQ. Сегмент распространения - 2TQ. Сегмент фазы 1 - 7TQ. Сегмент фазы 2 - 6TQ. Ширина перехода: SJW1 :SJW0 может быть установлена максимальной 4TQ, однако в типовых приложениях достаточно 1TQ.

CAN модуль имеет несколько источников прерываний, каждое из которых можно разрешать или запрещать. Регистр PIR3 содержит флаги прерываний. В регистре PIR3 находятся маски 8 основных прерываний CAN модуля. Специальный набор битов: IC0DE2:IC0DE0 в регистре COMSTAT используется для обработки прерываний. Прерывание по возникновению любой из ошибок устанавливает флаг

ERRIF. Прерывания можно разделить на две категории: приемника, передатчика.

Прерывания приемника: Прием фрейма; Переполнение; «Пробуждение»; Предупреждение; Переход в пассивное состояние.

Прерывания передатчика: Передача фрейма; Предупреждение; Переход в пассивное состояние; Переход в состояние «отключен от шины».

Возникновение прерываний связано с установкой одного или более битов в регистрах COMSTAT или PIR. Прерывания ожидаются, пока один из соответствующих флагов не будет установлен.

Флаги прерываний в указанных регистрах должны быть сброшены в подпрограмме обработки прерываний, чтобы была возможность обработать следующее прерывание. Флаг прерывания не может быть сброшен, пока существует условие возникновения прерывания, за исключением условий, которые вызваны достижением счетчиком ошибок определенного значения.

ICODE2:ICDE0 - набор битов, доступных только для чтения и предназначенных для эффективной обработки прерываний через таблицу переходов. Одновременно эти биты могут указывать только на одно прерывание с наивысшим приоритетом.

CAN модуль использует до 3 портов ввода/вывода: 1 или 2 передающие и 1 приемный. Управление портами ввода /вывода осуществляется установкой/сбросом соответствующих бит в регистре CIOCON. Когда модуль CAN находится в режиме Настройки, Петлевом режиме или в состоянии «Отключен от шины», порты ввода/вывода работают как цифровые входы/выходы.

Если CAN модуль работает в режиме Не симметричного драйвера, то используется только вывод TX0. При использовании дифференциального выхода, необходимо подключить вывод TX1 установкой бита TX1EN.

В активном состоянии CAN модуля биты регистра TRIS, для портов ввода/вывода используемых модулем, игнорируются.

CAN модуль может принимать и передавать фреймы с данными по одному порту ввода/вывода. В CAN модуле предусмотрен выход, на

котором появляется единичный импульс при правильном приеме нового фрейма.

Все регистры, связанные с CAN модулем, подразделяются на пять групп: Управления и Статуса; Передающего буфера; Приемного буфера; Управляющие скоростью передачи; Управления и Прерываний.

Биты указывают, с какого буфера выполнялся доступ к памяти. При возникновении прерывания значения из IC0DE2:IC0DE0 переписываются в WIN2:WIN0 (111= приемный буфер 0. 110 = приемный буфер 0. 101 = приемный буфер 1. 100 = передающий буфер 0. 011= передающий буфер 1. 010 = передающий буфер 2. 001= приемный буфер 0. 000 = приемный буфер 0. Бит 0: не используется: читается как '0').

Бит 7-5: 0PM0DE2:0PM0DE0: режим работы CAN модуля 111= резерв, 110 = резерв, 101= резерв, 100= настройка CAN модуля, 011 = только прием данных, 010= режим циклического возврата, 001 = CAN модуль отключен от шины, 000= нормальный режим работы. Примечание: при переводе микроконтроллера в SLEEP режим, необходимо выбрать режим «Отключен от шины». Бит 4: не используется: читается как '0'. Бит 3-1: IC0DE2:IC0DE0: код прерывания: 111= «пробуждение» по прерыванию, 110 = прерывание RXBO, 101= прерывание RXB1, 100 = прерывание TXBO, 011 = прерывание TXB1, 010 = прерывание TXB2, 001= ошибка прерывания, 000 = нет прерывания. Бит 0: не используется: читается как '0'.

Когда счетчик переполняется, узел отключается от шины. Если на шине будет последовательно передано 11 'recessive' бит, значение счетчика сбросится.

Вопросы для самопроверки по теме "элементы сетевого управления"

1. Спецификации CAN (1.0, 1.2 и 2.0A) для современного транспортного комплекса.
2. Полнофункциональный модуль CAN.
3. Стандартный и расширенный фреймы CAN.

4. Формат фрейма перезагрузки в CAN.
5. Элементы режимов работы модуля CAN.
6. Фильтры и маски приема фреймов в модуле CAN.
7. Специфика работы узлов CAN и роль режима инициализации. CAN протокол обеспечивает сложные механизмы обнаружения ошибок. Возможности обработки ошибок.
8. Компенсация смещения фазы между частотами генераторов различных узлов шины.
 9. Несколько источников прерываний в CAN модуле. Флаги и маски основных прерываний в CAN модуле.

5.4 Система защиты в AutoChief C20 для дизелей серии MC

AutoChief ®C20 соответствует требованиям IMO, IACS и одиннадцати классификационных обществ (КО), а также международным морским правилам. Система отвечает требованиям КО об автоматической работе без вмешательства человека, и соответствует всем правилам и положениям. Надежность AutoChief ®C20 гарантирована стандартами AQAP и ISO.

В центральном посту управления (ЦПУ) устанавливается Панель управления (АСР). На АСР отображается Состояние работы системы и Предупреждения о внештатных ситуациях в работе двигателя, а также выполняется настройка системы.

Интерфейс АСР состоит из цветного жидко-кристаллического дисплея, двух панелей с кнопками с индикацией и одной многофункциональной кнопки-манипулятора.

ЦПУ и машинное отделение (МО) оборудованы (опция) Кнопками аварийной остановки, которые подключаются к блоку Системы защиты двигателя (ESU), который по команде оператора или системы в случае аварийной ситуации ESU выполняет аварийную остановку двигателя.

Системы регулирования и защиты устанавливаются на двигатель или в непосредственной близости от него в машинном отделении.

В системе можно выделить: датчики оборотов двигателя, блоки RPMD, ECU (опция), RDO-16, RAI-16, MEI, ESU, PSO-P, электропривод (актюатор). АСР - с интерфейсом между оператором и системой

оборудован 7” цветным дисплеем с разрешением экрана 800 на 480 точек, одной большой многофункциональной кнопкой-манипулятором (Манипулятор) и шестью кнопками с покрытием из металлической фольги. Дисплей содержит необходимые графические элементы - «мимические» (Меню). Путем вращения Манипулятора влево или вправо, могут быть выбраны необходимые Меню - активируются при нажатии на Манипулятор.

Манипулятор применяется при выборе Меню и при изменении Режимов и Систем конфигурации.

Кнопки АСП имеют встроенные светодиоды (LED), которые помогают оператору визуально отслеживать их Статус. АСП имеет встроенную подсветку для работы при слабом освещении, которая регулируется встроенным фотоэлементом (LSR).

АСП позволяет управлять работой систем и может быть установлена в консоль ЦПУ. Индикация Режимов и Состояния двигателя на АСП: Частота вращения двигателя; Уставка частоты вращения; Индикатор давления пускового воздуха; Индикатор нагрузки; Индикация аварийных сигналов при дистанционном управлении; Индикация состояний при дистанционном управлении; Функции системы защиты и управления двигателем; Ограничения работы двигателя.

Кнопки со светодиодами на АСП: Отмена аварийной остановки/снижения оборотов; Изменение места управления; Отключение звукового сигнала; Подтверждение сигнала аварии; Аварийная остановка; Функции телеграфа; Звуковой аварийный сигнал.

Дисплей в АСП на основе жидкокристаллической (LCD) матрицы Thin Film Transistors (TFT). Дисплей состоит из цветного TFT-LCD экрана, микросхем управления, control-PWB, FPC, корпуса, передней и задней защитных панелей и блока подсветки. Графика и текст отображаются с отношением 15:9, разрешение экрана: 800x480 точек с палитрой 262144 цветов, используется 18-ти битный сигнал (6 бит x 3 – система смешивания цвета RGB).

Лучший угол обзора находится в 6-ти часовой позиции. LCD (на основе активной матрицы) и имеет высокое разрешение. Слабоотражающая черная матрица и поляризованное стекло с антибликовым покрытием позволят значительно уменьшить отблеск

экрана. LCD отображает состояния работы двигателя и помогает оператору вносить изменения.

Графический интерфейс пользователя (GUI) – дополнение к программному обеспечению для объединения компонент и возможностей регулятора и системы защиты. GUI упрощает использование системы. Приложение выводит на экран информацию в графическом виде.

Видимый графический интерфейс сопровождается своим Меню и сопровождается графическими элементами («Профилями»), которые используются для коммуникации с основной программой и упрощают взаимодействие оператора с системами. «Профили» содержат: окна, тексты, кнопки (сенсорные), меню, приборы с круговой шкалой, шкалы и диаграммы.

Крупные «Профили» имеют Рамки для привлечения к их содержанию внимания оператора. Более мелкие «Профили» используются как инструменты для ввода данных с помощью клавиш, кнопок или Манипулятора.

«Профили» функционально независимы и связаны с программами, поэтому GUI (графический пользовательский интерфейс) может настраиваться на разные элементы Профилей в качестве монофункционального интерфейса между оператором и Профилями работы систем: Мониторинг давления пускового воздуха; Обороты двигателя, Нагрузка, Корректировка рабочих параметров, Аварийные сигналы защиты.

Функции, которые требуют прямого доступа – Аварийный стоп, Отмена и Подтверждение аварийных сигналов, отключение Звуковой сигнализации, доступны посредством Нажимных кнопок в АСР. На Боковом меню отражаются основные «окна», которые должен видеть оператор.

Кнопки, расположенные с левой стороны АСР, используются только для отображения Отменяемой аварии или Ограничения и не используются как кнопки в случае автономной установки регулятора и системы защиты. Если Активная аварийная ситуация или Ограничение отменяемые, то соответствующие кнопки будут подсвечены светодиодами (Красные). Светодиоды погаснут, когда Оператор подтвердит отмену или работа двигателя войдет в нормальный режим: Cancel SHD (Отмена

аварийной остановки); Cancel SLD (Отмена аварийного снижения оборотов); Cancel limits (Отмена ограничений).

На АСР имеются функции аварийных сигналов и команд: в Управлении (In Command) – показывает, что задается Управление (Зеленый); Отключение звуковой сигнализации (Sound off) – Выключение звукового сигнала аварии (Желтый); Подтверждение аварии (Alarm Acknowledge) – Подтверждение сигнала аварии (Желтый).

Модули распределенной обработки данных (DPU) состоят из шести модулей, каждый из которых выполняет свою задачу. DPU выполняют мониторинг и обеспечивают регулировку параметров двигателя. DPU имеют аналоговые и цифровые входные/выходные каналы.

Связь между блоками осуществляется через отдельные CAN. Микропроцессор в DPU программируется на выполнение Процессов, например, обнаружения выхода за определенные границы величины контролируемого сигнала.

Аварийные сигналы, которые не влияют на работу, подавляются во время Запуска и Аварийной остановки двигателя.

Информация о Состоянии двигателя постоянно отслеживается в АСР. При обнаружении аварийного состояния через DPU в АСР выдается сигнал Аварии и Указывается датчик, выдавший этот сигнал. АСР выдает информацию о Аварийном состоянии, которая помогает оператору в Диагностике проблемы в профиле управления двигателем.

Все модули проходят проверку и получают одобрение классификационных обществ (DNV, LRS, BV, GL, RINA, NK, ABS, KR, PRS, MRS (Россия), CCS (Китай)). Механическое оборудование соответствует DnV Class B и IACS E10 (монтаж непосредственно на двигателе, насосы). Электромагнитная совместимость соответствует IACS E10 и EN60945.

Модуль Интерфейса Главного Двигателя (MEI) оснащен несколькими типами цифровых и аналоговых входных/выходных каналов и оборудован для подключения к CAN. Состояние питания, встроенную систему самотестирования элементов системы и состояния CAN можно контролировать по светодиодным индикаторам на MEI: 1-й и 2-й каналы – релейные выходы (макс. индуктивная нагрузка 3 А при 230 В); 3-й и 4-й каналы – аналоговые выходы (ток варьируется от 4 до 20

мА с макс. нагрузкой 550 Ом, напряжение ± 10 В); каналы с 5-го по 14-й – управление соленоидами с функцией проверки цепи (только на обрыв), с напряжением от 18 до 32 В и максимальным током 500 мА (соленоидные выходы питаются напрямую от источника питания системы); каналы с 15-го по 28-й – цифровые входы с возможностью проверки цепи (требуется дополнительное оборудование); каналы с 29-го по 36-й – по выбору аналоговые или цифровые входы с возможностью проверки цепи (ток источника 4-20 мА); каналы с 34-го по 36-й – по выбору цифровые входы или потенциометр (1, 5 или 20 кОм, контактная щётка) с возможностью проверки цепи. Элементы параметров и характеристик: Входные потенциометрические каналы, 3-х проводные (4,5 В, сигнал, 0 В); 5 входных токовых каналов, 3-х проводные (24 В, токовый сигнал, 0 В); 14 входных цифровых каналов с проверкой цепи; Входные каналы ток/напряжение (± 20 мА и ± 10 В); 10 каналов управления соленоидами с проверкой цепи (только на обрыв); 2 выходных релейных канала с контактами двустороннего действия; Масштабирование в технических единицах; Проверка сигнала на выход за предельные значения; Наблюдение и сигнализация по всем каналам; Выравнивание отклонений; Отметка времени для аварий и других событий (0,001 с); Самотестирование; Защита датчиков от перегрузки; Обработка ошибок CAN. Блок системы защиты (ESU) выполняет функции системы защиты и аварийной остановки двигателя: • Отслеживание параметров двигателя. Отслеживание частоты вращения двигателя. Кнопка аварийной остановки двигателя.

Все Параметры и Профили задаются в ESU Поставщиком двигателя. В ESU используются цифровые входные и выходные каналы. ESU имеет две независимые линии питания и имеет встроенный Профиль автоматического переключения между линиями питания. Важно отметить цифровые Входные каналы с 14-го по 19-й напрямую связаны с Выходными каналами с 5-го по 13-й. В случае отказа микропроцессора в ESU цифровые каналы 20-22 переключаются напрямую на выходные каналы 5-13.

ESU оборудован интерфейсом для CAN. Состояние ESU отображается встроенными светодиодами: Встроенное дублирование функций. Система самотестирования. Отметим функции и характеристики

ESU: 4 выходных релейных канала с контактами двустороннего действия; 9 цифровых входных каналов (аварийная остановка) с проверкой цепи; 6 цифровых входных каналов с проверкой цепи; 3 цифровых входных каналов с проверкой цепи (только на обрыв); 6 цифровых входных каналов с проверкой цепи; Дублированное питание 24 В; Управление соленоидами с функцией проверки цепи; Наблюдение и сигнализация по все каналам; Отметка времени для аварий и других событий (0,001 с); Самотестирование; Защита датчиков от перегрузки; Обработка ошибок CAN.

Модуль электронного регулятора (DGU) управляет частотой вращения двигателя. Необходимая Уставка частоты вращения задается или с АСР или Рукояткой управления и DGU поддерживает установленные обороты двигателя. В DGU поступают все сигналы, необходимые для регулировки частоты вращения. DGU будет продолжать работать как независимый модуль в случае выхода из строя CAN. В DGU имеются: 4 CAN порта и 2 порта для RS422/RS485. Все порты имеют гальваническую изоляцию. Питание DGU от источника 24 В в диапазоне от +18 В до +32 В (имеет гальваническую изоляцию).

Функции DGU: Автоматическая регулировка частоты вращения. Автоматическое ограничение работы двигателя по наддуву, крутящему моменту и т.д. Ручное ограничение работы двигателя по оборотам, подаче топлива и т.д. Избегание критической частоты вращения. Автоматическое снижение оборотов. Отметим функции и характеристики DGU: 4 порта для CAN; 2 пара для RS422/RS485; Масштабирование в технических единицах; Проверка сигнала на выход за предельные значения; Наблюдение и сигнализация по всем каналам; Выравнивание отклонений; Отметка времени для аварий и других событий (0,001 с); Самотестирование; Обработка ошибок CAN.

Распределительный модуль частоты вращения двигателя (RPMД) состоит из 2-х модулей RPME. Питание осуществляется от источника 24В, имеется 4 входных канала для подключения таходатчиков, 2 релейных выхода, 2 выхода на соленоиды, сдвоенный CAN и 2 порта для RS422/485. Модуль предназначен для измерения частоты вращения двигателя, используя 2 модуля RPME. Такая комплектация гарантирует безотказную работу системы.

Каждый модуль RPME имеет 2 входных канала для подключения таходатчиков, 1 релейный выход, 1 выход на соленоиды, двоянный CAN и 1 порт для RS422/485. В конструкции модуля RPMD предусмотрена возможность монтажа непосредственно на дизеле.

Отметим функции и характеристики RPMD: 2 входных канала для подключения таходатчиков - 2-х или 3-х проводных (NPN или PNP таходатчики); 1 выходной релейный канал с контактами двустороннего действия; 1 канал управления соленоидами; Масштабирование в технических единицах; Проверка сигнала на выход за предельные значения; Наблюдение и сигнализация по всем каналам; Выравнивание отклонений; Отметка времени для аварий и других событий (0,001 с); Самотестирование; Обработка ошибок CAN. В схеме соединений между RPME (U1 и U2) следует отметить взаимную связь между RPME U1 и RPME U2. W203 и W204 - цифровые входы/выходы. W203 непосредственно соединен с линейным портом ввода/вывода X7 модуля DGU. Если W203 отказывает, то два W204 будут задействованы. W1 - релейная линия связи. RPMD может монтироваться непосредственно на двигателе. Корпус модуля водонепроницаемый и закрывается 4 –мя болтами по углам модуля.

Аналоговый входной модуль (RAi-16) поддерживает большую часть каналов для сигналов от систем, используемых на морских судах: по напряжению, току и сопротивлению в различных пределах и может масштабировать сигналы в заданных технических единицах. RAi-16 питается от источника 24 В и имеет двоянный CAN. Отметим функции и характеристики RAi-16: 16 аналоговых входных каналов; Масштабирование в технических единицах; Диапазон частоты: 5-500 Гц (One counter, range: 5 - 500 Hz); Проверка сигнала на выход за предельные значения; Задержка сигнала; Наблюдение и сигнализация по все каналам; Отметка времени для аварий и других событий – 0,001с; Самотестирование; Защита датчиков от перегрузки; RS 422-A или RS 485; Обработка ошибок CAN; Параметры записаны в памяти модуля; Возможность дистанционной настройки; Отсутствуют подстройки элементы и переключки; Отсутствуют части, подлежащие обслуживанию; Все соединения на разъемах; Пригодны для прямой установки на главном двигателе; Модуль содержит LED-

индикацию для состояний: Watchdog, running (Рабочее состояние), Общая информация, Инициализация модуля, Полярность питания.

Цифровой модуль (RDo-16) – многофункциональное устройство, которое охватывает выходные сигналы морских автоматических систем. Для него необходимо питание 24VDC. Модуль поддерживает две CAN с обработкой информации по времени от подключенных датчиков: 16 цифровых выходных каналов с LED-индикацией состояний; Один полюсный переключатель с безразрывным переключением; Импульс при включении выхода; Импульс при выключении выхода; Обработка ошибок CAN; Все параметры сохраняются в одном модуле; Дистанционная реконфигурация; Отсутствуют подстроечные элементы или перемычки; Отсутствуют части, подлежащие обслуживанию; Все соединения на разъемах; Подходит для прямой установки на двигатель, содержит LED-индикацию для Состояний: Watchdog, running (Рабочее состояние), Общая информация, Инициализация модуля, Полярность питания.

Режим «Постоянное топливо» применяется, если система регулирования изготовлена компанией Kongsberg Maritime AS. Обороты измеряются постоянно, и когда они остаются постоянными определенное время, система регулирования будет информирована о включении режима «Постоянное топливо». Тогда регулятор замкнет выход топливного привода на фиксированный Топливный Индекс.

Когда Топливный Индекс зафиксирован, то обороты будут «колебаться». Данная функция требуется в некоторых случаях, например, когда необходимо снимать Индикаторные диаграммы – требуется постоянное слежение за оборотами и их сравнение с Верхним и Нижним параметром Отклонения в RPM. Если обороты «колеблются» выше или ниже данных пределов, выход топливного привода будет разблокирован и система дистанционного управления снова вернется к требуемой Уставке по оборотам.

Имеются и другие Зоны пределов по оборотам, для которых может применяться данная функция. Например, Зоны с Недопустимо низкими оборотами, когда двигатель может остановиться, если количество топлива постоянно не контролируется, или в Зонах Высоких оборотов, когда RPM отмечает возможность для двигателя достижения уровня Разноса.

Контроль за Топливной уставкой - топливный индекс напрямую устанавливается Рукояткой, находящейся «в Управлении». Если рукоятка установлена в позициях: Dead Slow (Самый Малый ход), то будет поступать 0% топлива, Nav Full (Самый Полный Вперед), то будет поступать 100% топлива, независимо от оборотов двигателя.

Ограничители будут продолжать работать, так что двигатель не будет Перегружен по причине, связанной с топливом. Однако, он может легко достичь Разноса. Функция является полезной, если индикаторные диаграммы должны быть «сняты», когда топливный индекс должен поддерживаться в одной позиции для всех цилиндров.

«Мертвая Зона» – уменьшает движение привода. Обороты «мертвой зоны» устанавливаются параметрами, по умолчанию - 2 об/мин (± 2 об/мин). Во время Нормальной работы система контроля скорости будет использовать в этой области уменьшенный коэффициент усиления, приводящий к Замедлению работы регулятора в приводе при «колебаниях» оборотов меньше, чем ± 2 об/мин. Когда выбран режим «Мертвая зона», то в этой зоне коэффициент усиления равен нулю, и Регулятор не будет работать. «Мертвая зона» может быть отрегулирована до 15 об/мин.

Режим Rough sea (Штормовое море) предусмотрен как опция во избежание состояния Разноса во время шторма. Выбор режима «Штормовое море» производится из меню АСР. Если выбран режим «Штормовое море», регулятор применяет специально заданный коэффициент усиления для данного режима. Дополнительно, контроллер PI позволяет производной части “D” незамедлительно реагировать быстро при быстрых колебаниях оборотов.

Функция отключения цилиндра (опция) – увеличение стабильности оборотов при работе двигателя при малой нагрузке и низких оборотах. Система отключает работу цилиндров в группах – обычно две группы. Только половина цилиндров будет работать одновременно. Работа групп цилиндров (1 и 2) реализуется попеременно по времени для избежания чрезмерного расхода цилиндрического смазочного масла при сжигании. Вторая причина – поддержание постоянной тепловой нагрузки всех цилиндров.

Для обеспечения надежного пуска система отключения цилиндров во время пускового периода отключается, пока работа двигателя не будет стабильной. Если активирована отмена ограничений или команда по оборотам от рукоятки телеграфа отличается от измеряемых в RPM в пределах заданных пределов, то система отключения цилиндров блокируется, и все цилиндры будут работать.

Функция Аварийный Останов (1 – 6) – активированы какие-либо датчики аварийного останова и двигатель автоматически будет остановлен. Будет активирован соленоидный клапан аварийного стопа и в регулятор поступит команда на нулевую уставку топливной рейки. Двигатель остановится.

Отметим входные сигналы для датчиков аварийного останова: Аварийный останов 1 (установлена на разнос - overspeed); Аварийный останов 2-6 (определяется конкретным проектом); Заказная Аварийный останов 1-5 (определяется конкретным проектом); Входные сигналы датчиков могут быть цифровыми (вкл/выкл) или аналоговыми;

Сигналы аварийного останова могут быть двух типов: отменяемые и неотменяемые. Неотменяемые аварийные остановы немедленно останавливают двигатель.

Отменяемый Аварийный Останов - в течение времени предварительного предупреждения имеется возможность отменить аварийный останов. Для отменяемых аварийных остановов предусмотрена задержка по времени. Время задержки может быть отрегулировано индивидуально для каждого датчика. Индикация будет отражена на LCD в панели АСР.

Функция «Аварийный Стоп» - имеется возможность подсоединить к системе защиты до 5 кнопок аварийного стопа. Они могут находиться на левом крыле мостика, правом крыле, на мостике, в ЦПУ и в модуле аварийного поста (установлен на двигателе). Соленоидный клапан аварийного останова активируется непосредственно через модуль аварийного поста, когда нажата одна из кнопок. Сигнал “Stop” посылается через CAN. В регулятор поступает команда на нулевую уставку топливной рейки. Двигатель остановится; на АСР появится сигнал «Аварийный стоп (Emergency stop)» и информация о том, какая из кнопок Аварийного стопа была активирована. Аварийный стоп может

быть активирован из всех Постов управления в любое время, независимо от Позиции Управления. Аварийный стоп отключается, если нажать кнопку еще один раз.

Аварийный останов при разносе - определяется системой RPM при помощи таходатчиков, которые смонтированы у маховика и в случае, когда обороты превышают уровень разноса (109% МДМ, регулируемые). Постоянный сигнал от системы определения RPM подается на вход аварийного останова в ESU для активации соленоидного клапана аварийного стопа. Система определения RPM при помощи двойной CAN подаст команду аварийного останова двигателя в CAN, систему Защиты и систему Регулирования - приведет к активации соленоидного клапана аварийного стопа и переводу топливной рейки в нулевую позицию. Двигатель остановится и на АСР покажется аварийный сигнал «Разнос» (Over-speed) ».

Функция снижения нагрузки - двигатель автоматически уменьшит скорость в соответствии с замедлением (регулируемым) с любого активированного датчика снижения нагрузки. Сигнал снижения нагрузки будет направлен в систему CAN и/или Регулятор. Индикация снижения нагрузки “Slow down” появится на АСР. Входные сигналы датчиков снижения нагрузки: Снижение нагрузки 1-20 (определяется конкретным проектом). Входные сигналы датчиков могут быть цифровые (вкл/выкл) или аналоговые. Сигналы снижения нагрузки могут быть настроены как отменяемые или неотменяемые.

Неотменяемые сигналы снизят обороты двигателя незамедлительно, а на отменяемые будет действовать задержка. Время задержки может быть откорректировано индивидуально для каждого датчика. Отменяемые снижения нагрузки могут быть отменены индивидуально с АСР, независимо от позиции управления. Можно отменить все снижения нагрузки при управлении с мостика, при управлении из ЦПУ и при управлении с аварийного поста.

Снижение нагрузки автоматически «сбрасывается» после деактивации (отключения) датчика, как альтернатива (при деактивированном датчике Рукоятка на мостике должна быть установлена ниже уровня снижения нагрузки). Неотменяемое снижение нагрузки вызовет немедленное снижение скорости после того, как

закончится задержка по времени. Процесс снижения нагрузки: с ЦПУ (автоматически при помощи регулятора или вручную оператором); с Местного Поста управления (вручную при помощи местного устройства регулирования скорости).

Отметим элементы компонентов системы контроля и управления оборотами двигателя: ACP, DGU, RPMD, датчики и электрический привод.

Функциональные возможности цифрового Регулирования: Контроль за оборотами двигателя в зависимости от уставки Рукоятки управления; Защита двигателя от перегрузки; Режим «постоянное топливо» (увеличивает «мертвую зону» для регулировки скорости); Смазка цилиндров в зависимости от нагрузки (опция).

Функции привода: Установка топливной рейки в нужную позицию, в зависимости от команды, идущей от регулятора; В случае серьезной неисправности, заблокировать подачу топлива для поддержания скорости движения и тяги.

Функция ограничения по продувочному воздуху - «Ограничитель топлива по продувочному воздуху» ограничивает топливо в соответствии со значением давления, измеренного датчиком в коллекторе продувочного воздуха. Кривая ограничителя должна быть задана в соответствии со спецификацией изготовителя двигателя.

Функция ограничения по крутящему моменту - «Ограничение топлива по крутящему моменту» ограничивает топливо в соответствии с измеряемыми оборотами.

Ограничительная кривая должна быть задана в соответствии со спецификацией изготовителя двигателя.

Пусковая топливная уставка - если активирован пуск из системы дистанционного управления, регулятор установит для топливных насосов Предварительно заданный Топливный Индекс. Пусковая Топливная Уставка будет деактивирована, как только двигатель пройдет уровень Пусковой Уставки по оборотам.

Внешний стоп, Аварийный Останов, Превышение скорости (разнос) и аварийный стоп от системы защиты – посылаются через CAN на регулятор, который устанавливает топливный привод в позицию «Нулевое топливо».

Вход Снижения Нагрузки – функция снижения нагрузки активируется, когда из системы защиты действует входной сигнал на снижение нагрузки, который направляется по CAN линии на регулятор, и ограничивает через RPM до уровня «Снижения нагрузки» (Slow down) - данный параметр можно корректировать.

Ручное ограничение RPM и топлива – функция ручного ограничения RPM и Топлива включены в качестве стандартных в систему электронного регулирования.

Ограничение максимальных RPM или максимального топливного индекса может быть осуществлено оператором из ЦПУ. Отмена ограничений – топливные ограничители по продувочному воздуху и крутящему моменту могут быть превышены на 10% - функция отменяет Ручное ограничение по топливу и все ограничения и активирует «Тяжелый пуск».

Изменение количества цилиндровой смазки в зависимости от изменения нагрузки (Опция) – регулятор может, в качестве опции, управлять функцией «Изменения количества Смазки в зависимости от изменения Нагрузки» для двигателей MAN B&W. Регулятор будет управлять соленоидным клапаном системы смазки, который увеличивает количество смазочного масла, если будет выявлено явное и постоянное изменение нагрузки. 2.3.9.

Потери мощности (отключение системы) – топливная рейка заблокируется в последней позиции для поддержания скорости и тягового усилия. Когда мощность будет восстановлена, регулятор проверит фактическую скорость двигателя и уставку скорости и после этого будет автоматически восстановлены стандартные регулировки.

Определение RPM – система AutoChief C20 оборудована двумя независимыми системами измерения RPM системы непрерывно гарантируют точное измерение оборотов от таходатчиков и подают аварийные сигналы в случаях обнаружения отклонений.

Система регулирования AutoChief C20 получает информацию о действующих RPM от системы определения оборотов по прямой линии связи RS422 и в качестве дублирующей - по CAN.

Отмена «Аварийного Останов» (Cancel SHD) – во время нормальной работы появится сообщение об Аварийном Останове. Оно

появится, независимо от того, отменяемая Аварийный Останов или нет. Если он отменяемая и требуется поддержание скорости судна, то следуйте инструкции. Между обнаружением и активацией Аварийного Останова всегда имеется временная задержка. Аварийный Останов должен быть отменен до начала активации.

Для «Автономной Системы Защиты и Регулирования» (стандарт MAN Diesel) производства Kongsberg Maritime, кнопки «Отмена аварийного останова» (CANCEL SHD) – отключены, исключая LED-индикаторы.

Активация «Отмены аварийного останова» осуществляется при помощи системы дистанционного управления Alpha – при активации должна загореться красная LED – индикация на Левом ряду в ACP, обозначенная - CANCEL SHD.

Отмена «Снижения Нагрузки» (Cancel SLD) – во время нормальной работы появится сообщение о Снижении Нагрузки (оно появится, независимо от того, отменяемое Снижение Нагрузки или нет. Если функция отменяемая и требуется поддержание скорости судна, то следуйте инструкции. Между обнаружением и активацией Снижения Нагрузки всегда имеется временная задержка.

Функция Снижение Нагрузки должна быть отменена до начала активации. Для «Автономной Системы Защиты и Регулирования» (стандарт MAN Diesel) производства Kongsberg Maritime, кнопки «Отмена Снижения Нагрузки» (CANCEL SLD) отключены, исключая LED-индикаторы.

Активация «Отмены снижения нагрузки» осуществляется при помощи дистанционной системы Alpha. При активации должна загореться красная LED-индикация на левом ряду ACP – CANCEL SLD.

Отмена ограничений – Cancel limits для «Автономной Системы Защиты и Регулирования» (стандарт MAN Diesel) производства Kongsberg Maritime (кнопки Отмена ограничений) (Cancel limits) отключены, исключая LED-индикаторы).

Отключение Звукового сигнала (Sound off) если звуковая сигнализация в ACP включена, то нажмите кнопку «Sound off» на ACP для отключения звонка. Led-индикация будет гореть, пока кнопка нажата.

Подтверждение аварии (Alarm Ack): 1. Нажмите кнопку «Подтверждение аварии» (Alarm Ack) на АСР. 2. Загорится LED-индикация сбоку сенсорных клавиш «Аварийные сигналы» (Alarms) и «Система Защиты» (Safety System). 3. Используя многофункциональную кнопку для выбора окна «Аварии» (Alarms). Нажмите на кнопку для активации «окна». 4. Обратите внимание на окно Аварий и отметьте, какие аварийные условия там представлены.

Динамические индикации “Home” – показываются все различные сообщения, которые могут появиться на картинке “Home”. Серое поле ниже аналоговых приборов является строкой текущего состояния для индикации аварий.

Аварийные сигналы красные, а Подтвержденные - снова становятся серыми.

Нижняя секция странички – меню, где оператор может выбирать подменю при помощи многофункциональной кнопки.

Сенсорные клавиши или рабочие поля на картинке будут подсвечиваться при использовании оператором поворотной кнопки.

Ограничители двигателя (Engine limiters): Выберите окно «Limiters». На экране появится окно «Ограничители – Limiters». 2. При помощи поворотной кнопки найдите «Lim. Curves» (Кривые ограничений). 3. На данных кривых можно производить мониторинг ограничителей по продувочному воздуху и крутящему моменту. 4. Выберите сенсорную клавишу «Установить Ограничитель» (Set Limiter). 5. Ручной Ограничитель RPM может быть откорректирован путем перехода на поле «Manual RPM Limiter». 6. Нажмите поворотную кнопку для активации поля. 7. Откорректируйте значение Ограничителя RPM, при помощи поворотной кнопки. 8. Нажмите кнопку для ввода нового значения Ограничителя RPM. 9. Ручной Топливный Ограничитель может быть откорректирован при помощи такой же самой процедуры.

Выберите меню «Разное (Misc.)». 2. Нижняя секция базовой страницы изменится на строку меню «Misc.».

3. Выберите окно «Палитра (Palette)». 4. Имеются следующие палитры: День (Day), Рассвет (Dawn), Ночь (Night). 5. Каждая палитра может быть выбрана вручную при помощи поворотной кнопки. 6. Другой потенциометр служит для установки предела и индивидуальной корректировки в пределах каждой

палитры. Выберите окно «Характеристика двигателя» (Engine Data). Уставки на странице производятся во время Ввода в эксплуатацию двигателя и не могут быть изменены. Информация включает тип двигателя, тип винта, обороты и МДМ, количество цилиндров. 8. Выберите окно «Дата и Время» (Date & Time). 9. Используя поворотную кнопку, можно выбрать любое поле для корректировки даты и времени. 10. При выборе сенсорной клавиши «Установка времени» (Set Time) позволяет делать корректировки. 11. Выберите окно «Доступ Пользователя» (User Access). 12. Используя поворотную кнопку, можно выбрать «Входной» уровень при активации одного из следующих полей: 13. В зависимости от выбранного уровня входа, потребуется специальный пароль. 14. Для ввода пароля появляется всплывающее окно, используйте поворотную кнопку для ввода требуемого пароля. 15. Нажмите ОК в диалоговом окне. Состояние поля рядом с уровнем доступа изменится на «Активное». 16. Когда уровень доступа будет принят, то другие поля «Доступа Пользователя» станут доступными для корректировок. Внимание! Требуемый пароль можно заказать у Kongsberg Maritime AS. 17. Для замены пароля Индивидуально для каждого Уровня выберите один из Уровней Допуска на поле «Заменить пароль» (Change Password). 18. Напечатайте новый пароль в диалоговом окне. Ввод может контролироваться в левой нижней секции диалогового окна. 19. После введения нового пароля для выбранного уровня доступа, нажмите «ОК» в диалоговом окне. 20. Для изменения «Времени ожидания» (Timeout) выберите один из параметров Времени Ожидания. В данном примере было выбрано Время Ожидания для уровня «Пользователь» (User). 21. Нажмите кнопку для возможности изменения данной величины. 22. Используя поворотную кнопку, выберите фиксированное значение данного параметра. 23. Нажмите кнопку для активации произведенного изменения.

Изменение Параметра: 1. Выберите сенсорную клавишу «Изменение Параметра» (Parameter Change). 2. Обзор главных функций (Main Function Overview). 3. Выберите сенсорную клавишу «Пуск/Стоп/Ревверс» (Start/Stop/Reversing). 4. Из обзора «Подфункций» (Sub Function Overview) возможно выбрать параметры, относящиеся к «Пуск/Стоп/Ревверс» (Start/Stop/Reversing). 5. Выберите сенсорную клавишу «Медленный Проворот» (Slow Turning). 6. Данное меню содержит параметры для

«Медленного Поворота». 7. Выберите значение параметра для корректировки или проверки. 8. Нажмите кнопку для изменения значения параметра. 9. Корректируйте значение путем поворота кнопки. 10. Нажмите на кнопку для активации измененного значения параметра. 11. Значение параметра изменено; для возвращения в подменю выберите «Подфункции (Sub Functions)». 12. Если хотите вернуться к основному меню параметров, то выберите «Основные Функции» (Main Functions).

Меню «Разное 2»(Misc.2): 1. Выберите меню «Разное 2» (Misc.2). 2. Из данного меню возможно производить разные тесты в системе. 3. Выберите сенсорную клавишу «Проверка лампочек» (Lamp Test). 4. Все лампочки на АСР будут гореть для целей теста. 5. Когда сенсорная клавиша «Lamp Test» автоматически выключится, то 6. выберите сенсорную клавишу «Испытание Аварий» (Alarm Test). 7. Данная функция для испытания аварийных сигналов АСР и связанных с ней систем. 8. С аварийным сигналом необходимо обращаться в соответствии со стандартной процедурой. 9. Для отключения функции активируйте сенсорную клавишу еще один раз. 10. Выберите окно «Узлы» (Nodes). 11. Данное окно применяется только для Информирования оператора о Статусе каждого связанного узла в данной системе. 12. Используйте Поворотную кнопку для просмотра каждого узла. 13. Нажмите кнопку для входа в Перечень. 14. Прокрутите перечень с помощью «Полосы прокруток» справа на Информационном поле. 15. Просмотрите информацию для выбранного узла. 16. Нажмите кнопку для выхода из перечня. 17. Выберите окно «Недействительные Таги» (Invalid Tegn). 18. Данное окно используется только для информирования оператора о том, какие Теги системы не действуют.

Система Защиты: 1. Выберите окно «Система Защиты»(Safety System). 2. Базовое окно (Home) останется, но нижняя секция будет содержать другой набор сенсорных клавиш. 3. Используйте поворотную кнопку и перейдите к сенсорной клавише «Аварийная Остановка» (Shut Down); нажмите кнопку один раз. 4. На дисплее появится перечень всех активных входов Аварийной Остановки. 5. Если сенсорную клавишу «Shut Down» нажать еще один раз, на дисплее появится перечень всех Аварийных Остановок системы. 6. Выберите окно «Снижение Нагрузки» (Slow Down). 7,8. На дисплее увидим перечень всех активных входов «Снижения

Нагрузки». 9. Нажмите «Slow Down» еще один раз. 10. Если сенсорную клавишу «Slow Down» нажать еще один раз, на дисплее появится перечень всех Снижений Нагрузки системы. 11. Выберите окно «Детектор оборотов» (RPM Detector). 12. На экране появится окно Детектора RPM. 13. На этой картинке можно следить за работой четырех таходатчиков системы. 14. Для «сброса» счетчика оборотов активируйте «Сброс» (Reset). Дополнительно, нажмите «Alarm Ask» для подтверждения. 15. Для «Сброса» счетчика часов активируйте «Сброс» (Reset). Дополнительно, нажмите «Alarm Ask» для подтверждения.

Функция имитации RPM – для имитации RPM нажмите сенсорную клавишу «RPM Simulate». 1. Имейте в виду, что система управления пропульсией будет использовать имитированные RPM для ссылок. 2. Для включения имитации RPM необходимо ввести пароль. 3. Для корректировки RPM во время имитации вращайте поворотную кнопку. Функция Теста на Разнос – возможно осуществить функцию теста аварийной остановки из картинке детектора RPM.

Уровень разноса для теста может быть отрегулирован на более удобный уровень. Для его проведения: 1. Включите функцию «Уровень теста на разнос» (Overspeed Test Level). 2. Выберите уровень теста для корректировки и нажмите кнопку. 3. Вращайте поворотную кнопку для корректировки уровня RPM для теста на Разнос. 4. Нажмите кнопку для активации Уставки. 5. Когда двигатель достигнет Уровня Теста на Разнос, будет активирована функция Аварийной Остановки. 6. Не забудьте выключить функцию Теста на Разнос, когда тест закончен. 7. Нажмите «Аварийный Стоп» (Emergency Stop). Если ни один из Аварийных стопов не действует, окно будет пустым. 8. Для мониторинга всех активных выключателей Аварийного стопа нажмите «Аварийный Стоп» (Emergency Stop) еще один раз. 9. На дисплее появится состояние всех выключателей аварийного стопа. 10. В случае возникновения отказа цепи или активации выключателя аварийного стопа, загорится красная индикация.

Отметим специфику технического обслуживания бортовых систем обученными сервисными механиками или инженерами с опытом работы с электронной и цифровой аппаратурой, в части проектирования компьютерного и электромеханического оборудования.

Информационный уровень основан на концепции технического обслуживания компании Kongsberg Maritime: судовой технический персонал с помощью документации и функции встроенного контроля системы имеет возможность идентифицировать неисправности, локализовать их и заменить основные узлы, модули и компоненты на уровне быстросменных блоков (LRU). Однако, даже специалисты не должны пытаться ремонтировать блоки LRU. Чистка с применением абразивных материалов или сильнодействующих химических средств не рекомендуется, так как может привести к повреждению системы. Предупреждение! Отключайте электропитание перед заменой любых деталей! Внимание: Блоки AutoChief C20 не ремонтируются в полевых условиях. Любые попытки ремонта приведут к потере гарантии. Упакуйте неисправные узлы в коробки от сменных блоков и пошлите их для ремонта на Kongsberg Maritime. Рекомендуемые инструментарий и документация: Установочные чертежи; Цифровой универсальный измерительный прибор; Сенсорное имитирующее устройство; Отвертка для проводных выводов: плоская 3 x 0,7 mm; Отвертка для панели экрана: плоская 7 x 1.0 mm; Отвертка Pozidrive - POZI #1; Кабельные соединения.

Kongsberg Maritime рекомендует программу технического обслуживания системы AutoChief C20: Управления Пропульсивным режимом, включая управление технологическим процессом и управление режимом электропитания.

Еженедельно: Очистите все операторские панели, проведите в оперативном режиме испытания лампочек и функциональные испытания узлов. Очистите все фильтры узлов, оборудованных вентиляторами. Каждые 3 месяца: Проверьте таходатчики. Каждые 6 месяцев: Проверьте кабели и кабельные входы, винтовые соединения электровыводов, соединения предохранителей и разъемов.

Ежегодно: Проверьте и, если необходимо, откалибруйте входные датчики и выходные актюаторы в соответствии с инструкциями изготовителей. Для получения рекомендаций по графику профилактического обслуживания по проверке точек замера и аварийной сигнализации необходимо обращаться в Классификационные Общества и/или по Плану по техническому обслуживанию судна (или Местному Плану по техническому обслуживанию).

Компания Kongsberg Maritime рекомендует, чтобы работа каждого узла и его функция проверялись после каждого крупного технического обслуживания. Под крупным ТО понимается демонтаж, проверка, калибровка и повторная установка или замена датчиков давления, температуры и т.д. После ТО такого типа рекомендуется, чтобы каждый узел был снова введен в эксплуатацию в соответствии с инструкцией производителя оборудования.

Отметим график технического обслуживания узлов, оборудованных лампочками и/или кнопками проверки функций. Нажатие на кнопки проверки функций не прервет нормальную работу системы. Для каждого из указанных узлов еженедельно выполняйте: Очистите поверхности блоков. Вытрите поверхности чистой влажной тряпкой. Для более интенсивной очистки используйте чистую, влажную тряпку, смоченную в растворе мягкого средства для мытья посуды и воды. Выжмите ее тщательно перед вытиранием блока. Не применяйте растворы, содержащие растворитель или алкоголь.

Модули DPU не требуют еженедельного обслуживания. Каждые 3 месяца рекомендуется визуальная инспекция частей системы для предотвращения неполадок и гарантии безопасной работы.

Для Тахо-датчиков: очистите от грязи и проверьте зазор (когда двигатель остановлен).

Каждые 6 месяцев проверьте узлы системы: Проверьте кабели и кабельные входы на предмет повреждений; Затяните все винтовые электросоединения; Затяните все разъемные соединения.

Ежегодное обслуживание - рекомендуется визуальная инспекция узлов системы для предотвращения неполадок и гарантии безопасной работы.

Каждый год проверяйте и, если необходимо, калибруйте входные датчики и выходные приводы в соответствии с инструкцией изготовителя.

Как правило, нет необходимости делать повторную калибровку датчиков, если входной сигнал верный. Сравните входной сигнал данной системы с входными сигналами в других системах или местных измерительных приборах.

В частности для топливной рейки: проверьте позицию максимального топлива на топливных насосах, отрегулируйте параметр максимального топлива регулятора (когда двигатель остановлен).

Для получения рекомендаций по графику профилактического обслуживания по проверке точек замера и аварийной сигнализации необходимо обращаться на Классификационные Общества и/или к Плану по техническому обслуживанию судна.

Классификационные Общества обычно рекомендуют графики от 3-месячного до 6-месячного.

Устранение неполадок модулей DPU - коды ошибок блоков DPU; все модули DPU имеют встроенную систему самотестирования, которая выводит отчет об ошибках на АСР.

При возникновении ошибки коммуникации одного из DPU проделайте: Определите в каком модуле возникла ошибка. Проверьте светодиодные индикаторы питания и состояния модуля. Зеленый цвет указывает, что питание подается, а красный сигнализирует о неправильной полярности подключения питания.

Следуйте нижеперечисленным мерам при обнаружении неисправности. Нормальная работа (Normal operation): Показывает, что модуль в порядке. Проверьте кабели. Перезапустите модуль, отключив и снова включив питание. Если АСР продолжает сигнализировать об ошибке, замените модуль. Не загружено программное обеспечение. Показывает, что в модуль не загружено основное программное обеспечение. Не установлено в «Исходное» состояние» (Not initialised).

Световая индикация: Красный (Watch Dog), и Зеленый (Power). Верните изделие поставщику. Программное обеспечение остановлено (Application stopped). Световая индикация: Watch Dog Красный (Watch Dog), и Зеленый (End Init). Запустите повторно, выключив и снова включив питание. Если индикатор WatchDog продолжает гореть, то замените модуль. Питание с обратной полярностью - Световая индикация: Красный (Power). Подсоедините питание правильно и перепроверьте. Если индикация Power продолжает гореть, то замените модуль.

Отсутствует питание - Световая индикация: Отсутствует. Проверьте подвод питания и проводку. Если электропитание и проводка в порядке, то замените модуль. Модули DSU и ELACT имеют встроенные функции

самоконтроля. Сообщения о неисправностях расшифровываются с помощью специальных инструкций пользователя OMRON.

Для ссылок используйте: Инструкция по эксплуатации - OMRON Operation Manual Инструкция - MCW151 Series Motion Control Option Board Модели: R88A-MCW151-E и R88A-MCW151-DRT-E. Исправленное издание - Март 2003. Руководство Пользователя OMRON модели R88M-W_ (АС Сервомоторы); модели R88D-WT_ (АС Серво Приводы); АС Сервомоторы/Сервоприводы. Исправленное издание – Март 2003.

Замена АСР - проделайте следующее: Отвинтите монтажные винты. Приподнимите модуль. Отсоедините силовой кабель, затем кабель данных. Поместите новый модуль на месте старого. Подсоедините кабель данных, затем силовой кабель. Установите модуль на его место. Надежно затяните винты. Проверьте и убедитесь, что модуль работает правильно.

ВНИМАНИЕ! АСР опломбированы и не содержат частей, подлежащих ремонту. Вскрытие данных модулей повлечет снятие с гарантии. Все DPU похожи друг на друга. Убедитесь, что модуль для замены того же типа, что и вышедший из строя.

Типовые данные находятся на бирке каждого модуля.

ВНИМАНИЕ! Никогда не заменяйте более одного модуля одновременно.

5.5 Бортовые сети на основе судовой мехатроники в системе управления дизелем

В автоматизированной системе управления судовой энергетической установкой класса – А1 на базе дизеля типа RT Flex следует выделить новые элементы бортовых сетей на основе судовой мехатроники для дистанционного управления: «AutoChief C20» - главным дизелем; «RIO-C4» – генераторами и энергоустановками; «TME-152» с электропневматическим клапаном типа «HTS» – котельной установкой; «Daeho» типа «V15» – вязкостью топлива; «AutoSafe» с центральным блоком управления «BS320» – пожаротушением; «XFlow» с системой управления типа «CS4000» – локального пожаротушения. Следует отметить цифровые регуляторы температуры и давления для вспомогательных мультиплексорных систем поддержания на заданном

уровне: температур воды, масла, топлива (с диапазонами: «0-100°C» и «0-150°C»); давления пара (с диапазоном «0 - 20 bar»).

В Diesel Engine Control and Optimizing Specification (DENIS-9520) выделяют системы на основе Dual CAN и Dual LAN серверно-сетевого управления: AutoChief C20, DataChief C20 и WECS-9520. Первые две - Kongsberg Maritime C20 Automation System. WECS-9520 разработала Engine Management & Automation (EMA) для двигателей Sulzer RT flex.

В AutoChief C20 управляют топливоподачей в дизель через Рукоятку управления (LTU) – «Телеграф» и «Топливоподача». AutoChief C20 соответствует требованиям IMO, IACS и международным морским правилам. В AutoChief C20 выделим: Контрольные панели; Систему дистанционного контроля; Машинный телеграф; Систему защиты двигателя; Систему электронного регулирования частоты вращения вала главного двигателя; Запоминающее устройство маневровых режимов; Блоки распределённой обработки данных.

Панель управления (АСР) устанавливается в CONTROL ROOM. АСР отображает: состояния работы подсистем; элементы системы безопасности двигателя; обеспечивает настройки и управление подсистемами. В АСР входят: панельный цветной жидкокристаллический дисплей, специализированные панели с кнопками и индикацией. Выделим многофункциональную кнопку-манипулятор «джойстик» для быстрого доступа ко всем процессам и функциям в подсистемах в том числе и через цветной дисплей. Ключевые элементы процесса отображаются в табличной и графической форме: частота вращения, давление наддува и пускового воздуха элементы схем узлов агрегатов двигателя в том числе и в форме международных условных графических и мнемонических обозначений. АСР может быть установлена в любую стандартную консоль. Обеспечена защита доступа для ряда уровней использования. АСР обеспечивает управление процессами: блокировки противоположного направления вращения; передачи управления с мостика в ЦПУ и обратно; передачи управления на местный пост управления; отмены аварийной остановки и аварийного снижения оборотов; квитирования аварийной ситуации; выключения аварийной звуковой сигнализации; изменения параметров управления; индикации основных параметров и настроек. Особо выделим управление процессами с Прямым доступом (аварийный

стоп, отмена аварийной остановки и аварийного снижения оборотов, подтверждение аварийных сигналов, отключение аварийной сигнализации) через нажимные кнопки с индикацией.

Рукоятка и телеграф (LTU) позволяет управлять заданием направления вращения и частоты вращения главного двигателя. LTU перемещается в одиннадцать фиксированных положений для задания частот вращения вала в главном двигателе в направлениях: Вперёд или Назад. Фиксированные положения: Вперёд; Самый малый, Малый, Средний, Полный, Навигационный полный; Стоп; Назад; Самый малый, Малый, Средний, Полный, Аварийный назад. Для задания необходимой частоты вращения LTU может быть поставлена между фиксированными положениями. Для более тонкой настройки частоты вращения двигателя можно воспользоваться функцией «Тонкая настройка параметра», которая реализована в АСР.

Модуль управления с крыла мостика (BWU) на основе панели обеспечивает выполнение процессов через кнопки: аварийной остановки; передачи управления; подсветки и проверки ламп. Имеет индикаторы и Рукоятку управления с той же шкалой делений, что и Рукоятка управления на мостике. Для задания требуемой частоты вращения вала главного двигателя Рукоятка управления должна быть передвинута в необходимое положение. Следует отметить встроенную подсистему « сетевого электрического вала» для синхронного передвижения в соответствующие положения Рукояток управления в центре, на мостике и на другом крыле мостика.

Кнопочный телеграф (PBT) добавлен к блоку LTU и выполняет в машинном отделении функции типового телеграфа для оператора с целью быстрого Получения/Передачи сообщений между мостиком, ЦПУ и МПУ: Вперёд; Самый малый, Малый, Средний, Полный, Навигационный полный; Стоп; Назад; Самый малый, Малый, Средний, Полный, Аварийный назад. Кнопки нажимаются для Принятия и Подтверждения Приказов, получаемых с мостика. В телеграфе расположена кнопка для Проверки Индикаторных ламп и кнопка Аварийной остановки.

Интегрированные Панели управления местных постов (MCP). Одна из панелей расположена в ЦПУ, вторая - на местном посту управления в модуле управления E-25 системы WECS-9520.

Обе панели MCP имеют прямой доступ к управлению двигателем через систему WECS-9520 с реализацией основных функций защиты и управлений воздухоудувками.

На панели в ЦПУ (MCP) расположены следующие органы управления, реализующие следующие функции: Кнопка передачи управления; Кнопки «ВПЕРЕД», «СТОП», «НАЗАД»; Функции защиты; Отмена аварийной остановки; Кнопка проворачивания на воздухе; Кнопки управления воздухоудувками; Индикация основных параметров; Потенциометр для задания (работает в двух режимах); Режимы управления: по частоте вращения (Speed mode) или по количеству топлива (Fuel mode); Выключение аварийной звуковой сигнализации; Квитирование аварийной ситуации/

На панели, расположенной в местном poste управления (LCP) находятся те же самые органы управления, но дополнены динамиком звуковой сигнализации и кнопочным телеграфом.

Через две CAN измерительные и управляющие модули (DPU) с встроенными микропроцессорами выполняют различные процессы, например, обнаружения выхода за определенные границы величины контролируемого сигнала. Нежелательные аварийные сигналы подавляются во время запуска и аварийной остановки двигателя. Информация о состоянии главного двигателя постоянно отслеживается станциями дистанционного управления (ROS) системы централизованного контроля DataChiefC20, которая входит в состав AutoChiefC20, как самостоятельный модуль. Через распределенные по судну DPU и систему DataChiefC20, входящих в AutoChiefC20, упрощается распределенное серверно-сетевое управление процессами: выдачи сигнала аварии с цветовым и звуковым указанием места аварии с многоплановым сопровождением различной служебной информации о аварийном процессе.

Отметим возможности модулей распределенной обработки (DPU).

1. Модуль Интерфейса Главного Двигателя (MEI) оснащён рядом цифровых и аналоговых входных\выходных модулей с встроенными интерфейсами для CAN.

2. Модуль системы защиты (ESU) выполняет функции системы защиты и аварийной остановки двигателя. В ESU используются цифровые модули: отслеживания параметров главного двигателя: частоты вращения

двигателя; положения кнопок аварийной остановки двигателя; управления соленоидами напрямую и с функцией проверки цепи.

3. Модуль электронного регулятора (DGU) управляет частотой вращения главного двигателя. В DGU поступают все сигналы, необходимые для регулирования частоты вращения, причем DGU будет продолжать работать как независимый модуль даже в случае выхода из строя CAN. DGU оборудован 4-мя интерфейсами для CAN и 2-мя интерфейсами для RS422/RS485. DGU управляет процессами: Автоматического регулирования частоты вращения вала главного двигателя; Автоматического ограничения режимов работы главного двигателя по наддуву, крутящему моменту и другими (Ручное ограничение работы двигателя по оборотам, подаче топлива и т.д. Прохождение зон критической частоты вращения. Автоматическое снижение оборотов).

4. Распределительный модуль частоты вращения двигателя (RPMD) состоит из 2-х модулей измерения частоты вращения (RPMU). Модуль измеряет и обрабатывает данных о частоте вращения двигателя, используя 2 RPMU. Такая комплектация гарантирует безотказную работу системы. Каждый RPMU имеет 2 входных канала для подключения датчиков оборотов, 1 релейный выход, 1 выход на соленоиды, две на CAN и 1 выход на RS422/485.

5. Модуль дистанционного аналогового входа (RAi-16) с 16 аналоговыми и цифровыми входными каналами для сбора всех сигналов от подсистем автоматики, используемых на современных морских судах. RAi-16 измеряет выходные сигналы от датчиков (по напряжению, току и сопротивлению в различных пределах и масштабах в технических единицах), поддерживает частоту опроса 5-500 Гц по одному из каналов. Имеет встроенный интерфейс для CAN. Основные функции: Проверка сигнала на выход за предельные значения; Задержка сигнала; Наблюдение и сигнализация по все каналам; Защита датчиков от перегрузки; Обработка ошибок CAN.

6. Модуль дистанционного цифрового входа (RDi-32 & RDi-32a) – многофункциональное устройство, которое реализует каналы для большинства выходных сигналов в морских автоматических системах и имеет 32-а цифровых входных канала. Модуль имеет интерфейс для двух CAN. Основные функции: Проверка сигнала на выход за предельные

значения; Задержка сигнала; Наблюдение и сигнализация по все каналам; Защита датчиков от перегрузки; Обработка ошибок CAN.

7. Блок зональной защиты CAN по линии (PSS). В CAN используется витая пара и обе линии подвержены короткому замыканию и сбоям от не зарытых процессов. Линии с коротким замыканием или с разрывом должны сразу получать полную изоляцию данной зоны от других исправных. Это важно для зон подверженных пожарам или затоплению. Блок защищает две CAN. Основные функции: Защита двух линий в CAN; Увеличение количества разветвлений CAN.

Отметим основные процессы в AutoChief C20. Блокировка пуска. Считывание сигналов неисправности от системы защиты. По низкому давлению пускового воздуха. По неисправности воздуходувок. Неисправность пуска. По 3-м неудачным пускам двигателя. По превышению предела времени торможения. По превышению предела времени пуска. По превышению предела времени медленного проворачивания. По превышению оборотов медленного проворачивания. По неисправности в системе измерения частоты вращения. Двигатель не готов к работе. По неисправности системы WECS-9520. По положению «Валоповоротное устройство введено». По положению «Заблокирован главный пусковой клапан». Пуск главного двигателя. Предварительная подача цилиндрического масла. Функция медленного проворачивания. Функция нормального пуска. Функция повторного пуска. Неудавшийся пуск/неисправность. Пределы оборотов частоты вращения. Предел пусковых оборотов. Настраиваемый предел оборотов частоты вращения. Программа ввода/нагрузки двигателя в режим. Предел набора оборотов частоты вращения по времени. Предел оборотов при аварийном снижении оборотов. Верхний и нижний предел зон (2) критических оборотов. Режимы работы главного двигателя. Штормовой режим. Режим подачи постоянного количества топлива. Нормальный режим. Реверс главного двигателя. Нормальный реверс. Аварийный реверс назад. Остановка главного двигателя.

Отметим вспомогательные процессы в AutoChief C20. Управление воздуходувками. Управление системой цилиндрической смазки CLU 3. Функции системы защиты. Функции аварийной остановки. По одному из 6 каналов аварийной остановки. Отмена аварийной остановки. По одной из

5-ти кнопок «аварийный стоп». По пределу максимальных оборотов частоты вращения главного двигателя. Функции аварийного снижения. По одному из 20 каналов аварийного снижения оборотов. Отмена аварийного снижения оборотов.

Выделим процесс контроля частоты вращения в DGU. Поддержание заданных оборотов. Защита двигателя от перегрузок. Штормовой режим. Режим подачи постоянного количества топлива. Цилиндровая смазка по нагрузке. По пределу подачи количества топлива по давлению наддува. По пределу подачи количества топлива по крутящему моменту. Аварийный останов по сигналам с системы защиты. Аварийное снижение по сигналам с системы защиты. Функция ручного управления подачей топлива или заданием оборотов частоты вращения. Отмена пределов подачи топлива (на 10%) по давлению наддува и по крутящему моменту.

WECS-9520 – система контроля, управления и оптимизации работы главного двигателя - оснащены общей магистралью высокого давления (common-rail) топлива и масла, а также серверно-сетевой и мультиплексированной системами распределенных процессов измерений и управлений агрегатами главного дизеля в разных режимах: на низких нагрузках двигателя; улучшения разгона; улучшения контроля распределения нагрузок между цилиндрами; улучшения контроля общей нагрузки; минимизации износа, и увеличения периодов между переборками; улучшения сгорания на всех режимах работы двигателя; уменьшения выбросов в атмосферу; уменьшения внутренних отложений от процесса сгорания.

В двигателях с приставкой «flex» отказались от известных типовых агрегатов судовых дизелей: топливные насосы конструкции "SULZER"; воздухораспределитель; распределительный вал; сервомотор управления; привод распределительного вала.

В двигателях с приставкой «flex» внедрены новые решения: насосы впрыска топлива типа «Bosch» – для 6-7 цилиндрового двигателя (четыре насоса, создающих давление топлива в общей магистрали); общая топливная магистраль (поддерживается давление топлива ~100МПа); узел контроля впрыска (гидравлическое устройство, позволяющее с высокой точностью управлять параметрами впрыска); общая магистраль масла (питаемая двумя плунжерными насосами в 6-7 цилиндровом двигателе, в

которой поддерживается давление масла ~20МПа); все функции в системе RT-flex контролируются и управляются через систему WECS - 9520 – модульная система с микропроцессорными блоками управления (FCM-20), расположенными на каждом цилиндре и управляемыми через SIB. Диагностические функции встроены в систему для повышения качества контроля и более высокой надёжности. Блоки системы WECS располагаются на главном двигателе и интегрируются в AutoChief C20 непосредственно на судостроительном заводе. Микропроцессорное управление двигателем предоставляет возможности управления количеством подачи топлива и очередностью работы форсунок для цилиндра, оснащенного тремя форсунками. Например, при частоте вращения двигателя 10 -15 оборотов в минуту, работает только одна форсунка цилиндра (с переключением на очередную форсунку через каждые несколько десятков секунд). Во время работы на большой нагрузке работают все три форсунки и с высокой точностью задаются: момент начала впрыска перед достижением верхней мертвой точки; количество топлива, которое попадет в камеру сгорания; давление, под которым подается топливо с работы главного двигателя при минимальном расходе топлива. WECS не выполняет процессы по защите и распределенному управлению другими агрегатами судна. Компоновку WECS надо рассматривать в совокупности с другими системами распределенного управления.

Основные системы обеспечения управления: Магистраль топлива, управляющего масла и гидропривода. Система управляющего масла. Электрические насосы. Система масла гидропривода. Насосы, навешанные на блок подачи топлива и масла, приводятся приводом от главного двигателя. Автоматический фильтр масла управления и гидропривода. Система топливоподачи. Станция топливоподготовки и электрические насосы. Насосы высокого давления, расположенные на блоке подачи топлива и масла, приводятся приводом главного двигателя. Модуль управления впрыском. Система пускового воздуха. Электрогидравлические клапана управления на магистралях высокого давления. Автоматический фильтр масла управления и гидропривода. Электрические насосы масла управления. Модуль подачи топлива и масла гидропривода.

Отметим основные элементы и специфику реализуемых процессов. Модуль подачи топлива и масла гидропривода (Supply Unit) необходим для поддержания давлений топлива и масла гидропривода в магистралях высокого давления во время работы главного двигателя. Расположен на подвесной платформе и состоит из 4 (количество зависит от размеров двигателя) топливных насосов высокого давления, поддерживающих давление в промежуточном аккумуляторе (Intermediate Accumulator) на уровне от 700 до 1000 бар.

Топливные насосы управляются актуаторами через топливные рейки. Топливные насосы расположены V-образно и оба ряда работают независимо (если выходит из строя один из насосов, то его работу восполняют другие). На модуле подачи располагаются насосы масла гидропривода, которые служат для поддержания давления масла гидропривода выхлопных клапанов около 200 бар.

Система управляющего масла обеспечена двумя насосами с электроприводом. Масло на насосы подаётся через автоматический фильтр. Насосы поддерживают постоянное давление в системе управления около 200 бар. При этом на малых нагрузках и во время старта всегда работают два насоса, а на остальных режимах работы главного двигателя насосы находятся в поочередном режиме, т.е. один насос может быть остановлен системой и находится в резерве. Следует обратить внимание, что на стоянке и во время пуска до достижения необходимого давления в системе масла гидропривода давления с помощью насосов поддерживается давление в системе масла гидропривода около 50 бар.

Магистрали высокого давления (Rail Unit) или «манифолды» высокого давления находятся на верхнем уровне двигателя, непосредственно около цилиндрических крышек и выполняют функцию аккумуляторов топлива и масла, а также для сглаживания скачков давления от насосов и после завершения работы элементов управления. На Rail Unit размещены основные компоненты системы управления: 1. Сервопривод выхлопного клапана. 2. Модуль управления впрыском. 3. "Возвратка" масла систем управления и гидропривода. 4. Магистраль высокого давления масла системы управления. 5. Магистраль высокого давления масла гидропривода. 6. Магистраль высокого давления топливоподачи.

Модуль управления впрыском (Injection control unit ICU) подает на форсунки топливо из магистрали высокого давления отдельного для каждого цилиндра. Модуль состоит из магистральных клапанов (Rail Valves), клапанов управления подачей/впрыском топлива и устройства контроля количества топлива поданного на форсунки (Volumetric injection control VIC).

Магистральные клапаны (Rail Valves) находятся на модулях управления впрыском (3 на цилиндр) и управления выхлопным клапаном (1 на цилиндр). Rail Valves подают масло управления для открытия клапанов управления впрыском и клапана привода для выхлопного клапана. Rail Valves - сверхбыстрые (~2 мс) электрогидравлические (соленоидные клапаны), двухпозиционные, т.е. находятся в одной позиции до тех пор пока не поступит сигнал для переключения в другую позицию. Вследствие больших токов активации и термических нагрузок действующих во время активации, клапана активируются только на 4,5 мс - «время включения» определено опытным путём, контролируется и лимитируется системой WECS-9520. Для проверки и безопасности WECS-9520 постоянно посылает сигналы на закрытие, особенно когда главный двигатель останавливается с интервалами около 10 с.

Устройство контроля количества подачи топлива (VIC) находится на каждом цилиндре и служит для определения момента начала подачи и количества поданного топлива с помощью поршня в VIC, соединённого с датчиком который передаёт информацию на FCM-20.

Модуль управления выхлопными клапанами (Valve control unit VCU). Масло из системы гидропривода через магистральные клапаны подаётся на клапаны управления сервоприводом выхлопного масла. Открытие и закрытие выхлопного клапана осуществляется модулем контроля FCM-20.

Управление пусковыми клапанами не имеет специфических элементов.

Элементы модуля контроля системы расположены на главном двигателе. Модуль обеспечения питания (E-85). Шина обмена данными между внутренними модулями и системой дистанционного управления (E-90). Модуль контроля и управления FCM-20 (E-95). Местный пост управления (E-25). Модуль детекторов положения коленчатого вала.

Модуль питания (E85) служит для обеспечения всех модулей бесперебойным питанием по двум независимым линиям 24В постоянного

тока. Шина интерфейса/модуль связи и обмена данными (SIB) между внутренними модулями и системой дистанционного управления (E-90). Основное назначение обеспечение связи через CAN, MOD, Serial и SSI всех внутренних модулей. В E-90 расположен запасной модуль управления FCM-20, находящийся на связи и готовый в случае выхода из строя одного из модулей, контролируемых заменить его, т.к. постоянно получает обновлённую информацию и программное обеспечение как все остальные, находящиеся в рабочем режиме.

Модуль детекторов положения коленчатого вала Crank Angle Unit (CA) необходим для работы модулей управления впрыска топлива и управления выхлопными клапанами (необходимо постоянно иметь информацию о положении коленчатого вала, частоте и направлении вращения двигателя). Чувствительные элементы с момента подачи питания выдают сигналы о положении коленчатого вала главного двигателя. Два датчика через зубчатый ремень приводятся от коленчатого вала посредством вала специальной конструкции, исключающего передачу аксиальных и радиальных перемещений коленчатого вала на датчики. Каждый из двух датчиков передаёт информацию о угловом положении вала с оптического диска в FCM-20 (считывает импульсы по шинам тактовой частоты и SSI). Два FCM-20 – основные в управлении шиной тактовой частоты. FCM-20 №1 посылает импульсы на датчик №1 и сигнал на остальные модули по шине №1, а FCM-20 №6 посылает пульсы на датчик №2 и сигнал на остальные модули по шине №2. Сигналы с двух датчиков о положении коленчатого вала считываются и обрабатываются всеми блоками FCM-20 №1 и №6. Данные после обработки сравниваются с сигналами от датчиков ВМТ, расположенных на маховике, и если происходит несовпадение, выдаётся сигнал о неисправности.

Мультифункциональный микропроцессорный модуль управления Flex Control Module 20 (FCM-20). В систему контроля WECS-9520 встроен микропроцессор в модуль - FCM-20. В системе отсутствует единый компьютер и всё управление реализовано на ряде модулей в FCM-20, расположенных на каждом цилиндре и в шкафу E-95.1-6. Запасной модуль расположен в шкафу E-90 и находится на связи с остальными модулями управления. Все модули между собой для обмена информацией используют внутреннюю системную шину. Каждый модуль также

оборудован интерфейсами для CAN и для MODbus, которые используются для подключения к внешним магистралям. Внутренние шины позволяют разделить линии с повышенным уровнем шума (кабели питания и кабели управления магистральными клапанами, от линий низкого напряжения (более чувствительных) – информационные линии или линии подключения датчиков). В верхней левой части модуля расположены клеммы для подключения линий высокого напряжения (с высоким уровнем шума – силовые), основные: Управление топливными магистральными клапанами № 1-3. Управление магистральным клапаном системы гидропривода. Управление пусковым клапаном. Каналы подачи питания на вспомогательные элементы. Управление элементами систем обеспечения управления. Модуль питания 24 В. В нижней правой части модуля расположены клеммы для подключения линий низкого напряжения, основные: Ошибка идентификации цилиндра. Сенсор количества поданного топлива. Датчики положения выхлопного клапана. 2 аналоговых входа от сенсоров/датчиков. Запасной аналоговый вход. Питание на сенсор №1 положения коленчатого вала. Питание на сенсор №2 положения коленчатого вала. Данные с сенсора №1 положения коленчатого вала. Данные с сенсора №2 положения коленчатого вала. Подключение к CAN1. Подключение к CAN-2. Подключение CAN/Module bus 1. Подключение MOD-bus 2-х цифровых входов от сенсоров/датчиков. Аналоговый выход для управления элементами системы. Неполадки в системе питания.

Все функции общего управления распределены между 5 модулями управления FCM-20. Для безопасности системы все важные функции, входные и выходные сигналы продублированы. Если один модуль выходит из строя – двигатель останется в работе. Вышедший из строя модуль необходимо заменить на запасной, находящийся в шкафу E-90 и готовый к работе.

Функции общего управления главным двигателем: Управление и контроль над давлением топлива высокого давления. WECS-9520 подаёт сигнал, обработав данные о частоте вращения двигателя и задание от системы электронного регулятора частоты вращения. Далее сигнал поступает с модулей управления FCM-20 №3,4 на актуаторы топливных насосов высокого давления. Каждый актуатор управляет двумя насосами посредством топливной рейки. Результирующий процесс - давление в

топливной магистрали высокого давления контролируется модулями управления FCM-20 №3,4 посредством двух трансмиттеров давления. При выходе из строя или значительной разнице в показаниях трансмиттеров давления будет подана сигнализация о неисправности. При аварийной остановке все актуаторы устанавливаются на нулевую позицию, и открывается аварийный клапан сброса давления. В случае выхода из строя одного актуатора, при средних нагрузках будет достаточно одного из двух топливных насосов. При более значительных нагрузках, модуль насоса для вышедшего из строя актуатора в ручную будет установлен топливной рейкой на максимальную подачу. Оставшийся исправный актуатор будет регулировать давление посредством других двух насосов (в случае остановки излишки давления будут сброшены клапаном контроля давления).

Управление и контроль над давлением масла системы гидропривода. На каждом насосе масла гидропривода имеется встроенный механический регулятор давления с возможностью электрического управления. Управление осуществляется модулями управления FCM-20 №3,4,5 после обработки данных о нагрузке двигателя. При выходе из строя одного из насосов, другие компенсируют потерю. Система контролируется, получая данные с трансмиттеров давления на модули управления FCM-20 №1,2. При выходе из строя или значительной разнице в показаниях трансмиттеров давления будет подана сигнализация о неисправности. Управление и контроль над давлением масла системы управления. Два насоса управляющего масла контролируются модулями управления FCM-20 №3,4. На нагрузке менее 50 % работают оба насоса для обеспечения безопасности. Система контролируется, получая данные с трансмиттера давления на модуль управления FCM-20 №5. При выходе из строя трансмиттера давления будет подана сигнализация о неисправности. Управление и контроль пусковой системой. Открытие ГПК осуществляется двумя соленоидными клапанами, управляемыми FCM-20 №1,2.

Наблюдение за состоянием элементов системы WECS-9520. При внутренних неисправностях будет подана сигнализация. Контроль над давлением наддува и запрос по необходимости вспомогательных воздуходувок. Сохранение и обработка данных, задания. Обработка и

расчёт общих данных оптимизации по двигателю: подача топлива, открытие/закрытие выхлопных клапанов, общие показатели двигателя.

Функции управления цилиндром. Управление пуском, подачей топлива и открытием/закрытием выхлопного клапана согласно данным сохранённым, обработанным или полученным с внешних систем управления ДАУ - прямые функции контроля и управления работой цилиндра. Каждый FCM-20 отвечает непосредственно за один цилиндр.

Канал пуска. Управление открытием и закрытием пусковым клапаном осуществляется с помощью соленоидного клапана, контролируемого модулем управления. Углом: открытия – 0 и закрытия – 110, положения коленвала система следует в обычном режиме, но для экономии воздуха угол закрытия может быть уменьшен. Для медленного проворачивания система посылает пульсирующий сигнал на общие пусковые клапаны ("длинной" импульса можно менять скорость проворачивания).

Канал управления выхлопным клапаном. Открытие выхлопного клапана рассчитывается по положению коленвала, углу номинального открытия и заданию системы WECS-9520 по расчётам оптимального угла открытия и закрытия согласно частоте вращения двигателя (VEC, VEO). После того как сигнал открывает соленоидный клапан и до первого перемещения штока выхлопного клапана происходит замер времени – мёртвая зона срабатывания системы открытия, после сигнала на закрытие производится обратный замер – мёртвая зона срабатывания системы на закрытие. Оба параметра фиксируются, отображаются на мониторе пользователя и учитываются при следующем рабочем цикле. В остальном система работает на обычных принципах: соленоидный клапан управления – золотник клапана – поршень сервопривода – гидравлический привод выхлопного клапана. В случае отказа одного из сенсоров положения штока выхлопного клапана, система будет работать на одном. Если отказывают оба сенсора система продолжит работу управлением выхлопным клапаном по временному фактору.

Канал топливоподдачи. Все форсунки одного цилиндра управляются своими соленоидными клапанами, но сигнал о поданном количестве топлива общий. Всю полученную информацию обрабатывает модуль управления FCM-20. В обычном режиме все форсунки работают в синхронно, но на малых нагрузках или других подобных режимах

возможно использование одной или двух форсунок на цилиндр (для обеспечения лучшего сгорания и меньшего выхлопа в атмосферу). При этом происходит попеременное переключение форсунок каждые 10 секунд во избежание тепловых нагрузок. Для точной работы системы каждый раз происходит корректировка мёртвой зоны начала и конца подачи топлива, после открытия соленоидного клапана до начала перемещения поршня устройства определения количества поданного топлива (реальное время начала подачи топлива в цилиндр) и после закрытия соленоидного клапана до начала обратного движения поршня (реальное время окончания подачи топлива). Оба параметра блок управления FCM-20 запоминает и на следующий цикл делает поправку. На начало подачи влияют обработанные данные с учётом систем оптимизации (VIT) и ручной настройки (FQS), и конечно основными являются команды системы электронного контроля частоты вращения. С учётом всех этих параметров модуль управления рассчитывает угол начала подачи топлива, количество подаваемого топлива и количество форсунок, которые будут применены. Процесс подачи топлива осуществляется FCM-20. Подаётся сигнал на соленоидные клапаны, после их перекладки в положение «впрыск» масло управления под давлением активизирует клапаны топливоподдачи, открываются каналы на форсунки и баланс давлений на поршне пропадает, поршень начинает движение на определённое системой перемещение. Достигнув расчётной точки (с условием всех компенсаций), система подаёт сигнал на соленоидные клапаны «нет впрыска», убирается давление масла управления, клапаны управления возвращаются в исходное положение – поршень вследствие этого начинает обратный ход. Процесс подачи закончен, произведены замеры мёртвых зон для компенсации при следующем цикле. При выходе из строя сенсора количества поданного топлива, система переходит в режим работы по временной задержке.

Программа для сервисного механика - «FlexView» работает на любом компьютере или ноутбуке с установленной операционной системой «Windows». Компьютер может быть подключён к системе WECS-9520, используя конвертер CAN-USB. На основном экране представлены два поля. Верхнее: основные параметры работы двигателя, данные по давлениям, заданию топлива и главные параметры по впрыску и отк/закр выхлопного клапана. Нижнее: Журнал неисправностей, время появления

или квитирования неисправности. Неисправности сгруппированы цветовым кодом по группам для более легкого разделения. При двойном щелчке на любой неисправности система выдаст подсказку возможных действий оператора. В подменю можно найти таблицы всех замеров производимых системой, положение основных компонентов системы управления, а также временные тренды по основным сенсорам. Это позволяет во время диагностировать неисправности или поломки.

Можно показать один из вариантов системы дистанционного управления в части Diesel Engine Control and Optimizing Specification, AutoChief C20 и DataChief C20. Управление и обмен данными в этих системах осуществляется по двум магистралям. Также внедрена дополнительная, защищённая магистраль для соединения кнопок аварийной остановки с модулем защиты ESU и с модулем цифрового регулятора частоты вращения DGU. Дублирование магистралей позволяет обеспечить надёжность и безопасность бортовой сети управления дизелем.

Обмен данными между FCM-20, датчиками и элементами управления (приводами, насосами и т.д.) осуществляется по магистралям и дублируется наличием внутренних резервных модулей. FCM-20 между собой соединены магистралью, которая продублирована и подключена к запасному модулю. Датчики положения коленчатого вала соединены только с модулями FCM-20 магистралями тактовой частоты и SSI. Обе магистрали продублированы. Для обеспечения связи и обмена данными необходим модуль, который реализует эту функцию. В центральной части схемы расположен шлюз E-90, который и выполняет функцию связи и обмена данными двух независимых систем от разных производителей. С одной стороны на него поступают сигналы и данные от модуля защиты ESU, модуля управления главным двигателем ME I/C и модуля обмена данными главного двигателя MEI, модуля E-25, в состав которого входит система управления частотой вращения главного двигателя DGU. С другой стороны осуществляется связь с модулями FCM-20, по двум линиям/шинам управления (FCM-20 №1,2), по двум дублированным линиям/шинам контроля и сигнализации (FCM-20 №3,4). Данная схема подключения обеспечивает безопасность и надёжность, а также универсальность, т.е. система дистанционного управления на один и тот же двигатель может быть выбрана заказчиком от разных сертифицированных

производителей и это не повлечёт больших изменений в системе управления двигателем WECS-9520.

5.6 Бортовые сети на основе мехатроники в автономных энергоустановках для тригенерации

Расширение внедрения элементов бортовых судовых сетей для интеграции сервисов в управлении агрегатами (в генерирующие автономные и судовые установки (ГУ)): участки подготовки газового и запального топлива, газопоршневые дизели, генераторы, распределительные устройства с элегазовой изоляцией) в интегрированной энергетической установке (ИЭУ) на базе ресурсов (Dual: CAN и LAN) для совершенствования автономных и судовых энергоустановок для тригенерации.

Выделим дополнительные сетевые технологии в автономной энергетической установке (АЭУ) из генерирующих установок (ГУ) до 15МВт, напряжение - 10кВ и ток - 1500А. 8-мь ГУ могут работать параллельно и выдавать до 120 МВт (2-е ГУ в резерве).

Выделим ведущие контроллеры в агрегатах (мастера (МА)) и исполнительные (слуги (МС)) для измерительных и управляющих модулей, и бортовые магистральные сегменты (БМС) типа Dual CAN. При этом МА в агрегатах в каждой из ГУ через БМС обеспечили серверно-сетевые технологии автоматизации процессов в контурах: подготовки и подачи газового и дизельного топлива; регулирования частоты вращения коленчатых валов в газодизелях типа 18V50SG; регулирования выходного напряжения у синхронных генераторов; включения под нагрузку «готовых параллельно работать» ГУ.

Каждые три МС в трех генераторах взаимодействуют с ведущим контроллером для синхронизации (мастер синхронизации в группе из 4 генераторов (МАС)) и одним из МАС в другой группе генераторов через «магистральные сегменты синхронизации» (МСС) типа Dual CAN. МАС и МСС обеспечили внедрение серверно-сетевой технологии для синхронизации генераторов в 2-х группах с учетом 3-х параллельно уже работающих в группе и одного синхронизируемого из другой группы из 3-х генераторов.

Специализированный компьютер для синхронизации (СК) через коммутатор (К) взаимодействует с 10-ю индивидуальными МС в каждом ГУ и с 3 групповыми МАС, реализуя «звездообразный магистральный» компьютерный сегмент сети типа LAN.

Напряжение «включаемого» генератора в ГУ на параллельную работу должно быть как у «работающего» генератора в другой ГУ. Частота генераторов должна быть у всех одинакова 50 Гц. Пуск обеспечен вспомогательным оборудованием: воздушный пусковой компрессор, пусковой маслонасос и др. пусковой дизель-генератор на 0,4 кВ.

Перед запуском в газодизель в каждой ГУ подается основное топливо - газ в блок подготовки газа с давлением 4 бар. Во всех газодизелях АЭУ внедрен сетевой мониторинг работы регулирующих клапанов - меняют давление подачи газа в газодизелях в зависимости от нагрузки в ГУ. Сигналы с клапанов, расходомера, датчиков давления передаются по DualCAN на пост энергетика со скоростью 1 Мбит/с. Агрегаты в ГУ взаимодействуют через БМС типа DualCAN.

Максимальная продолжительность работы газодизелей без нагрузки - 10 минут. Каждый газодизель турбирован и его нельзя одновременно включить на 100 % нагрузку (пока турбокомпрессор не перейдет в установившейся режим). Запускаются газодизели через подачу сжатого воздуха непосредственно через головку в каждый цилиндр с давлением 30 бар. Открывают главный газовый клапан для основного расхода и регулирующие клапаны форкамер для газа поступающего в форкамеры. Вводится в работу модуль зажигания, расположенный на крышке цилиндра. Отметим, что быстрое увеличение нагрузки может вызвать «ненормальное сгорание» при работе на газе. Для вывода газодизеля на 100% нагрузку реализован график ступенчатого увеличения нагрузки. «Шаг изменения нагрузки» - больше 15 с («время восстановления» - менее 15 с). «Нормальный запуск» с выходом на 100% нагрузку составляет - 8 мин. Отметим, что после того как газодизель вышел на установленный режим: 500 об/мин, энергетик следит за генератором (проверяет: выходное напряжение - 10кВ и частота - 50Гц $\pm 1\%$). Через распределительное устройство в ГУ с поста энергетика можно управлять выдачей до 15 МВт в высоковольтную линию. Для синхронизации пар генераторов используется синхроскоп. В результате определения момента равенства частот $f_{r1}=f_{r2}$ и

совпадения фаз напряжения со вторым генератором с поста энергетика включают второй генератор на параллельную работу. Используется синхронизация через автосинхронизатор и обеспечен «ручной режим синхронизации». Седьмая и восьмая ГУ служат для регулирования мощности. «Шаг мгновенного изменения нагрузки» рекомендуется: 100-75-45-0%. Шаг изменения нагрузки должен составлять более 15 секунд. Изменяем диапазон выдачи мощности: выключением/включением ГУ по 15 МВт до 120МВт. При этом через распределительное устройство с поста энергетика размыкается контакт с одной из ГУ, после которого некоторое время ГУ завершает работу и выключается. Отметим, что при «прогретом газодизеле» время запуска ГУ сокращается.

Отметим возможности изменения диапазона выдаваемой мощности через комплексное распределительное устройство с элегазовой изоляцией (КРУЭ) непосредственно с поста энергетика путем выключения силовым выключателем подводящей линии к КРУЭ (время размыкания - 35 мс и «время горения дуги» - 24 мс). Каждая подводящая линия в ГУ подводится к соответствующей ячейке в КРУЭ через «шкаф местного управления», в котором контролируются: давление газа в ячейках, ток, напряжение, положение силового выключателя - вся информация поступает через Dual CAN и LAN на пост энергетика. Возможности управления выдаваемой от АЭУ мощности расширены за счет автоматических регуляторов напряжения в генераторах (изменяем рабочий диапазон напряжения в отдельных ГУ). В каждом генераторе установлена демпферная обмотка для «гашения колебаний». Внедрен ряд режимов выдачи мощности от АЭУ. Поддержание постоянной скорости «выдачи мощности» с учетом потребностей по нагрузке через регулирование подачи топлива в газодизелях. Данный режим используется для поддержания частоты и «быстрой подачи мощности». Режим «контроля статизма» (зависимость от требуемой нагрузки). «Частота зависит от нагрузки» генератора. При этом «пропорционально делится нагрузка» между активными генераторами в АЭУ в ГУ с учетом их номинальных параметров по выдаче мощности. «Характеристика статизма» по изменению частоты у всех ГУ должна составлять не более 4%, чтобы генераторы не утратили устойчивость при быстром увеличении нагрузки.

Следует отметить новые элементы дизеля из серии ME, в котором компания “MAN B&W” отказалась от распределительного вала с приводом и ввела «электронное управление» процессами: топливоподдачи, пуска и реверсирования двигателя, выхлопным клапаном и смазкой цилиндров. Механический регулятор числа оборотов был заменен на «электронный». Все функции, которые в MC зависели от распределительного вала, в ME реализуются магистрально-модульной системой (ММС) на основе информации об угловом положении коленчатого вала, которую в ММС посылает датчик положения коленчатого вала и при этом в зависимости от заданного режима работы ММС определяет моменты начала и конца подачи топлива в цилиндры, цикловую подачу, порядок открытия пусковых клапанов цилиндров, моменты и длительность их открытого состояния, моменты открытия и закрытия выпускного клапана, а также управляет лубрикаторами цилиндровой смазки. Управление впрыском топлива и выхлопными клапанами осуществляется за счет гидравлических сервоприводов. Масло, используемое в гидросистеме, забирается из циркуляционной системы смазки, пропускается через фильтр тонкой очистки и насосами с приводом от двигателя сжимается до давления 200 бар. Затем сжатое масло поступает к мембранным аккумуляторам, а от них масло попадает к гидравлическим модулям. На каждом цилиндре установлено по одному модулю. Гидравлический модуль состоит из усилителя давления впрыска топлива и гидропривода выхлопного клапана. На гидравлическом модуле установлен модуль клапанов - Fuel Injection and Valve Actuation (FIVA) и «альфа-лубризатор». FIVA состоит из двухпозиционных быстродействующих электромагнитных клапанов, которые управляют подачей масла к гидроусилителям давления топлива, а так же к приводу выхлопного клапана. Клапаны открываются под действием сигнала, поступающего от модуля - Cylinder Control Unit (CCU). Альфа-лубризатор управляет подачей масла к поршням лубрикаторов. Гидроусилители давления впрыска - «поршневые» сервомоторы, в которых поршень большого диаметра подвергается действию масла, находящегося под давлением 200 бар, а поршень малого диаметра (плунжер) – «продолжение» поршня большого диаметра, при движении его вверх сжимает топливо до давления в 1000 бар. Момент поступления масла под большой поршень и соответственно начало сжатия топлива,

определяется поступлением управляющего импульса от электронного модуля ССУ. В момент уравнивания давлений топлива и открытия иглы форсунки, происходит впрыск топлива. При падении давления, которое происходит из-за закрытия управляющего клапана и сброса давления масла в сервомоторе, впрыск топлива прекращается.

ССУ может менять фазы открытия и закрытия клапанов в зависимости от режима работы дизеля. Например, при частичной нагрузке на дизель, выхлопной клапан закрывается немного раньше и это способствует более раннему сжатию в цилиндре и соответственно, увеличению давления конца сжатия. В результате чего в МЕ обеспечивается более экономичная и устойчивая работа на малых ходах. ССУ подает сигналы управления на электромагнитный клапан, который установлен перед пусковым клапаном цилиндра и непосредственно, без использования гидравлики, пропускает к нему пусковой воздух. ССУ не дублированы и отказ одного из ССУ вызывает выключение соответствующего цилиндра из работы.

Главный пост управления двигателем - Main Operational Panel (MOP), выполнен на основе стационарного компьютера с монитором и манипулятором типа "трекбол", откуда можно подавать команды управления, регулировать параметры двигателя, контролировать состояние системы. Помимо MOP имеются: резервный пост управления - Back-up MOP, MOP на ходовом мостике; местный пост управления - Local Operating Panel (LOP), который установлен прямо на двигателе. ММС имеет связь с вспомогательными системами аварийно-предупредительной сигнализации, дистанционного управления двигателем с ходового мостика. Эти процессы обеспечивают интерфейсные блоки - Engine Interface Control Unit (EICU), которые для надежности работают в параллель.

Команды с MOP поступают в Engine Control Unit (ECU), который выполняет основные функции управления, необходимые для эксплуатации двигателя: пуск, останов, регулировка частоты вращения, управление клапанами и другие. ECU осуществляет управление вспомогательным оборудованием через Auxiliary Control Unit (ACU) - управляют вспомогательными воздуходувками и насосами, которые входят в состав гидравлической системы питания. ММС посылает команды на ССУ. В

ММС все модули одностипные взаимодействуют через бортовую магистраль, которая для надежности продублирована.

Внедрение серверно-сетевых элементов: «бортовые магистральные сегменты» для взаимодействия бортовых постов с модулями в агрегатах в каждой из генерирующих установок; «магистральные сегменты синхронизации» для взаимодействия измерительных и исполнительных (индивидуальных) модулей в группе генераторов с ведущим контроллером для групповой синхронизации; «звездообразный магистральный» компьютерный сегмент сети для взаимодействия специализированного компьютера для синхронизации через коммутатор с индивидуальными модулями в каждой генерирующей установке и с ведущими контроллерами для групповой синхронизации в интегрированной энергоустановке позволило существенно расширить возможности выдачи мощности.

5.7 Бортовые сети на основе мехатроники в пропульсивном комплексе

Выделим элементы пропульсивного комплекса офшорного судна. Пропульсивный комплекс состоит из четырёх главных дизель-генераторов (MDGs), двух кормовых подруливающих устройств, включающих в себя два двигателя - Schottel Combi Drives (SCD) модели SRP-2020 морского исполнения. Двигатели подруливающих устройств мощностью в 2500 кВт, 750 об/мин (на редуктор). Гребные винты с четырьмя лопастями, 8 футов 10 дюймов (2700 мм) в диаметре и скоростью вращения 238 об/мин при наибольшей скорости 13 узлов. Реверс подруливающих устройств обеспечивается разворотом кормовых подруливающих устройств на 180 градусов, который может достигать до 14 секунд в зависимости от скорости судна. Два туннельных вспомогательных винта - Schottel STT 004 FP 1 мощностью 180 кВт установлены в носовой части.

Управление судном реализовано на основе двух кормовых и двух носовых подруливающих устройств и бортовой оптической и контроллерной сетей. В Рулевой системе необходимо выделить: Dynamic Positioning (DP) System (ABS DPS-2) - Система динамического позиционирования (две станции на кормовой консоли ходового мостика и

один переносной пульт). Independent Joystick System (IJS) - Независимые контроллеры системы (на носовой консоли ходового мостика). Manual Thruster Controls (MTCs) - Ручное управление подруливающими устройствами (на носовой консоли ходового мостика и на кормовой консоли ходового мостика и на двух распределительных щитах). MTCs for stern thruster controls - Ручное управление кормовыми подруливающими устройствами (через два распределительных щита). Autopilot - Авторулевой (на передней консоли ходового мостика). Local control - Местный пост управления (на панелях управления питанием). Stern drive local control panels - Местный пост управления кормовыми двигателями. Controls on the bow thruster converters - Управление носовыми подруливающими устройствами. Engine Order Telegraphs (EOTs) - Машинные телеграфы (на передней консоли ходового мостика, панелях питания и панелях обоих распределительных щитов). Передача управления между постами через кнопку "Control Request", находящейся на каждом дистанционном посту управления. Команда от каждого дистанционного поста управления обрабатывается микроконтроллерами и отправляется на панель управления и на рулевую панель. Панель управления обрабатывает полученный сигнал и выполняет команду по управлению скоростью и разворотом подруливающего устройства. На маневровых режимах и при скорости менее 6 узлов носовые подруливающие устройства могут использоваться для обеспечения дополнительной маневренности. Носовые подруливающие устройства обеспечивают движение судна только в стороны. Ограничения тяги (полный и долевой режимы) и разворота подрулей защищены системой компьютерного управления для предотвращения перегрузки движителей и защиты корпуса.

Посты аварийного управления установлены в двух отсеках ходовых двигателей (P/S) (только «удержание»), в комнатах кормовых подрулей (только движение) и на панелях управления в распределительных щитах ходовых двигателей. Посты обеспечивают аварийное управление оборотами и разворотом «подрулей».

В системе дистанционного управления и контроля выделим: Port Switchboard room - Панель управления левого борта. Starboard Switchboard

room - Панель управления правого борта. AFT Pilothouse - Кормовая панель управления ходового мостика. FWD Pilothouse - Носовая панель управления ходового мостика. Все датчики и агрегаты системы управления и контроля взаимодействуют через сдвоенную сеть типа Ethernet/Dual Ethernet Network (Dual LAN). Причем структурированная кабельная сеть реализована на основе Fibre Optic Backbone With Local Copper Drops - оптоволокно с локальными подключениями по витой паре. Посты системы управления и контроля расположены в ходовой рубке, IJS и MTCs в носовой и в кормовой части, на крыльях мостика и обеспечивают управление регулированием скорости кормового подруливающего устройства и управление рулём. Система контроля и управления носового подруливающего устройства и управление направлением движения доступны из ходовой рубки, IJS и MTCs в носовой и в кормовой части, на крыльях мостика. Управление в системе дистанционного управления передаётся от одного поста к другому по логическому принципу «Предложено и Принято». Оператор инициирует предложение о передаче управления от активного поста, другой пост может «Принять» управление подтвердив это нажатием кнопки «Accept» для «Принятия» управления. Средства управления для кормовых подруливающих устройств и носовых подруливающих устройств могут быть сгруппированы или разгруппированы на панелях управления MTCs.

Локальное управление кормовыми подруливающими устройствами может быть «Принято» в каждом отсеке ходового двигателя. Местное управление тягой кормовых подруливающих устройств может быть «Принято» через шкафы конвертера. Скоростью носовых подруливающих устройств и направлением движения можно управлять через шкафы конвертера и отражает элементы Динамического позиционирования (DP) и Систем управления судна (VCS).

Два редуктора кормового подруливающего устройства - не реверсивные и Реверс «тяги» достигается путем разворота движителя в пределах 180 градусов. Если оператор запускает движитель в позиции, против движения судна, то гребной винт будет вращаться в противоположном направлении двигателю. Если это произойдет, то предупреждение обратного вращения, появится на сигнальной панели двигателя и в системе автоматизации и предупредит оператора для

принятия мер по развороту движителя в нулевое положение или по ходу вращения, до устранения ошибки питание на движитель подаваться не будет. «Тормозные резисторы» не останавливают свободного вращения винта под действием течения. Это так же касается кормовых подруливающих устройств. Силовые преобразователи кормового подруливающего устройства способны к ограничению крутящего момента двигательного агрегата, когда движители работают в зоне высоких скоростей и при экстремальных углах поворота (больше, чем 35 градусов). Это ограничение используется как мера безопасности для предотвращения моторной перегрузки. Моторный крутящий момент может быть ограничен 50% максимального крутящего момента при высоких скоростях и углах поворота, более, чем 40 градусов средней линии. Если «двигательная установка» постоянно работает в режиме «удержания» судна, то крутящий момент двигательного агрегата может быть увеличен до 100% крутящего момента. Конвертеры носового подруливающего устройства - реверсивные, что обеспечивает тягу в любом направлении. Носовые подруливающие устройства установлены в поперечных туннелях, в носовой части, с левого и правого бортов. Все управление процессом движения сосредоточено в усовершенствованных микроконтроллерах, установленных в каждом из движителей VCS. Система контроля передает системные контрольные сигналы к движителям посредством локальной шины ввода/вывода. Для работы дистанционно, используются локальные пульта управления в отсеках ходового двигателя и комнате носового подруливающего устройства. Микроконтроллер в движителе считывает этот параметр и позволяет дистанционным постам брать на себя управление. Каждый микроконтроллер отвечает за то, какой выбран пост управления движителями. Когда пост управления запрашивает управление, микроконтроллер ожидает, пока активный пост управления не передаст свои «Полномочия». Обычно управление передаётся на ближайший пост. Микроконтроллер переключит управление движителем на новую станцию. Оператор должен установить на ближайшем посту управления движителем (Направление тяги и Скорость) в требуемые позиции прежде, чем Принять управление, для предотвращения несоответствия. Как только станция Приняла управление, все движители будут следовать,

командам приборов управления (скорость и направление тяги). Если управляющая станция Отключится, то микроконтроллер позволит другой станции Взять на себя управление. Все средства управления имеют «Равную Иерархию» за исключением Левого и Правого отсеков Ходовых двигателей локальных панелей управления и Приоритета пульта Автопилота в Ходовой рубке. Шины управления Автопилота непосредственно подключаются к шкафам управления Кормовыми подруливающими устройствами в отсеках Ходовых двигателей. При передаче управления Автопилоту оно должно быть предложено и затем принято на панели Автопилота с помощью двухпозиционного Переключателя автопилота и кнопки ON/Stand by на контроллере Автопилота. Уровнем тяги при этом управляют оба Поста, (Левого и Правого бортов). МТС должен быть «синхронизирован» с автопилотом по частоте оборотов.

Два поста - Dynamic Position (DP) ConverTeam (DP ABS 2) в ходовой рубке обрабатывают данные о направлении тяги движителя и данные о скорости и информацию о позиции в Системе DP и передают команды конвертеру MV3000 для удержания судна на «Позиции» или на «Курсе». В каждой станции отметим пульт управления оператора, джойстик для управления DP движителя судна, устанавливается с клавиатурой и дисплеем. В пульте управления оператора отметим сенсорный экран для системы DP, пульта аварийной сигнализации, консоли телеметрии, экранные кнопки регулятора освещенности, клавиши управления и джойстик. Каждая станция устанавливается с сенсорными экранами, но может также поставляться с сенсорной панелью. Переносная панель управления системой DP также устанавливается на судне. Переносные посты используются при швартовке и устанавливаются на крыльях ходового мостика. Переносная панель может быть перемещена в любую точку и связана через кабель с основной консолью управления.

Система Independent Joystick System (IJS) установлена на ходовом мостике и позволяет управлять движителем при помощи джойстика. Панель расположена на носовой консоли в ходовой рубке и на постах швартовки крыльев мостика. IJS использует тот же ввод/вывод (I/O) - сигналы как и Система DP, но IJS использует «независимые

последовательные связи» с микроконтроллерами для каждого движителя. Микроконтроллеры «отслеживают состояние», в котором находится система и какой пост активен и управляет. IJS - часть Системы DP.

MANUAL THRUSTER CONTROLS (MTCs) - системы управления. MTCs обеспечивают ручное управление оборотами движителя и направлением тяги. MTCs носового подруливающего устройства обеспечивает управление направлением тяги и скорость. MTCs расположены в консолях ходовой рубки и отделениях распределительных щитов. MTCs содержат кнопки отключения сигналов предупреждений, запуска и остановки движителей, принятия на себя управления движителями и аварийную остановку движителя. Световая индикация указывает, остановлен двигатель или запущен, является ли пост активным, аварийная остановка, коммуникационные данные и предупреждения системы. Каждый MTCs соединяется с экраном управления MTCs, установленным около MTCs. Экран управления MTCs. Средства управления носовыми подруливающими устройствами и средства управления кормовыми подруливающими устройствами могут быть сгруппированы так, чтобы один рычаг мог использоваться для управления обоими. Когда MTC передает управление и другая станция принимает его, то все управление с текущей станции передаётся новой станции.

На судне установлены две системы: автопилот DP и панель Navitron NT888G автопилота, расположенная на носовой консоли ходовой рубки. DP действует как автопилот, который может быть активирован, когда Система DP распознаёт ситуацию. Оператор может задать координаты или курс для длительных переходов. Дальнейшие способы и варианты могут быть установлены. Панель автопилота позволяет переключаться между автоматическим и ручным управлением при коротких переходах, когда планирование маршрута не требуется. Автопилот связан с движителем через органы управления. Переключатель, расположенный на пульте, позволяет оператору переключать управление на автопилот. Переключатель позволяет оператору быстро переходить на ручное управление во время работы автопилота, для предотвращения аварий (управление передаётся на носовую консоль MTCs в ходовой рубке). Микроконтроллеры в движителе получают сигнал от автопилота, переключают управление, и позволяют автопилоту взять управление рулем. Когда автопилот активен, он управляет

судном через кормовое подруливающее устройство правого/левого борта МТС на носовой консоли в ходовой рубке. Каждый раз, когда управление снимается с автопилота, все управление автоматически передаётся на носовую консоль МТС в ходовой рубке, в этом случае уровень тяги управляется по средствам МТС.

Панель конвертера носового подруливающего устройства обеспечивает локальное управление скоростью носового подруливающего устройства, запуск или остановку конвертера, а также показывает статус двигателя и индикации аварии. У каждого кормового подруливающего устройства есть местный пост управления на распределительном щите в соответствующем отсеке ходового двигателя, с которого регулированием движителя можно управлять локально. Панель жидкокристаллического дисплея (LCD) устанавливается на шкафу для обеспечения индикации относительно направления тяги движителя и частоты вращения двигателя. Уровнем тяги нельзя управлять с местного поста управления кормовым подруливающим устройством. Управление тягой доступно посредством щитов конвертера кормового подруливающего устройства или с поста имеющего более высокую иерархию.

Шесть панелей машинного телеграфа «Kwant» (EOT) устанавливаются на судне: по три для каждого кормового подруливающего устройства. Панели EOT расположены: На левой носовой консоли ходовой рубки. В распределительных щитах левого и правого бортов. В конвертерах левого и правого бортов кормового подруливающего устройства. EOT позволяет операторам отдавать и принимать команды на изменение тяги на любую станцию. Команды EOT также передаются регистратору данных (VDR) для записи. Команда должна быть отдана и подтверждена голосовым сообщением. Для отдачи команды необходимо нажать соответствующую клавишу EOT. Как только кнопка была нажата, прозвучит звуковой и визуальный сигнал. Панель EOT укажет требуемую команду и покажет истинное положение на панели EOT постоянно освещенной лампой. Оператор в отделении распределительных щитов должен принять команду путем вращения рукоятки к требуемому положению. Кнопка на нижней части панели используется для управления затемнением сигнальных ламп.

Панель контроллера управления носовыми подруливающими устройствами МТСс располагается на консоли оператора, на ходовом мостике. МТСс связана с подруливающими устройствами через контроллер типа - PLC. В МТСс отметим три кнопки управления двигателем подруливающего устройства (START, STOP, EMERGENCY STOP), кнопки квитирования предупредительной сигнализации (ALARM MUTE) и кнопки запроса управления (CONTROL REQUEST). Для управления направлением вращения винтов и силой тяги предусмотрен механизм рычажкового типа.

Панель контроллера управления кормовыми ВПК - МТСс располагается на консоли оператора, на ходовом мостике. МТСс связана с ВПК через контроллер PLC. Состоит из трех кнопок управления двигателями ВПК (START, STOP, EMERGENCY STOP), кнопки квитирования предупредительной сигнализации (ALARM MUTE) и кнопки запроса управления (CONTROL REQUEST). Для управления направлением и силой тяги предусмотрена рукоятка селектора выбора режима работы секторного типа.

Панель местного поста управления располагается непосредственно в щите управления ВПК. Состоит из LCD дисплея, на котором отображается информация об угле разворота ВПК и скорости вращения винта. Имеет две клавиши управления разворотом ВПК (рулевое управление (STEERING)), клавишу квитирования предупредительной сигнализации (ALARM), клавишу выбора/подтверждения поста управления (DESK SELECTION), клавишу аварийной остановки (EMERGENCY STOP), клавишу проверки световой индикации (LAMPS).

5.8 Бортовая полевая шина

PROFIBUS ((PROcess FieId BUS)) (читается - Профи бас) - открытая полевая шина (сеть), разработанная компанией Siemens AG для контроллеров SIMATIC.

PROFIBUS отвечает требованиям международных стандартов IEC 61158 и EN 50170 и поддерживается PROFIBUS NETWORK ORGANISATION (PNO).

PROFIBUS использует обмен данными между ведущим и ведомыми устройствами и базируется на использовании стандартного протокола PROFIBUS.

Сеть PROFIBUS построена в соответствии с многоуровневой моделью ISO 7498 - OSI. PROFIBUS определяет следующие уровни: физический; канальный; приложений.

Семейство PROFIBUS состоит из трех совместимых друг с другом версий: PROFIBUS PA, PROFIBUS DP и PROFIBUS FMS.

В каналах PROFIBUS чаще используют: экранированную витую пару; оптоволоконный кабель. Скорость передачи от 9,6 Кбит/сек до 12 Мбит/сек.

В PROFIBUS существует единый протокол доступа к шине. Этот протокол реализуется на 2 уровне модели ISO (PROFIBUS-FDL) - процедура доступа с помощью маркера (token). Сеть PROFIBUS состоит из ведущих (master) и ведомых (slave) станций. Ведущая станция может контролировать шину, то есть может передавать сообщения (без удалённых запросов), когда она имеет право на это (то есть когда у неё есть маркер). Ведомая станция может лишь распознавать полученные сообщения или передавать данные после соответствующего запроса.

Маркер циркулирует в логическом кольце, состоящем из ведущих устройств. Если сеть состоит только из одного ведущего, то маркер не передаётся (master-slave). Сеть с минимальной конфигурацией может состоять либо из двух ведущих, либо из одного ведущего и одного ведомого устройства.

Среда конфигурирования сети и программирования контроллеров - STEP 7 (для SIMATIC: S7-300 и S7-400).

PROFIBUS DP - протокол, ориентированный на обеспечение обмена данными между системами автоматизации (ведущими DP-устройствами) и устройствами распределённого ввода-вывода (ведомыми DP-устройствами). Протокол учитывает воздействие внешних электромагнитных полей и близок к RS-485, но сетевые карты используют 2-х портовую рефлективную память, что позволяет устройствам обмениваться данными без загрузки процессора контроллера.

PROFIBUS PA - протокол обмена данными с оборудованием полевого уровня, расположенным в обычных или Ex-зонах (взрывоопасных зонах).

Протокол отвечает требованиям международного стандарта IEC 61158-2. Позволяет подключать датчики и приводы на одну линейную шину.

PROFIBUS FMS - универсальный протокол для решения задач по обмену данными между сетевыми устройствами (компьютерами/программаторами, подсистемами человеко-машинного интерфейса) на полевом уровне. Скорость до 12 Мбит/с.

Profibus DP позволяет реализовать Mono и MultiMaster системы. Центральный контроллер (ведущее устройство) циклически считывает входную информацию с ведомых устройств и циклически записывает на них выходную информацию. При этом время цикла шины должно быть короче, чем время цикла программы контроллера, которое для большинства приложений составляет приблизительно 10 мсек.

Profibus DP предоставляет функции по диагностике и конфигурированию. Коммуникационные данные отображаются специальными функциями как со стороны ведущего, так и со стороны ведомого устройства.

Диагностические сообщения передаются по шине мастеру, сообщения делятся на три уровня: связанная со станцией диагностика - определяет состояние всего устройства (перегрев, низкое напряжение и т. д.); связанная с модулем диагностика - сообщения связанные с ошибками в том или ином входном/выходном модуле; связанная с каналом диагностика - определяют ошибку конкретного бита входа/выхода.

Передача данных между мастером и ведомым устройством делится на три фазы: параметризация; конфигурирование; передача данных. Мастер может посылать управляющие команды одному, группе или всем своим ведомым устройствам. Существует две таких команды. Одна переводит ведомые устройства в режим sync (все выходы блокируются в текущем состоянии), другая - переводит в режим freeze (все входы блокируются в текущем состоянии). Вывод из этих режимов происходит с помощью команд unsync и unfreeze соответственно. В дополнение к данной системе передачи, существуют расширенные DP функции, которые позволяют производить ациклическое чтение и запись параллельно циклической передаче данных.

PROFIBUS PA - полевая шина, служит для соединения систем автоматизации и систем управления процессами с полевыми устройствами

(датчики давления, температуры, уровня). Используется для аналоговой (от 4 до 20 мА) технологии.

Profibus PA использует основные Profibus DP функции передачи измеренных величин и состояния контроллера, а также расширенные функции PROFIBUS DP для параметризации и операций с полевыми устройствами.

Profibus FMS - протокол предназначен для связи программируемый контроллеров друг с другом.

Часто используется комбинированный режим работы устройств Profibus FMS и Profibus DP, в этом случае между мастерами и ведомыми устройствами используется протокол DP, а между самими мастерами протокол FMS.

Коммуникационная модель Profibus FMS допускает объединение распределенных процессов приложений в общий процесс с использованием коммуникационных связей.

Часть процесса приложения в полевом устройстве, которая может быть достигнута через сеть называется виртуальным полевым устройством VFD. В нем находится словарь так называемых коммуникационных объектов, через которые и происходит связь между устройствами с помощью служб.

Словарь содержит описание, структуру и типы данных, а также связи между адресами внутреннего устройства коммуникационных объектов и их назначение на шине (индекс/имя).

Словарь состоит из следующих объектов: заголовок- информация по структуре словаря; список статических типов данных; список поддерживаемых статических типов данных; словарь статических объектов (в нем все статические коммуникационные объекты); динамический список - списка переменных; список всех списков переменных; динамический список программ - список всех программ.

Все промышленные сети работают под руководством и контролем Международной организации по поддержке и продвижению PROFIBUS - PNO. В России действует отделение PNO на базе российской Ассоциации "VERA+".

PROFIBUS (сети для наружного и внутреннего монтажа (cell and field area) согласно PROFIBUS стандарту DIN 19245 с гибридным способом

доступа по эстафетной)магистральной (token bus) и ведущий-ведомый (master-slave). Эта сеть работает на витой паре или оптоволоконном кабеле.

PROFIBUS-FMS допускает гибридную архитектуру взаимодействия узлов, основанную на таких понятиях, как виртуальное устройство сети, объектный словарь устройства (переменная, массив, запись, область памяти, событие и др.), логическая адресация и т.д.

PROFIBUS-FMS определяет уровни 1, 2 и 7 и предоставляет пользователю широкий выбор коммуникационных функций. Подуровень 7-го уровня LLI (Lower Layer Interface) реализует часть функций отсутствующих 3-6 уровней и делает возможным доступ к уровню 2 различных FMS-устройств различных производителей.

PROFIBUS-DP. В DP-протоколе существуют три типа устройств: Мастер Класса-2 (DPM2) - может выполнять функции конфигурирования и диагностики устройств сети; Мастер Класса-1 (DPM1) - программируемые контроллеры (PLC, PC), в оперативном режиме выполняющие функции ведущего узла в сети; Ведомые устройства (DP Slave) - пассивные устройства с аналоговым или дискретным вводом/выводом. PROFIBUS-DP использует 1-й и 2-й уровни и реализует набор функций, обеспечивающих интерфейс к прикладной задаче пользователя. Отсутствие уровня 7 обеспечивает эффективную технологию передачи за счет прямого доступа к функциям канального уровня.

PROFIBUS-PA представляет собой расширение DP-протокола в части физической среды передачи, основанной на реализации IEC1158-2 стандарта для организации передачи во взрывоопасных средах. Он может быть использован как замена 4-20mA технологии связи. Переход на PA позволяет сократить расходы на организацию сети примерно на 40% (для коммутации датчиков требуется всего одна витая пара с возможностью энергоснабжения устройств по этому же каналу).

На одном физическом канале одновременно могут работать устройства всех трех типов PROFIBUS. Переход из одной физической среды в другую реализуется на основе соответствующих трансиверов.

Передающая среда в PROFIBUS, как правило, строится на основе RS485 интерфейса. Эта технология передачи имеет еще название H2.

Технология передачи по IEC1158-2 используется в химической и нефтехимической индустрии и обеспечивает использование устройств во

взрывоопасных средах с возможностью энергоснабжения устройств непосредственно по коммуникационной шине. Эта технология имеет название H1 и используется в PROFIBUS-PA (Process Automation). Посылаемые по шине сигналы модулируются током $\pm 9\text{mA}$ от базового тока в 10mA .

Основной характеристикой производительности DP протокола является число опрашиваемых ведомых (SLAVE) узлов в единицу времени.

Взаимодействие между ведущими узлами осуществляется на основе передачи Права доступа к среде передачи (телеграмма-маркер). В PROFIBUS реализуется схема ведущий/ведомый с переменным ведущим (гибридный метод). Маркер циркулирует между всеми ведущими устройствами в рамках predetermined времени оборота маркера от узла с меньшим адресом к узлу с большим. После того, как активная станция получает маркер, ей на определенное время дается право выполнять на шине функции ведущего устройства. Протокол может работать как в режиме точка-точка, так и в режиме широкого вещания (broadcast). При широковещательной посылке ведущий узел не получает никакого квитирования.

PROFIBUS позволяет связать в одно информационное пространство все контроллеры, а при необходимости в эту же сеть можно подключать компьютер с реализацией пульта диспетчера (на основе пакета InTouch).

5.9 Возможности бортовых сетей

Протокол AS-интерфейса состоит из запроса ведущего устройства, паузы ведущего устройства, ответа ведомого устройства и, соответственно, паузы ведомого устройства. Все запросы ведущего устройства имеют длину 14 бит, все ответы ведомого устройства занимают 7 бит. При этом период времени передачи одного бита составляет 6 мкс. Пауза ведущего устройства может занимать по времени от 3 до 10 тактов передачи бита. Если ведомое устройство было синхронизировано, то есть приняло сообщение ведущего устройства и ответило, то это позволяет начать передачу ответа ведомого устройства через 3 такта. Если ведомое устройство было синхронизировано, например, это первый запрос в адрес данного ведомого устройства или запрос после воздействия помехи, то

требуется на два такта больше, чем это было необходимо в первом случае. Если ведущее устройство после 10 тактов не приняло стартовый бит ответа ведомого устройства, можно сделать заключение, что ответ не проходит, и ведущее устройство может послать следующий запрос, например, ведомому устройству с более высоким адресом. Все другие кодовые комбинации в настоящий момент недопустимы. Запрос и запись данных осуществляется с помощью команды «Data Exchange». Этот запрос ведущего устройства используется, чтобы передать последовательность битов на выходы данных запрашиваемого ведомого устройства и затем прочитать ответ ведомого устройства, содержащий биты логического состояния входов данных ведомого устройства. Направление порта данных ведомого устройства (вход, выход, двунаправленный порт) задается при установке конфигурации ввода-вывода. Команда «Записать параметр» («Write Parameter»). Эта команда ведущего устройства устанавливает выходы параметров ведомого устройства. Команда «Присвоение адреса» («Address Assignment»). Данная команда позволяет ведущему устройству устанавливать новое значение адреса ведомого устройства. Команда «Сброс ведомого устройства» («Reset Slave»). С помощью этой команды ведомое устройство устанавливается в исходное состояние (аналогично сбросу при включении питания). Ведомое устройство квитирует (подтверждает) безошибочный прием этой команды ответом 6H. Процесс сброса должен длиться максимум 2 мс. Команда «Удалить адрес» («Delete Address»). Эта команда служит для предварительного зануления рабочего адреса ведомого устройства и требуется в связке с командой «Присвоение адреса», потому что команда «Присвоение адреса» («Address Assignment») может быть выполнена только для ведомого устройства с адресом 00H. Например, если ведомое устройство с установленным адресом 15H перепрограммируется на новый адрес 09H, эту процедуру можно выполнить только с помощью последовательности команд «Delete Address (15H)» и «Address Assignment (09H)». В этом случае ведомое устройство подтверждает безошибочный прием первой команды ответом 6H, после чего оно становится доступным под адресом 00H; только после этого с помощью второй команды можно записать новый адрес 09 H. Ранее записанный старый адрес можно восстановить с помощью команды «Reset Slave». Команда «Считать конфигурацию ввода-вывода» («Read I/O

Configuration»). Ведущее устройство может с помощью этой команды считать установленную конфигурацию каналов ввода-вывода ведомого устройства. Код конфигурации передается в ответе ведомого устройства на данную команду и служит совместно с ответом на команду «Read ID-Code» для однозначной идентификации ведомого устройства. Команда «Считать идентификационный код» («Read ID-Code»; в версии 2.1 для 62 ведомых устройств используются дополнительно два кода: ID1-Code, im-Code). С помощью данной команды считывается ID-код ведомого устройства. Четырехбитовый ID-код программируется один раз при изготовлении ведомого устройства и не может в последующем изменяться. Он служит для обозначения принадлежности ведомого устройства определённому установленному профилю (Profile)- совокупности принятых для данного типа устройств формализованных описаний. Все ведомые устройства, параметры и данные которых не соответствуют какому-либо профилю, должны иметь идентификационный код FH. Команда «Считать статус» («Read Status»). Считывается регистр состояния соответствующего ведомого устройства.

В связи со специальными требованиями к линии передачи информации (одновременная передача информации и электропитания для датчиков и исполнительных механизмов, использование незранированного кабеля и минимизация полосы частот) потребовалось разработать новый метод модуляции для AS-интерфейса. Этот метод модуляции для последовательной передачи данных получил название Alternating Puls Modulation (APM). Последовательность передаваемых битов сначала перекодируется в такую последовательность, в которой каждое изменение передаваемого сигнала приводит к фазовой инверсии (кодирование Манчестера). При этом происходит формирование тока передачи, который в линии AS-интерфейса благодаря имеющейся распределенной индуктивности создает дифференциальные уровни напряжения. Каждое увеличение тока передачи ведет к появлению отрицательного, а понижение — положительного импульса напряжения. На приёмной стороне AS-интерфейса эти сигналы напряжений детектируются и преобразуются в последовательность битов, соответствующую исходной.

В основе безопасности передачи данных по неэкранированным и неперевитым проводам в AS-интерфейсе - обмен очень короткими кадрами: запрос ведущего устройства содержит 11 информационных битов, а ответ ведомого устройства - 4 бита.

Для контроля целостности данных используется контрольная сумма (CRC). Достаточная избыточность кода и знание фиксированных длин кадров позволяют распознавать: ошибки стартового или конечного бита, бита паритета, кода Манчестера, а также выход за пределы времени передачи (timeout) и задержки времени паузы; задержку модуляции; нарушение длины кадров. С помощью всех названных механизмов для AS-интерфейса достигается высокий показатель Хэмминга $HDeff = 5$, который характеризует устойчивость кода к помехам и оценивается по формуле $HD = e+1$ (e - число достоверно обнаруживаемых ошибок).

Техника монтажа на базе профилированного двухжильного кабеля и технологии его прокалывания не только обеспечивает непрерывность физического уровня сети, но и позволяет создать унифицированные электромеханические устройства для подключения датчиков и исполнительных механизмов. Это открывает путь для существенного снижения затрат на инсталляцию и монтаж сети. Желтый плоский кабель стал своего рода рыночным знаком AS-интерфейса. Он имеет строго определенную геометрическую форму сечения в виде трапеции с выступом, который обеспечивает однозначное положение кабеля в соединительных модулях и, как следствие, исключает возможность переполюсовки двухпроводной линии.

Поперечное сечение кабеля в форме трапеции облегчает прижим и создает уплотнение в местах ввода кабеля в модули, переходные устройства, соединители (обеспечена герметичность, соответствующая степени защиты IP67). Площадь поперечного сечения каждого проводника равная 1,5 кв. мм, установлена стандартом. При таком сечении гарантируется питающий ток 2 А. Таким образом, при длине кабеля 100 м в случае подключения 31 ведомого устройства на равных расстояниях друг от друга при условии потребления каждым устройством не более 65 мА общее падение напряжения не превышает 3 В, что соответствует допустимому отклонению питающего напряжения.

Для исполнительных механизмов требуется дополнительное питание, например постоянное напряжение 24 В и применяется аналогичный профилированный кабель черного цвета, который также использует технологию прокалывания. Для напряжений более 30 В, в частности, для 230 В переменного тока, используется кабель с оболочкой красного цвета. Как альтернатива плоскому кабелю допускается применение круглого кабеля типа H05W-F2x1,5. Для подключения такого кабеля используются клеммы, а в качестве уплотнительных устройств - герметичные PG - соединители.

В AS-интерфейсе применяют технологию прокалывания и различают два типа этих модулей: «нижний» монтажный модуль (в технических описаниях некоторых фирм, в частности Siemens, такое устройство для компактных модулей называется монтажной платой или палеттой, встречается и другое название - модуль связи) - устройство, служащее для построения кабельной структуры системы AS-интерфейса и фиксации плоского кабеля в пазах специального профиля; «верхний» пользовательский модуль — прибор (ведомое устройство), содержащий электронику AS-интерфейса и разъемы M12 для подключения датчиков и исполнительных устройств. Понятия «нижние» и «верхние» модули укоренились вследствие конструктивной особенности их применения, предполагающей соединение модулей обоих типов и образование единого модуля для подключения устройств к AS-интерфейсу. Чтобы гарантировать высокий уровень совместимости различных типов фирменных изделий для AS-интерфейса, организацией AS-International были стандартизованы габаритные и присоединительные размеры, крепление и электрические связи между монтажными и пользовательскими модулями на основе электромонтажной системы EMS или её расширенной версии EEMS, предусматривающей подключение вспомогательного электропитания.

Существуют ряд монтажных модулей: для подключения круглого кабеля через герметичные соединители PG11; внутри таких модулей имеются винтовые зажимы для жил кабелей; для соединений с двумя плоскими желтыми кабелями, которые, в свою очередь, уже внутри модуля могут быть скоммутированы для образования различных сетевых разветвителей; кабели могут включаться параллельно или использоваться

раздельно; для соединений с двумя плоскими кабелями, один из которых — основной желтый, а второй - чёрный, для подключения вспомогательного электропитания. Пользовательские «верхние» модули выпускаются многими компаниями и в очень большом ассортименте. Наряду с простыми крышками, выполняющими роль заглушек для монтажных модулей и использующимися для получения крестообразных и Т - образных разветвителей, существуют разделительные пассивные модули, которые служат для перехода шины AS-интерфейса на разъемы M12. Эти пассивные модули предназначены для подключения интеллектуальных датчиков и исполнительных устройств, в состав которых уже входит ведомое устройство в виде микросхемы. Не менее велик выбор и активных пользовательских модулей. В отличие от пассивных модулей они используют встроенную электронику AS-интерфейса, к которой подключаются обычные датчики и исполнительные механизмы. Пользовательские модули со стороны нижней поверхности имеют средства электромонтажной системы EMS или EEMS, необходимые для обеспечения механического соединения и электрической связи с монтажным модулем, а другая сторона пользовательских модулей (верхняя поверхность) служит либо для установки герметичных соединителей для подключения датчиков и исполнительных устройств, либо как лицевая панель прибора с AS-интерфейсом. При установке соединителей возможно образование большого числа разных комбинаций: 1 вход, 4 входа, 4 выхода, 2 входа/2 выхода и другие. На лицевую панель устанавливаются светодиоды для индикации неисправности или диагностики. При использовании модуля EEMS с вспомогательной шиной питания предусмотрен вывод дополнительного питания на гнезда герметичного разъема M12. В случае использования модуля EMS существует возможность подачи дополнительного электропитания через штекер M12, установленный на торцевой стороне модуля.

Электромеханический интерфейс, использующий средства электромонтажной системы, является универсальным компонентом, и его применение не ограничивается только модулями; он используется и в таких изделиях, как кнопки с подсветкой, пневматические вентили и контроллеры, в которых необходимо реализовать соединение с монтажным модулем со степенью защиты IP65.1. Аппаратные средства AS-интерфейса

могут быть размещены не только непосредственно на технологическом оборудовании, но и в более комфортных условиях электротехнического шкафа. В таком случае возможна абсолютно иная концепция построения модулей. Для установки в шкафу предлагаются модули со степенью защиты IP20 и с техникой подключения, использующей пайку, клеммы и штекерные разъемы. Для жестких условий эксплуатации ряд фирм предлагает альтернативные решения в виде так называемых компактных модулей со степенью защиты IP67 и разнообразной техникой подключения (M8, M12, клеммы и т.п.). AS-интерфейс представляет из себя сеть, которая включает необходимый набор устройств и приборов, функции по обеспечению работоспособности, наладки и сервиса всей сети в целом.

Через интегральную микросхему ведомого устройства датчики и исполнительные устройства подключаются к сети AS-интерфейса. Специализированная микросхема (ASIC) обеспечивает датчик или исполнительное устройство электропитанием от сети, распознает переданную от ведущего устройства информацию и посылает в ответ собственные данные. В каждом цикле передаются 4 бита данных от ведущего устройства последовательно к каждому ведомому и обратно. Необходимые для этого порты данных каждой микросхемы можно конфигурировать отдельно как входные, выходные или двунаправленные порты. Конфигурация портов ведомых устройств устанавливается в соответствии с так называемой конфигурацией ввода-вывода. По команде «Write Parameter» ведомое устройство получает от ведущего 4 бита данных, соответствующих значению параметра. С их помощью можно управлять особыми функциями ведомого устройства. Установка кодов параметров производится ациклично, причем в одном цикле AS-интерфейса она может быть выполнена только для одного ведомого устройства. Возможны два способа использования таких микросхем: чип ведомого устройства AS-интерфейса может быть встроен прямо в датчик или исполнительное устройство, в результате чего получается устройство с интегрированным AS-интерфейсом ; чип ведомого устройства AS-интерфейса может быть встроен в модуль таким образом, что к модулю можно подключать обыкновенный датчик или исполнительное устройство, которые характеризуются как устройства с внешним AS-интерфейсом. Основным

производителем чипов для AS-интерфейса является компания AMS (Austria Microsystems), выпускающая микросхемы AS13+ и SAP4. С конца 1999 г. корпорация AMI (American Microsystems Inc.) предлагает новую микросхему ведомого устройства с расширенными функциональными возможностями (встроенные функции диагностики, возможность адресации к 62 ведомым устройствам, сторожевой таймер, EEPROM, инфракрасный интерфейс для конфигурирования); конфигурирование позволяет использовать данный чип в качестве ASIC ведомого устройства, повторителя или аналогового чипа ведущего устройства. Одним из основополагающих принципов AS-интерфейса является одновременное использование линии передачи информации для подвода электропитания. Источник питания имеет выходное напряжение 29,5...31,6 В постоянного тока и выполнен в соответствии с международными стандартами безопасности IEC для цепей сверхнизкого напряжения (система изоляции PELV — protective extralow voltage). Рабочий ток источника от 0 до 2,2 А или до 8 А. Источник должен быть оснащен защитами от длительного короткого замыкания и перегрузок. Схема связи с линией передачи данных, выполненная по рациональному способу в одном корпусе с источником питания, состоит из двух индуктивностей, каждая по 50 мкГн, и двух параллельно включенных сопротивлений по 39 Ом. RL-цепочки служат для того, чтобы токовые импульсы, которые производит передатчик AS-интерфейса, посредством дифференцирования были преобразованы в импульсы напряжения. AS-интерфейс представляет собой симметричную незаземленную систему. Для оптимизации защиты от помех, возникающих вследствие перекрёстных наводок, необходимо по возможности соблюдать симметричное построение двухпроводной линии AS-интерфейса. Для решения этой задачи служат обе емкости СЕ. Только в указанной точке GDN между этими ёмкостями допускается подключение приборной «земли».

Источники питания для AS-интерфейса выпускаются в различных исполнениях. Как правило, это стандартные устройства с номиналами выходного тока 2,2 А или до 8 А и выходного напряжения 29,5...31,6 В. Выпускаются и двойные приборы, первый выход которых соответствует источнику питания для AS-интерфейса, а второй выход обеспечивает, например, вспомогательное питание 24 В постоянного тока. Входное

напряжение источников составляет 24 В постоянного тока или 110/230 В переменного тока, степень защиты - IP20 или IP6'. Максимальная длина сегмента в сет: AS-интерфейса составляет 100 м. Она определяется физическими свойствами линии, параметрами сигналов и общей топологией сети. Как и в других промышленных сетях, для удлинения линии связи могут использоваться повторители (repeater). Применение повторителя позволяет увеличивать протяженность линий связи сегмента AS-интерфейса со 10(до 300 м. Это связано с тем, что из-за временных ограничений процесса передачи данных в систему может быть включено не более двух повторителей. Каждый повторитель состоит из двух схем регенерирования сигналов (приемник и передатчик, разделенные оптопарой) и схемы управляющей логики. Расположенные на обеих сторонах линии детекторы выдают сигналы в схему управляющей логики, которая распознает три допустимые ситуации: « состояние покоя (Idle state) - оба передатчика неактивны; левая схема передает поток данных направо (/); правая схема детектора передает поток данных налево (г). Существующие технические средства позволяют распознать состояние покоя в течение половины времени, необходимого для передачи одного бита. В результате получается соответствующая задержка в канале, независимо от направления передачи. Так как распознавание стартового бита производится также в течение половины времени передачи одного бита, повторитель AS-интерфейса в каждом направлении задерживает сигнал на время передачи одного бита (6 мкс). Из-за того, что объединённые повторителем участки сети гальванически развязаны, с обеих сторон повторителя должны подключаться источники питания интерфейса.

Заключение

Развитие отечественных АСУ СЭУ можно подразделить на ряд поколений. Первый - использование ЭВМ первого поколения. Второй - применение мини-компьютеров - СМ ЭВМ. Системы управления на этих этапах имели централизованную структуру, в большинстве случаев не обеспечивали достаточного быстродействия и работу в режиме реального времени. Компьютеры того времени из-за несовершенства элементной

базы и программного обеспечения характеризовались низкой надежностью, что приводило к частым сбоям.

Появление микропроцессоров и цифровых датчиков и регуляторов в составе локальных средств автоматики и контроля привели к освоению международных технологий тотальной интеграции процессов в автоматизации, строительстве, энергетике (ТИА, ТИБ, ТИР). Цифровая передача данных между отдельными модулями и агрегатами через бортовые мехатронные сети стала основой построения интегрированных распределенных АСУ СЭУ [1-12].

Мировые производители в области: ТИА, ТИБ, ТИР широко внедрили программно-технические комплексы (ПТК) - способные функционировать в единой среде, с широким выбором интерфейсов, локальной мехатроники, автотроники и авионики с учетом проникновения интернет-технологий в производство АСУ СЭУ. Ниже приведены схемы для использования в контрольных и курсовых проектах по АСУ СЭУ.

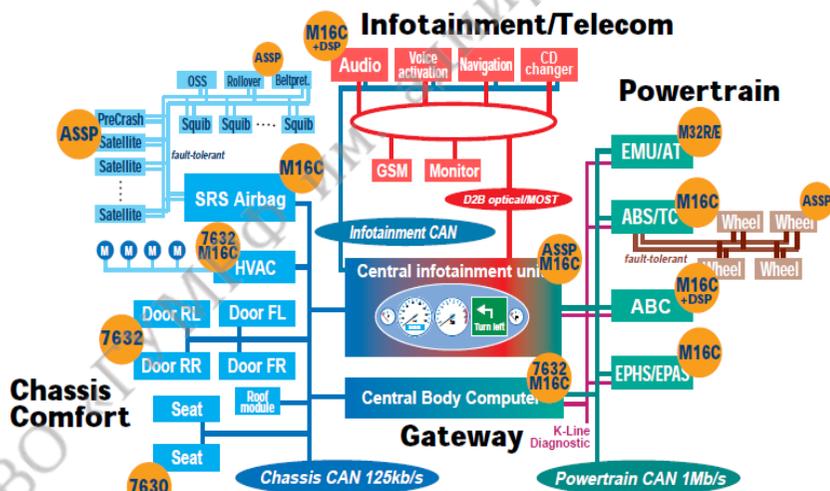


Рисунок 1 - Специализация бортовых сетей CAN на транспорте

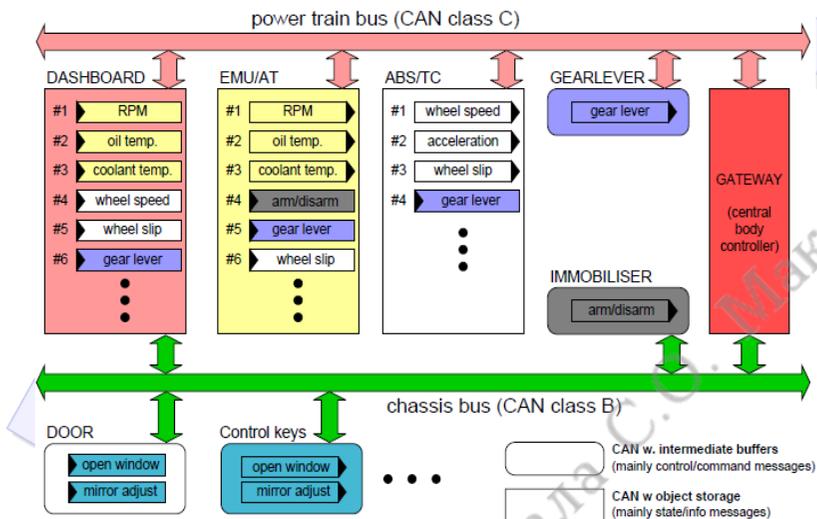


Рисунок 2 - Модули CAN транспорта в power train bus и chassis bus

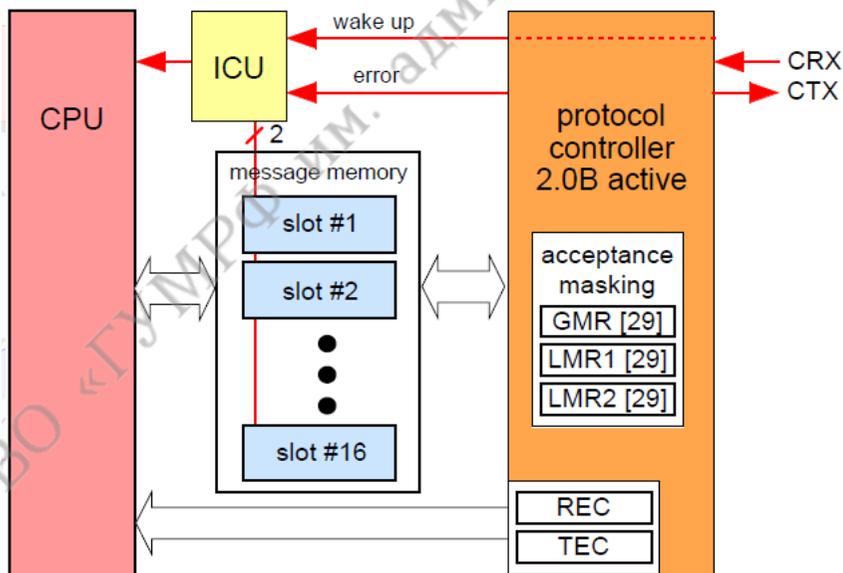


Рисунок 3 - Элементы управления в контроллере CAN

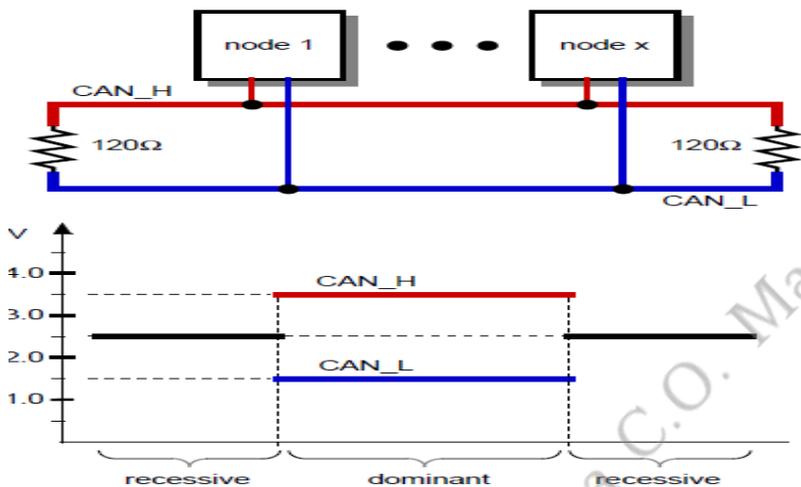


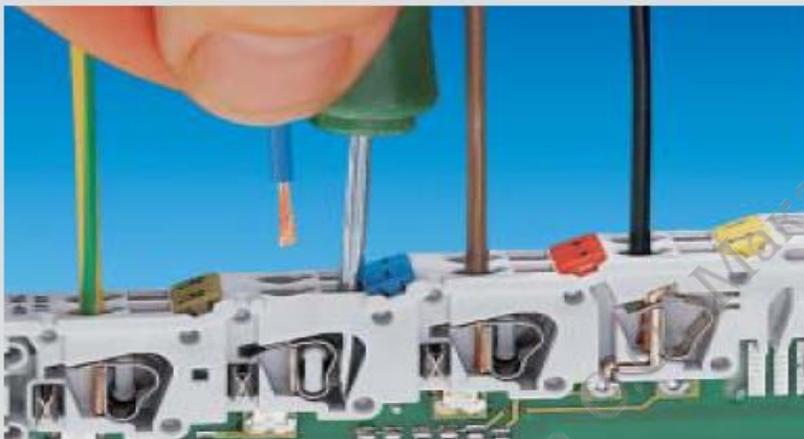
Рисунок 4 - Элементы Физического уровня в CAN



Модуль питания. перем. тока 230 В
 Модуль питания. пост. тока 24 В (электрическая изоляция)
 Модуль питания для разделения общего потенциала
 Модуль питания. пост. тока 5 В

Рисунок 5 - Ряд модулей на базе WAGO--I/O-SYSTEM 750

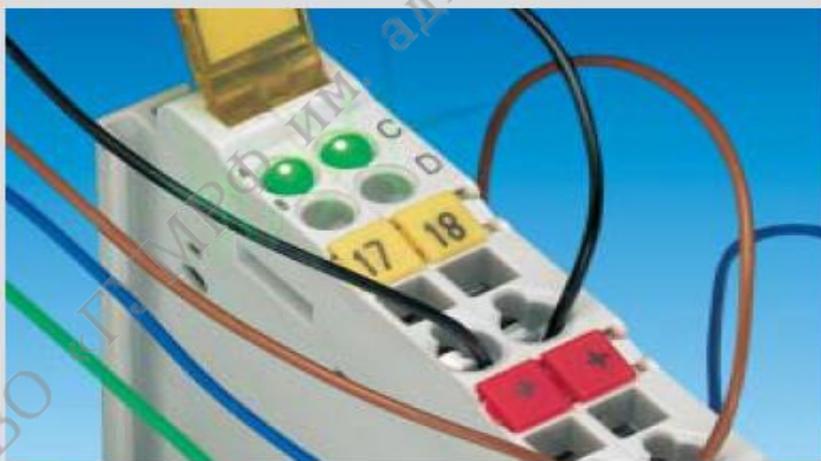
Клеммы CAGE CLAMP®



Устойчивое к вибрации, быстрое и надёжное подключение проводов сечением от 0.08 до 2.5 мм²

Рисунок 6

Индикация состояния



Индикация состояния и диагностики светодиодом для безопасной настройки и контроля системы

Рисунок 7

Тестирование



Измерение при подключенном проводе

Рисунок 8

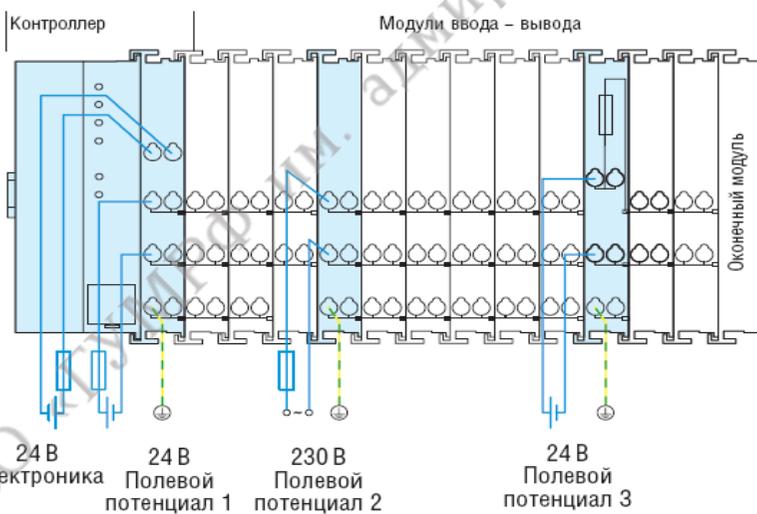


Рисунок 9 - Модулями ввода/вывода управляет контроллер

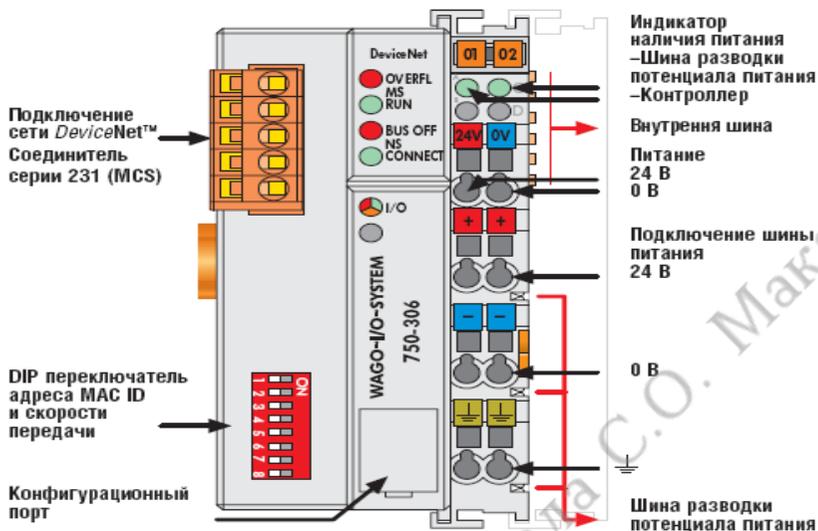


Рисунок 10 - Базовый контроллер DeviceNet

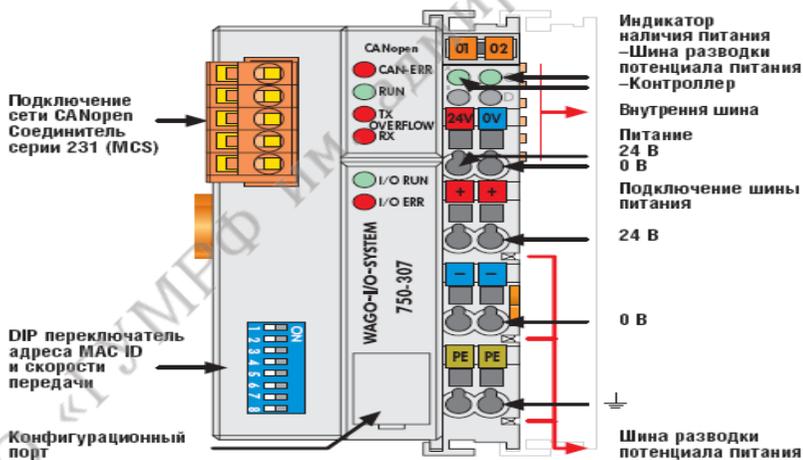


Рисунок 11 - Базовый контроллер CANopen

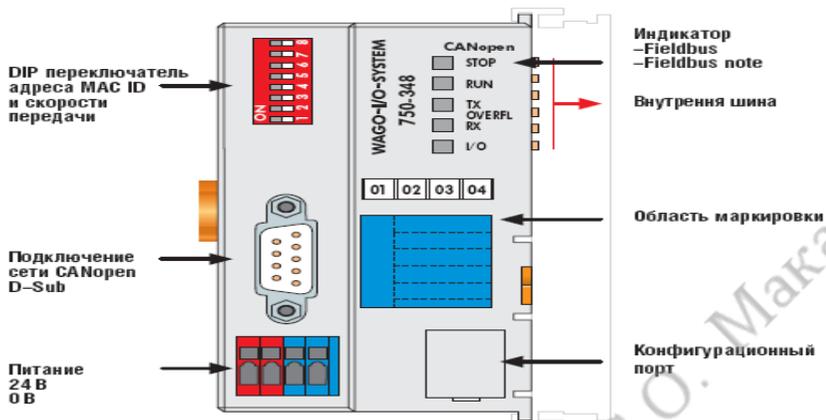


Рисунок 12 - Базовый контроллер CANopen-Fieldbus note

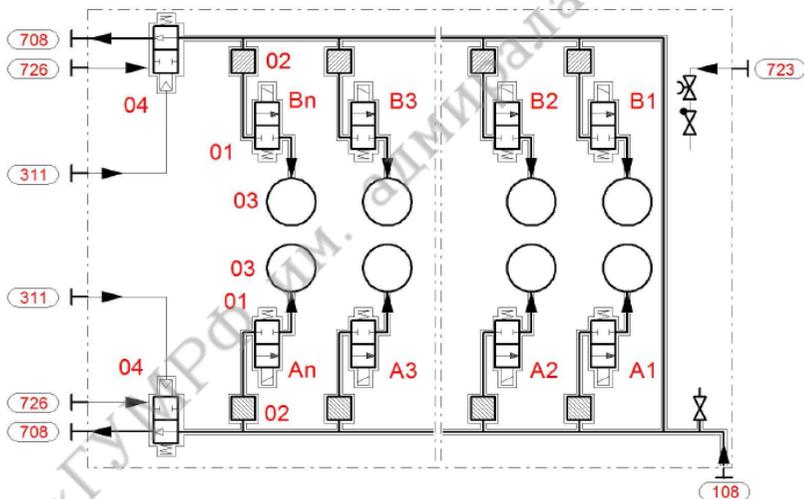


Рисунок 13 - Элементы бортовой сети подачи газа в дизель

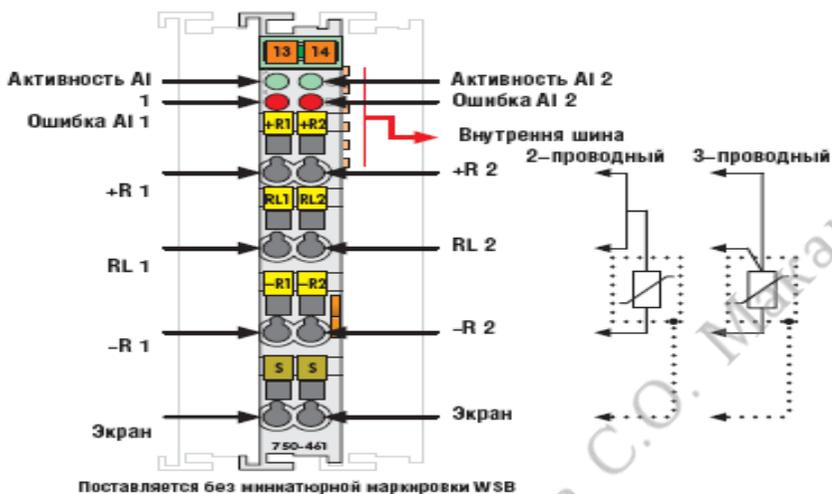


Рисунок 14 - Модуль ввода сигналов с термометров сопротивления Pt и Ni

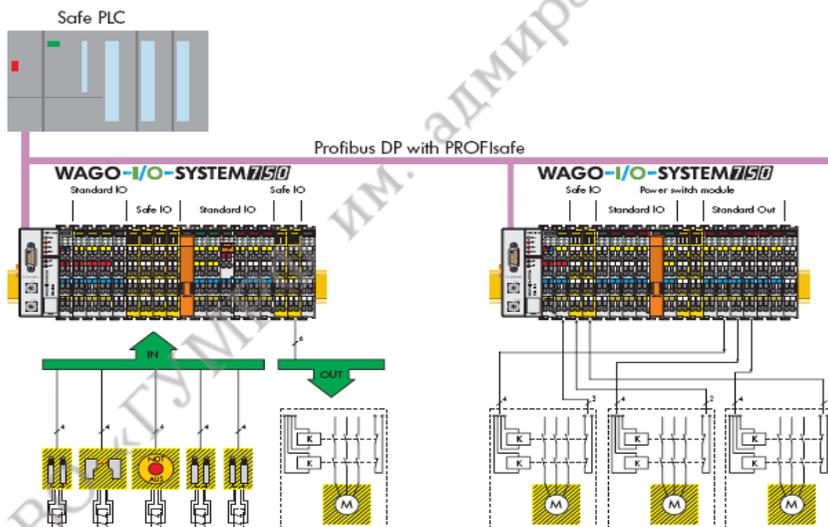


Рисунок 15 - Бортовая сеть на модулях WAGO I/O SYSTEM 750

Система WAGO-I/O-SYSTEM 750 широко применяется в индустрии морских перевозок. Возможные места применений: платформы, погрузочные устройства, краны, системы контроля перемещений контейнеров, бортовые системы. Это стало возможным с получением сертификата Ллойд (Germanischer Lloyd and Lloyd's Register). Корректное использование системы предусматривает (согласно сертификату) использование этих модулей фильтра.

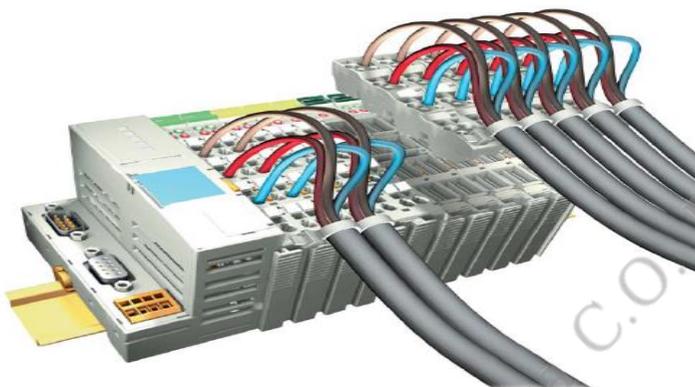


Рисунок 16 - WAGO-I/O-SYSTEM 750 со штеккерным соединением

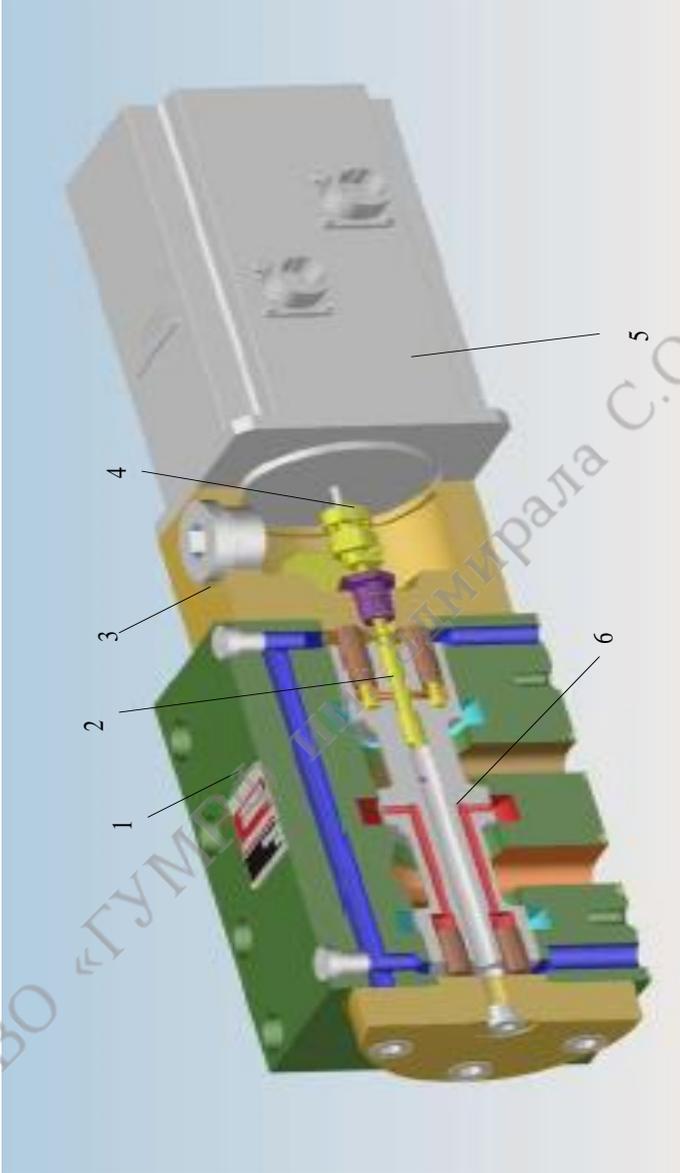


Рисунок 17 - Components of the FIVA valve

1 - Main housing; 2- Pilot spool; 3- Coupling housing; 4 - Coupling; 5 - Linear motor; 6 - Main spool

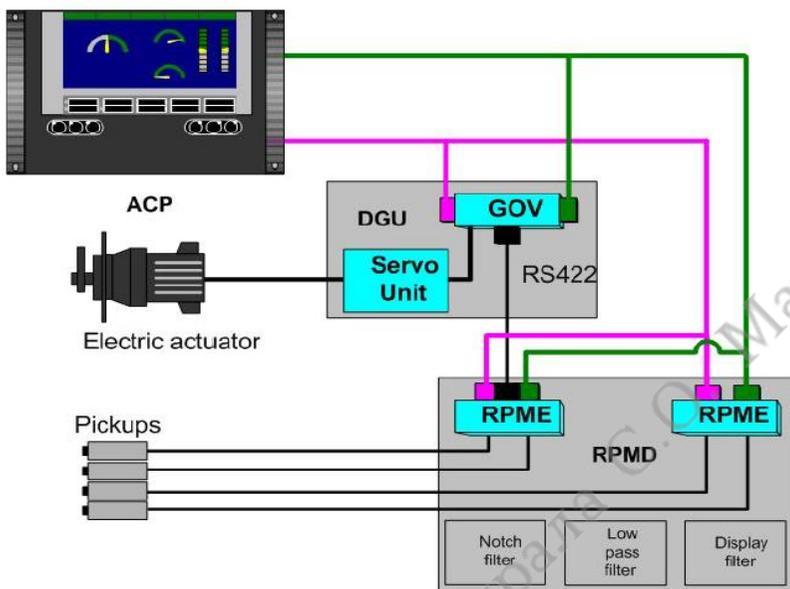


Рисунок 18 - Схема контроля и управления оборотами судового дизеля. Функции DGU: Автоматическая регулировка частоты вращения. Автоматическое ограничение работы дизеля по наддуву, крутящему моменту и т.д. Ручное ограничение работы дизеля по оборотам, подаче топлива и т.д. Избегание критической частоты вращения. Автоматическое снижение оборотов. Интерфейсы DGU: CAN; CAN интерфейс для ДАУ; 2 для RS422/RS485. Распределительный модуль частоты вращения двигателя (RPMД) состоит из 2-х RPME. Питание от источника 24 В, имеется 4 входных канала для подключения таходатчиков, 2 релейных выходов, 2 выходов на соленоиды, двоянный CAN интерфейс и 2 выходы RS422/485

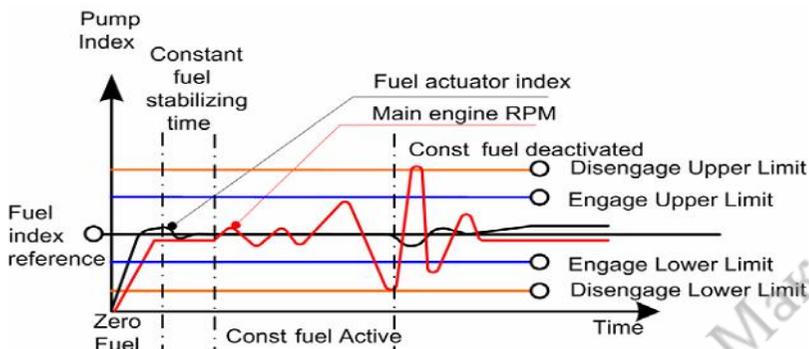


Рисунок 19 - Режим «постоянное топливо» - функция применяется, если система регулирования изготовлена компанией Kongsberg Maritime AS. Обороты измеряются постоянно, и когда они остаются постоянными определенное время, система регулирования будет информирована о включении режима «постоянное топливо». Тогда регулятор замкнет выход топливного актюатора на фиксированный топливный индекс. Контроль за топливной уставкой - топливный индекс напрямую устанавливается рукояткой, находящейся «в управлении». Если рукоятка установлена в позицию «Dead Slow» - (Самый Малый ход), то будет поступать 0% топлива, «Nav Full» - (Самый Полный Вперед) будет соответствовать 100% топливной команде, независимо от оборотов двигателя. Функция «Мертвая зона» уменьшает движение актюатора. Обороты «Мертвой зоны» устанавливаются параметрами, по умолчанию - 2 об/мин (± 2 об/мин). Режим «Штормовое море» (Rough sea) предусмотрен как опция во избежание состояния разноса во время шторма. Выбор режима «Штормовое море» производится из меню панели АСР

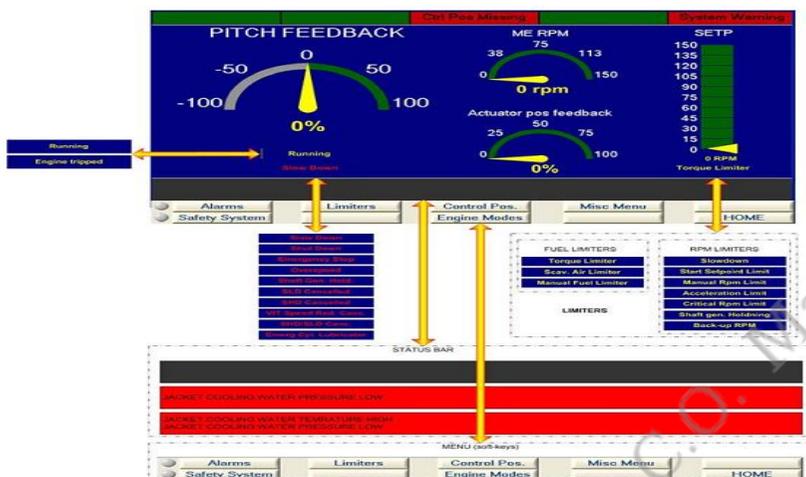


Рисунок 20 - «Продвинутые» операции из ЦПУ. Динамическая визуализация «Номе»: Серое поле ниже аналоговых приборов - Строка текущего состояния для индикации аварий. Аварийные сигналы - Красные, а Подтвержденные - снова становятся Серыми. Нижняя секция странички – Меню (выбираем подменю при помощи многофункциональной кнопки). Сенсорные клавиши (рабочие поля на «картинке») будут подсвечиваться при использовании поворотной кнопки

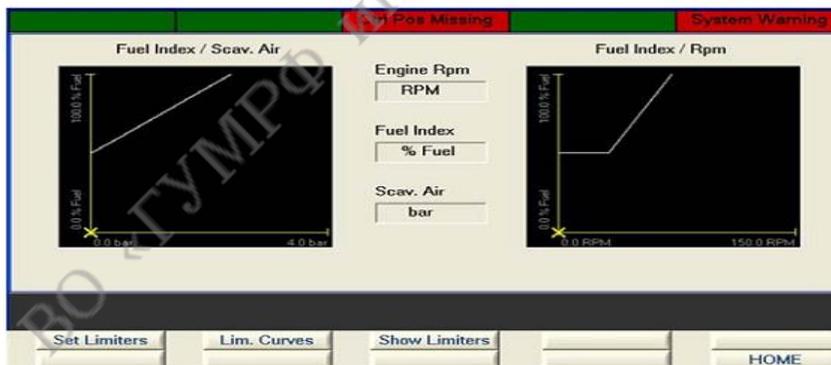


Рисунок 21 - Поворотной кнопкой находим «Lim. Curves-кривые ограничений». На данных кривых можно производить Мониторинг ограничителей по Продувочному воздуху и Крутящему моменту. Выбираем клавишу - «Установить Ограничитель» (Set Limiter). Ручной Ограничитель RPM может быть откорректирован путем перехода на поле

«Manual RPM Limiter». Нажимаем поворотную кнопку для активации поля. Корректируем значение Ограничителя RPM, при помощи поворотной кнопки. Нажимаем кнопку для ввода нового значения Ограничителя RPM («Ручной Топливный Ограничитель» может быть откорректирован при помощи такой же процедуры)

Engine Data

Engine Maker	MAN B&W
Engine Type	MC
Propeller Type	FPP
Cylinders	6
MCR	103 rpm
Power @ MCR	5.00 MW

Рисунок 22 - «Уставки» во время «Ввода» дизеля в эксплуатацию и не могут быть изменены. Информация: Тип двигателя, Тип винта, Обороты и МДМ, Количество цилиндров

Misc 2 Menu Engine Data Palette Menu **Date & Time** User Access
Param. Change VIT Setting HOME

Current Time

UTC: 31 August 2006 10:47:13
Local: 31 August 2006 12:47:13
Can: 31 Aug 2006 10:47:13.07
Sync: Slave

Adjust UTC date and time

Date: 31 August 2006
Time: 10 47 2
Set Time

Adjust local offset

Time Offset (min): 0

Рисунок 23 - Выберите окно «Дата и Время- Date & Time». Используя поворотную кнопку, можно выбрать любое поле для корректировки Даты и Времени. Выбором сенсорной клавиши «Установка времени» (Set Time) делаем корректировку параметров Выберите окно «Доступ Пользователя» (User Access). Используя поворотную кнопку, можно выбрать «Входной» уровень при активации одного из Полей: В зависимости от выбранного

«Уровня входа», потребуется специальный пароль. Для ввода пароля появляется всплывающее окно, используйте поворотную кнопку для ввода требуемого пароля. Нажмите ОК в диалоговом окне. Состояние поля рядом с уровнем доступа изменится на «Активное». Когда уровень доступа будет принят, то другие поля «Доступа Пользователя» станут доступными для корректировок. Внимание! Требуемый пароль можно заказать у Kongsberg Maritime AS. Для замены Пароля индивидуально для каждого уровня выберите один из уровней допуска на поле «Заменить пароль» (Change Password). Напечатайте новый пароль в диалоговом окне

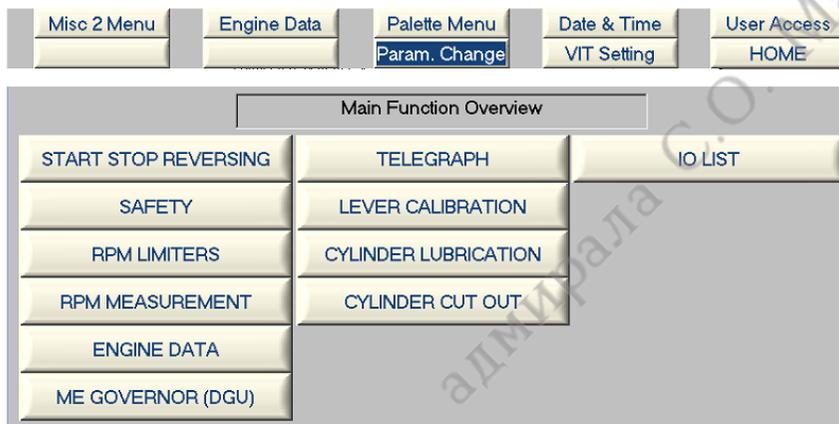


Рисунок 24 - Выберите сенсорную клавишу «Изменение Параметра» (Parameter Change). Обзор «Главных функций» (Main Function Overview) Выберите сенсорную клавишу «Пуск/Стоп/Реверс» (Start/Stop/Reversing)

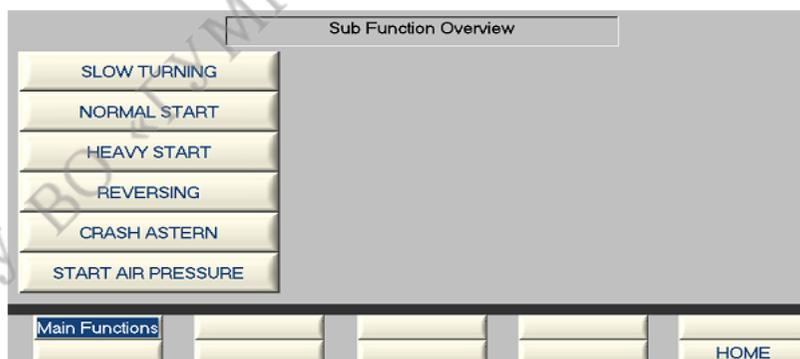


Рисунок 25 - Из обзора под-функций—«Sub Function Overview возможно выбрать параметры, относящиеся к «Пуск/Стоп/Реверс» (Start/Stop/Reversing). Выберите сенсорную клавишу «Медленный Проворот» (Slow Turning»

Page 1 of 1		Tag: START - STOP- REVERSING
Engine Stop time before start with slowturning		1 Min.
Max. Slowturn time (15 sec.)		15 Sec.
Number of slowturning revolutions		0
Separate slowturning valve used		No
Automatic slowturning in ECR control		No

Main Functions	Sub Functions	Prev page	Next page	HOME
----------------	---------------	-----------	-----------	------

Рисунок 26 - Меню содержит параметры для «Медленного Проворота»

Main Function Overview		
START STOP REVERSING	TELEGRAPH	IO LIST
SAFETY	LEVER CALIBRATION	
RPM LIMITERS	CYLINDER LUBRICATION	
RPM MEASUREMENT	CYLINDER CUT OUT	
ENGINE DATA		
ME GOVERNOR (DGU)		

Рисунок 27 - Если хотите вернуться к Основному меню параметров, то выберите «Основные Функции» (Main Functions)

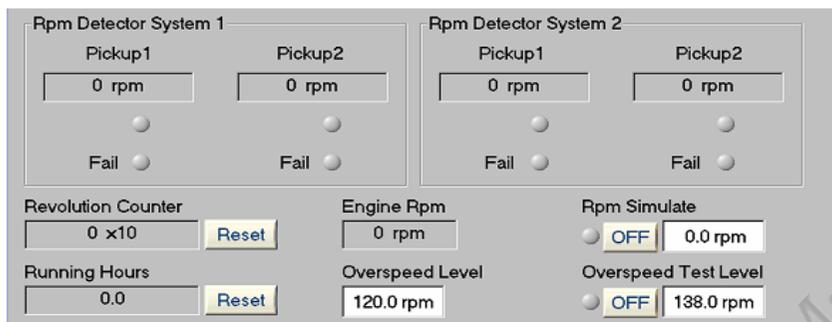


Рисунок 28 - На экране появится окно Детектора RPM и можно следить за работой четырех таходатчиков

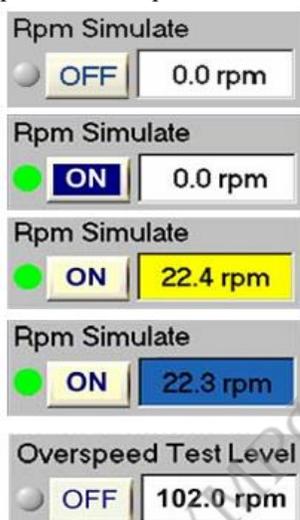


Рисунок 28 - Для имитации RPM нажмите сенсорную клавишу «RPM Simulate». Имейте в виду, что система управления пропульсивной установкой будет использовать «имитированные RPM» для ссылок. Для «Включения имитации RPM» необходимо ввести пароль. Для «Корректировки RPM» во время имитации вращайте Поворотную кнопку

49	Неисправность оперативной памяти (RAM) блока	Замените блок
48	Перегрузка датчика	Проверьте все каналы на величину тока
47	Неисправность предохранителя	Проверьте все входы
46	Высокая температура процессора блока	Проверьте температуру окружающей среды
45	Неисправность флэш-памяти	Перезагрузите блок и посмотрите снова, если ошибка повторится, замените блок
	CAN 1 - разъем X8:	
40	Неисправность контроллера шины CAN	
39	Ошибка установки состояния контроллера CAN	
38	Перегрузка контроллера CAN	

Рисунок 29 - Все модули DPU имеют встроенную систему самотестирования, которая выводит отчет об ошибках на АСР

37	Перегрузка линии Rx	Проверьте соединение CAN
36	Перегрузка линии HP Tx	
35	Перегрузка линии LP Tx	
34	Ошибка передачи данных	
	CAN 2 - разъем X9:	
30	Неисправность контроллера шины CAN	Проверьте соединение CAN
29	Ошибка установки состояния контроллера CAN	
28	Перегрузка контроллера CAN	
27	Перегрузка линии Rx	
26	Перегрузка линии HP Tx	
25	Перегрузка линии LP Tx	
24	Ошибка передачи данных	

Рисунок 30 - Все модули DPU имеют встроенную систему самотестирования, которая выводит отчет об ошибках на АСР

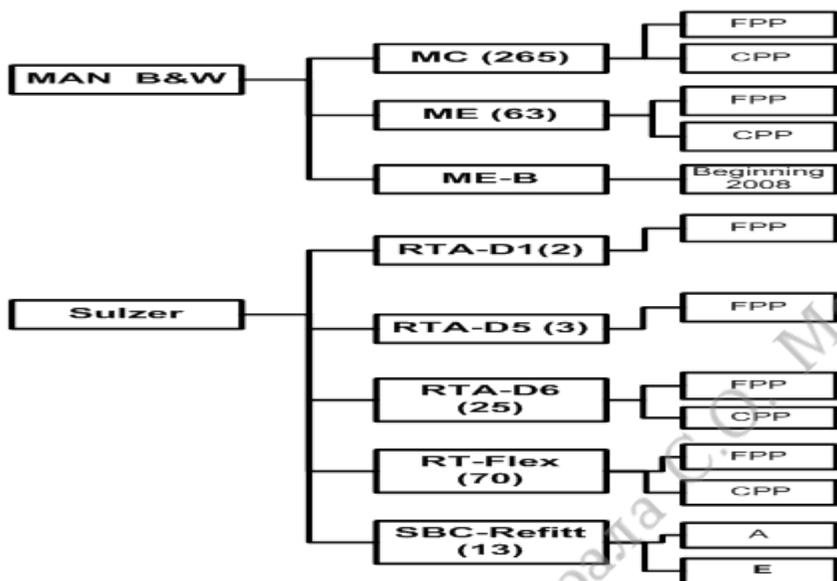


Рисунок 31 – Модели дизелей MAN B&W и Sulzer

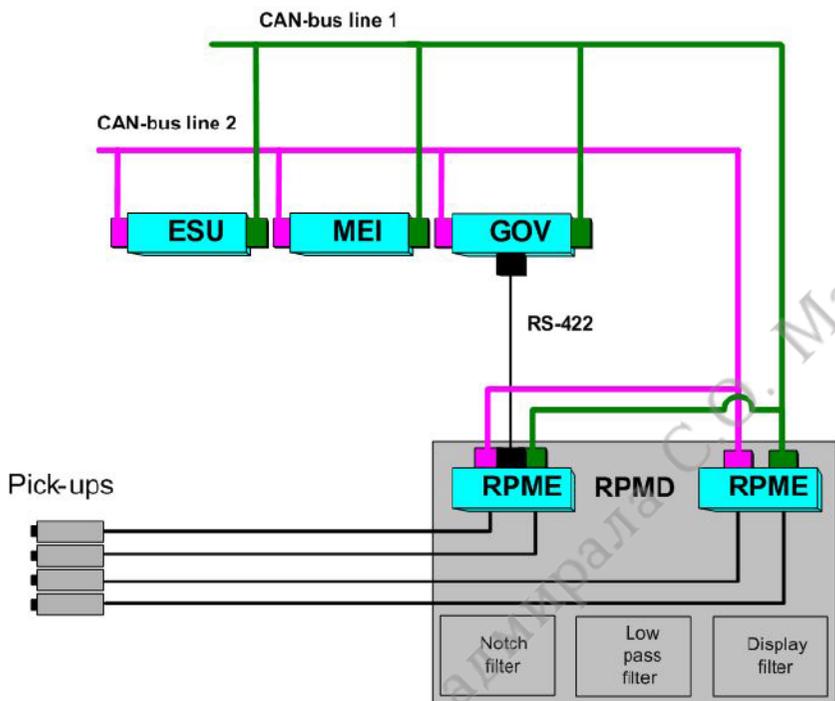


Рисунок 32 - Схема «дублирования» через RS-422 и CAN-bus line 2 для управления оборотами судового дизеля

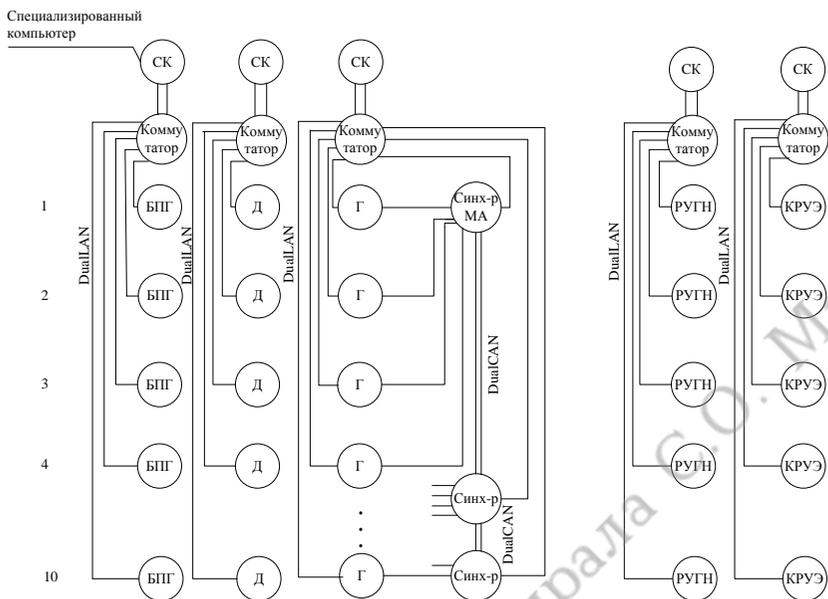


Рисунок 33 - Бортовые сети в энергоустановках для тригенерации

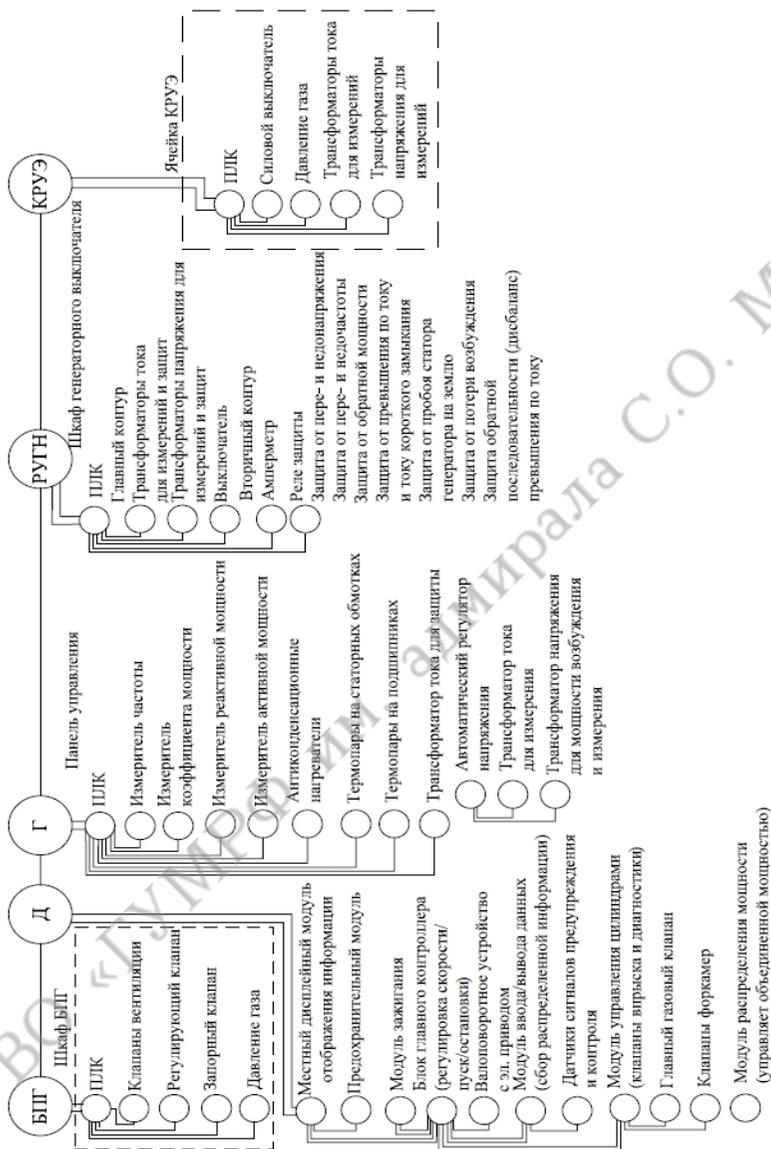


Рисунок 34 - Модули в сетях энергоустановки для тригенерации

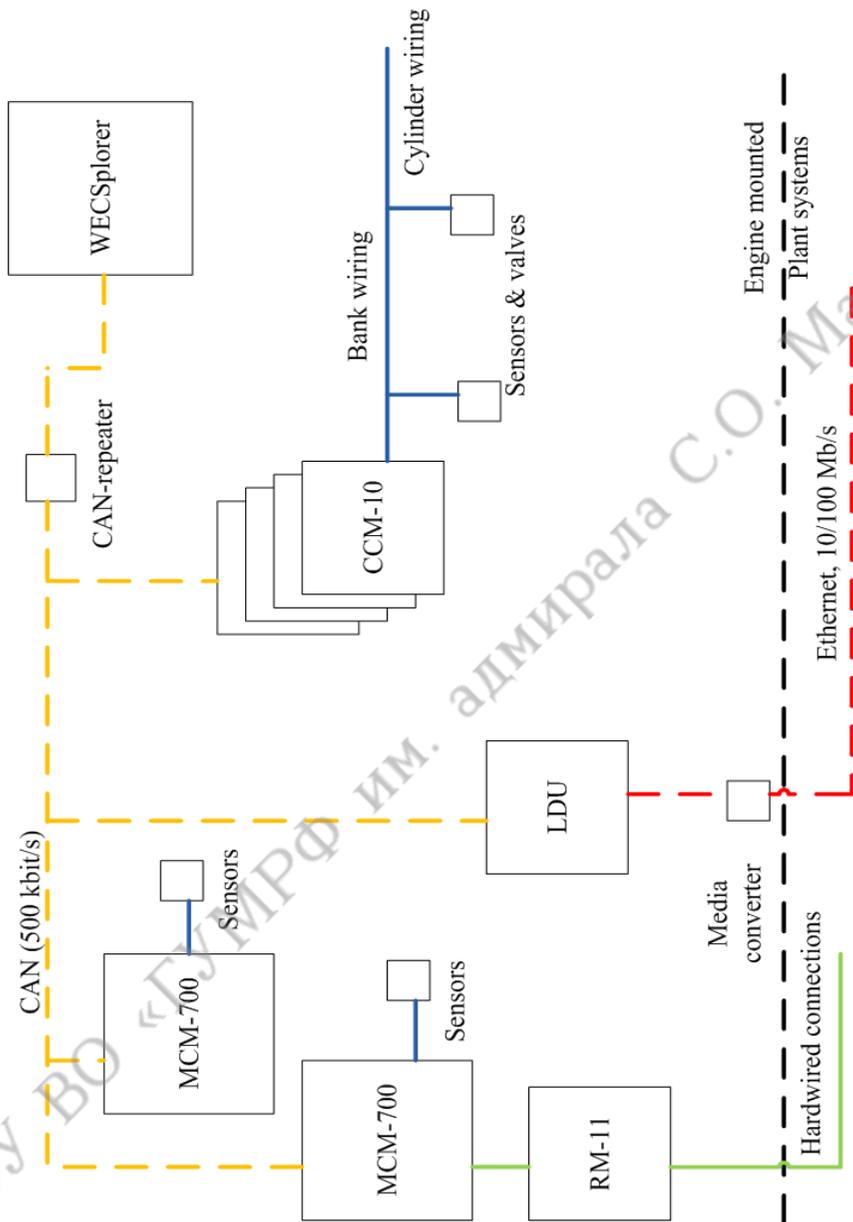


Рисунок 35 - Модули в WECS-8000

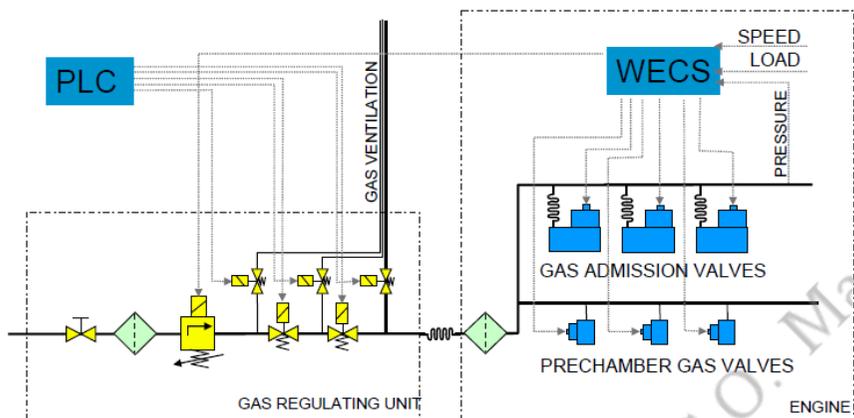


Рисунок 36 - Управление подготовкой и подачей газового топлива

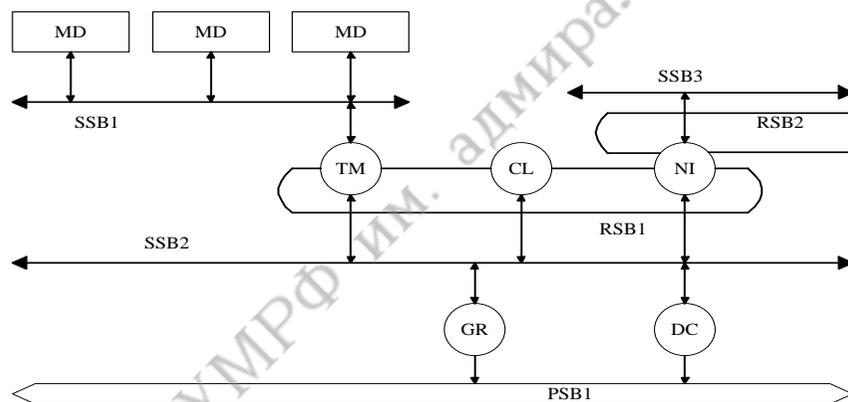


Рисунок 37 - Бортовые сети в интегрированном комплексе

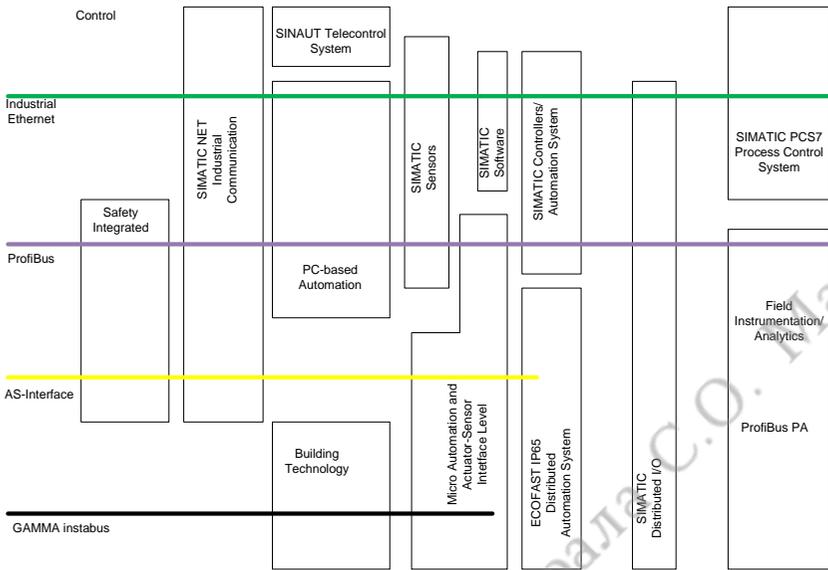


Рисунок 38 – Развитие техники интерфейсов

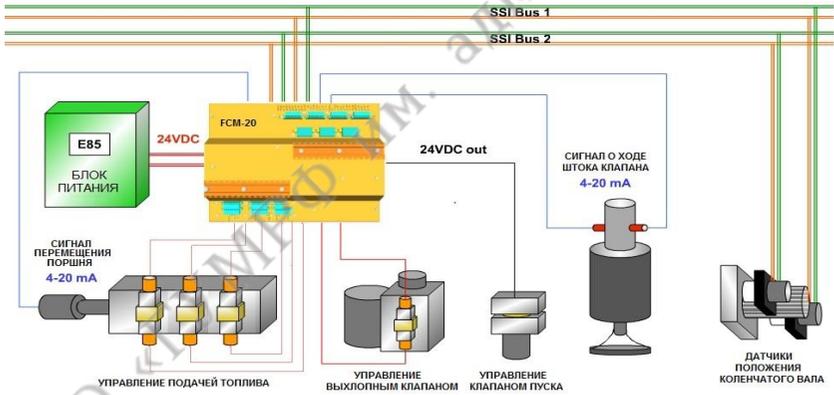


Рисунок 39 - Элементы бортовой сети для управления процессами в цилиндре судового дизеля

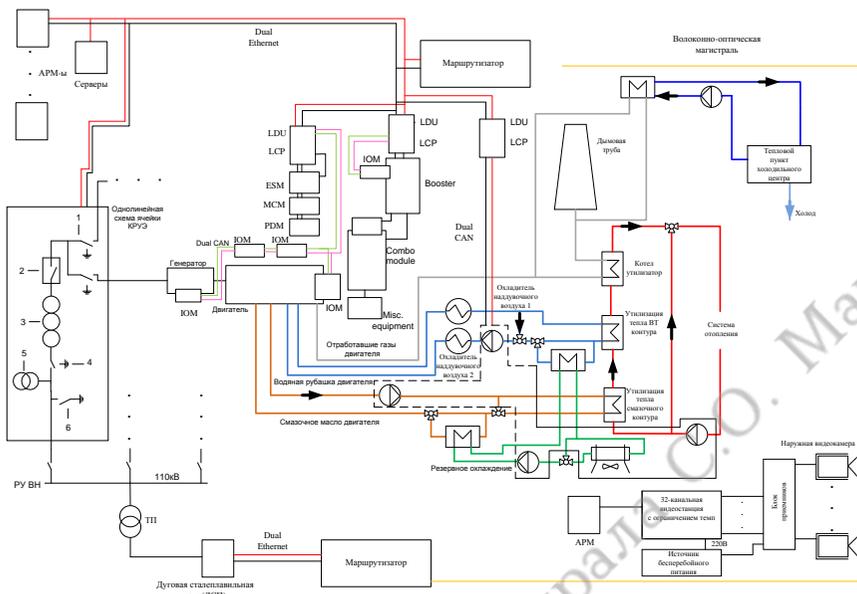


Рисунок 40 – Интегрированная энергоустановка для тригенерации

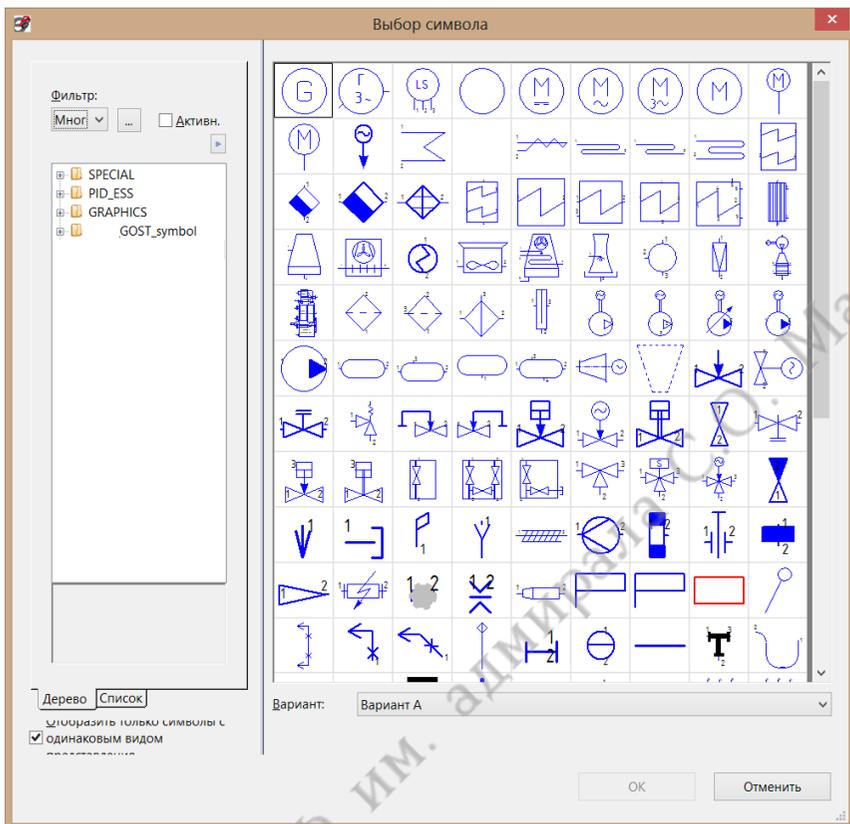


Рисунок 41 – Элементы символов в базе EPLAN Electric P8

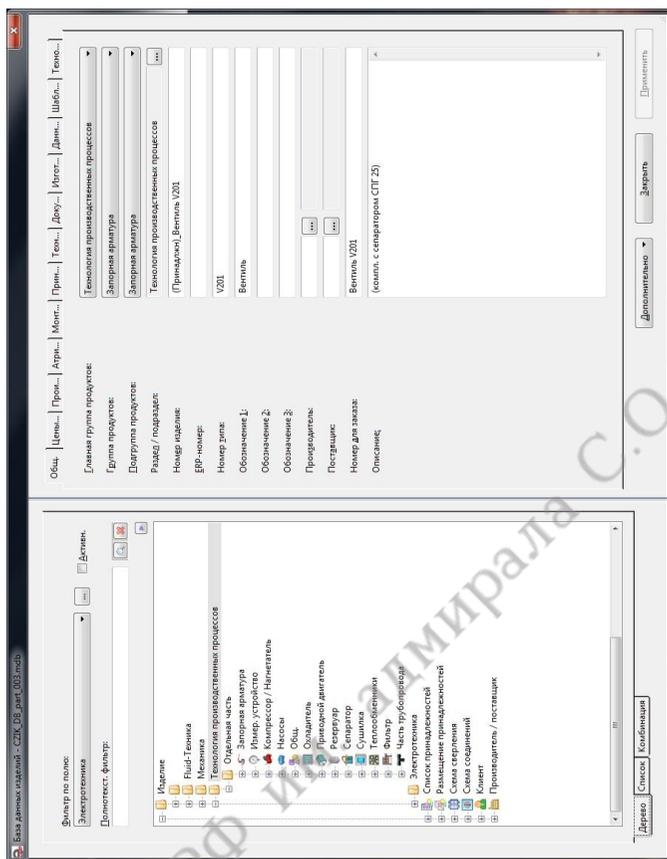


Рисунок 42 - Навигатор изделий открывается из EPLAN Electric P8

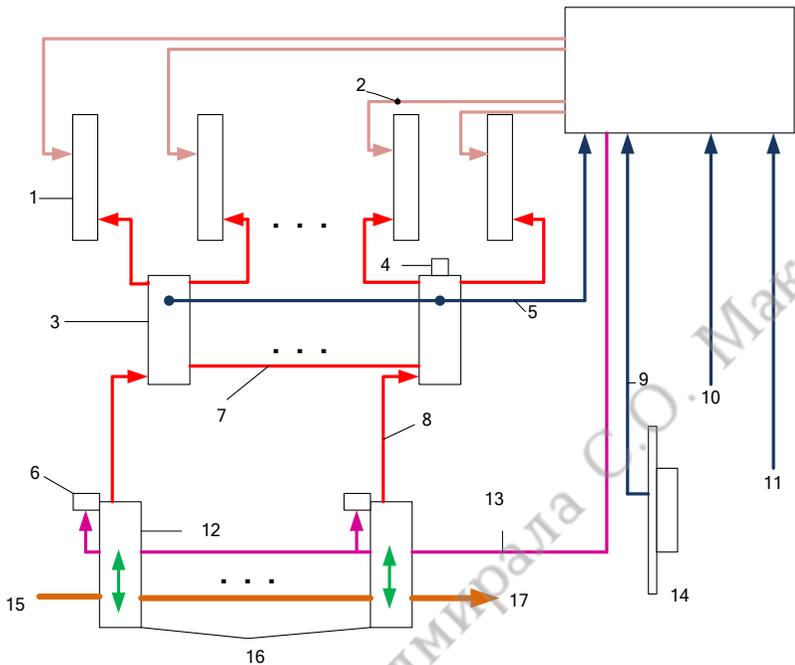


Рисунок 43 - Сетевое управление топливоподачей: 1-Injector(Форсунка); 2-Timed Signal to Injector solenoid (Временный сигнал соленоида форсунки); 3 - Accumulator (Аккумулятор); 4 - Start up and Safety Valve (Запуск и предохранительный клапан); 5- System Pressure (Давление в системе); 6- Flow Control Valve (Регулирующий клапан); 7 - Pipes between Accumulation (Трубы между накопителем); 8 -High Pressure Feed to Accumulation (Высокое давление подачи к накопителю); 9- Engine Speed (Частота вращения двигателя); 10 -Load (Нагрузка); 11- Intake Air Temperature (Температура воздуха); 12- Pump(Насос); 13 -Pressure Regulation Signal (Регулирование давления сигналом); 14- Flywheel (Маховик); 15- Low pressure Fuel Tank (Низкое давление топливного бака); 16 - Pump Operating Cams (Насос рабочих кулачков); 17 -Return to Fuel Tank (Обратно в топливный бак)

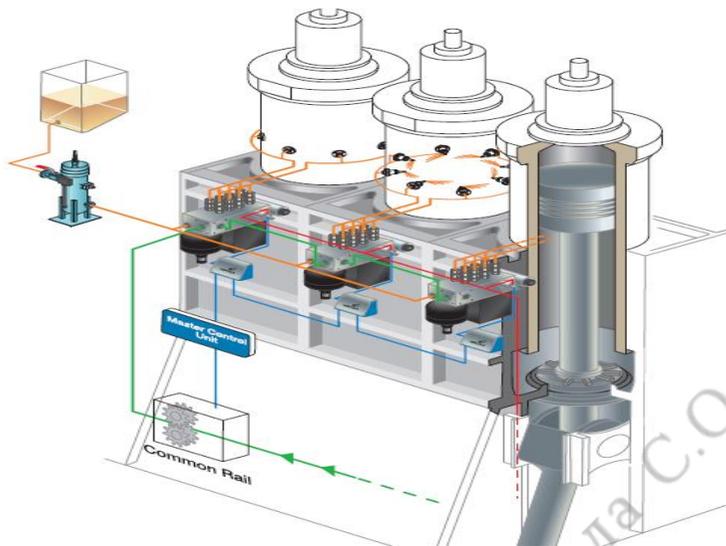


Рисунок 44 - Элементы Common Rail в дизеле

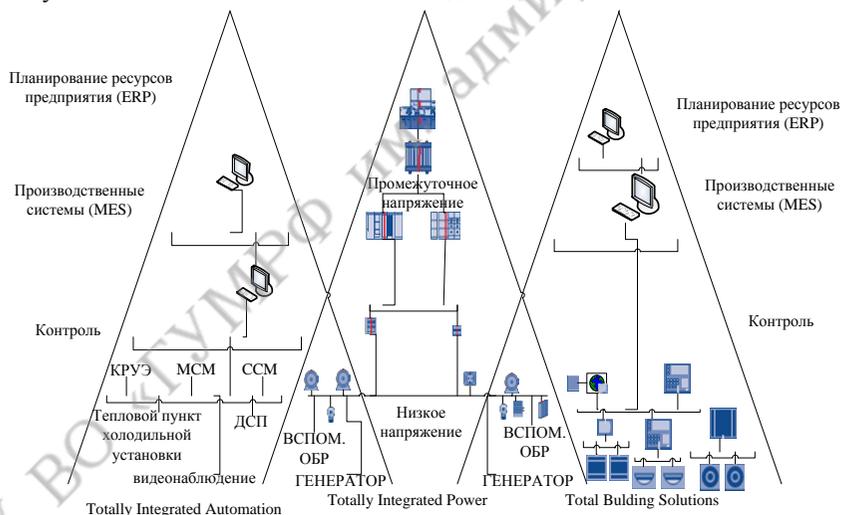


Рисунок 45– Развитие ТИА, ТИР, ТИВ

ПРОИЗВОДСТВО ПАРА

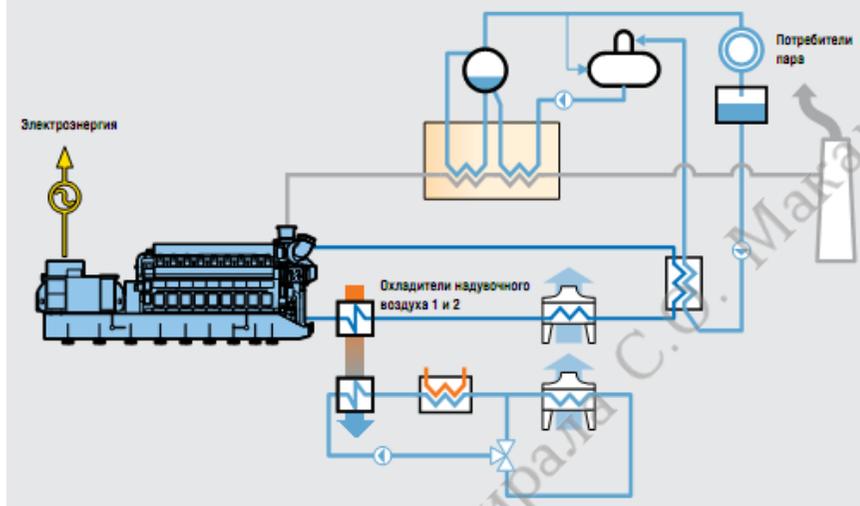
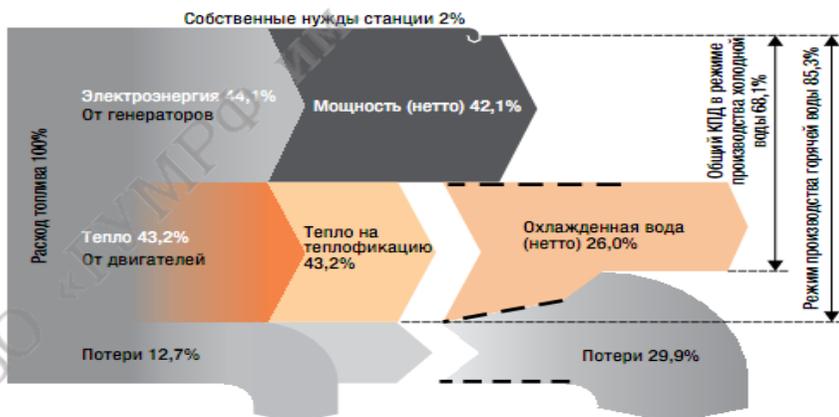


Рисунок 48 – Агрегаты энергоустановок с комбинированным циклом

ТРИГЕНЕРАЦИЯ



Для двигателя 20V34SG C2, при 25 °С, относительная влажность 30%.

Рисунок 49 – Расход топлива в процессе тригенерации

КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

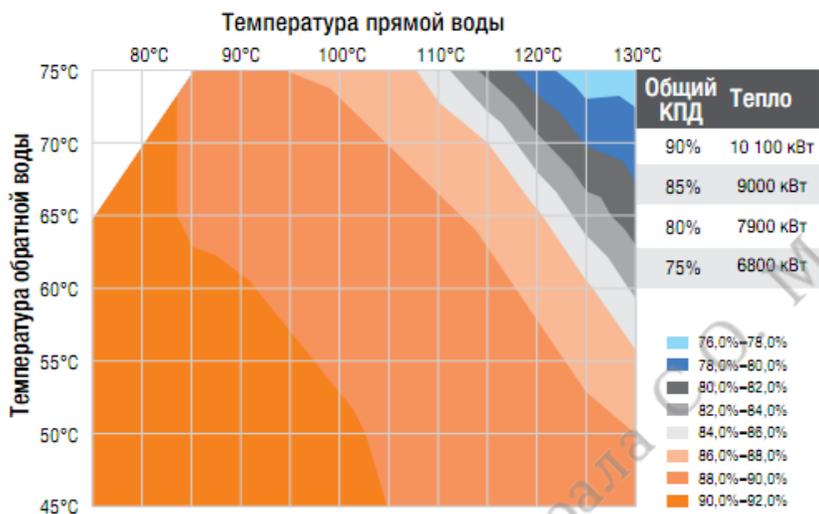


Рисунок 50 – Использование топлива в двухтопливном дизеле

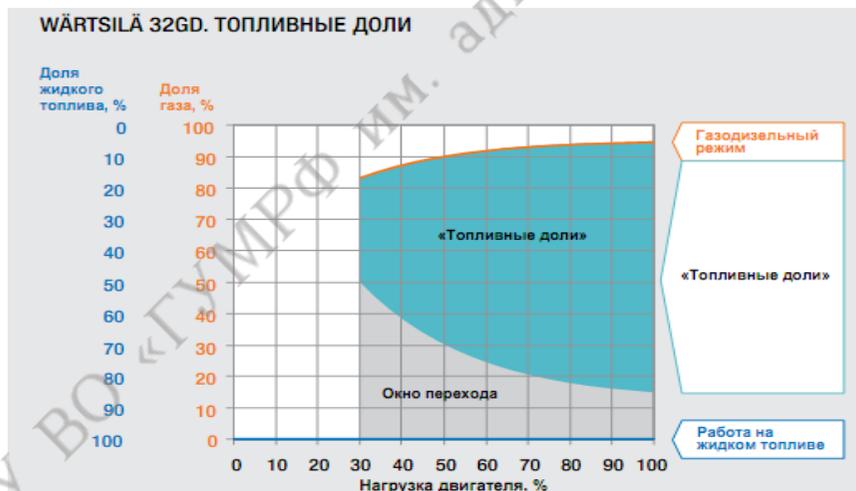


Рисунок 51 – Переход к газодизельному циклу

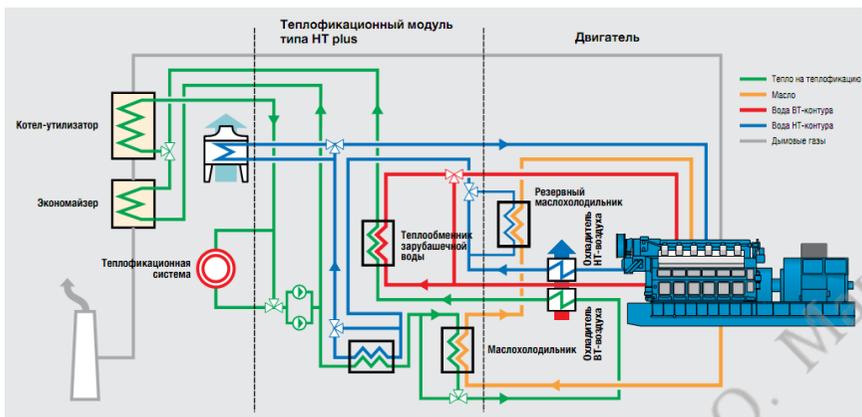


Рисунок 52 – Возможности интегрированной энергоустановки

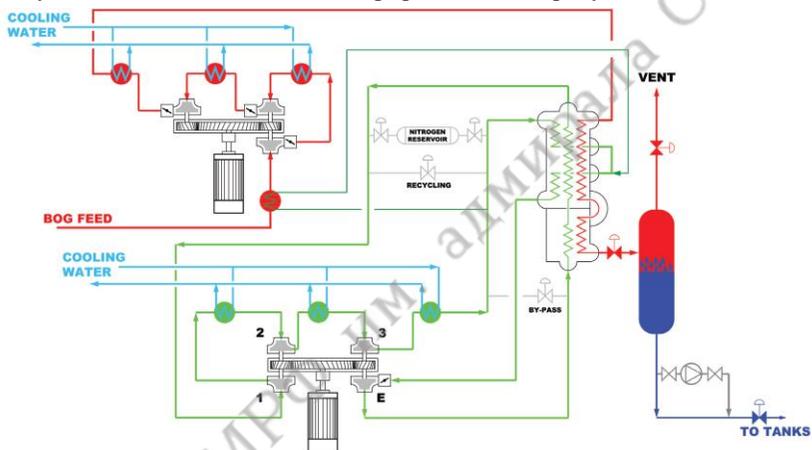


Рисунок 53 – Элементы технологий в Wärtsilä Oil & Gas Systems

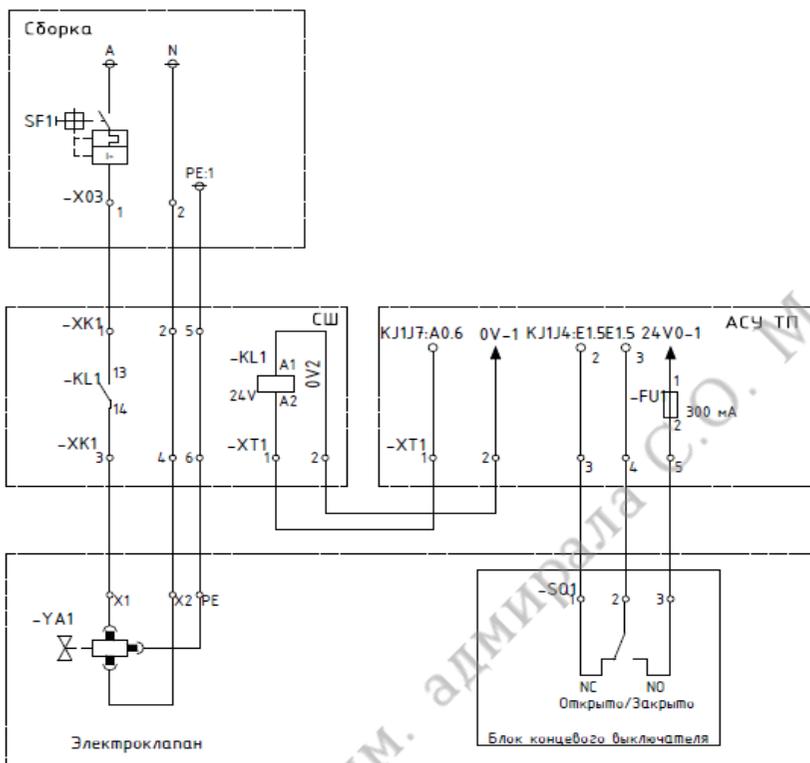


Рисунок 54 - Схема управления электромагнитным клапаном

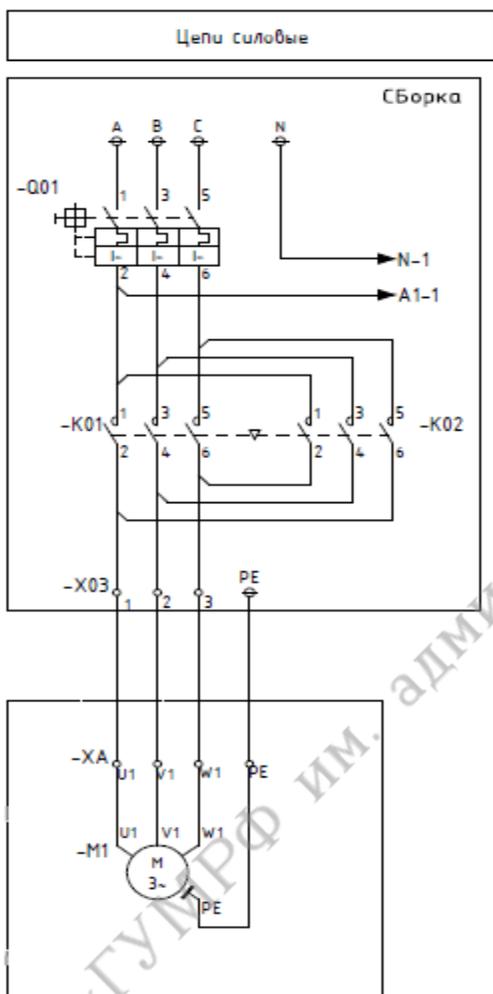


Рисунок 55 - Схема управления затвором для процессов защиты:
«Сработала тепловая защита двигателя», «Сработала моментная муфта»

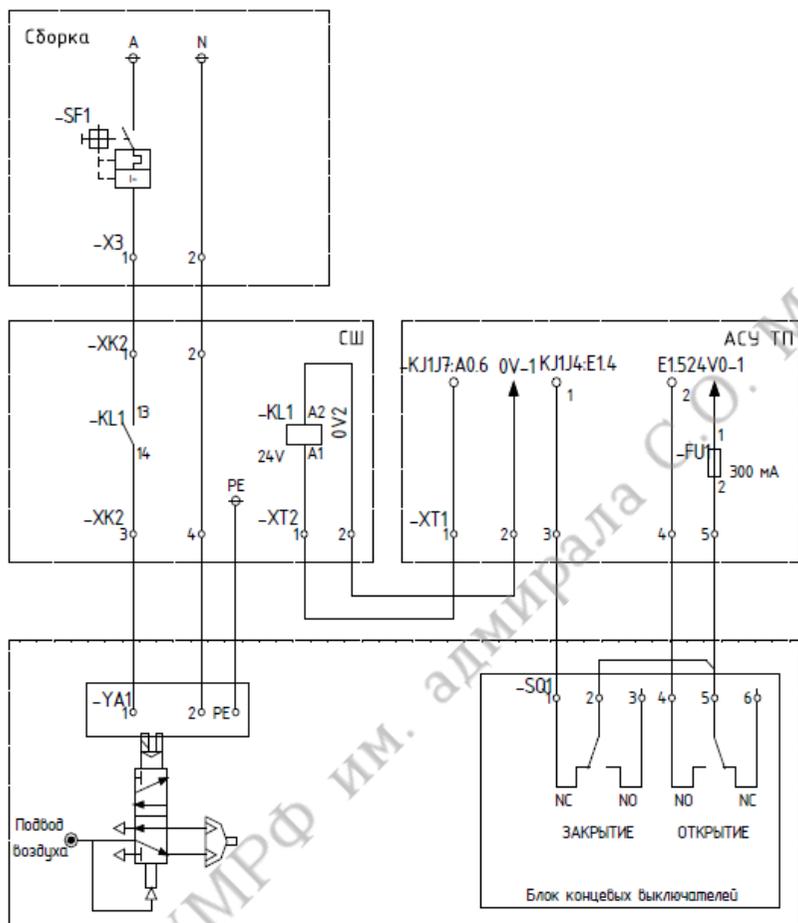


Рисунок 56 - Схема управления краном с пневмоприводом

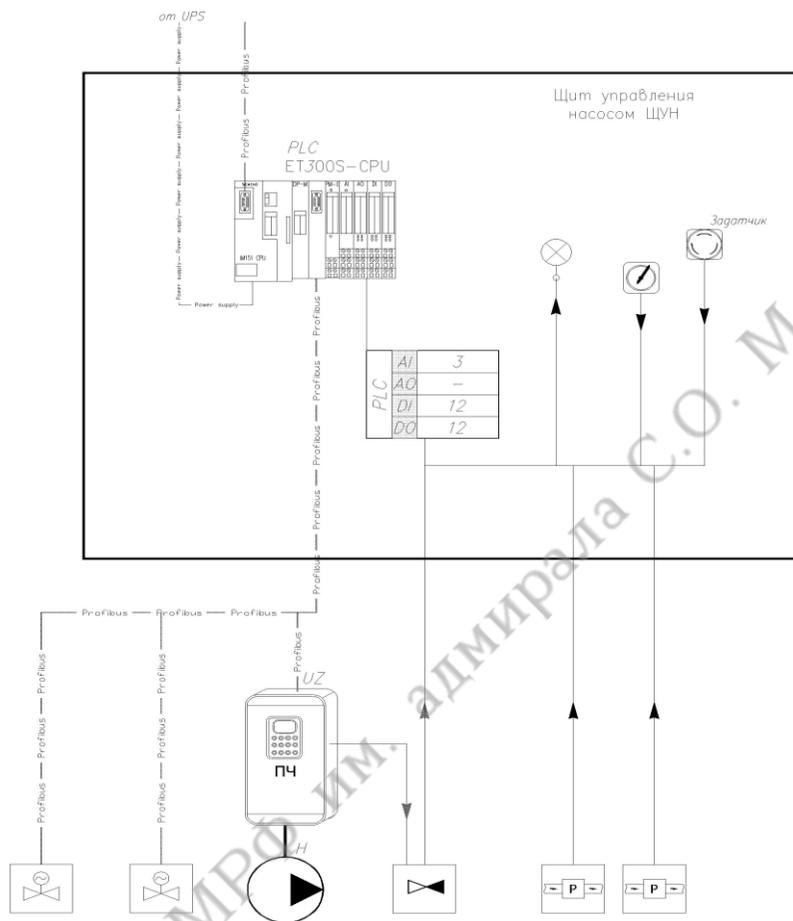


Рисунок 57 - Управление насосным агрегатом

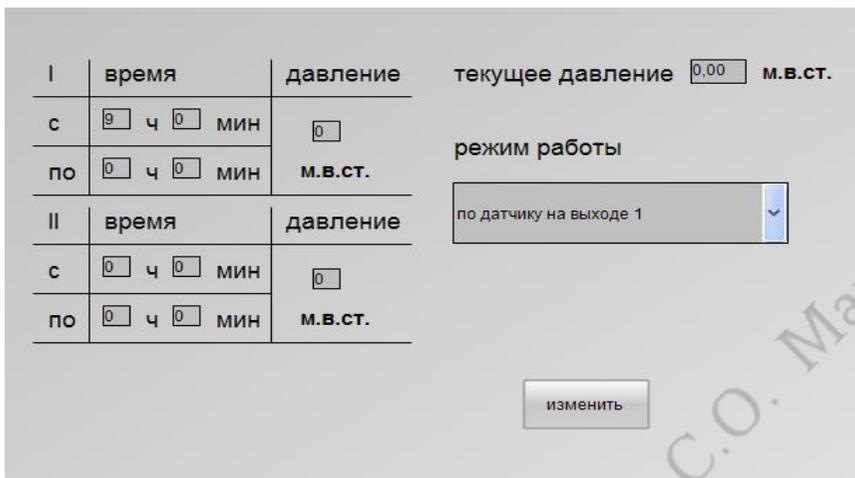


Рисунок 60 – Визуализация «Уставок» управления насосами

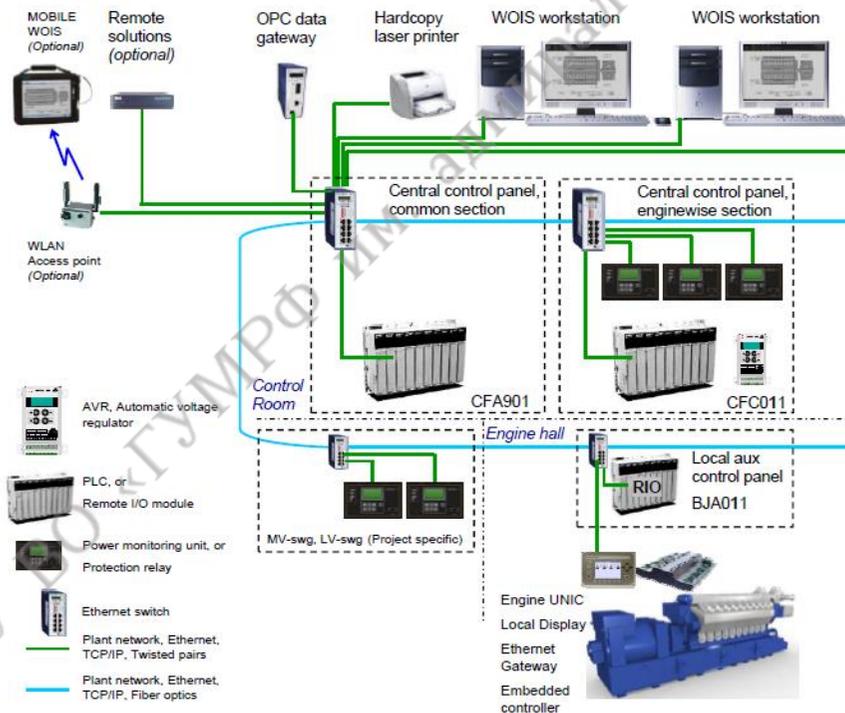


Рисунок 62 – Бортовые сети в автономной энергоустановке

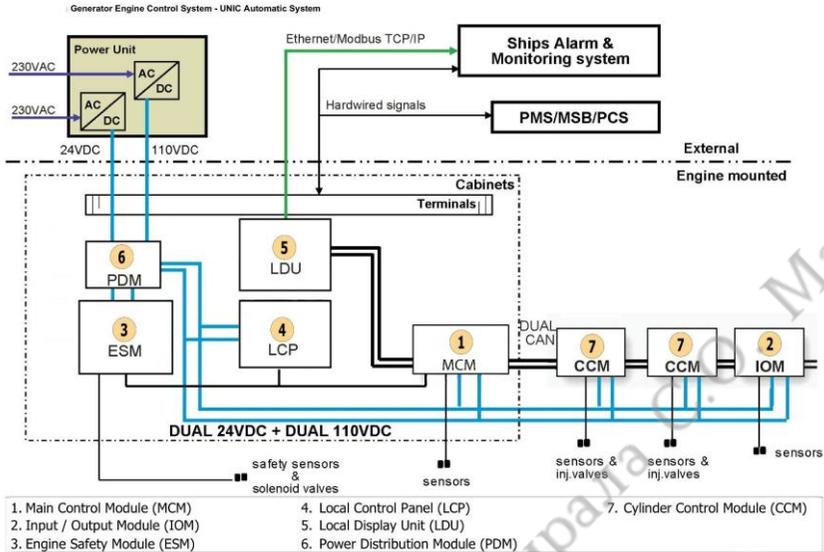


Рисунок 63 – Модули в энергоустановке

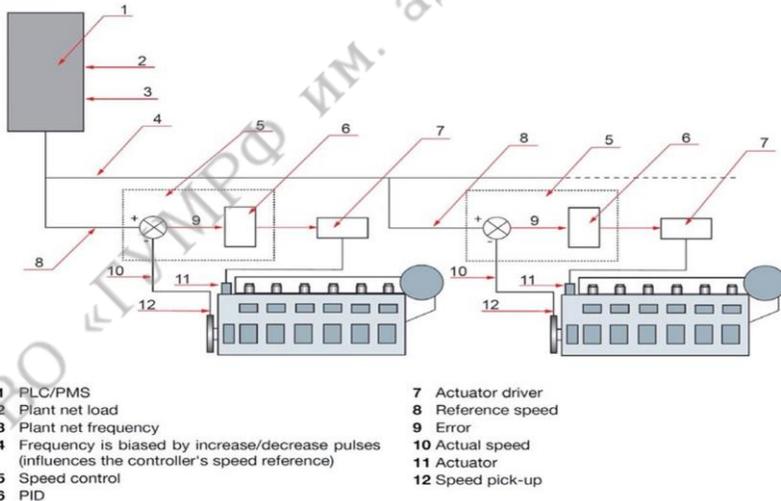


Рисунок 64 – Модули в энергоустановке

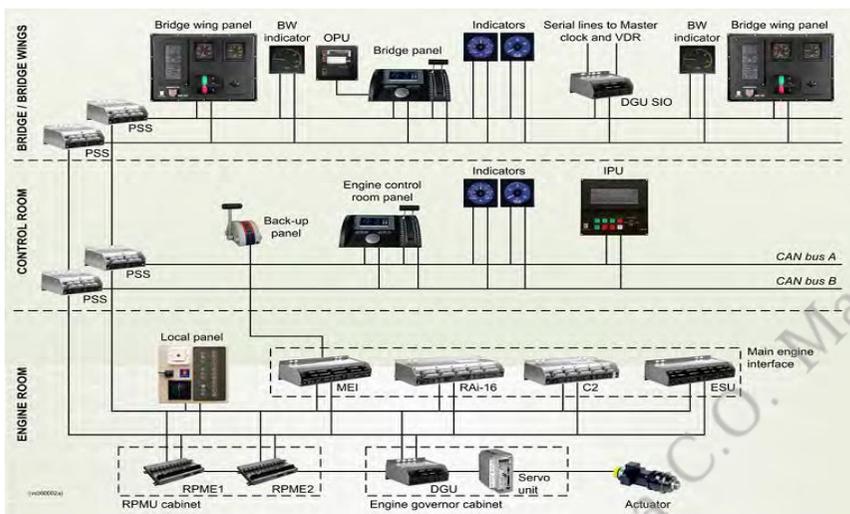


Рисунок 65 – AutoChief®C20 состоит из модулей, связанных через CAN: панель управления АСР, система защиты двигателя и система электронного регулирования скорости

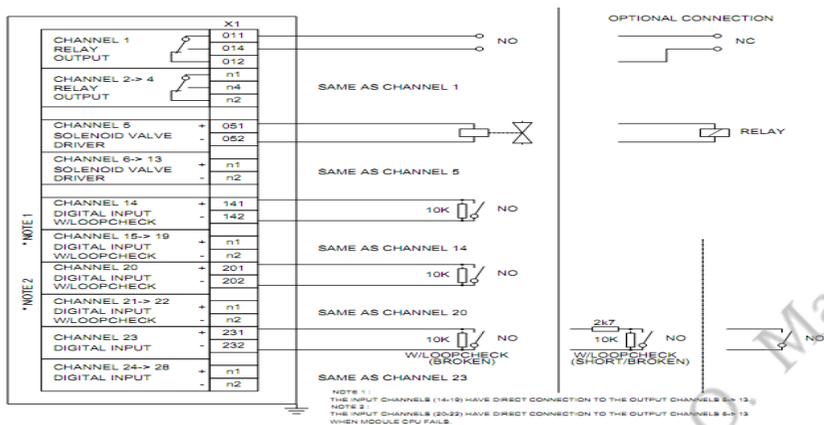


Рисунок 66 - В ESU две независимые линии питания и встроенная функция автоматического переключения между ними. Цифровые входные каналы с 14-го по 19-й напрямую связаны с выходными каналами с 5-го по 13-й. В случае отказа микропроцессора в ESU, цифровые каналы 20-22 переключаются напрямую на выходные каналы 5-13. 4 выходных релейных канала с контактами двустороннего действия. 9 цифровых входных каналов (аварийная остановка) с проверкой цепи. 6 цифровых входных каналов с проверкой цепи. 3 цифровых входных каналов с проверкой цепи (только на обрыв). 6 цифровых входных каналов с проверкой цепи. Дублированное питание 24 В. Управление соленоидами с функцией проверки цепи. Наблюдение и сигнализация по все каналам. Отметка времени для аварий и других событий (0,001 с). Самотестирование. Защита датчиков от перегрузки. Обработка ошибок CAN

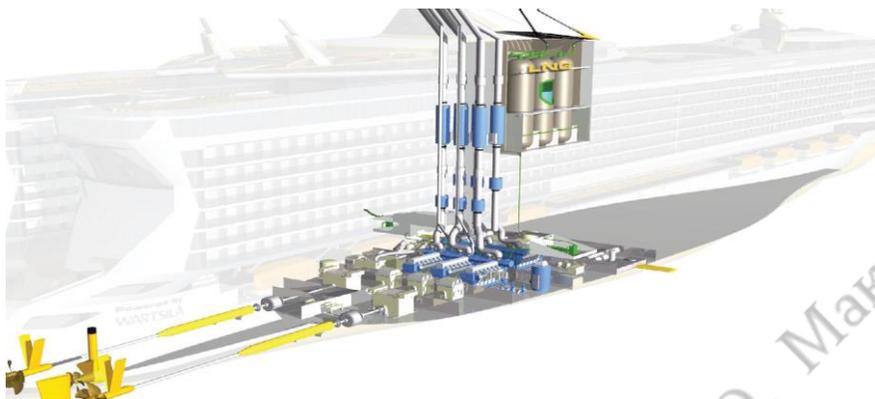


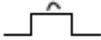
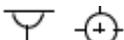
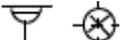
Рисунок 67 - Расположение агрегатов энергоустановки

Список сокращений и условных обозначений

N_i, N_e	– Индикаторная и эффективная мощности кВт	
$N_{\text{мех}}$	– Мощность механических потерь "	
n	– Частота вращения / число оборотов (1/сек)	1/мин
$M_{\text{кр}}$	– Крутящий момент двигателя МН·м	
P_o, T_o	– Давление и температура окруж. среды Н/м ² , МПа	
P_r, P_j, P	– Силы давления газов в цилиндре, инерции движущихся масс и суммарная Н/м ² , МПа, °С	
P_k, T_k	– Давление и температура воздуха за компрессором "	
π_k	– Степень повышения давления воздуха в ГТК -	
P_s, T_s	– Давление и температура воздуха в ресивере "	

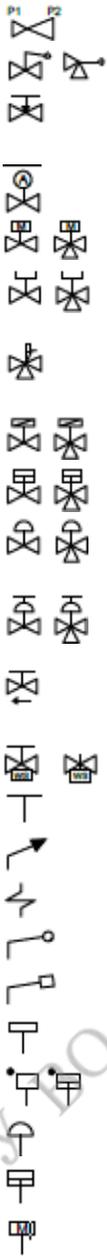
ε	– Степень сжатия	
	-	
P_c и T_c	– Давление и температура в конце сжатия	
	"	
P_z и T_z	– Максимальные значения давлений и температур в цилиндре "	
T_T	– Температура газов перед газовой турбиной	
	°C	
T и Z	– Тангенциальная и радиальная силы в КШМ	
	H	
$G_{\text{ч}}$ и g_e	– Часовой и удельный расходы топлива	кг,
	кг/кВт.ч	
$G_{\text{в}}$	– Заряд воздуха в цилиндре	
	кг	
L'_o	– Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания	
	1 кг топлива	
α	– Коэффициент избытка воздуха	
	кг/кг	
$\alpha_{\text{сум}}$	– Суммарный коэффициент избытка воздуха	
	-	
φ_{α}	– Коэффициент избытка продувочного воздуха	
	-	
$g_{\text{ц}}$	– Цикловая подача топлива	
	г	
$\varphi_{\text{оп}} \setminus \varphi_{\text{пп}}, \varphi_{\text{п}}$	– Углы опережения и продолжительности подачи топлива	
h_{α}	– Активный ход плунжера ТНВД	
	град	
σ	– Напряжение	
	H/м кг/м	
η_i, η_e	– Индикаторный и эффективный КПД двигателя	
	-	
η_k и η_m	– КПД компрессора и турбины	
	-	
Q_n^p	– Теплота сгорания топлива	

	кДж/град
ALM	–Аларм
DF	–Двухтопливный режим
DG	–Дизель генератор
FG	–Топливо газ
GCU	–Блок газового клапана
GPS	–Global Positioning System
HMI	– Human-machine interface(Человеко-машинный интерфейс)
MC	– Multi-clients
MPLS	– Multiprotocol Label-Switching(коммутации по меткам)
OPC	–OLE for Process Control(семейство программных технологий, предоставляющих единый интерфейс для управления объектами автоматизации и технологическими процессами)
TDC	–Верхняя мертвая точка
SCADA	– Supervisory Control and Data Acquisition (Диспетчерское управление и сбор данных)
SCL	– Structured Control Language(Структурированный язык управления)
WISE	– Wäartsilä Information System Environment(Информационная система составления отчетов, ведения журнала, документации в электронной форме и внешних интерфейсов)
WOIS	– Wäartsilä Operator Interface System(Система визуализации и диагностирования неисправностей)
БД	–База данных
ВОМ	–Волоконно-оптическая магистраль
ВМТ	– Верхняя мертвая точка
ДСП	– Дуговая сталеплавильная печь
ЕС	– Европейский союз

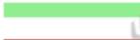
ИМК	– Интегрированный металлургический комплекс
ИЭУ	– Интегрированная энергетическая установка
КПД	– Коэффициент полезного действия
НМТ	– Нижняя мертвая точка
ОГ	– Отработавшие газы
ПЛК	– Программируемый логический контроллер
ПЗУ	– Постоянное запоминающее устройство
РО	– Реле отключения
ТНВД	– Топливный насос высокого давления
ЭЭС	– Электроэнергетическая система
	– Flexible Hose Joint
	– Rubber Compensator
	– Expansion Bend Pipe
	– Blind (Blank) Flange
	– Spectacle Flange (◦: Open, •: Shut)
	– Orifice
	– Suction Bellmouth
	– Discharge / Drain
	– Scupper for General
	– Scupper with Rose Plate
	– Scupper for Coaming
	– Hopper without Cover
	– Hopper without Hinged Cover
	– Rose Box
	– Mud Box
	– Simplex Strainer
	– Duplex Strainer with

-  Change Over Cock
-  – Y-type Strainer
-  – Disc Type Steam Trap with Strainer & Drain Plug
-  – Disc Type Steam Trap & Stop V/V (Steam Trap Unit : Jokwang Type)
-  – Float Type Steam Trap
-  – Air Filter Regulator
-  – Air & Gas Trap
-  – Auto Deaerating Valve
-  – Seal Pot
-  – Acumulator
-  – Vacuum Breaker
-   – Sounding Head with Cap / Filling Cap
-   – Sounding Head with Self-Closing Device
-  – Sounding Head with Plug (Deck Flush Type)
-   – Temperature Cap
-  – Air Vent Pipe
-  – Air Vent Pipe with Flame Screen
-  – Float Type Air Vent Pipe Head without Flame Screen
-   – Float Type Air Vent Pipe Head with Flame Screen
-  – Oil Tray Coaming
-  – Air Horn
-  – Hose Coupling
-    – Stop Valve (Globe / Angle)

-  – Gate Valve
-  – Butterfly Valve
-  – Hydr. Operated Butterfly Valve
-   – Screw Down Non Return Valve
(Globe / Angle)
-   – Lift Check Non Return Valve
(Globe / Angle)
-  – Swing Check Valve
-   – Hose Valve (Globe / Angle)
-  – 3-way Valve
-  – Storm Valve with Handle
-  – Storm Valve without Handle
-  – 2-Way Cock (S-type)
-   – 3-Way Cock (L-type / T-type)
-  – 2-Way Ball Valve
-   – 3-Way Ball Valve
(L-type / T-type)
-  – Soil Valve
(3-Way, Rotary Disc)
-  – Foot Valve
-  – Surface Valve
-  – Back Flow Preventer
-  – Pressure Regulating Valve
(Spring Loaded)
-  – Flow Rate Regulating Valve
-    – Self Closing Valve
(Globe / Angle)
-    – Remote Operated Em'cy
Shut-off Valve (Globe / Angle)
-   – Safety / Relief Valve
(Globe / Angle)



- Pressure Reducing Valve
- Ball Float Valve
- Manual Adjusting Globe Valve
(Cone Disc Type)
- Air Motor Valve
- Electric Motor Valve
- Thermostatic Temp.
Regulating Valve
- Pneumatic Cylinder Rotary Disc
Type 3-Way Temp. Control Valve
- Solenoid Valve
- Pneumatic Piston Valve
- Pneumatic Diaphragm Control
Valve
- Pneumatic Diaphragm Control
Valve With Hand Wheel
- Globe Valve Installed to
Reversible Flow Direction
- Water Seal Globe / Gate Valve
- Hand Operated
- Remote Control
- Spring
- Float
- Weight
- Hydraulic Operated
- Intermediate Position Control
- Pneumatic Diaphragm Actuator
- Pneumatic Piston Actuator
- Electric Motor Driven

	– Air Motor Driven
	– Solenoid Actuator
	– Deck Stand (Reach Rod)
	– Deck Stand (Hydraulic)
	– Centrifugal Type Pump
	– Potary (Gear, Screw, Mono) Type Pump
	– Hand Pump
	– Reciprocating Type Pump
	– Eductor (Ejector)
	– Diaphram Pump
	– Flow Meter
	– Observation Glass
	– Float Type Level Gauge
	– Sight Glass
	– Boss
	– Boss with Plug / Drain Plug
	– Manometer
	– Cargo Liquid Line
	– Cargo Vapour Line
	– Cargo Spray Line
	– Nitrogen Line
	– Inert Gas Line
	– Compressed Air Line
	– Steam Line
	– Steam Drain Line
	– Fresh Water Line
	– Sea Water (Including Fire Main) Line
	– Heavy Fuel Oil Line
	– Light Fuel Oil (D.O., Gas Oil) Line

	– Lub. Oil & Hydraulic Oil Line
	– Glycol Water Line
	– Bilge, Sewage & Soil Line
	– Sludge & Waste Oil Line
	– Starting, Control & Service Air Line
	– Fuel Gas (B.O.G.) in Engine Room
	– Acetylene Line
	– Oxygen Line
	– CO2 Line
	

Список литературы

1. *Шадрин, А.* Открываем сетевые ресурсы матроники транспорта /А.Б. Шадрин, С.А. Ромашова, И. Кастильо Чагин – Транспорт Российской федерации. - 2009. N 3-4. С.26-29.
2. *Шадрин, А.* Проектирование компьютерных сетей: учеб.-метод. комплекс (информация о дисциплине, рабочие учебные материалы, информационные ресурсы дисциплины, методические указания к выполнению и задания на курсовой проект или контрольную работу, блок контроля освоения дисциплины)/сост. А.Б. Шадрин - СПб.: Изд-во СЗТУ, 2010. 204 с.
3. *Шадрин, А.* Проектирование компьютерных сетей: учеб.-метод. комплекс (методические указания к выполнению лабораторных работ)/сост. А.Б. Шадрин - СПб.: Изд-во СЗТУ, 2009. 236 с.
4. *Шадрин, А.* Информационные сети и телекоммуникации: учеб.-метод. комплекс (информация о дисциплине, рабочие учебные материалы, информационные ресурсы дисциплины)/сост. А.Б. Шадрин - СПб.: Изд-во СЗТУ, 2009. 217с.
5. *Шадрин, А.* Информационные сети и телекоммуникации: учеб.-метод. комплекс (методические указания к выполнению лабораторных работ)/сост. А.Б. Шадрин - СПб.: Изд-во СЗТУ, 2009. 67с.
6. *Шадрин А.* Совершенствуем элементы интеллектуальных транспортных комплексов/А.Б.Шадрин - Сборник научных статей к

юбилею кафедры процессов управления и информационных систем.- СПб: СЗТУ, 2010. С.122-130.

7. *Смирнов Г., Шадрин А.* Измерительно-вычислительные комплексы для океанологических экспериментальных исследований/ Г.В. Смирнов, А.Б. Шадрин - Владивосток.: Дальнаука, 1993 – 453 с.

8. *Нелепо Б., Смирнов Г., Шадрин А.* Интегрированные системы для гидрофизических исследований / Б.А. Нелепо, Г.В. Смирнов, А.Б. Шадрин - Л.: Гидрометеиздат, 1990 – 236 с.

9. *Брежнев В., Шадрин А.* Серверно-сетевая синхронизация генераторов/ В.И. Брежнев, А.Б. Шадрин – М. Научное обозрение, 2016, №9. С. 252-257.

10. *Брежнев В., Шадрин А.* Ресурсы серверно- сетевого управления энергоустановками/ В.И. Брежнев, А.Б. Шадрин – М. Научное обозрение, 2014, №1. С. 72-79.

11. *Брежнев В., Шадрин А.* Серверно-сетевые процессы автоматизации выдачи мощности для интегрированного металлургического комплекса/ В.И. Брежнев, А.Б. Шадрин – М. Научное обозрение, 2015, №20. С. 124 - 128.

12. *Брежнев В., Шадрин А.* Интегрированное сетевое управление в энергосистемах/ В.И. Брежнев, А.Б. Шадрин – М. Научное обозрение, 2013, №9. С. 392 - 397.

Шадрин Александр Борисович, д-р техн. наук, проф.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДОВЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ

Опорный конспект



198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2
Тел. 812-748-97-19, 748-97-23
e-mail: izdat@gumrf.ru

Публикуется в авторской редакции

Ответственный за выпуск

Компьютерная верстка

Подписано в печать

Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman

Усл. печ. л. 8,45. Тираж 100 экз. Заказ № /2017