



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

МАТРОНИКА ДИЗЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК монография

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

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

2020

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

Шадрин А. Б. Матроника дизельных энергоустановок: монография.
А.Б.Шадрин - СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2020, – 211 с.

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

Морские магистральные мехатронные устройства (матроника) в дизельных энергоустановках - основа для интеграции математического, алгоритмического, программного обеспечения в человеко-машинных интегрированных системах управления (ИСУ), обеспечивающих автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления сложными процессами в судовой энергетической установке (СЭУ) в соответствии с принятыми критериями. Монография раскрывает ресурсы матроники в малооборотных двухтактных и среднеоборотных четырехтактных двухтопливных главных и вспомогательных дизелях в пропульсивных энергоустановках танкеро-газовозов и расширяет возможности освоения матроники для «электронного управления» динамическими процессами в дизелях бакалаврами, курсантами, студентами, аспирантами по специальности 26.06.05 - «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова в качестве монографии по направлению подготовки 26.06.05 - «Эксплуатация судовых энергетических установок». Протокол № от ноября 2020г.

Рецензенты:

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

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

ISBN

© ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
2020

© Шадрин А. Б., 2020

Оглавление

Введение	4
Глава 1 Матроника для морских дизелей	6
1.1 Система защиты для судовых дизелей.....	6
1.2 . Матроника малооборотного двухтактного дизеля.....	28
Глава 2 Матроника в газо-дизельных энергоустановках.....	63
2.1 Матроника в газо-дизельных генерирующих установках	63
2.2 Матроника в малооборотных двухтактных дизелях	90
2.3 Матроника в газо-дизельном двухтактном двигателе.....	107
Глава 3 Ресурсы матроники транспорта.....	138
3.1. Матроника бортовых сетей.....	138
3.2. "Автомобиль на ладони"	146
3.3 Датчики.....	149
3.4 Матроника в управлении впрыском топлива.....	170
3.5 Освоение интерсервисов для матроники	172
3.6 Выбор языка программирования.....	175
3.7. Моделирование регулирования оборотов дизеля.....	185
Заключение.....	191
Список сокращений и условных обозначений.....	198
Список литературы.....	207

Введение

Морские магистральные мехатронные устройства (матроника) - основа для «электронного управления» динамическими процессами в дизелях [1-8].

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

В работах по современным дизельным установкам [23-27] исследованы: топливная магистраль, топливный насос высокого давления, топливopроводы высокого давления, датчик давления, регулятор и насос формирования сжатого дизельного топлива к электрогидравлическим форсункам и показана возрастающая роль развития ресурсов системотехники матроники для морских дизелей на уровне моделей в контурах «электронного управления».

Цель работы - исследовать ресурсы системотехники матроники в дизелях среднеоборотных четырехтактных и малооборотных двухтактных двухтопливных для танкеров-газовозов.

Для исследования использован опыт опережающего патентования системотехнических устройств, комплексов и способов на основе матроники для изучения и выявления новых элементов динамических процессов в океанотехнике, энергетике и транспорте [1,2, 9-13].

Результаты исследований.

Выделены сегменты магистралей топливных: две основных и вспомогательная, через которые взаимодействуют и управляют процессами в двигателе мехатронные: цилиндровые и контролирующие модули для измерения давления топлива. Мехатронные модули через сегменты сетевых магистралей управляют тремя топливными актуаторами, помпами для дизельного топлива и помпами для топливных бустеров.

Выделен сегмент магистрали «сжатого управляющего масла» и отсечной клапан давления масла для формирования «сжатого управляющего масла» для клапанов импульсной подачи запального дизельного топлива через форсунки и «выхлопных клапанов».

Через сегмент сетевой магистрали мехатронные модули управляют двумя помпами «сжатого управляющего масла», модулем питания, а также

парами измерителей: «расхода», давления масла с помощью сервисной помпы «сжатого управляющего масла».

Через сетевые двоянные магистрали и «мультиплексированную сеть» взаимодействуют мехатронные модули. Для управления насосами «сжатого управляющего масла» и модулем питания выделены: измерители давления масла в 2-х сегментах магистралей «сжатого управляющего масла»; сегменты топливной магистрали для «клапанов импульсной подачи» топлива через форсунки; «коллектор сжатого управляющего масла»; контролирующие пары клапанов: предохранительных, «заданного давления» и «аварийный клапан».

В дизельном режиме мехатронные модули управляют процессами в каждом цилиндре: лубрикаторной смазкой, форсунками для дизельного топлива, выхлопным клапаном и измерителями: положения выхлопного клапана, давления в цилиндре, температуры стенки втулки цилиндра, температуры выхлопных газов с учетом контроля клапана управления «сжатым воздухом» при пусках.

В газовом режиме модифицированные мехатронные модули управляют процессами в каждом цилиндре: клапаном «впрыска топливного» газа; измерителями: «уровней» лубрикаторного масла (нижний/верхний); детонации для оптимизации управления форсунками для впрыска «запального» дизельного топлива с учетом измерителей «позиций» всех выпускных газовых клапанов.

В дизельном режиме мехатронный модуль управляет: лубрикаторной смазкой, форсунками для дизельного топлива, выхлопным клапаном и измерителями: положения выхлопного клапана, давления в цилиндре, температуры стенки втулки цилиндра, температуры выхлопных газов с учетом контроля клапана управления «сжатым воздухом» при пусках.

В газовом режиме мехатронный модуль управляет процессами в цилиндре: клапаном «впрыска топливного» газа; измерителями: «уровня» лубрикаторного масла (нижний/верхний); детонации для оптимизации управления форсунками для впрыска «запального» дизельного топлива с учетом измерителей «позиций» всех выпускных газовых клапанов.

Два сегмента топливных магистралей контролируются измерителями давления топлива. Сегменты магистралей топливных: основные и вспомогательная управляются мехатронными модулями. Через сегменты

сетевых магистралей взаимодействуют мехатронные модули и управляют тремя топливными актуаторами для пар топливных помп, помп топливных бустеров и модулем питания.

Сегмент магистрали «сжатого управляющего масла» и отсечной клапан давления масла формируют «сжатое управляющее масло» для «клапанов импульсной подачи» топлива через форсунки и «выхлопных клапанов».

При управлении: насосами «сжатого управляющего масла» и модулем питания используются: измерители давления масла в 2-х сегментах магистралей «сжатого управляющего масла».

Сегменты топливной магистрали для «клапанов импульсной подачи» топлива через форсунки и «коллектор сжатого управляющего масла» контролируются парами клапанов: предохранительных и «заданного давления» и «аварийным клапаном»..

Глава 1

МАТРОНИКА ДЛЯ МОРСКИХ ДИЗЕЛЕЙ

1.1 Система защиты для судовых дизелей

Для исследования системы защиты судовых дизелей выбрана AutoChief ®C20 - соответствует требованиям IMO, IACS и одиннадцати классификационных обществ (КО), а также международным морским правилам. AutoChief ®C20 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.

Кнопки аварийного останова подключаются к ESU- модулю системы защиты двигателя, который по команде оператора или системы в случае аварийной ситуации ESU выполняет аварийный останов главного двигателя. САР и Защиты устанавливаются на двигатель или в непосредственной близости от него в машинном отделении.

АСР - с интерфейсом между оператором и системой оборудован 7” цветным дисплеем с разрешением экрана 800 на 480 точек, одной 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 используем при выборе Меню и при изменении Режимов и Систем конфигурации матрички СЭУ.

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

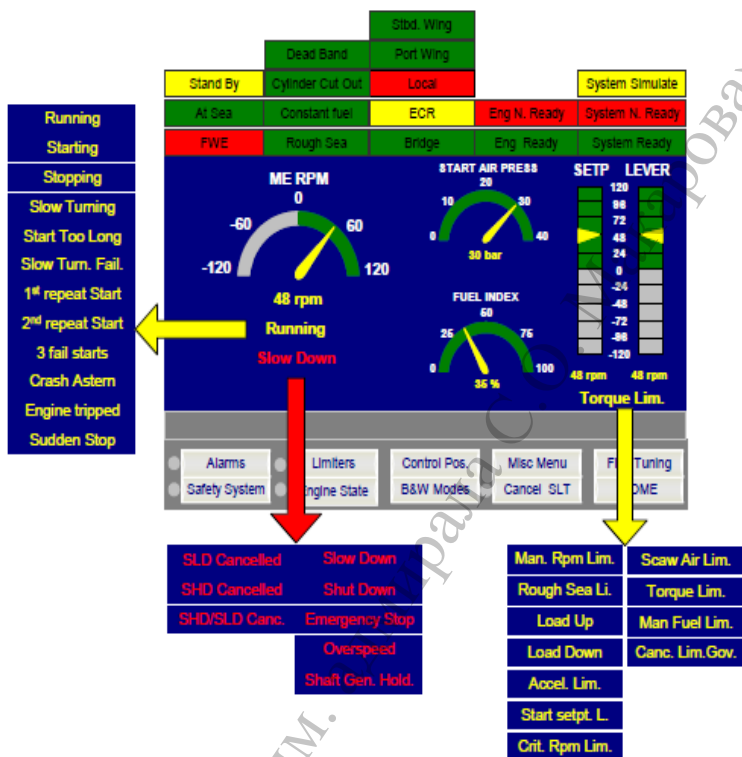


Рисунок 1.1 - Графический интерфейс сопровождается Меню и графическими элементами («Профилями»)

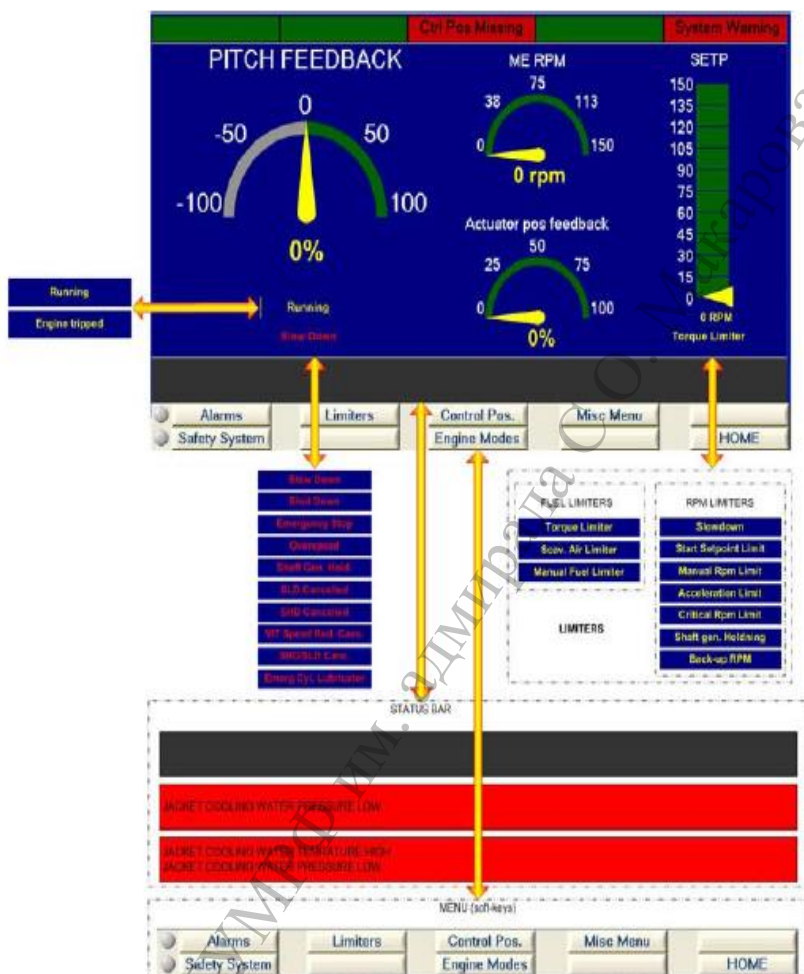


Рисунок 1.2 - Аварийные сигналы красные, а Подтвержденные - снова становятся серыми. Нижняя секция странички – меню, где оператор может выбирать, подменю при помощи multifunctional кнопки

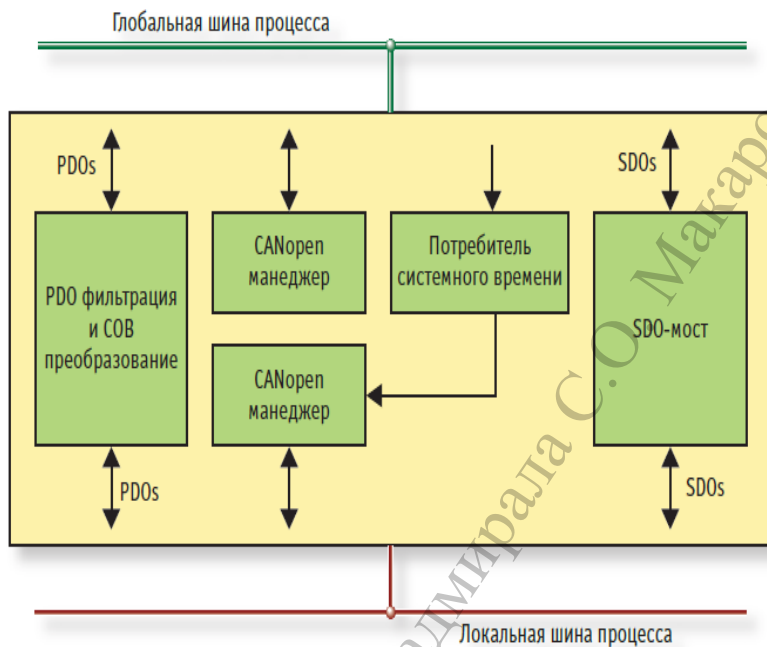


Рисунок 1.5 - Контроллер сегмента процесса в CANopen IXXAT Automation GmbH

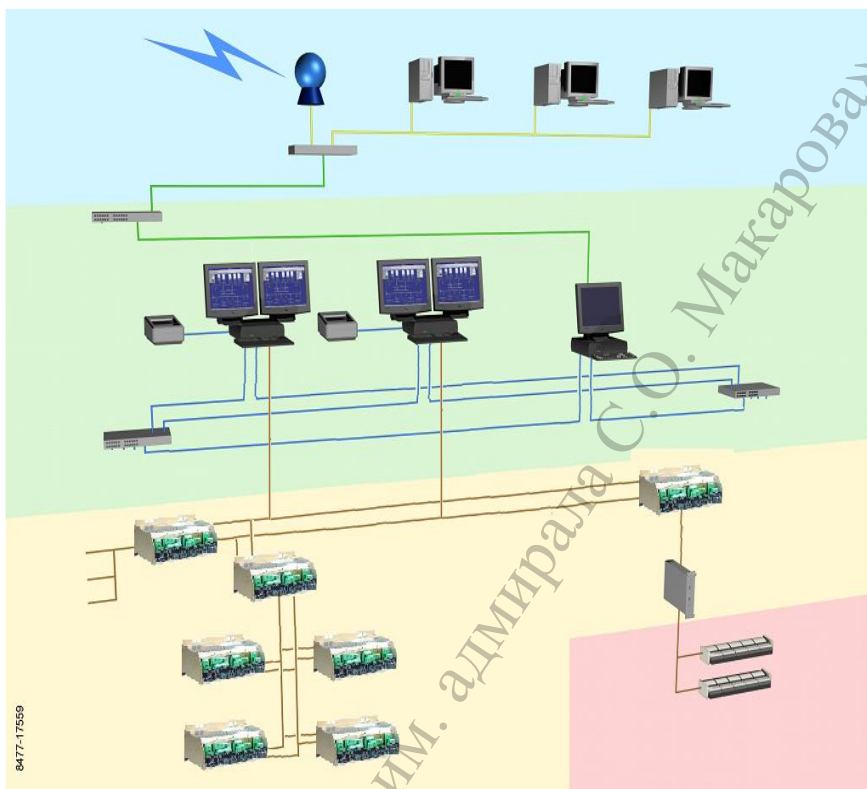


Рисунок 1.6 - Компоненты сетей в KASH-500

АСР позволяет управлять модулями и может быть установлена в консоль ЦПУ.

Индикация Режимов и Состояния двигателя на АСР: 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 АСР: Отмена аварийного станова/снижения оборотов; Изменение места управления; Отключение звукового сигнала; Подтверждение сигнала аварии; Аварийная остановка; Функции телеграфа; Звуковой аварийный сигнал.

Дисплей в АСР 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).

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

DPU - модули распределенной обработки данных (шесть модулей). DPU выполняют мониторинг и обеспечивают регулировку параметров главного двигателя. DPU имеют аналоговые и цифровые входные/выходные каналы. Связь между модулями 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 Аварийного останова 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.

MEI - модуль интерфейса главного двигателя 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.

Отметим модуль регулятора (DGU) в системе управления частотой вращения главного 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 порта 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.

Отметим модуль частоты вращения двигателя (RPMD) 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 матронных модулей в СЭУ. Каждый модуль RPME имеет 2 входных канала для подключения таходатчиков, 1 релейный выход, 1 выход на соленоиды, сдвоенный 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 сдвоенный 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 перемычки; 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 ИСУ СЭУ. 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.

Rough sea - Режим Rough sea 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: отменяемые и неотменяемые. Неотменяемые аварийные остановки немедленно останавливают двигатель. Отменяемый Аварийный Останов, если 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).

Матронные компоненты в системах контроля и управления оборотами двигателя: ACP, DGU, RPMD, датчики и электрический привод. Отметим: **Контроль за оборотами двигателя** в зависимости от уставки Рукоятки управления. Защиту двигателя от перегрузки. **Режим «постоянное топливо»** (увеличивает «мертвую зону» для регулировки скорости). **Смазку 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). **Функцию 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. **Функцию 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. **Пусковую топливную уставку** - 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 (разное) 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 мехатронного 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.

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. RPM оборудована двумя независимыми системами измерения и гарантируют точное измерение оборотов от таходатчиков и подает аварийные сигналы в случаях обнаружения отклонений. Система регулирования получает информацию о действующих RPM и системы определения оборотов по прямой линии связи через RS422 и в качестве дублирующей - по CAN.

Отмена Cancel SHD - «Аварийного Останова» - во время нормальной работы появится сообщение об Аварийном Останове. Оно появится, независимо от того, отменяемый Аварийный Останов или нет. Если он отменяемый 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 выделяем кнопку - «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.

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 аварий» (Alarm Ack) на ACP. 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.

Engine limiters - Ограничители двигателя: 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. 7. Выберите окно «Характеристика двигателя» (Engine Data). Уставки 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 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 Проворота». 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 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 Tags). 18. Данное окно используется только для информирования оператора о том, какие Теги системы не действуют.

Система Защиты: 1. Выберите Safety System - Система Защиты). 2. Home - Базовое окно останется, но нижняя секция будет содержать другой набор сенсорных клавиш. 3. Используйте поворотную кнопку и перейдите к сенсорной клавише Shut Down - Аварийный Останов; 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 Ack» для подтверждения. 15. Для «Сброса» счетчика часов активируйте «Сброс» (Reset). Дополнительно, нажмите «Alarm Ack» 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 картинки детектора RPM.

1.2 Матроника малооборотного двухтактного дизеля

Проанализируем элементы матроники на основе системы контроля, управления и оптимизации работы главного двигателя - WECS-9520. **Отметим режимы:** 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; уменьшение выбросов в атмосферу; уменьшения внутренних отложений от процесса сгорания (рис. 1.7 -1.10).

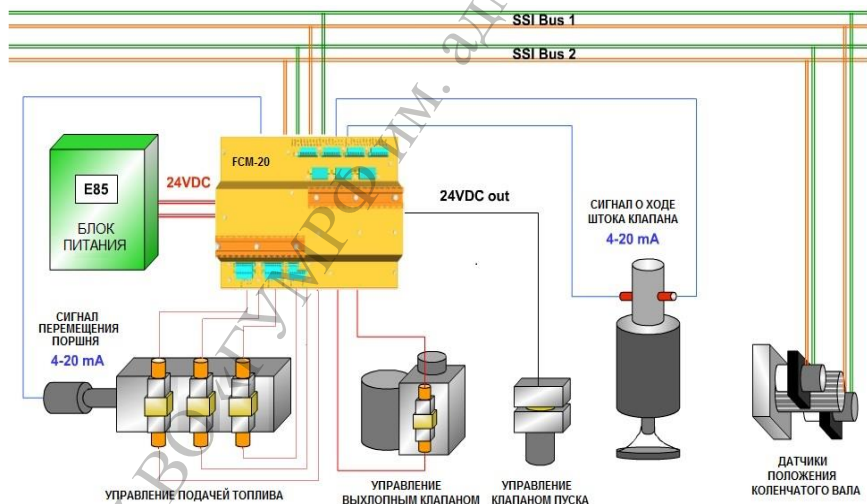


Рисунок 1.7 - Элементы матроники в бортовой сети для управления процессами в цилиндре судового дизеля

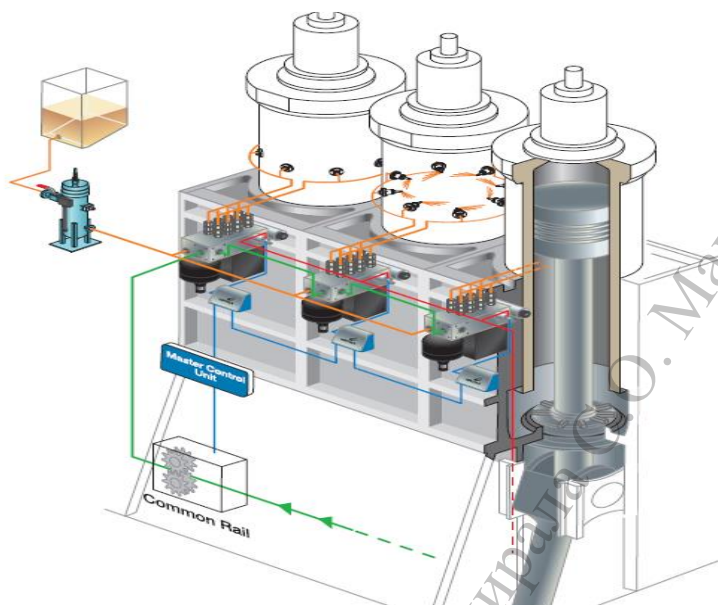


Рисунок 1.8 - Элементы Common Rail в дизеле

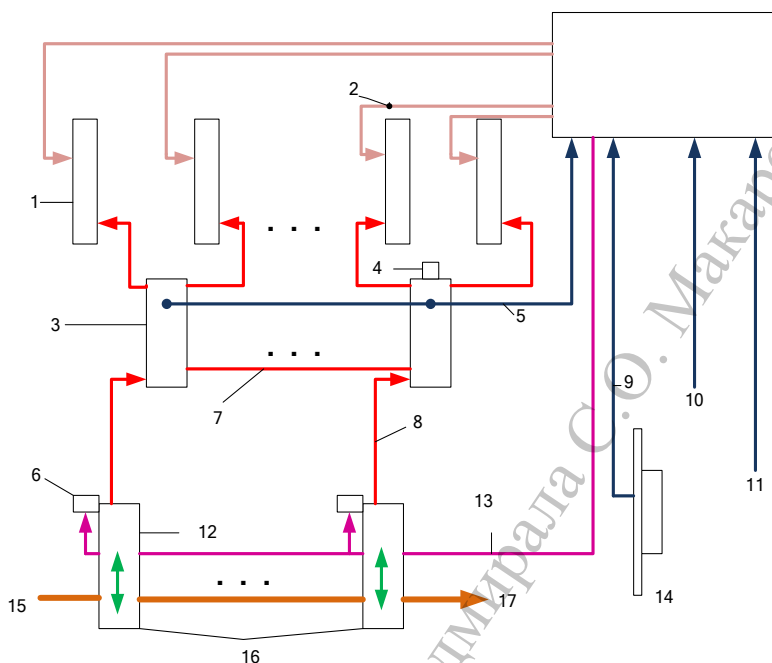


Рисунок 1.9 - Элементы матроники в контуре управления топливopодачей: 1-Injector (Форсунка); 2 -Timed Signal to Injector solenoid (Временный сигнал соленоида форсунки); 3 - Accumulator (Аккумулятор); 4 - Start up and Safety Valve (Запуск и предохранительный клапан); 5- System Pressure (Давление в системе); 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)

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 ~ 100 МПа); 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 ~ 20 МПа); 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-9520 не выполняет процессы по защите и распределенному управлению другими агрегатами судна. Компоновку WECS-9520 надо рассматривать в совокупности с другими системами распределенного управления (рис.1.10 -1.40).

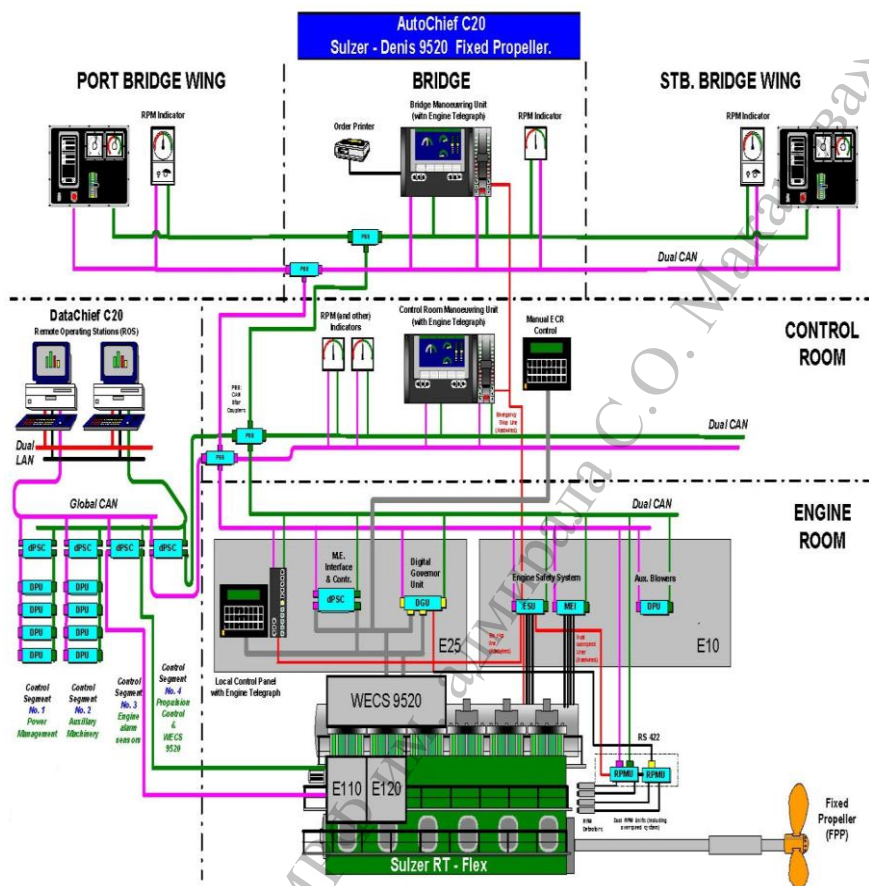


Рисунок 1.10 - Матроника в системе управления RT-флекс

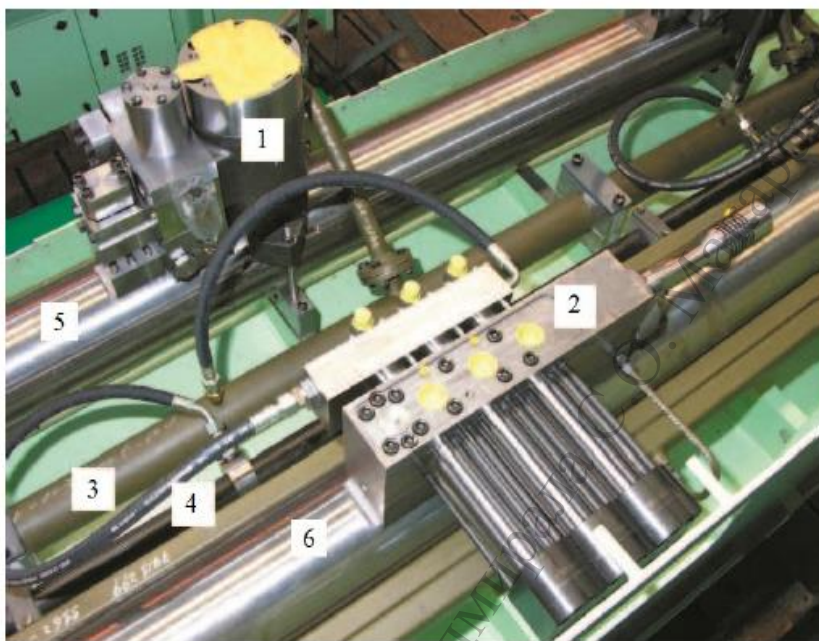


Рисунок 1.11 - Магистраль: 1 - Сервопривод импульсами сервомасла выхлопного клапана. 2 - Модуль управления импульсами высокого давления дизельного топлива при впрыске через топливную форсунку. 3 - Возвратка сервомасла в гидропривода. 4 - Магистраль высокого давления сервомасла гидропривода управления. 5 - Магистраль высокого давления масла гидропривода. 6 - Магистраль высокого давления дизельного топлива

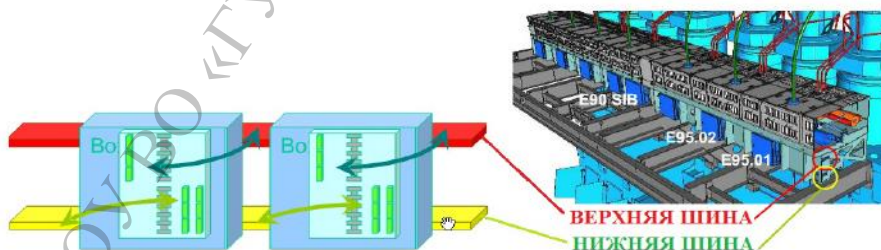


Рисунок 1.12 - Расположение "шин подключения" в FCM-20

Подключения шины
высокого напряжения

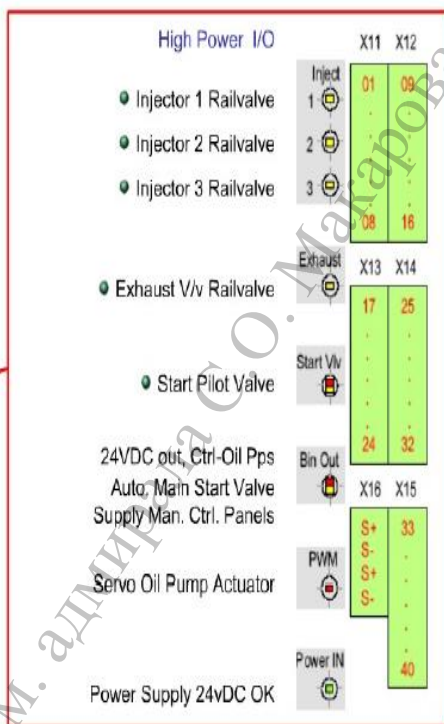
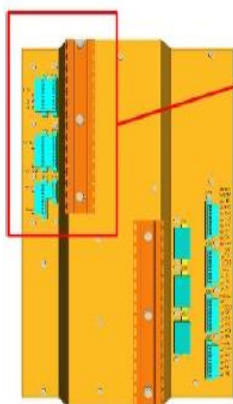


Рисунок 1.13- Расположение клемм высокого напряжения в FCM-20

Подключения шин низкого напряжения

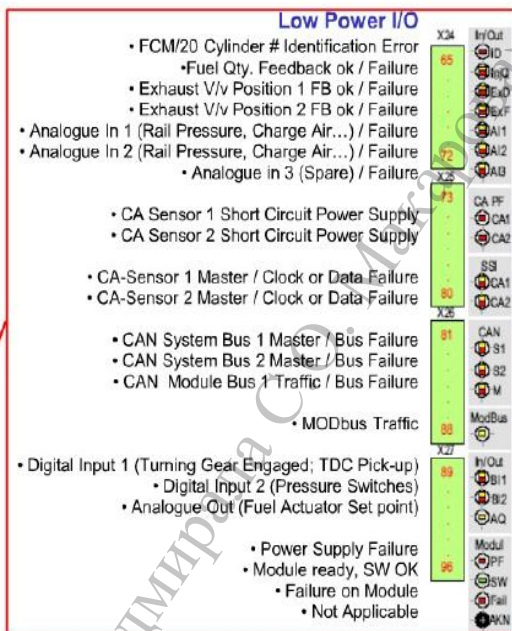
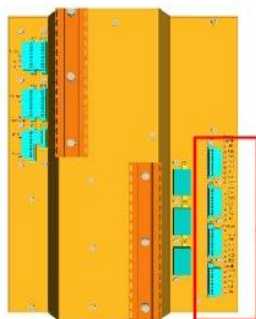


Рисунок 1.14 - Расположение клемм низкого напряжения в FCM-20

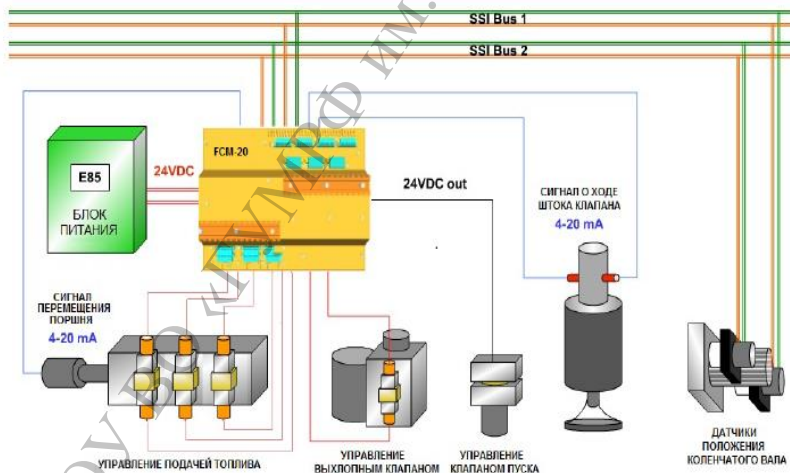


Рисунок 1.15 - Функции в FCM-20 для управления процессами в цилиндре

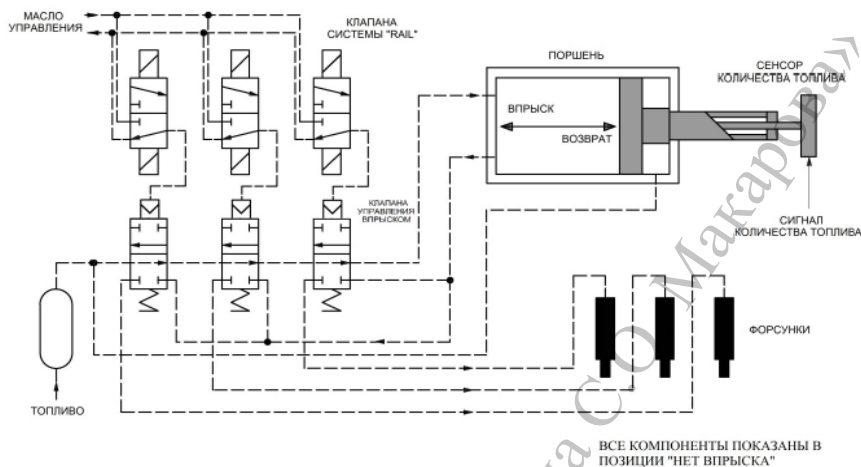


Рисунок 1.16 - Подача импульса дизельного топлива под управлением импульса сервомасла

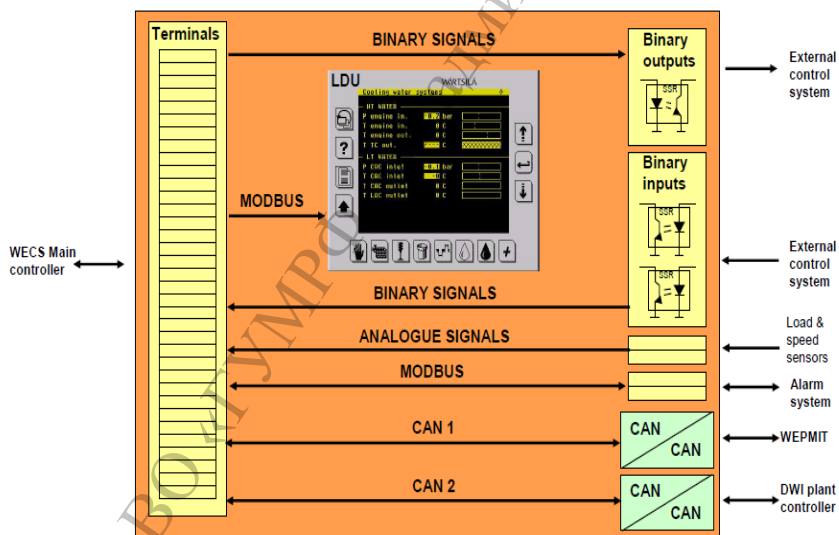


Рисунок 1.17 -Компоненты интерфейсных модулей для сегментов сетевых магистралей в WECS – 9520

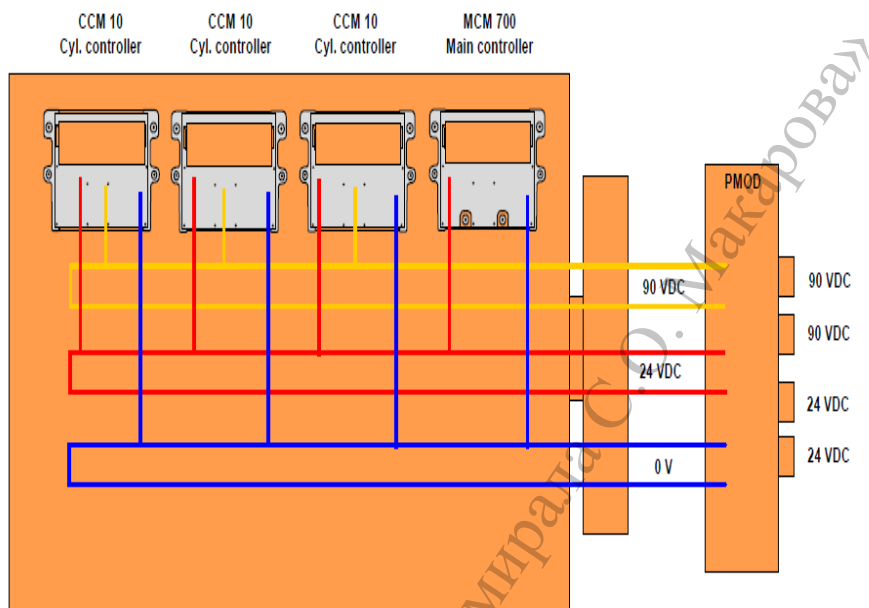


Рисунок 1.18 - «Резервирование сегментов в магистралях питания»: 90VDC, 24VDC, 0V в WECS - 9520

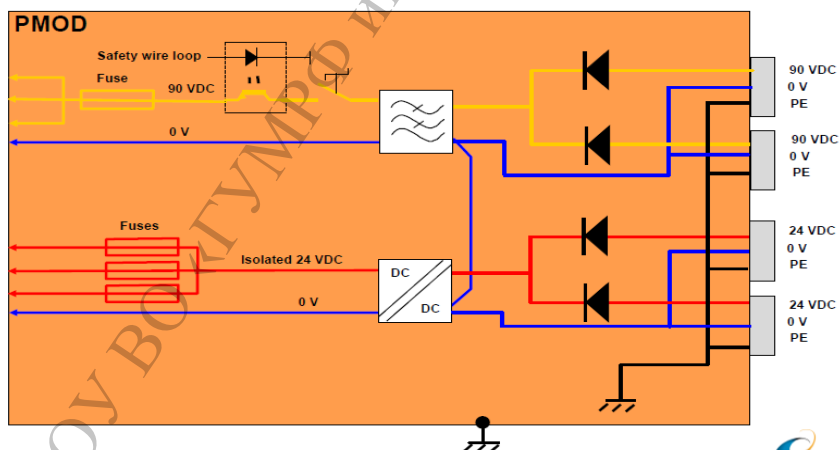


Рисунок 1.19 - «Защита» в модулях «питания»: 90VDC, 24VDC, 0V в WECS - 9520



Рисунок 1.20 - Компоненты матроники в «боксе питания»: 90VDC, 24VDC, 0V в WECS - 9520

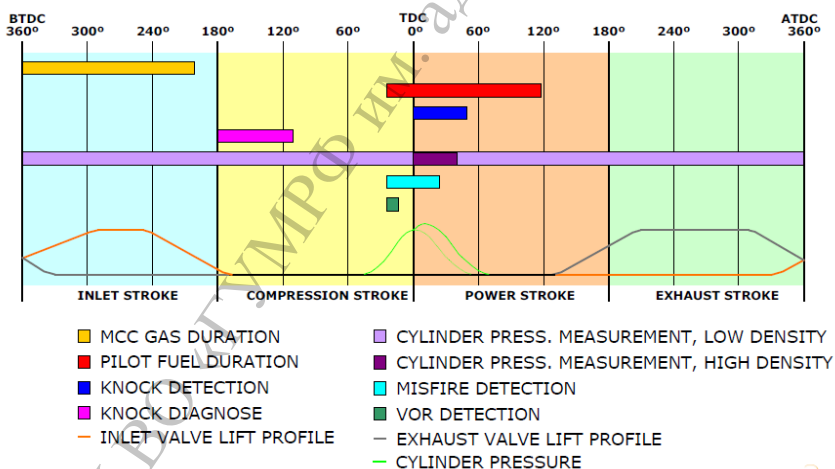
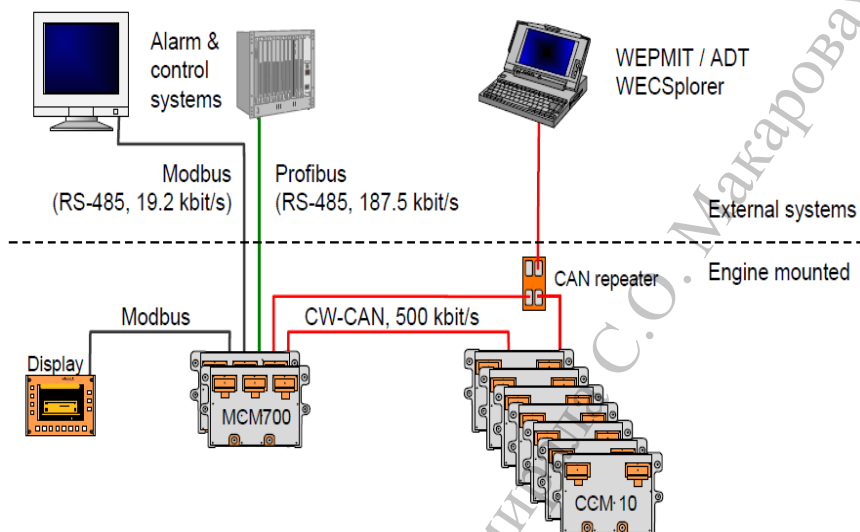


Рисунок 1.22 - Диаграмма «работы» матронных измерительно-управляющих модулей - FCM-20

- System build-up:



Рисурсы 1.23 - Ресурсы интерфейсов для дистанционного управления модулями в WECS - 8000-9520

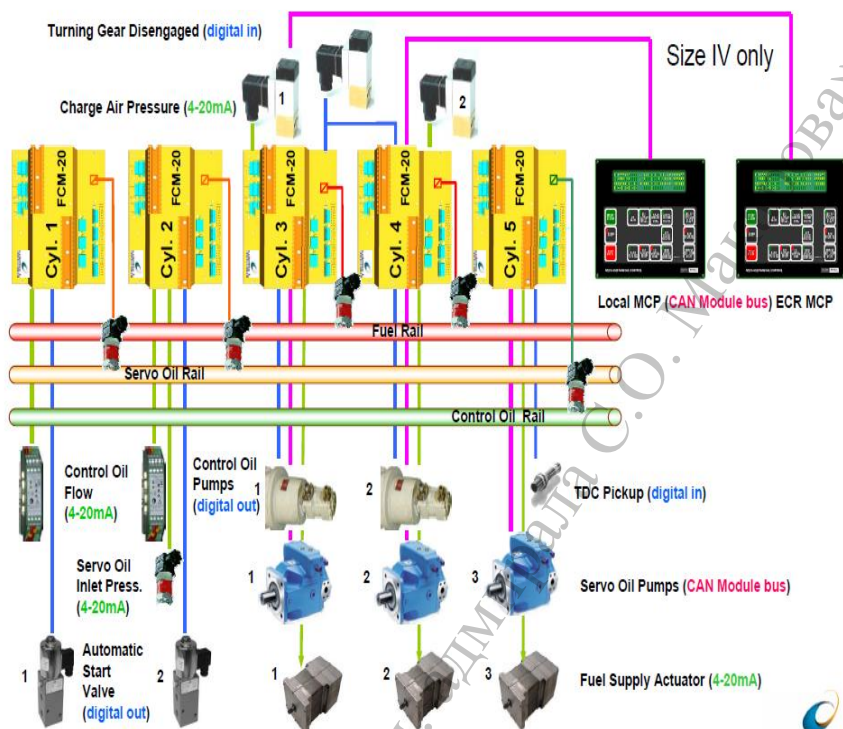


Рисунок 1.24 - «Магистраль под давлением»: Fuel Rail (FR) – 500 - 1000 bar для топлива; Servo Oil Rail (SOR) - 100 -200 bar для «управляющих импульсов» масла; Control Oil Rail (COR) - 100 - 200 bar для «управляющего» масла. Servo Oil Pumps (SOP) – помпы для «управляющих импульсов» масла под управлением через CAN Module bus (CANMB) – модификация CAN для взаимодействия с MCP и ECR. Fuel Supply Actuator (FSA) - регулятор «снабжения» топливом FR. Control Oil Flow (COF) и Control Oil Pumps (COP) – управляющие модули «подачей импульсов» сжатого масла для формирования импульсов впрыска топлива и помпами. Automatic Start Valve (ASV) – клапаны пуска сжатым воздухом. Servo Oil Inlet Press (SOIP) – «давление» управляющего масла. Charge Air Pressure (CHAP) - «давление наддувочного» воздуха

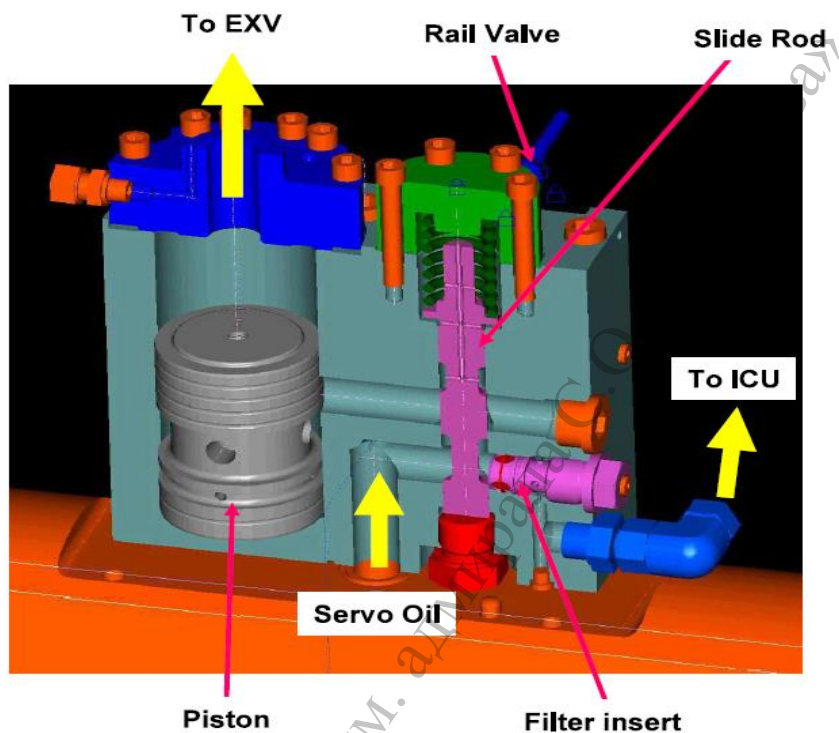


Рисунок 1.25 - Valve control unit (VCU) - Модуль управления клапанами: To ICU) - Впрыска и To EXV - Выхлопа: Rail valve (RV) – Клапан в топливную в магистраль, Piston – Поршень, Slide Rod - Скользящий шток, Filter insert – Фильтр «входящего» масла

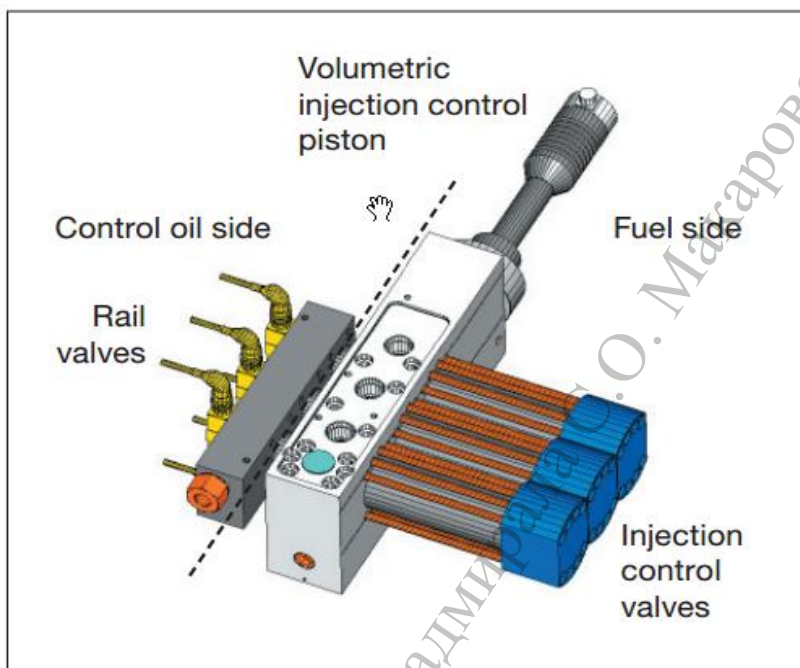


Рисунок 1.26 - Rail Unit (RU) - Модуль впрыска «требуемого» количества топлива: Control oil side - Сторона «управляющего» масла, Rail valves (RV) - Клапаны впрыска из FR - топливной магистрали, Fuel side – «Сторона» топлива, Volumetric injection control piston (VICP) - Поршень контроля объема «впрыскиваемого» топлива, Injection control valves - Клапаны управления впрысками

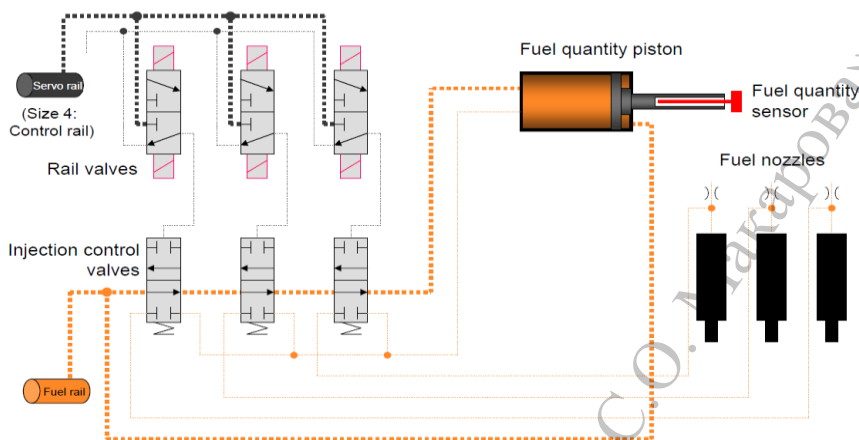


Рисунок 1.27 - Fuel quantity sensor (FQS) - «Определение требуемой порции» топлива

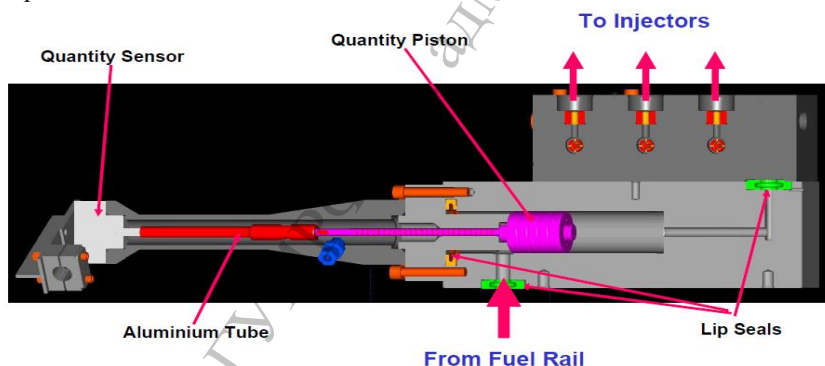


Рисунок 1.28 - ICU Cross-Section (ICU CS) - модуль управления впрыском в «разрезе»: Quantity Sensor (QS) - Датчик количества, Aluminium Tube - Алюминиевая трубка, Quantity Piston (QP) - Поршень «регулировки» количества, Lip seals (LS) -Управляющие Манжеты, From Fuel Rail – «Сжатое топливо» из FR, To Injectors – «Порции сжатого» топлива к форсункам

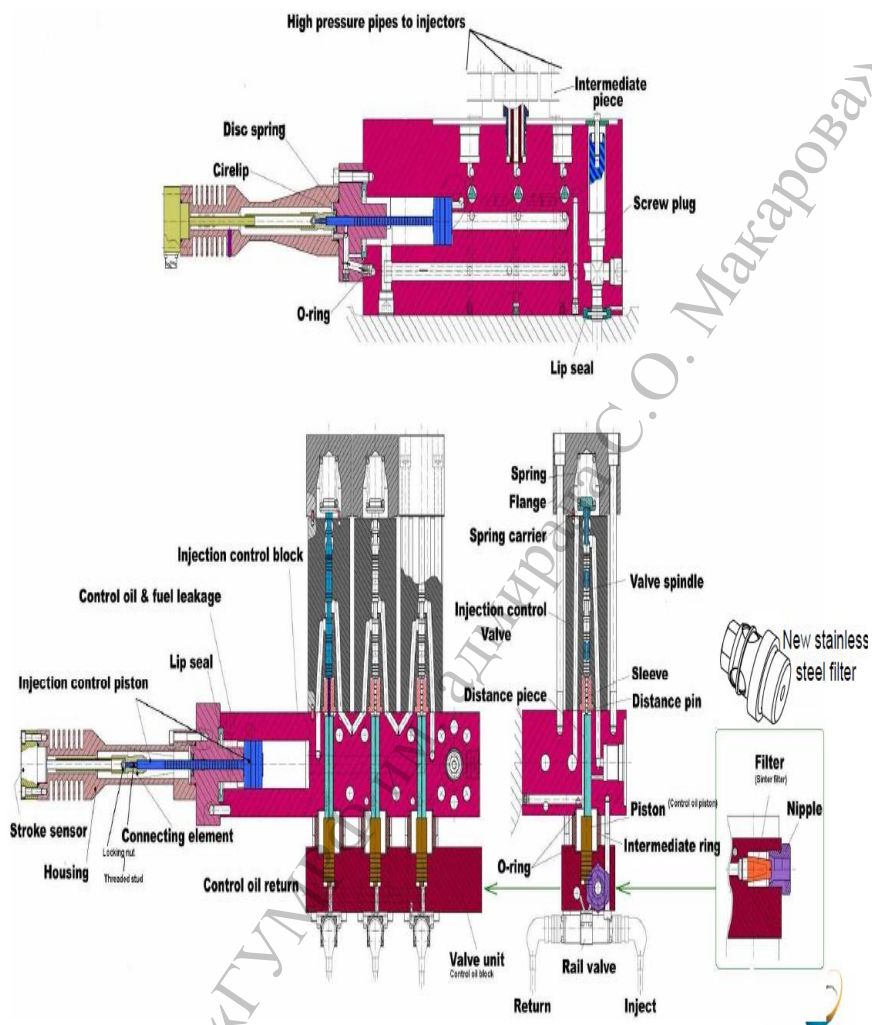


Рисунок 1.29 – ICU Cross-Section (ICU CS) - модуль управления впрыском в «разрезе»

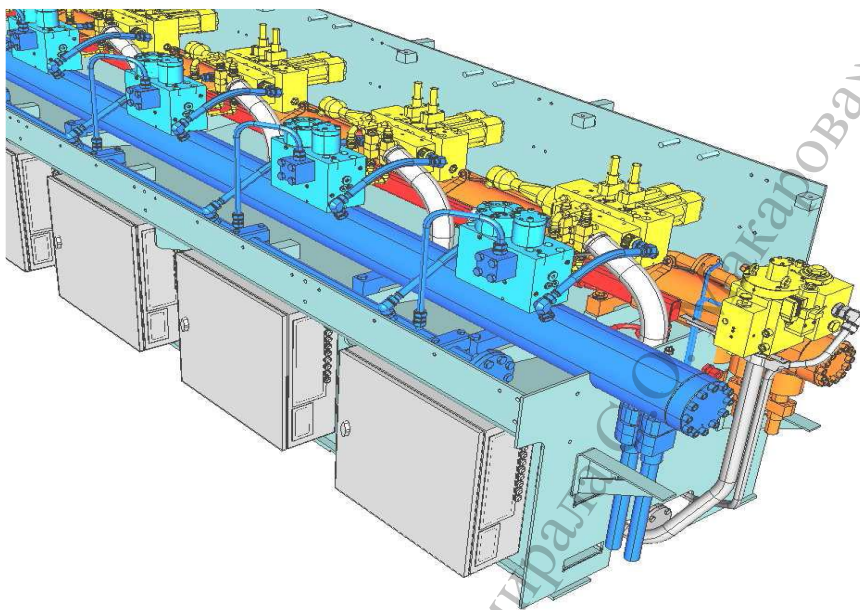


Рисунок 1.30 - "Расположение" VCU в RT-flex

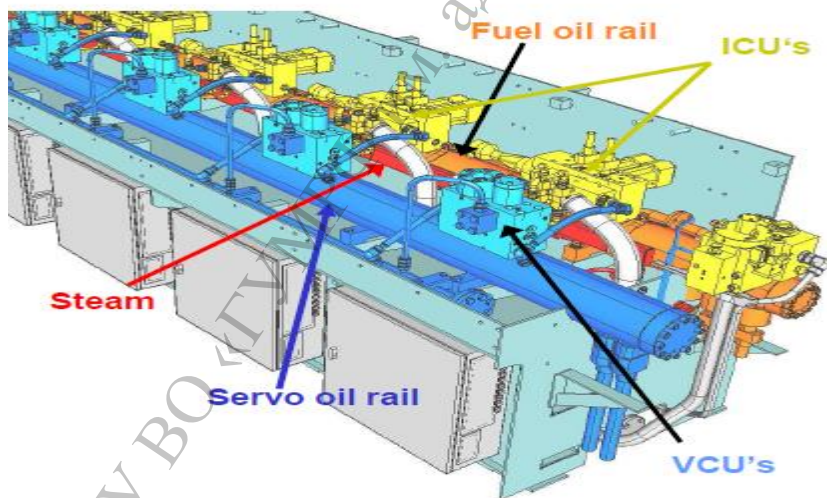


Рисунок 1.31 - Rail Unit Main Parts (RUMP) в RT-flex

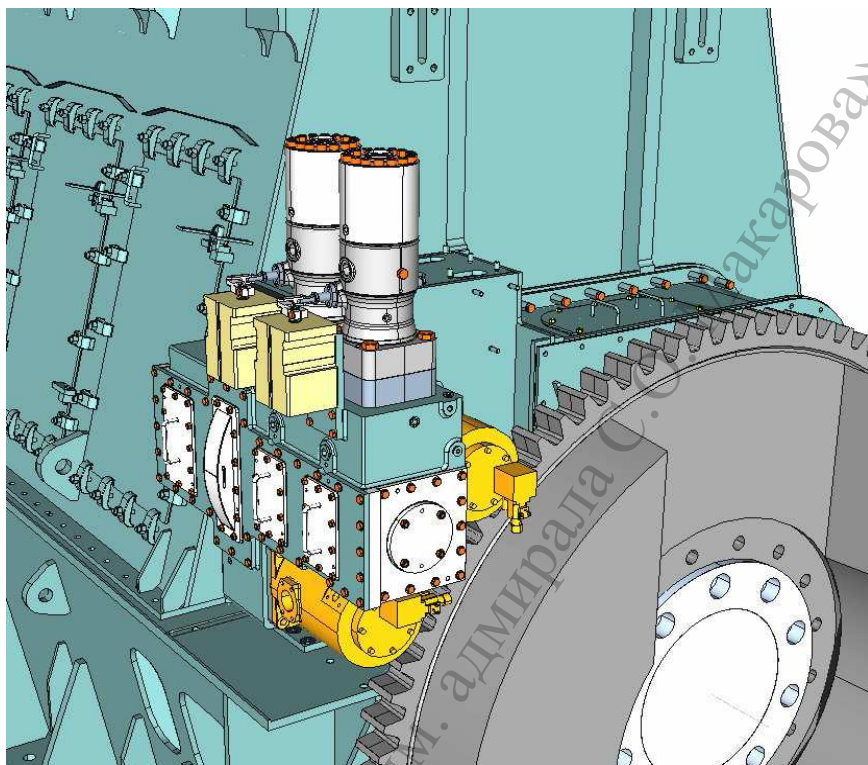


Рисунок 1.32 - Supply Unit (SU) в RT-flex

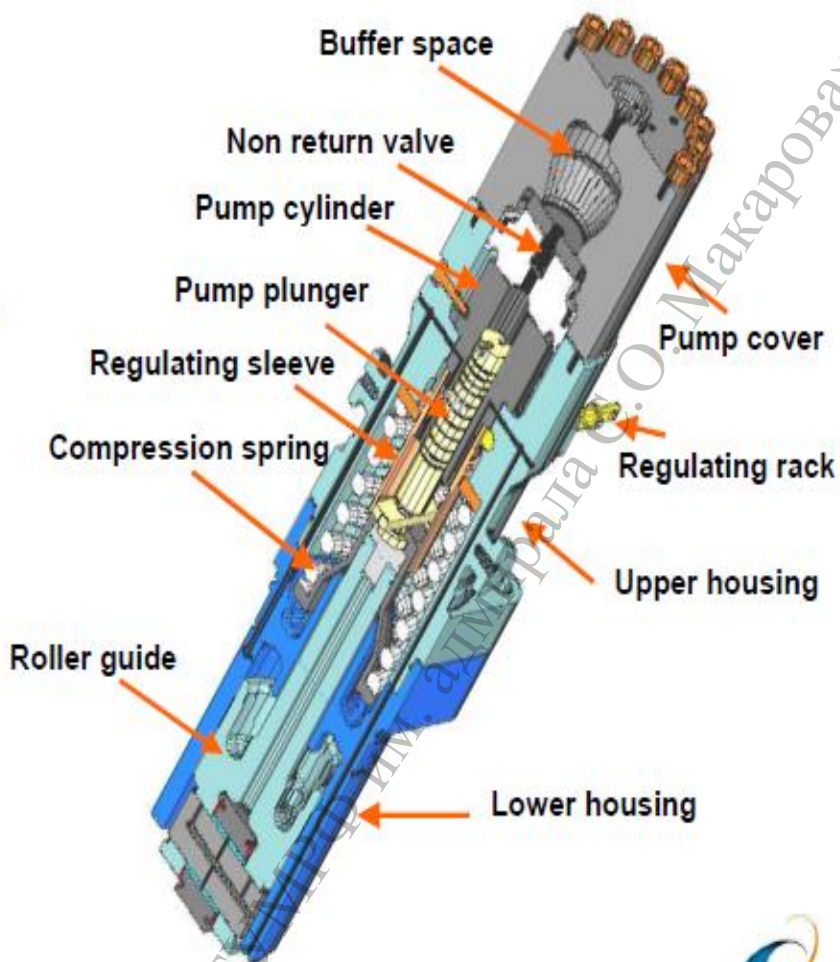


Рисунок 1.33 – Fuel Pump (FP) в RT-flex

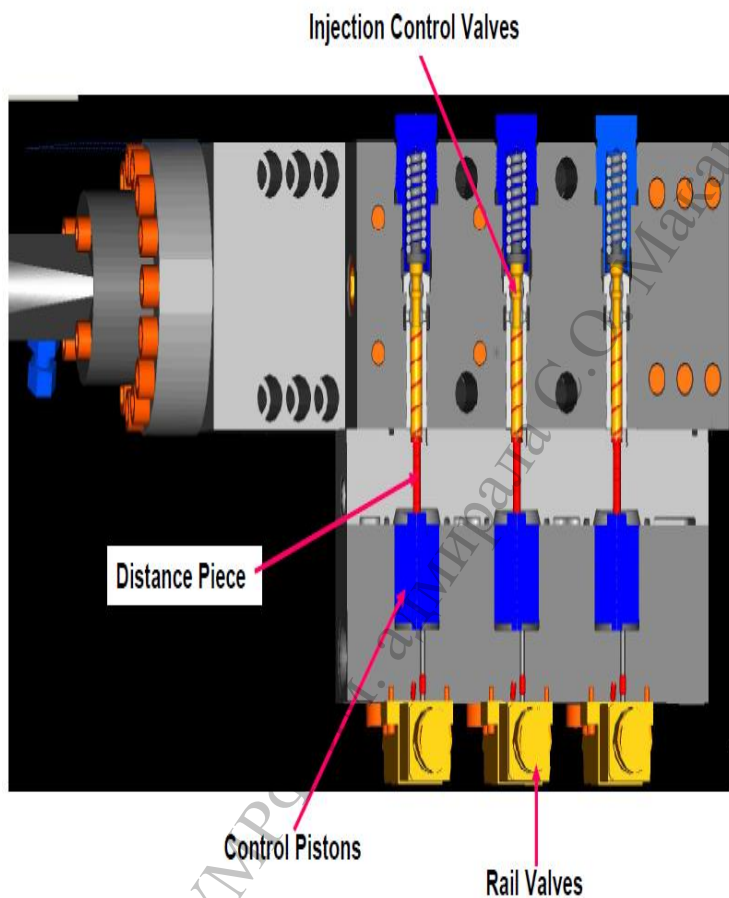


Рисунок 1.34 - ICV CS – вид в «разрезе» модуля управления впрыском топлива: Control pistons (CP) – Управляющие поршни, Rail Valves (RV) - Клапаны «впрыска», Distance Piece (DP) - Тяги, Injection Control Valves (ICV) - Клапаны «управления открытием» топливных форсунок

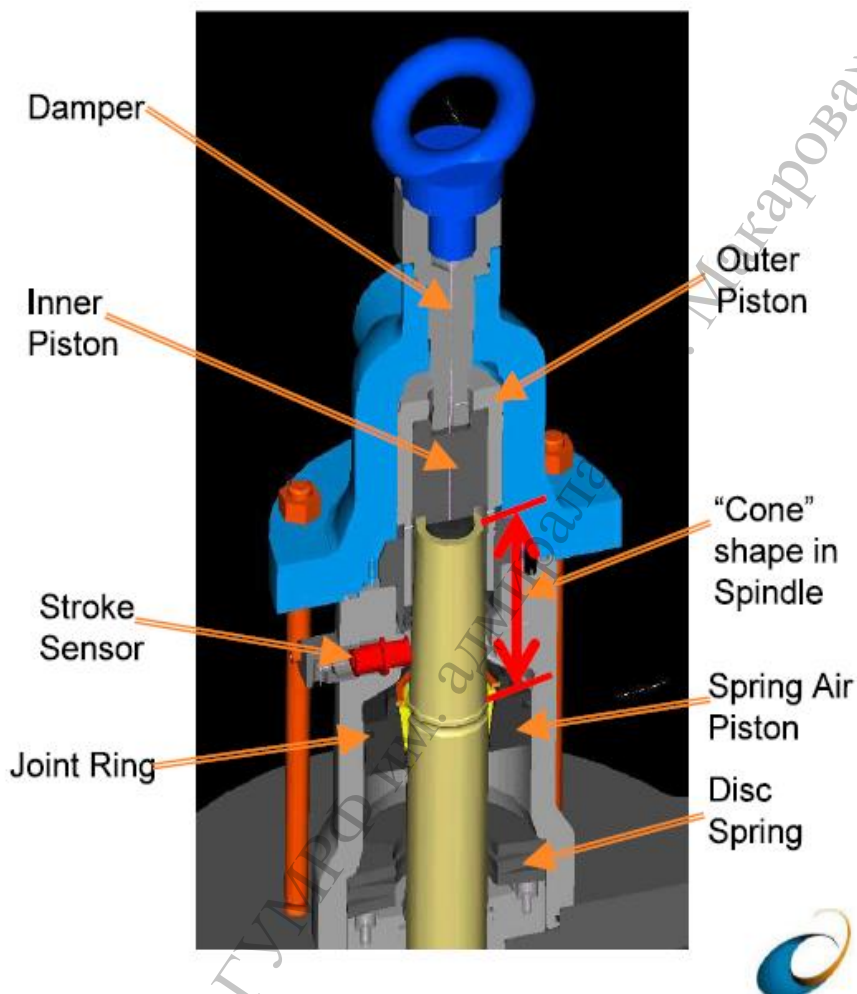


Рисунок 1.35 - Exhaust valve (EV) - Выпускной клапан: Damper – Компенсатор, Inner piston (IP) – «Открывающее положение» поршня, Stroke sensor (SS) - Датчик хода, Joint ring (JR) - Присоединительная пружина, Outer piston (OP) – «Закрывающее положение» поршня, Sprint air piston - «Воздушная пружина», Disc spring - Дисковая пружина



Рисунок 1.36 - LCS – «Машинный» пост управления



Рисунок 1.37 - Control air supply unit (CASU) – «компоненты» управления пуском сжатым воздухом

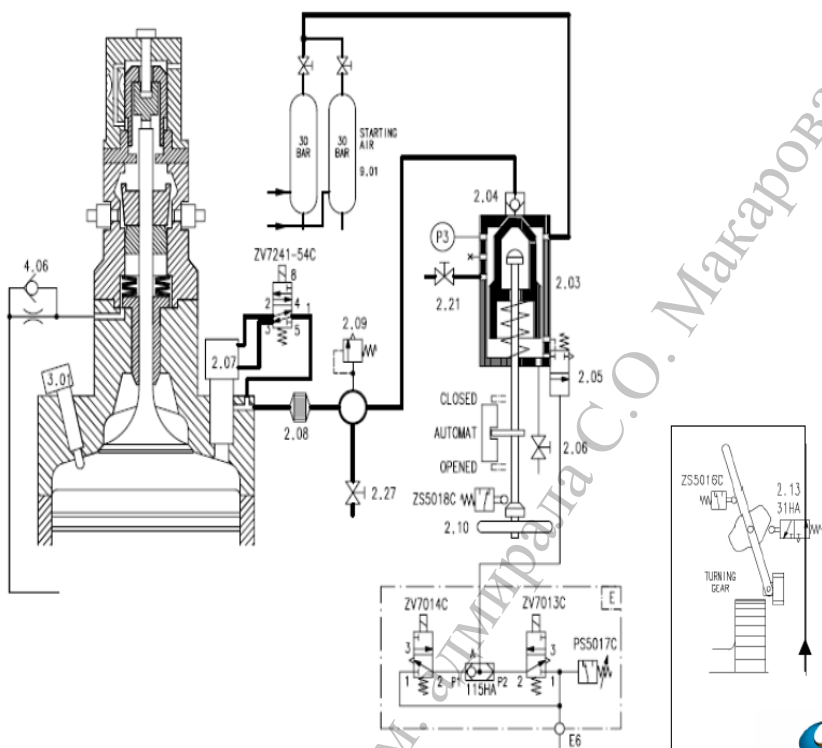


Рисунок 1.38 - Компоненты Starting air (SA) в CASU



Рисунок 1.39 - Main starting valve (MSV) – Главный клапан Пуска в Starting air (SA) в CASU

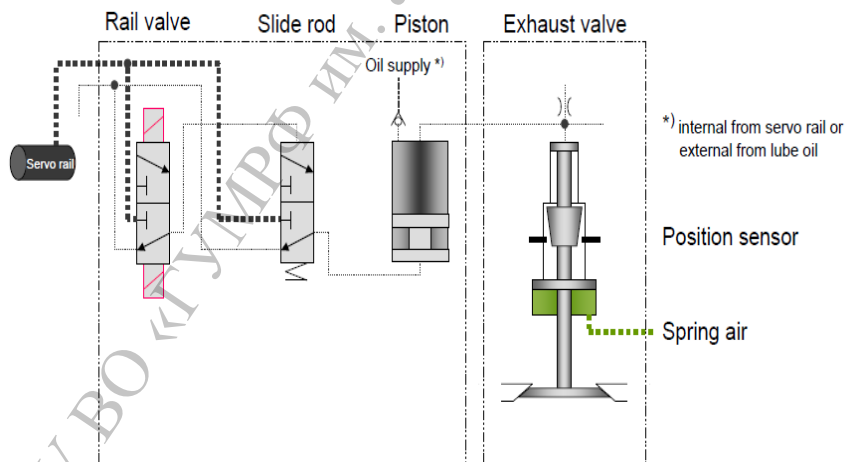


Рисунок 1.40 - «Работа» Exhaust valve (EV) – Выпускного клапана

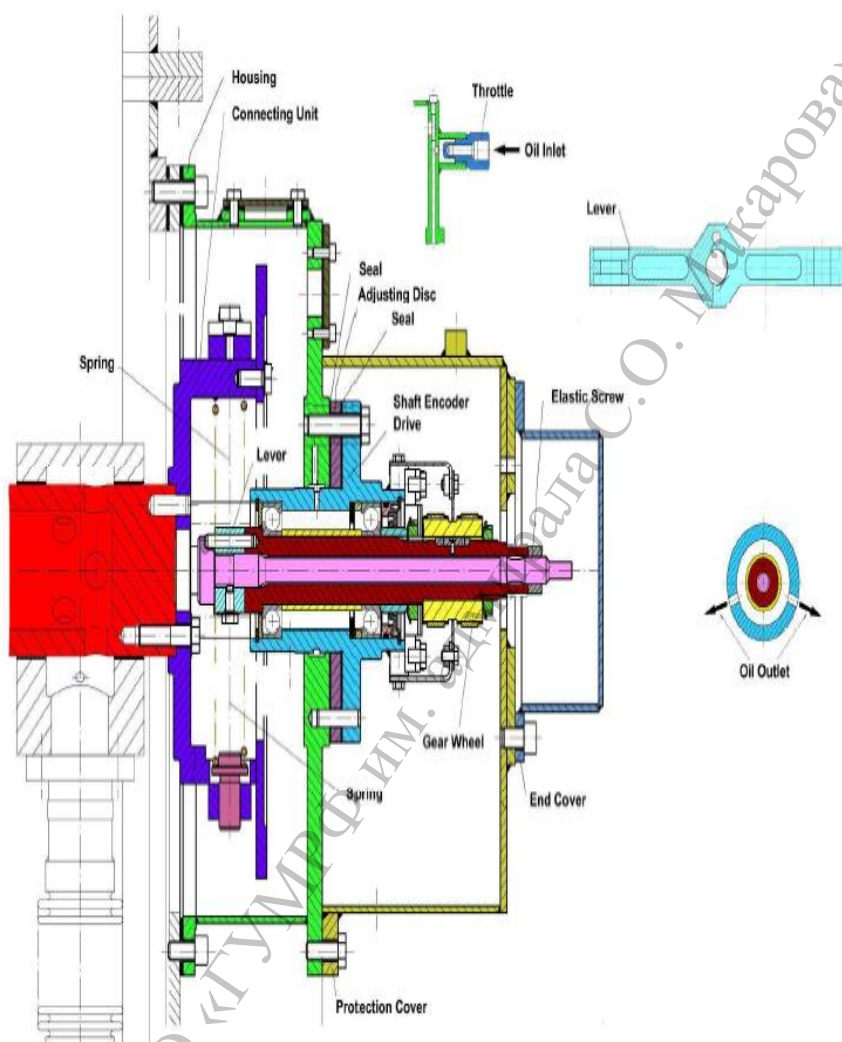


Рисунок 1.41 - CA - sensor (CAS) – Датчик положения коленчатого вала:
Housing - Крепление, Connecting unit - Модуль соединения, Spring - Пружина,
Seal - Сальник, Adjusting Disc – «Смежный» диск, Shaft Encoder drive - Вал
на «участке привода» декодера, Elastic Screw - Эластичный винт, Gear Wheel
– «Приводная «передача, End Cover – Задняя крышка

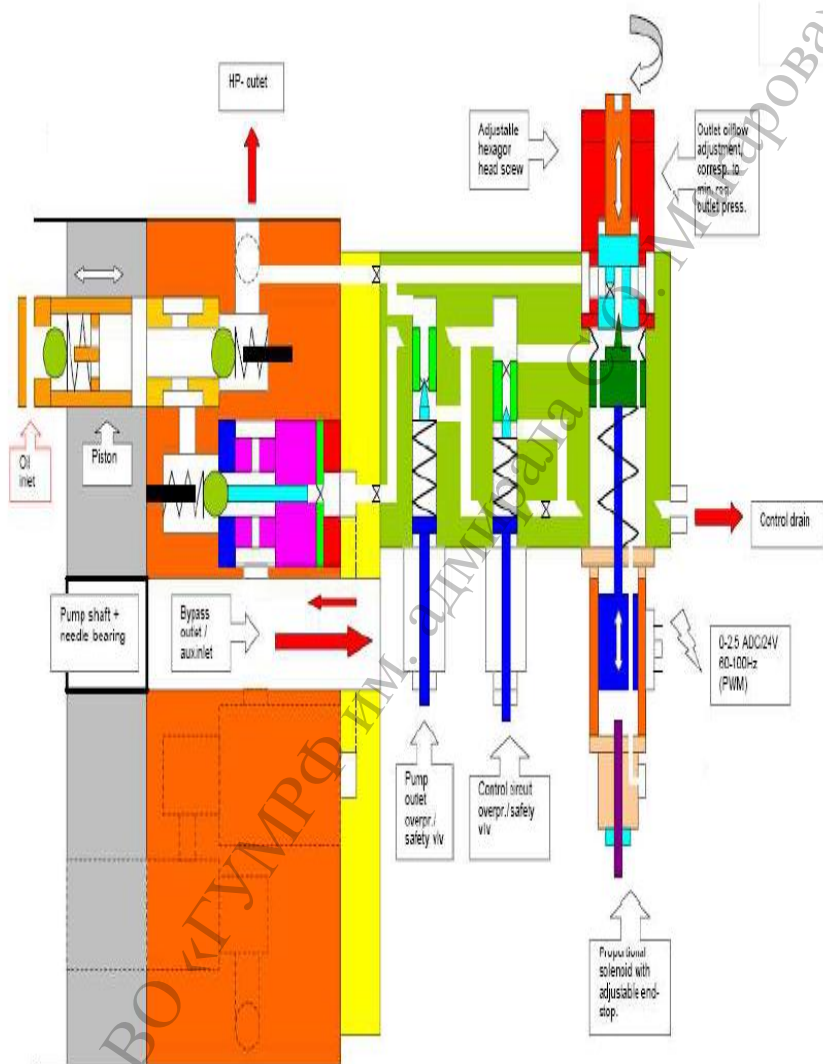


Рисунок 1.42 - Servo oil pump “Dynex” (SOPD) - Насос сжатого масла «Динекс»: Oil inlet – Вход масла, Piston – Поршень, HP outlet – Выход масла под высоким давлением, Safety valve – Предохранительный клапан

CAS расположены (рис. 1.41) на свободном конце коленчатого вала (демпфер Гейзлингера). Сигнал угла поворота коленчатого вала необходим для работы двигателя. По крайней мере, один из датчиков должен работать. WECS-9520 обнаруживает сбой и продолжает работу с исправным датчиком. В случае отказа двух CAS двигатель будет остановлен без задержки. CAS отделены от коленчатого вала специальной муфтой для формирования точного цифрового сигнала о фактическом угле поворота коленчатого вала в диапазоне: $0 \dots 360^\circ$ с шагом дискретизации - $0,1^\circ$. Подпружиненная муфта поглощает все продольные и осевые перемещения коленчатого вала и передает его «вращение» в вспомогательный вал, который поддерживается двумя шарикоподшипниками. Подшипники смазываются маслом. Зубчатый ремень «приводит в движение» каждый из датчиков. BUS - экранированные кабели для передачи сигналов от CAS в WECS-9520 – обрабатывает параметры сигналов: о частоте вращения коленчатого вала и от регулятора частоты вращения и формирует управляющий сигнал через FCM-20 3,4 на актуаторы топливных насосов высокого давления. Каждый актуатор управляет двумя насосами через топливную рейку. Результирующий процесс - давление в топливной магистрали высокого давления контролируется модулями управления FCM-20 3,4 с помощью двух трансмиттеров давления. ER приводится в действие «двухпоршневым» приводом, чтобы сэкономить объем масла. Шток в ER имеет форму конуса в верхней части для создания зазора для SS. «Пневматическая пружина» поршня расположена в корпусе. Пакет дисковых пружин демпфирует «ход IP – открытия» в случае «низкого» давления «пневматической пружины». VCU устанавливается на рейке сервопривода. Для восполнения «возможной потери» масла через отверстие в верхнем корпусе привода в ER реализовано внутреннее отверстие в верхней части поршня VCU (к трубе привода).

Основные системы обеспечения управления: Магистрали высокого давления дизельного топлива, управляющего сервомасла, лубрикаторной смазки с Гидроусилителями и Гидропереключателями дизельного топлива, управляющего сервомасла, лубрикаторной смазки; Насосы дизельного топлива и сервомасла с приводом от коленчатого вала дизеля; Автоматический фильтр сервомасла управления и гидропривода; Система топливоподачи; Станция топливоподготовки и электрические насосы;

Насосы формирования импульсов дизельного топлива высокого давления ("бустеры") для цилиндров; Система пускового воздуха; Электрогидравлические клапаны управления на магистралях высокого давления; Вспомогательные модули и контролирующие и измерительные модули в контурах подачи дизельного топлива сервомасла и лубрикаторной смазки. Отметим Supply Unit - модуль подачи топлива и масла гидропривода для поддержания давлений топлива и масла гидропривода в магистралях высокого давления во время работы двигателя. Расположен на подвесной платформе и состоит из 4 (количество зависит от размеров двигателя) топливных насосов высокого давления, поддерживающих давление в Intermediate Accumulator - промежуточной магистрали высокого давления на уровне от 700 до 1000 бар (рис.1.24 -1.42).

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 сервомасла гидропривода выхлопных клапанов около 200 бар.

Система управляющего сервомасла 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.

Rail Unit (RU) - магистрали высокого давления находятся на верхнем уровне двигателя, непосредственно около цилиндрических крышек и выполняют функции аккумуляторов топлива и масла, а также для сглаживания скачков давления от насосов и после завершения работы элементов управления. На RU 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 топливopодачи (рис.1.8-1.31).

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

Rail Valves находятся на модулях управления впрыском (3 на цилиндр) и управления выхлопным клапаном (1 на цилиндр). Rail Valves подают импульсы "сервомасла" управления для открытия клапанов управления впрыском основного топлива 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, Rail Valves 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, когда главный двигатель останавливается с интервалами около 10 с.

VIC - устройство контроля количества подачи топлива служит для определения момента начала подачи и количества поданного в импульсах дизельного топлива с помощью поршня в VIC и встроенного датчика, который передаёт информацию на FCM-20.

Valve control unit (VCU) - модуль управления выхлопными клапанами. Сжатое сервомасло из системы гидропривода через магистральные клапаны используется для открытия выхлопных клапанов под управление от FCM-20. Управление пусковыми клапанами не имеет специфических элементов.

Модуль питания (E85) служит для обеспечения всех модулей бесперебойным питанием по двум независимым линиям 24В постоянного тока. Магистраль обмена данными (SIB) между внутренними модулями и системой дистанционного управления (E-90). Основное назначение - обеспечение связи через магистрали: CAN, MOD, Serial и SSI всех

внутренних модулей. В Е-90 расположен запасной модуль управления FCM-20, находящийся на связи и готовый в случае выхода из строя одного из модулей, контролирующих заменить его, т.к. постоянно получает обновлённую информацию и программное обеспечение как все остальные, находящиеся в рабочем режиме.

В WECS-9520 встроены Flex Control Module 20 (FCM-20) - микропроцессорные модули управления и управление реализовано на ряде FCM-20, расположенных возле цилиндров и в шкафу Е-95,1-6. Запасной модуль расположен в шкафу Е-90 и находится на связи с остальными модулями управления. Все модули между собой для обмена информацией используют внутреннюю системную магистраль. Каждый модуль также оборудован интерфейсами для CAN и для MODbus, которые используются для подключения к внешним магистралям.

Внутренние шины в FCM-20 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 Е-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 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 сервомасла 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. Матронная

система работает "по контуру": 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 из сенсоров, то система продолжит работу по управлению выхлопным клапаном по "временному фактору".

Канал топливоподачи. 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 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 топливоподачи, 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 начинается 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 давлению, 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.

Глава 2

МАТРОНИКА В ГАЗО-ДИЗЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ

2.1 Матроника в газо-дизельных генерирующих установках

Интегрированная автономная генерирующая установка (ИГУ) из 10 среднеоборотных четырехтактных двухтопливных дизелей и высоковольтных генераторов (ДГ) выдает: мощность до 120 МВт, напряжение - 10 кВ, ток - 1500А, . 8-мь ДГ могут работать параллельно и выдавать до 120 МВт (2-а ДГ в резерве) [15-18].

Внедрение ведущих контроллеров в агрегатах (мастера (ММ)) и исполнительных (слуг (МС)) для измерительных и управляющих модулей, и бортовых магистральных сегментов (БМС) типа Dual CAN обеспечило: подготовку и подачу газового основного и запального дизельного топлив (контур: ММ для взаимодействия МС через БМС); регулирования частоты вращения коленчатых валов в среднеоборотных двухтопливных дизелях типа 18V50DF; регулирования выходного напряжения у синхронных высоковольтных генераторов; включения под нагрузку «готовых параллельно работать» ДГ на основе группы контуров: ММ для взаимодействия МС через БМС.

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

Специализированный компьютер (СК) через коммутатор (К) взаимодействует с 10-ю индивидуальными ММ в каждом ДГ и с 3 групповыми МАС, реализуя «звездообразный магистральный» компьютерный сегмент сети типа LAN (рис.2.1-2.2).

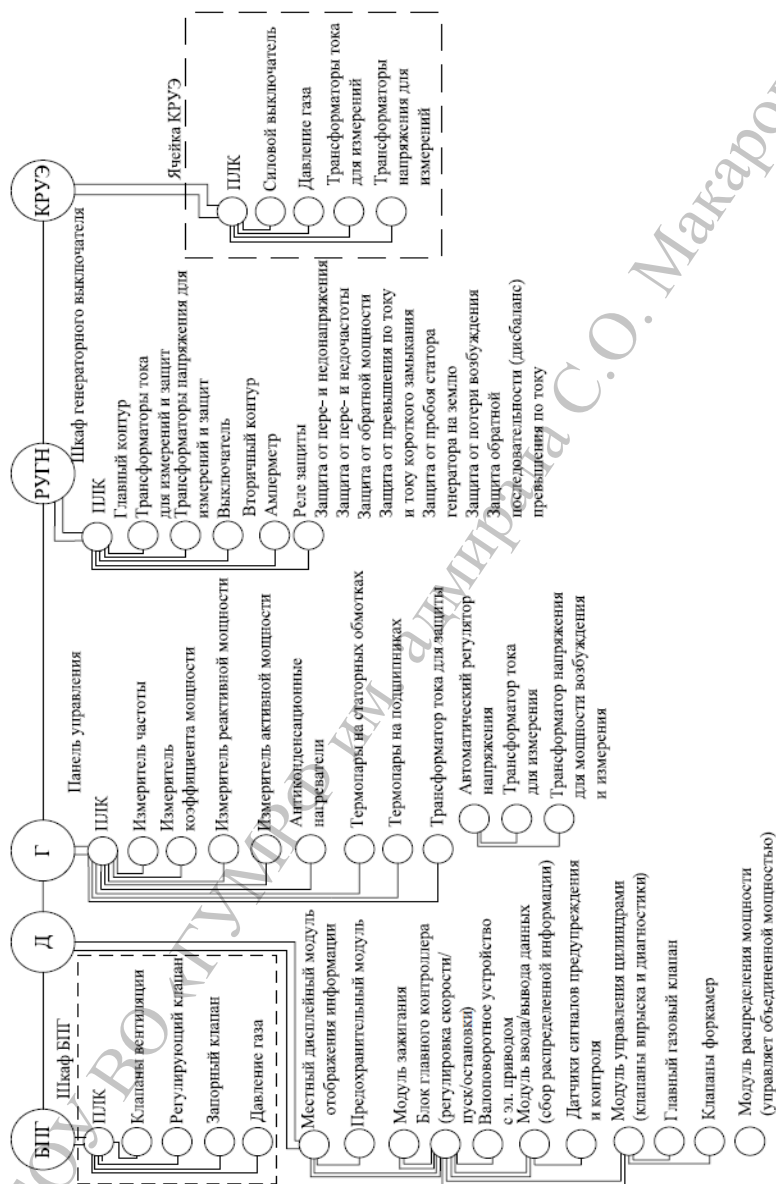


Рисунок 2.2 - Модули в бортовых сетях энергоустановки

Перед запуском в газо-дизели в ДГ подается основное топливо - газ из агрегата подготовки газа с давлением 4 бар. Во всех газо-дизелях ИГУ реализованы контуры типа - ММ для взаимодействия МС через БМС для мониторинга работы регулирующих клапанов - меняют давление подачи газа в дизелях в зависимости от нагрузки в ДГ. Сигналы с клапанов, расходомера, датчиков давления передаются через контуры типа - ММ для взаимодействия МС через БМС на основе DualCAN на пост энергетика со скоростью 1 Мбит/с. Агрегаты в ДГ взаимодействуют через контуры типа - ММ для взаимодействия МС через БМС типа DualCAN.

Максимальная продолжительность работы среднеоборотных, четырехтактных дизелей на газовом топливе без нагрузки - 10 минут. Каждый дизель турбирован и его нельзя одновременно включить на 100 % нагрузку (пока турбокомпрессор не перейдет в установившейся режим). Запускаются дизели через "подачу сжатого воздуха" непосредственно через головку в каждый цилиндр с давлением 30 бар. Отметим контуры ММ для взаимодействия МС через БМС типа DualCAN для процессов: открытия газовых клапанов; импульсной подачи газового топлива; регулирующих клапанов форкамер для газового топлива, 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 дизеля на 100% нагрузку на газовом топливе внедрен 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 дизель вышел на установленный режим: 500 об/мин, энергетик следит за генератором (проверяет: выходное напряжение - 10кВ и частота - 50Гц $\pm 1\%$). Через распределительное устройство в ДГ с поста энергетика можно управлять выдачей до 15 МВт в высоковольтную линию. Для синхронизации пар генераторов используется алгоритм определения момента равенства частот $f_{i1}=f_{i2}$ и совпадения фаз напряжения (синхроскоп) со вторым генератором с поста энергетика включают второй генератор на параллельную работу. Используется автосинхронизер, но возможен и «ручной режим синхронизации». Седьмой и восьмой ДГ служат для регулирования мощности. «Шаг мгновенного

изменения нагрузки» рекомендован: 100-75-45-0%. Шаг изменения нагрузки должен составлять более 15 секунд. Изменяем диапазон выдачи мощности: выключением/включением ДГ по 15 МВт до 120МВт. При этом через распределительное устройство с поста энергетика через контуры ММ для взаимодействия МС через БМС типа DualCAN размыкается контакт с одним из ДГ, после которого некоторое время ДГ завершает работу и выключается. Отметим, что при «прогретом дизеле» сокращается время запуска на работу на газовом топливе ДГ.

Внедрено через контуры ММ для взаимодействия МС через БМС типа DualCAN «шаговое изменение» 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 ДГ через контуры ММ для взаимодействия МС через БМС типа DualCAN подводится к соответствующей ячейке в КРУЭ через «шкаф местного управления», в котором через контуры ММ для взаимодействия МС через БМС типа DualCAN 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 ИЭУ мощности расширены за счет автоматических регуляторов напряжения в генераторах (изменяем через контуры ММ для взаимодействия МС через БМС типа DualCAN рабочий диапазон напряжения в отдельных ДГ). В каждом генераторе установлена демпферная обмотка для «гашения колебаний».

Внедрен ряд режимов выдачи мощности от ИГУ. Поддержание постоянной скорости «выдачи мощности» с учетом потребностей по нагрузке через регулирование подачи газового топлива в дизелях. 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 ДГ в ИГУ с учетом их номинальных параметров по выдаче мощности. «Характеристика статизма» по изменению частоты у всех ДГ должна составлять не более 4%,

чтобы генераторы не утратили устойчивость при быстром увеличении нагрузки (рис.2.1-2.32).

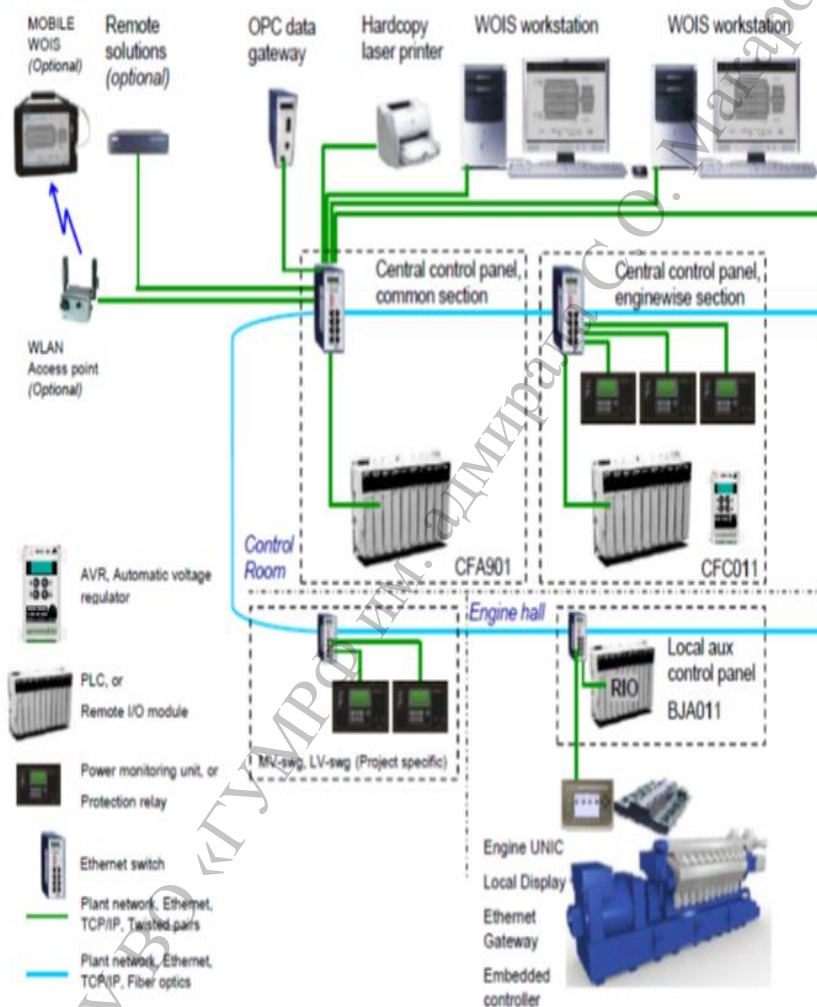


Рисунок 2.3 – Элементы матроники в "Генерирующей станции"

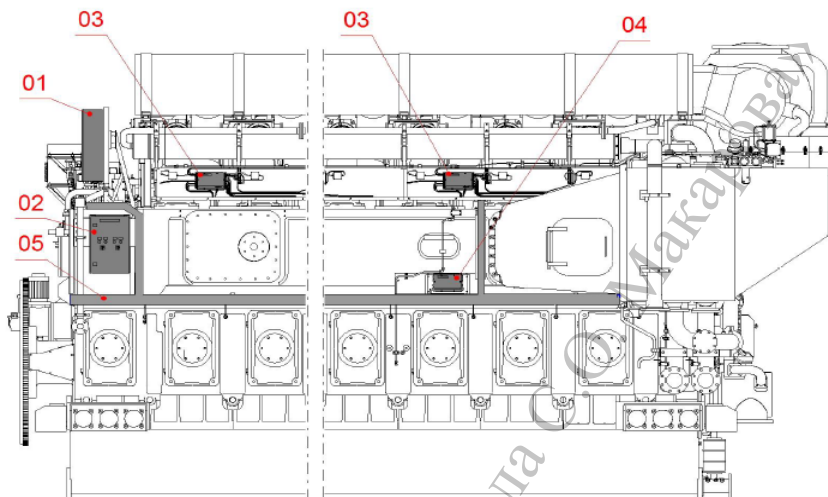


Рисунок 2.4 - Модули в WECS 8000 взаимодействуют через CAN. «Важные функции резервного управления безопасностью» обрабатываются через «отдельную проводную двухточечную проводку и с отдельными резервными модулями: 01 - Main cabinet - Главный Агрегат, 02 - Power module -Силовой модуль, 03 - CCM-10 - модуль управления цилиндром (1-п), 04 - MCM-700-2 - Главный модуль сбора данных, 05 - кабель магистрали

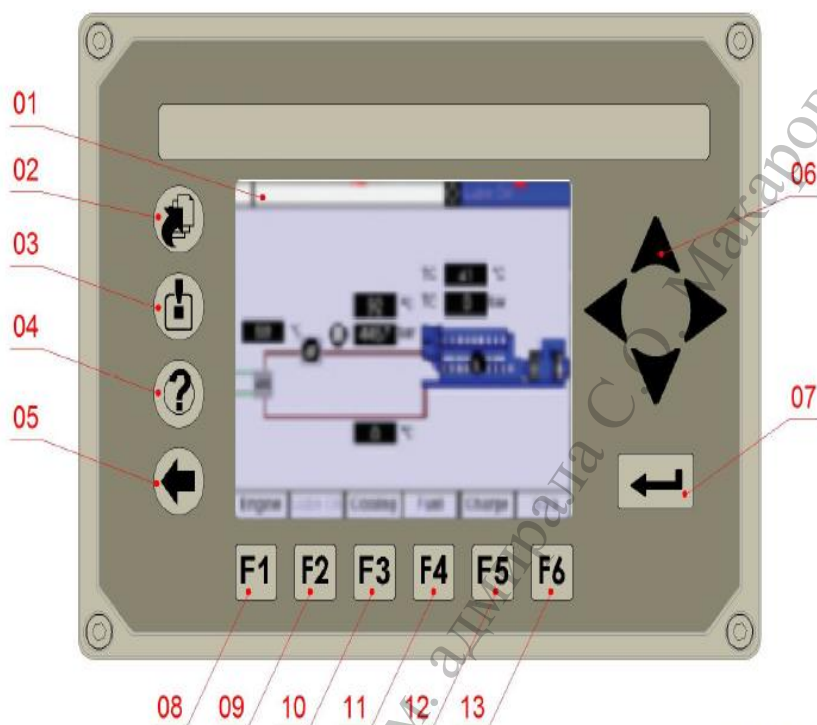


Рисунок 2.5 - LDU визуализирует процессы в измерительных и управляющих каналах в машинном отделении. LDU взаимодействует с ММС-700-1 через CAN и имеет ряд меню, «встроенных ключевых» кнопок для «активации важных» меню: 01 - Графический дисплей, 02 - Главная страница, 03 – Тревога, 04 - Справки, 05 – Назад, 06 – Навигация, 07 - Введите команду, 08 - Температура двигателя, 09 - Система смазочного масла, 10 -Топливная система, 11- Система охлаждения воды, 12 - Система наддувочного воздуха, 13 - F6 + F1- Разные измерения, F6 + F2 - Измерение детонации

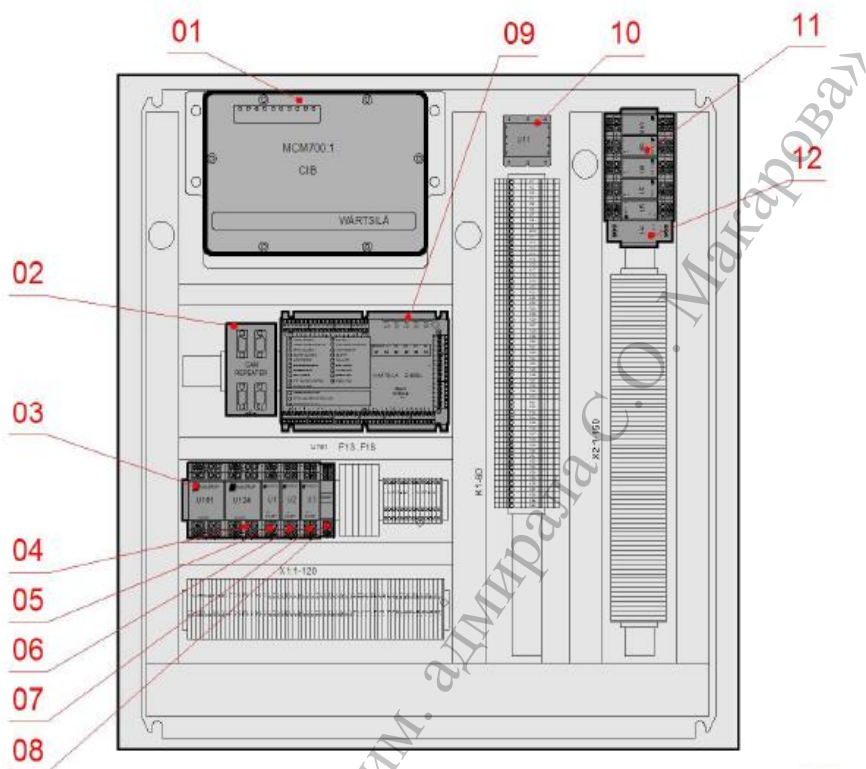


Рисунок 2.6 - Компоненты Главного модуля - MMC-700-1: MCM-700-1 - 01, Electronic unit, CAN-repeater – 02, Converter – 03,...,07, Hour counter – 08, Relay module (RM-11) – 09, DC/DC converter -10, Converter -11, Signal isolator/converter -12

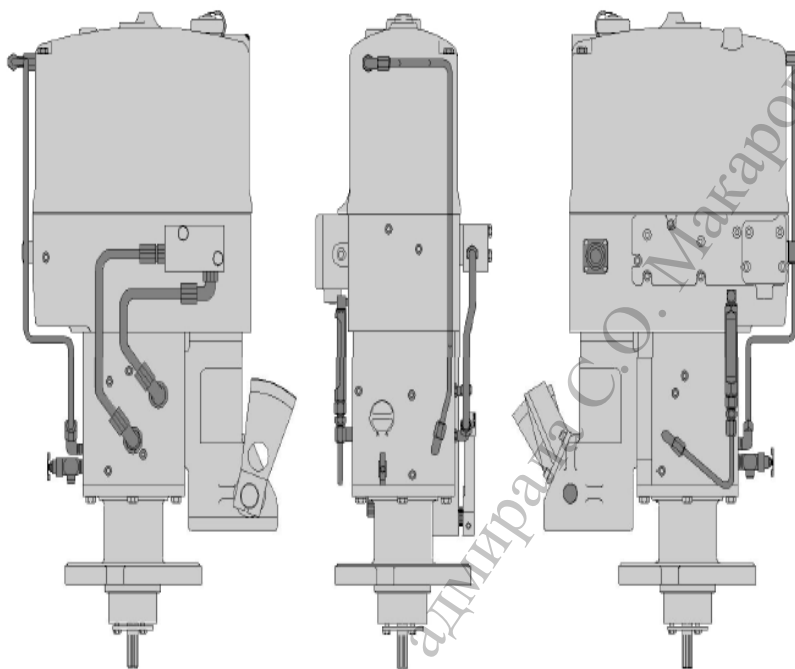


Рисунок 2.7 - PG-EG58 - Гидромеханическая САР оборотов используется в дизельном и резервном режимах работы для автоматического регулирования положения топливной рейки у ТНВД. PG-EG58 получает управляющий сигнал от MMC-700 из WECS 8000 (через преобразователь тока) и регулирует положение топливной рейки.

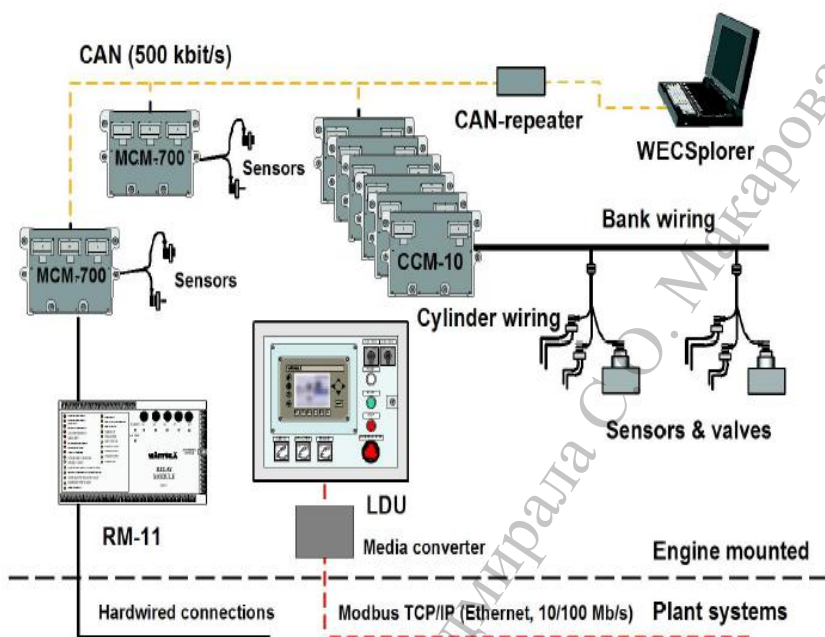


Рисунок 2.8 - WECS 8000 - распределенная система, в которой все модули взаимодействуют друг с другом по CAN. Система собирает сигналы от датчиков в различных местах на двигателе, подключенных к локальным модулям. Полученные сигналы обрабатываются и сравниваются с контрольными параметрами, заданными для всех активных процессов двигателя. Стратегические элементы управления двигателем обрабатываются в главном модуле управления (MCM-700) – Мастер сегмента управления автоматически контролирует последовательность запуска и останова двигателя, а также контролирует безопасность двигателя. Второй главный модуль управления - MCM-700 - Мастер сегмента управления используется для сбора сигналов датчиков и управления вспомогательными функциями. Каждый модуль - CCM-10 работает с 3-мя цилиндрами. Все модули установлены на двигателе или близко к двигателю. MCM-700 И CCM-10 через мультиплексорные каналы непосредственно собирают текущие данные измерений с датчиков и клапанов

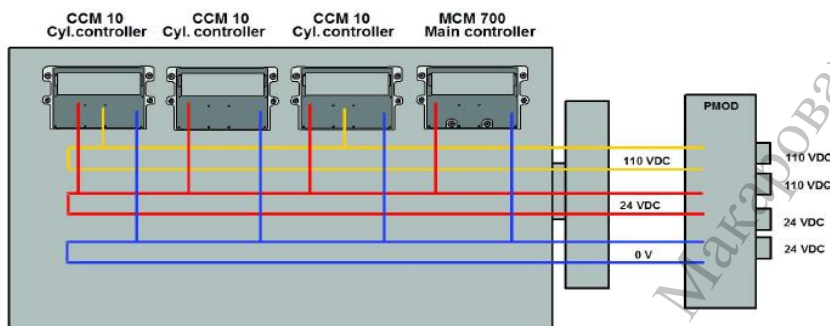


Рисунок 2.9 - В WECS 8000 Магистрالي:110, 24, 0 VDC «закольцованы» вокруг дизеля, чтобы обеспечить безопасную подачу питаний в случае обрыва провода в одной точке кольца

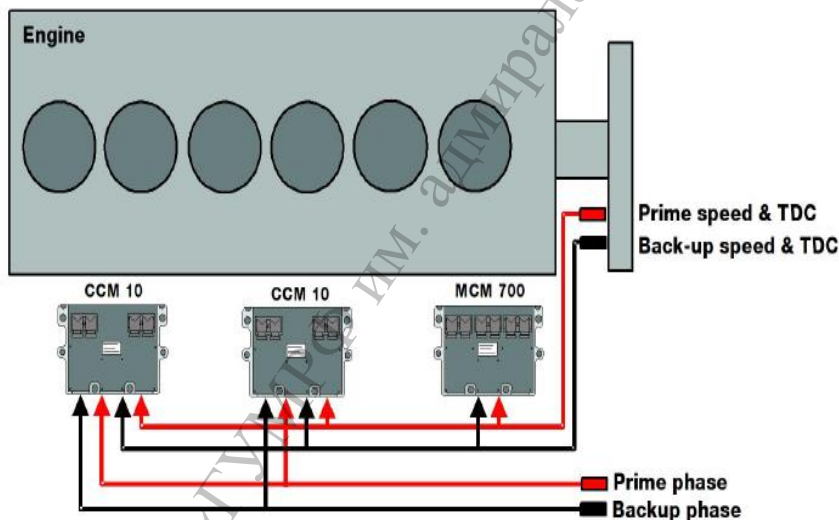


Рисунок 2.10 - Для обработки интервалов подачи порций газа и пилотного дизельного топлива Модулям Управления Цилиндрами (CCM-10) и MCM-700 необходима точная информация о частоте и фазе вращения коленчатого и распределительного валов дизеля. Поэтому сигналы Частоты и Фазы вращения валов от двух датчиков скорости и двух датчиков фазы вращения валов дизеля передаются непосредственно к CCM-10 и MCM-700 во все цилиндры без применения DualCAN

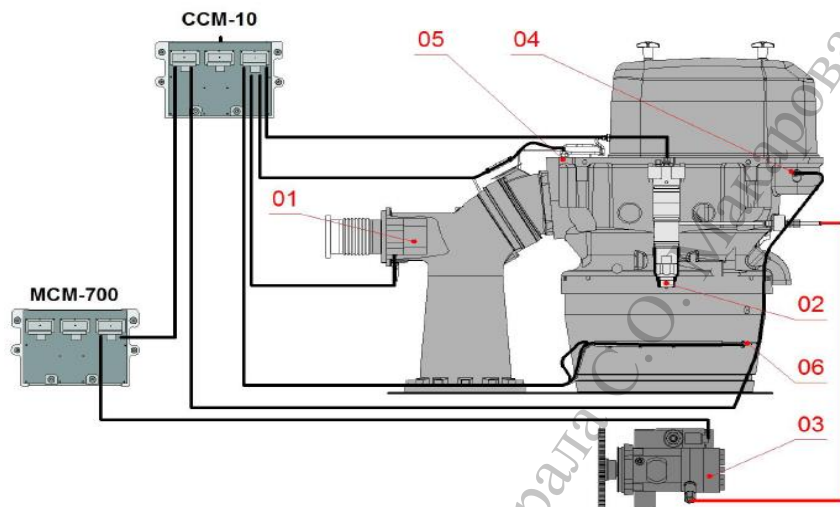


Рисунок 2.11 – Измерительные и Управляющие модули для впрыска газового топлива во все цилиндры газо-дизельного двигателя: 01- Клапан подачи газового топлива, 02 – Инжекторная форсунка, 03 – Насос Топлива высокого давления, 04, 05 – Датчики температуры газов, 06 - Датчик температуры гильзы цилиндра

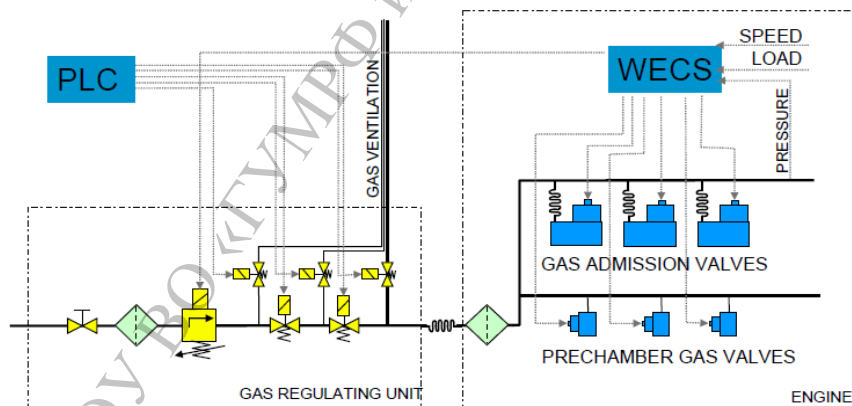


Рисунок 2.12 - Управление подготовкой и подачей газового топлива

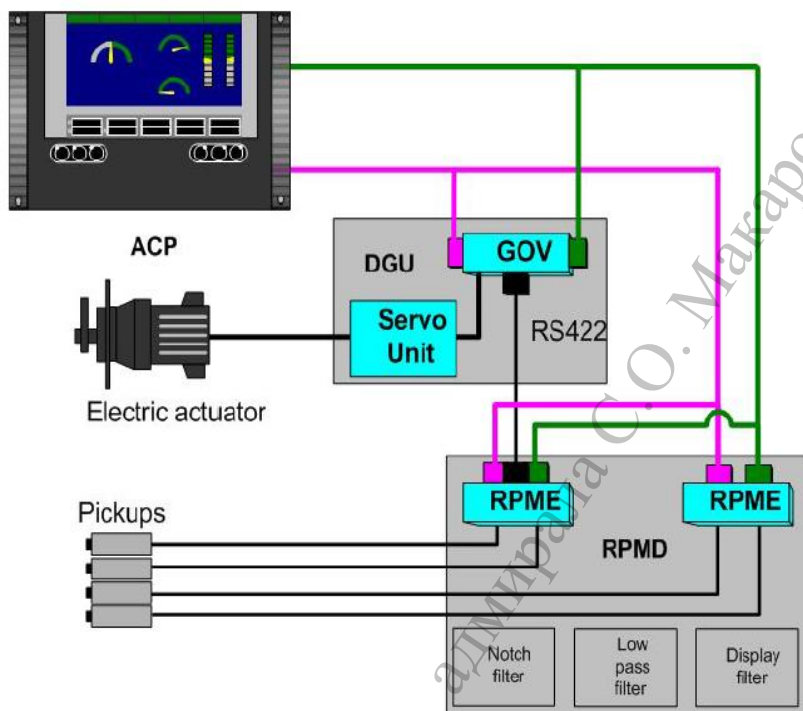


Рисунок 2.13 - Элементы матроники в контуре контроля и управления оборотами судового дизеля. Функции DGU – CAP: частоты вращения, по наддуву, крутящему моменту. Ручное ограничение работы дизеля по оборотам, подаче топлива. Избегание критической частоты вращения. Автоматическое снижение оборотов. Интерфейсы DGU: CAN; CAN интерфейс для ДАУ; 2 для RS422/RS485. Распределительный модуль частоты вращения двигателя (RPMD) состоит из 2-х RPME. Питание от источника 24 В, имеется 4 входов мультиплексорного канала для подключения таходатчиков, 2 релейных выхода, 2 выхода на соленоиды, двоянный CAN интерфейс и 2 выхода RS422/485

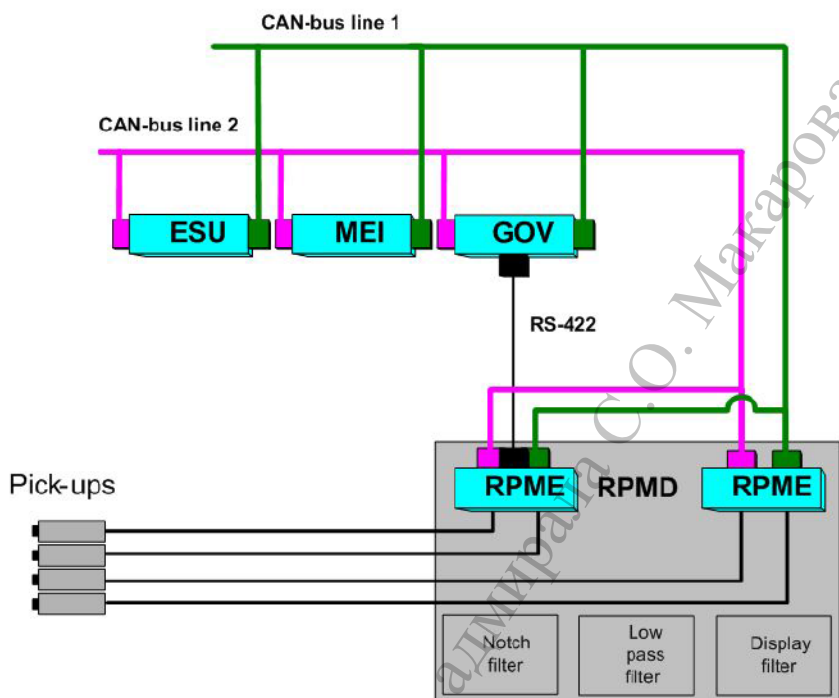


Рисунок 2.14 - Элементы «дублирования» через RS-422 и CAN-bus line 2 в контуре управления оборотами судового дизеля

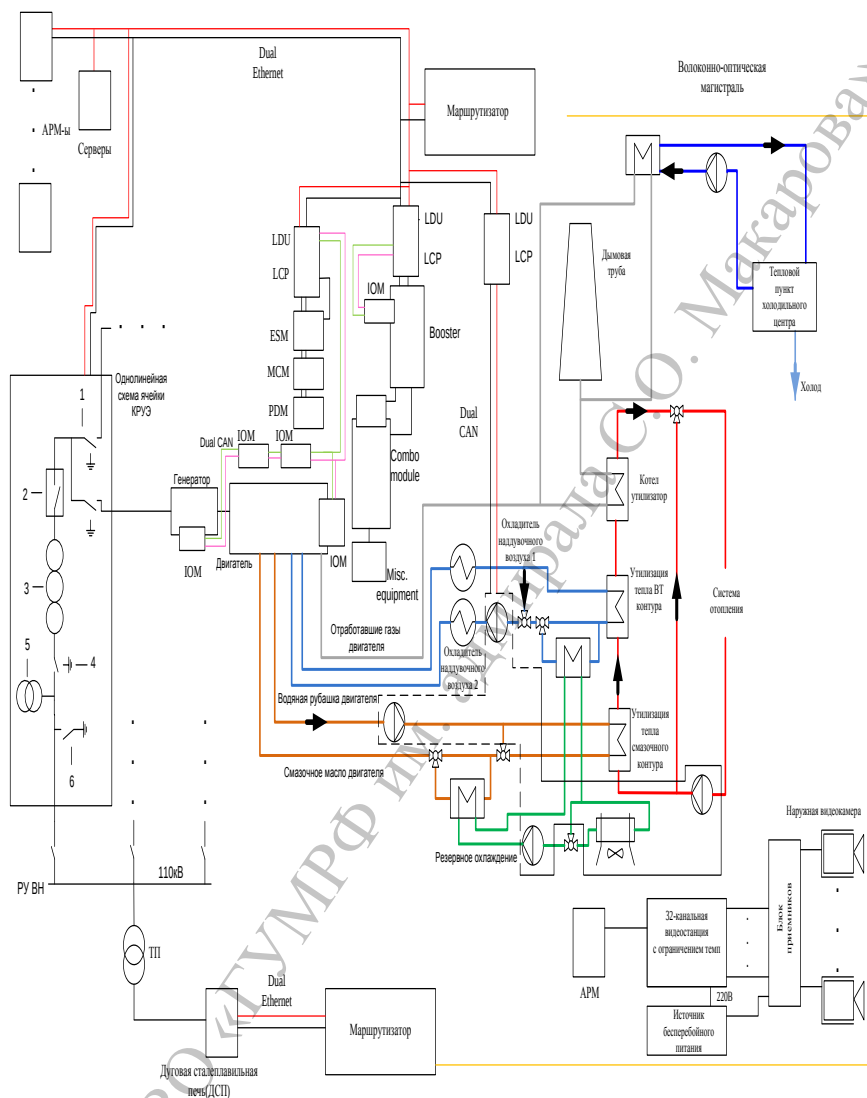


Рисунок 2.15 – ИГУ для тригенерации

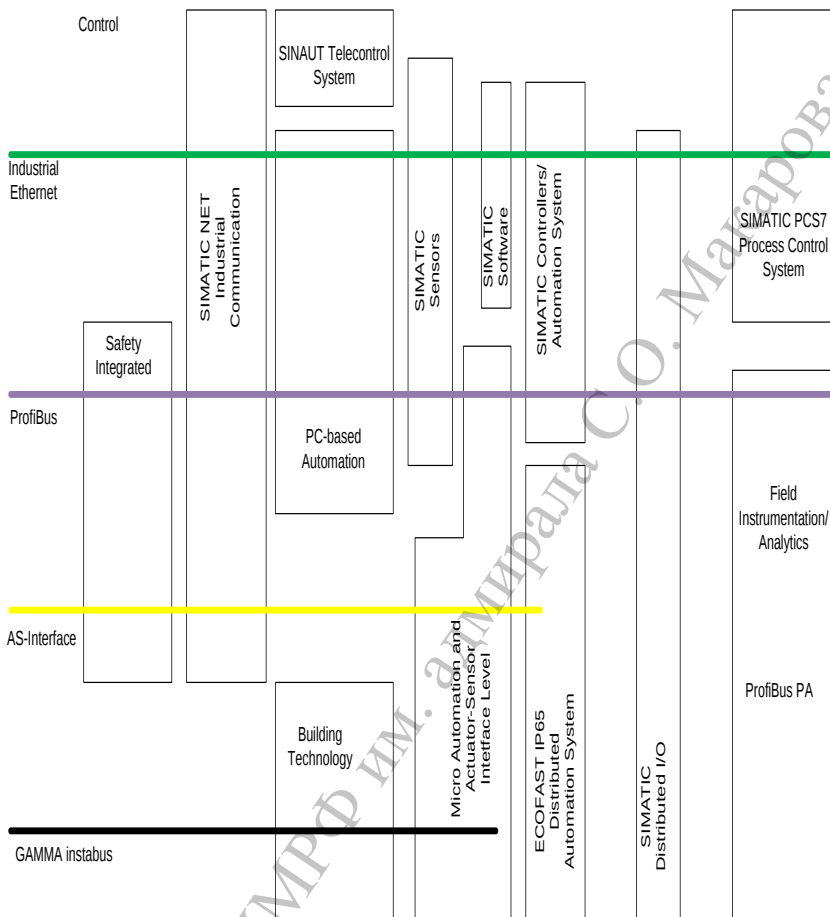


Рисунок 2.16 – Развитие техники интерфейсов

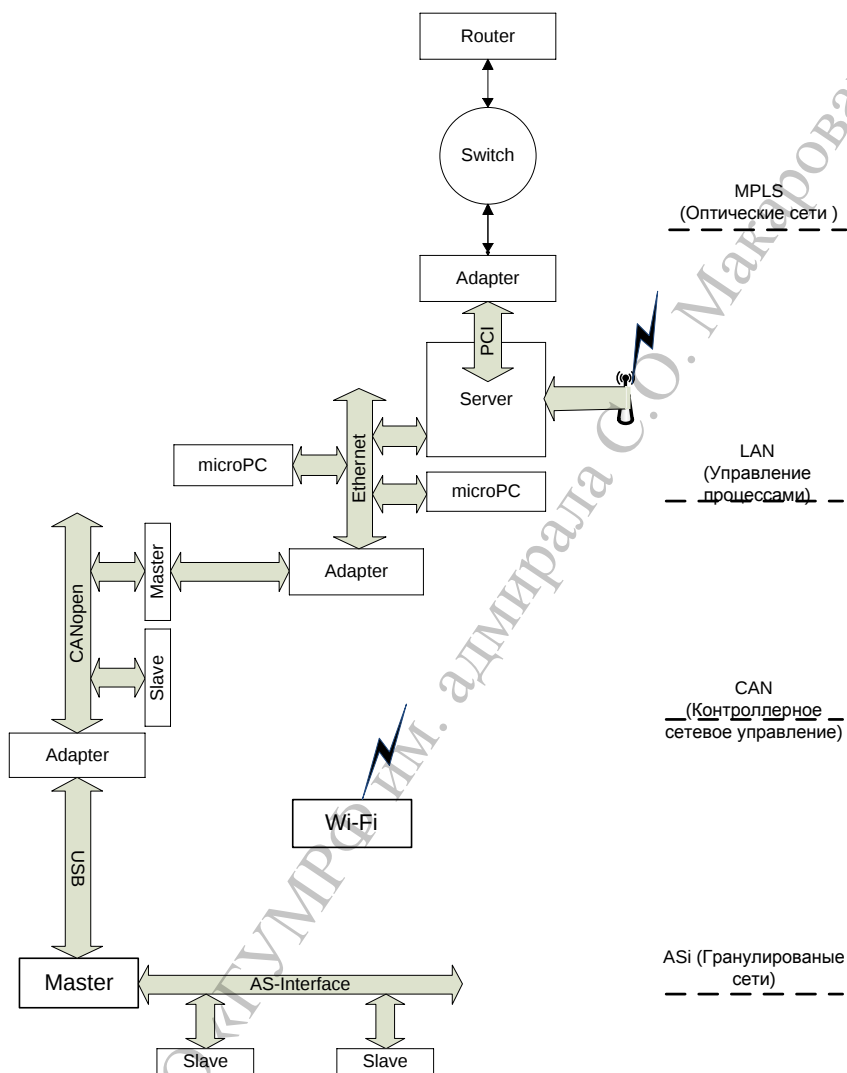


Рисунок 2.17 – Ресурсы развития микроматроники для энергоустановок

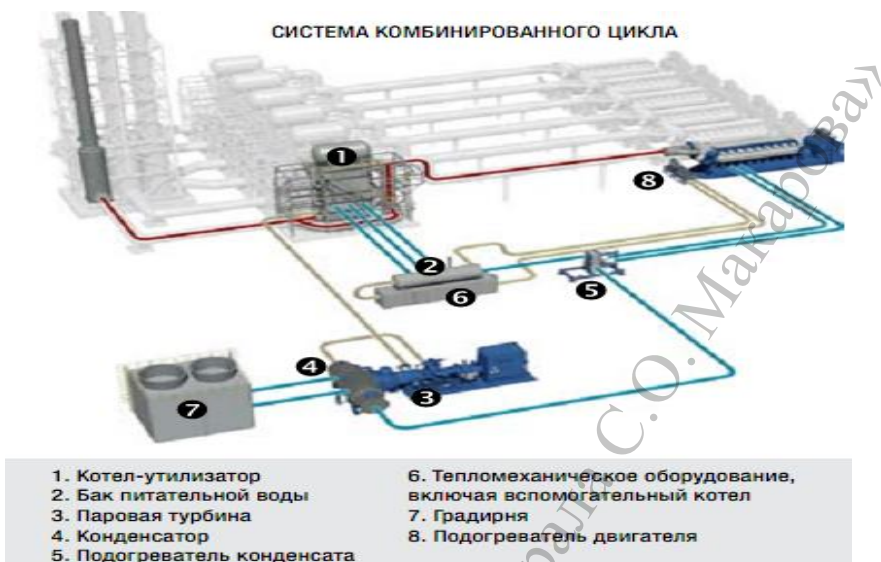


Рисунок 2.18 - Матрица в подсистемах автономных энергоустановок

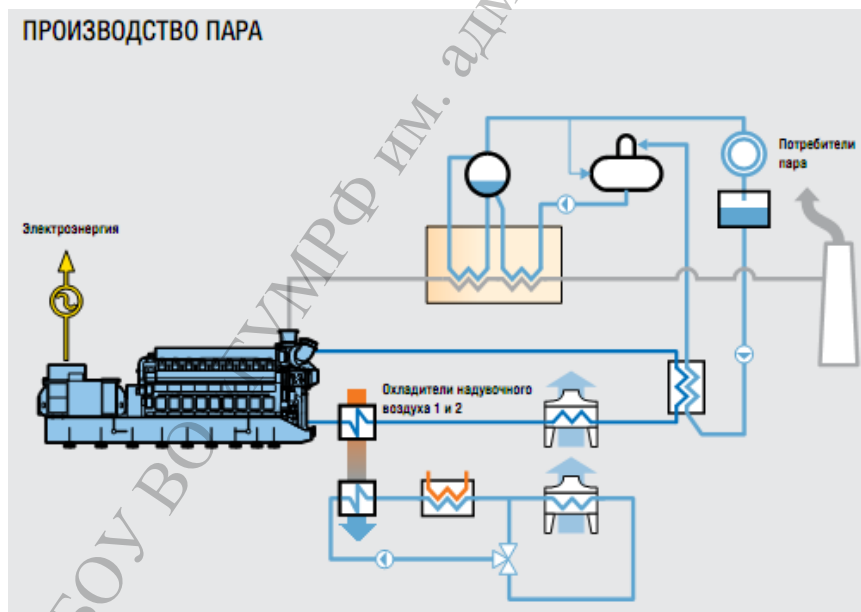
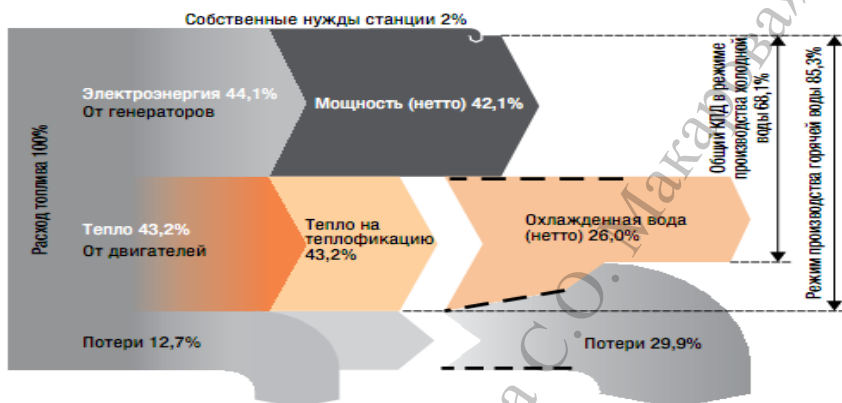


Рисунок 2.19 - Агрегаты энергоустановок с комбинированным циклом

ТРИГЕНЕРАЦИЯ



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

Рисунок 2.20 – Расход топлива для тригенерации

КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

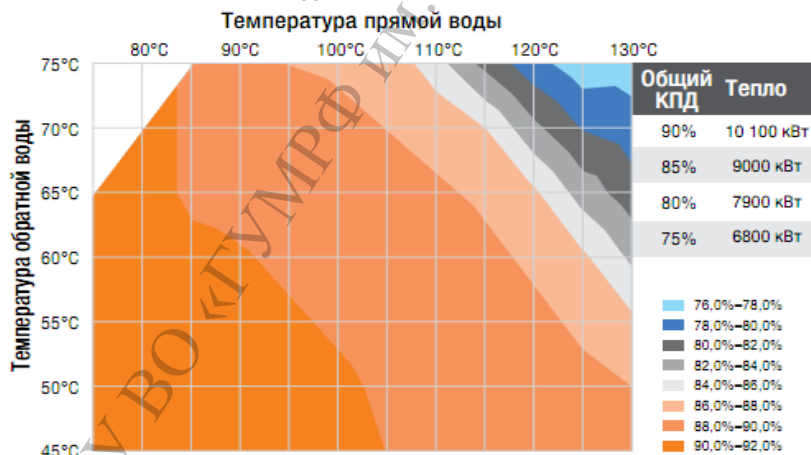


Рисунок 2.21 – Использование топлива в газо-дизельных двигателях

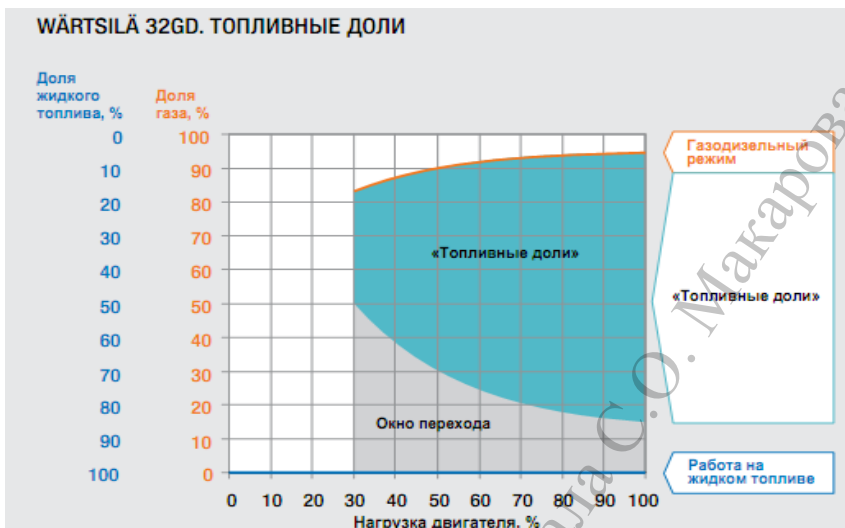


Рисунок 2.22 – Переход к газо-дизельным циклам в двигателях

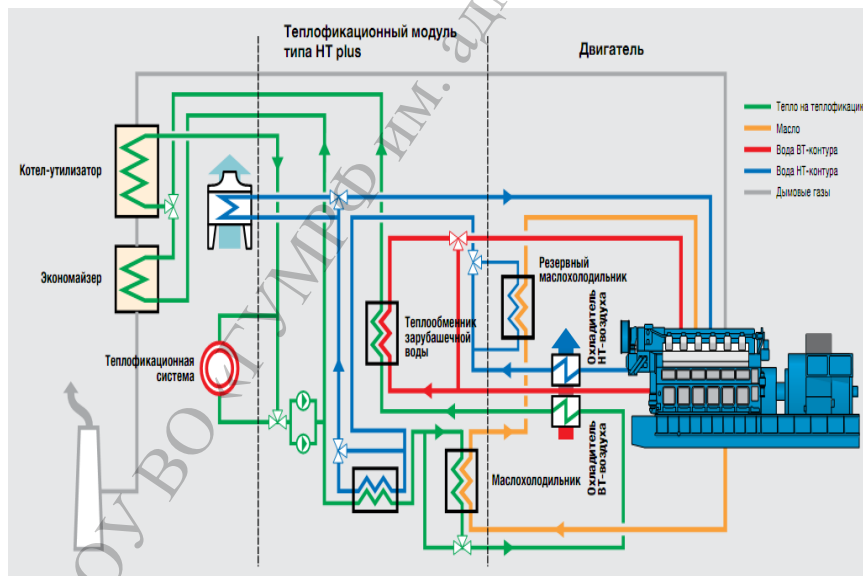


Рисунок 2.23 – "Визуализация" контуров на базе EPLAN

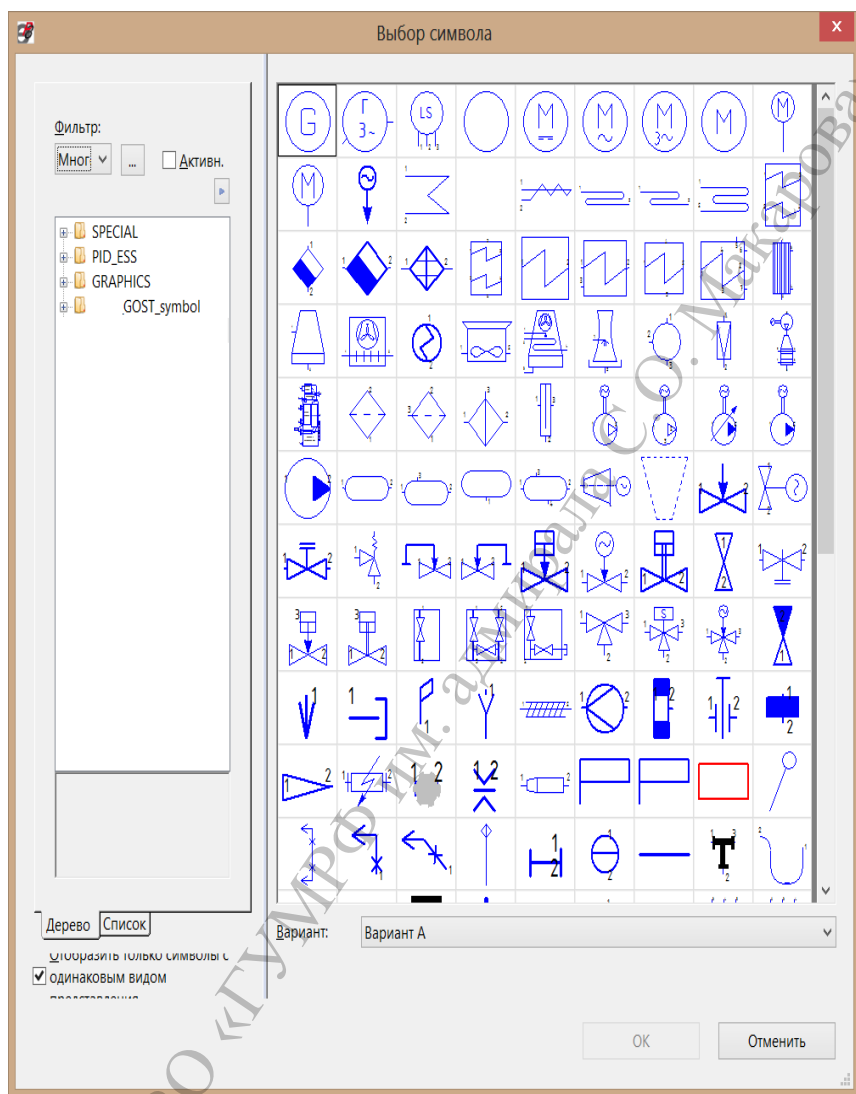


Рисунок 2.24 – Элементы символов в базе EPLAN Electric P8

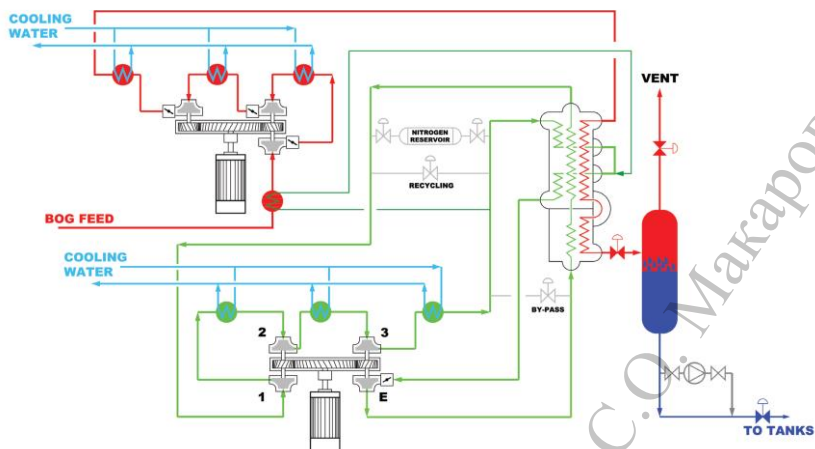


Рисунок 2.25 – Элементы технологий в Wärtsilä Oil & Gas Systems

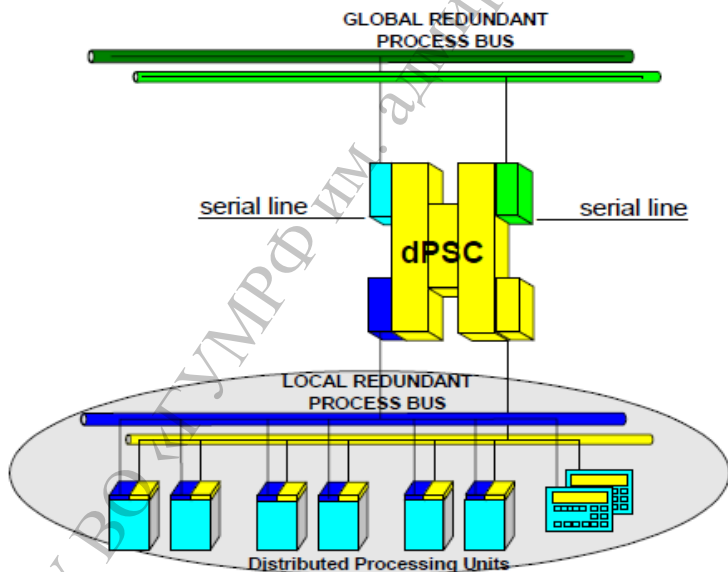


Рисунок 2.26 – Мастера-контроллеры в Сегменах (dPSC) в Dual CANopen

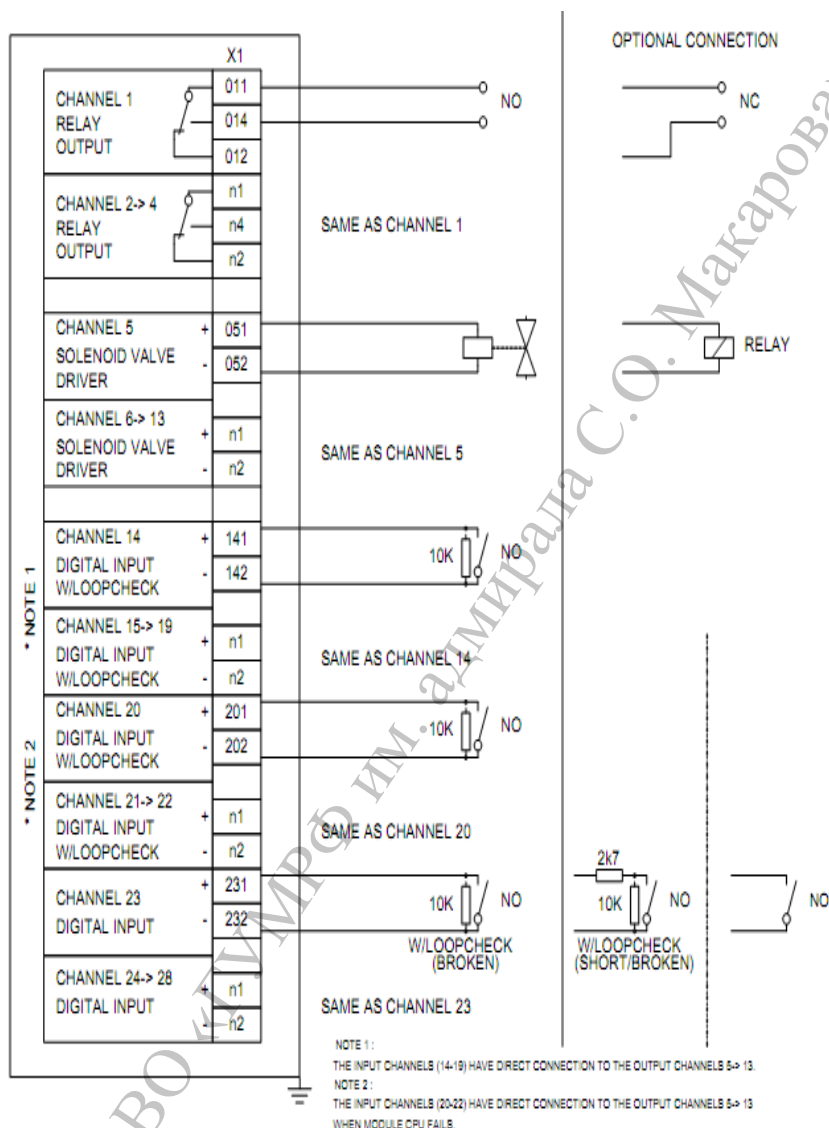


Рисунок 2.27 – В ESU две независимые линии питания и встроенная функция автоматического переключения между ними.

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 Simulate». Имейте в виду, что система управления пропульсивной установкой будет использовать «имитированные RPM» для ссылок. Для «Включения имитации RPM» необходимо ввести пароль.

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	Перегрузите 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 2.28 - 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:	Проверьте соединение CAN
30	Неисправность контроллера шины 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 2.29 - Все модули DPU имеют встроенную систему самотестирования, которая выводит отчет об ошибках на ACP



Рисунок 2.30 - Навигатор изделий открывается из EPLAN Electric P8

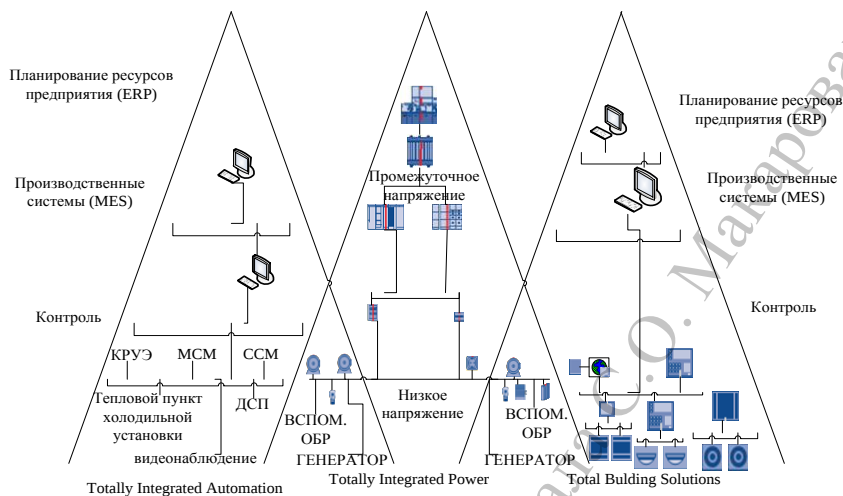


Рисунок 2.31 – Развитие Total: Integrated Automation (TIA), Integrated Power (TIP), Bulding Solutions (TBS)

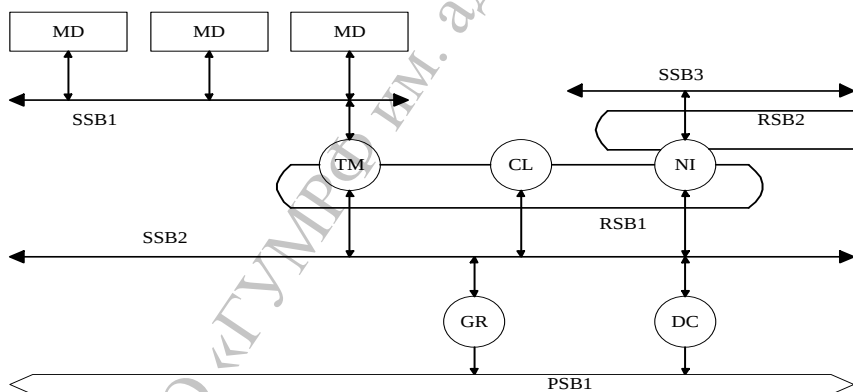


Рисунок 2.32 – Комплекс с внедрением: последовательных (SSB1,2,3), кольцевых (RSB1,2), параллельной (PSB1) бортовых сетей для измерений через MD в проблемно-ориентированных морских установках

2.2 Матроника в малооборотных двухтактных дизелях

В главном дизеле из серии ME компания “MAN B&W” отказалась от распределительного вала с приводом для процессов: топливоподачи, пуска и реверсирования двигателя, выхлопным клапаном и смазкой цилиндров. Все функции, которые в MC зависели от распределительного вала, в ME реализуются через контуры - MM для взаимодействия MC через БМС типа DualCAN для процессов: получения информации об угловом положении коленчатого вала, которую посылает датчик положения коленчатого вала; определения в цилиндрических мехатронных модулях моментов начала и конца подачи импульсов дизельного топлива в цилиндры, цикловую подачу, порядок открытия пусковых клапанов цилиндров, моменты и длительность их открытого состояния, моменты открытия и закрытия выпускного клапана, а также управления лубрикаторами цилиндрической смазки из соответствующих контуров - MM для взаимодействия MC через БМС типа DualCAN для процессов: выдачи соответствующих импульсных команд сжатым “сервомаслом”. Управление впрыском топлива и выхлопными клапанами осуществляется за счет гидравлических сервоприводов из соответствующих контуров - MM для взаимодействия MC через БМС типа DualCAN. 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 под управлением MM для взаимодействия MC через БМС типа DualCAN (рис.2.33-2.39).

На каждом цилиндре установлен многофункциональный модуль (CCM). Гидравлический модуль состоит из усилителя давления впрыска топлива и гидропривода выхлопного клапана. На гидравлическом модуле установлен Fuel Injection and Valve Actuation (FIVA) - модуль клапанов и «альфа-лубрикатор». Отметим элементы гидравлического модуля. Компоненты FIVA: Корпус муфты. «Пуля топлива». «Силовой» корпус. Муфта [19-27].

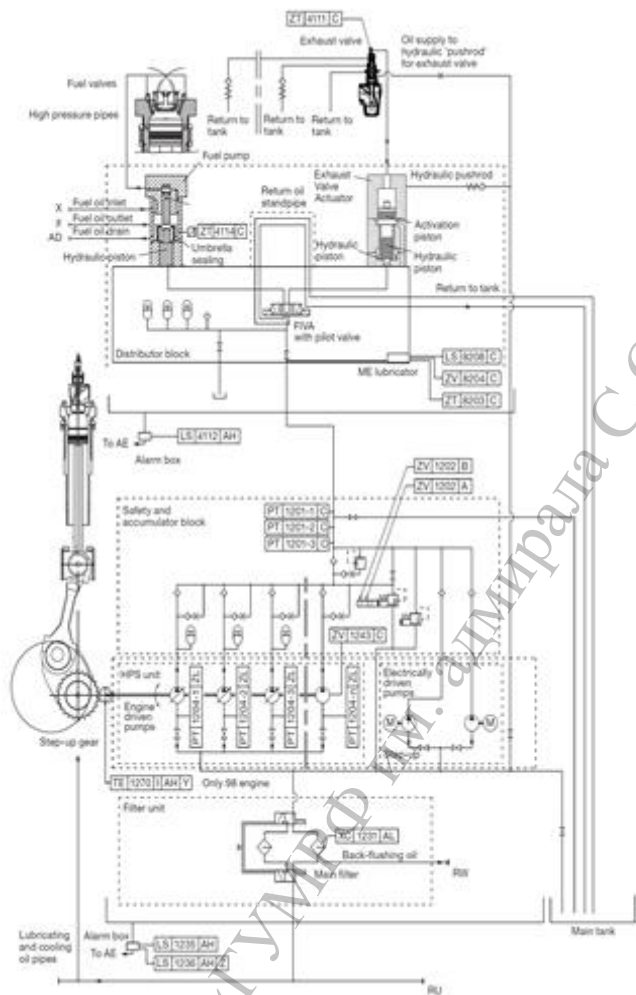
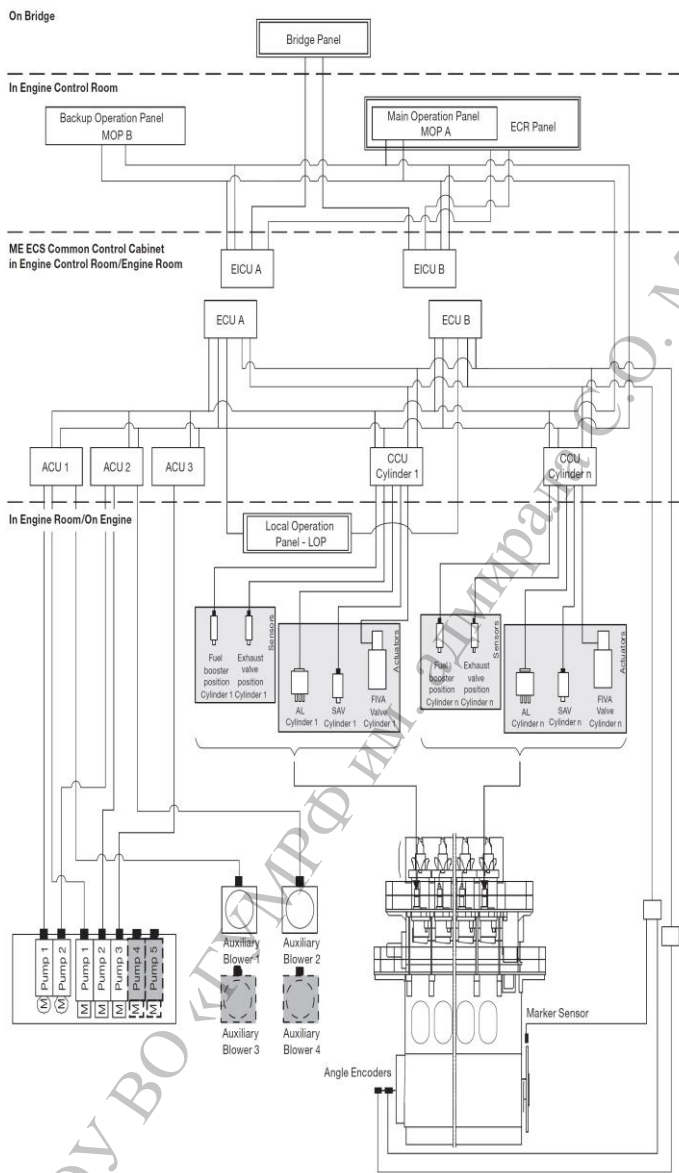


Рисунок 2.33 - Переход от общего ТНВД в МС к группе манифолдов с индивидуальными FIVA в ME



178 61 76-9.1

Рисунок 2.34 – Матроника в управлении двухтактным дизелем

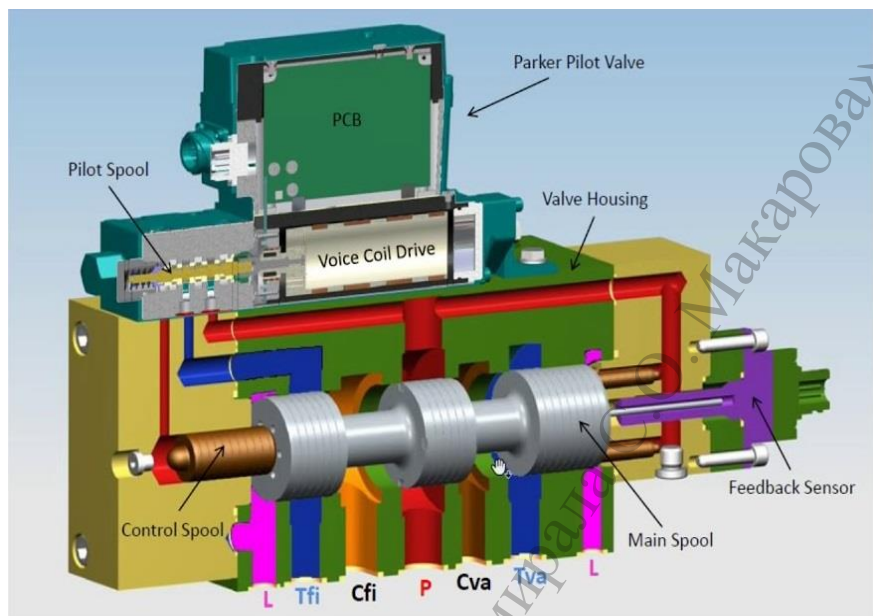


Рисунок 2.35 - Гидравлический переключатель для формирования импульсов сервомасла высокого давления (FIVA). Под давлением импульсов сервомасла перемещается золотник внутри FIVA для формирования «пуль сервомасла» с контролем перемещения золотника с помощью датчика на сервоприводе и микроконтроллера. Сигнал - позиции LVDT (4 -20 mA) и через усилитель формируется импульса тока. Отметим параметры: Максимальное рабочее давление - 250 bar. Минимальное рабочее давление - 155 bar. Максимальное давление - 300bar. Отметим элементы в FIVA: Tank port («Обратка» из FIVA); P - Pressure inlet - Давление на входе; Tank port - «Обратка» из актуатора; Leakage port - отверстие для «Обратки» (должны быть под атмосферным давлением); Pressure port - Контроль давления в канале FIVA; Pressure port - Контроль давления в актуаторе. Плоскость для жиклёров в FIVA на боковой поверхности корпуса муфты: Leakage port - Отверстие для «обратки»; Hydraulic scheme - Гидравлическая схема; Installation procedure - Инсталляция FIVA; Coupling - Муфта.

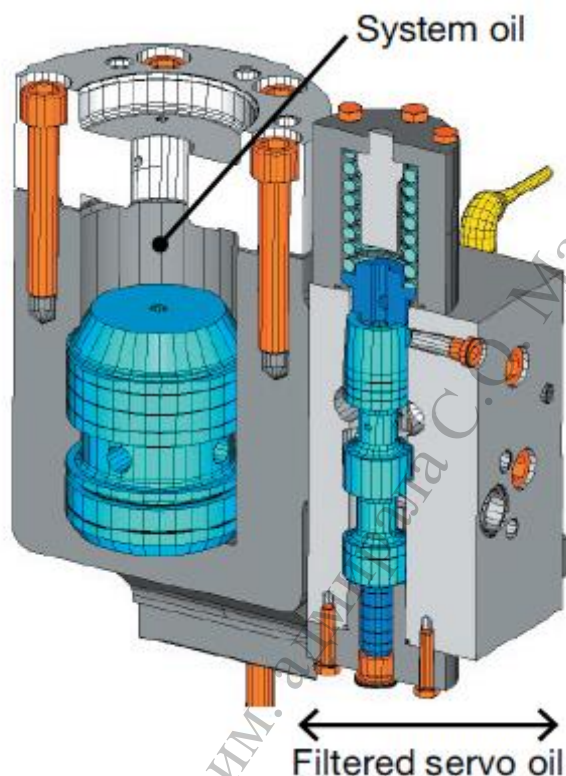


Рисунок 2.36 - Гидроусилитель управляющих импульсов сервомасла высокого давления

Насос высокого давления дизельного топлива располагается на Гидроусилителе управляющих импульсов сервомасла высокого давления (НСУ) рядом с приводом выхлопного клапана. НСУ "подключен отводкой" в магистраль сервомасла (МСМ) под давлением 200 бар. От импульсов сжатого сервомасла от FIVA насос высокого давления дизельного топлива ("бустер") формирует импульс сжатого дизельного топлива для «работы» форсунки под давлением 300 - 380 бар. Наличие аккумулятора в Бустере обеспечивает снижение ударных нагрузок, кавитации и плавную работу

системы. Для обеспечения удовлетворительного заполнения магистралей: сжатого сервомасла и дизельного топлива подача «топливного циркуляционного» насоса выше, чем количество топлива, расходуемого двигателем. Для обеспечения постоянного давления топлива перед Бустерами для цилиндров при всех нагрузках двигателя в магистрали дизельного топлива высокого давления установлен подпружиненный перепускной клапан. Давление топлива на уровне топливных насосов должно составлять 7-8 бар. Это обеспечивает возврат плунжера в исходное положение в Бустере и запас давления, препятствующий газообразованию и кавитации в топливной системе даже при температуре 150 °C (рис.2.36-2.43).

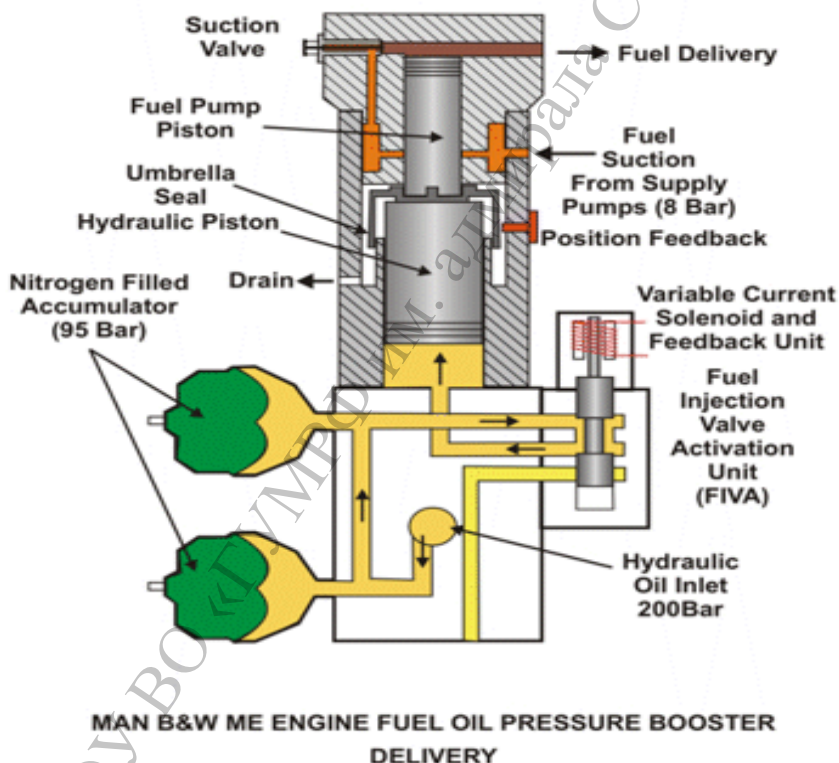
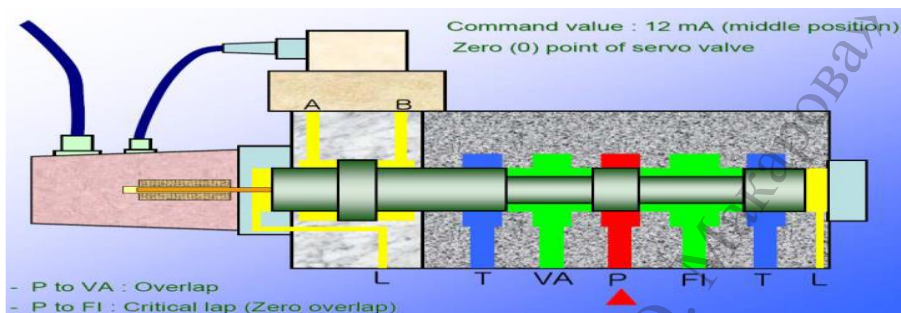
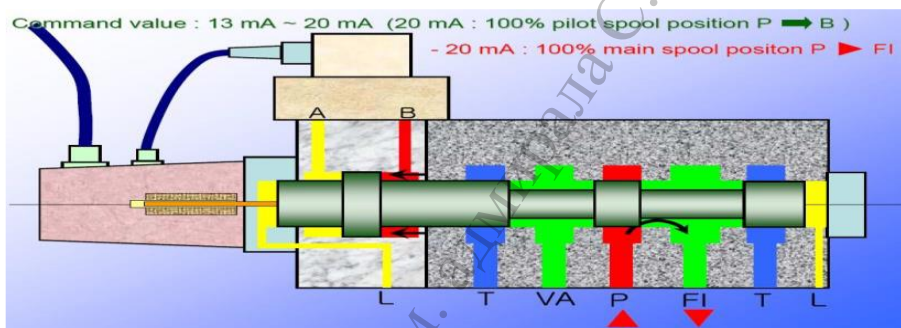


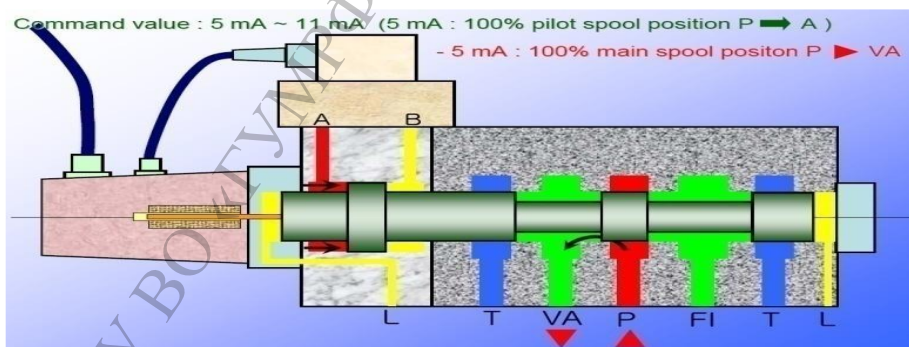
Рисунок 2.37 - Fuel Oil Pressure Booster (FOPB) - гидроусилитель импульсов высокого давления для впрыска топлива



a

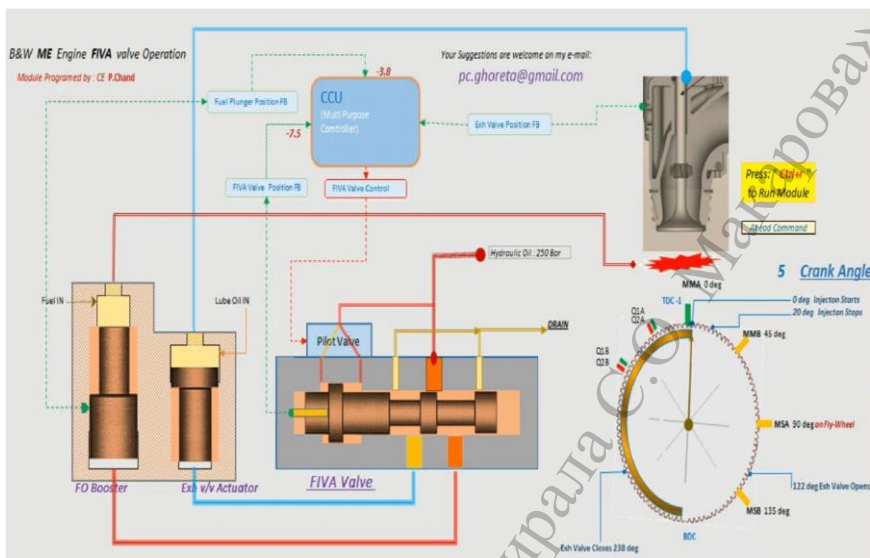


б

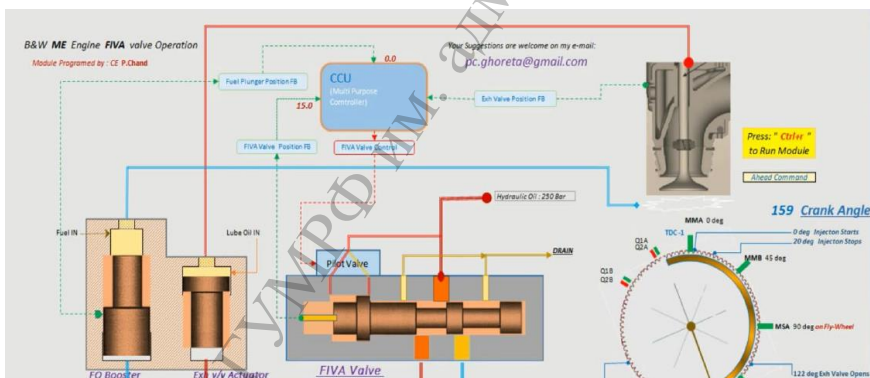


в

Рисунок 2.38,а,б,в - Элементы "контуров" в FIVA: а - нейтральное состояние, б - подача масла в FI (на открытие FOPB), в - подача масла в VA (на открытие выхлопного клапана)



a



б

Рисунок 2.39 а,б - Элементы "контуров" в FIVA: а - формирование импульса сервомасла для формирования импульса основного дизельного топлива в форсунку , д - формирование импульса сервомасла для отжатия выхлопного клапана

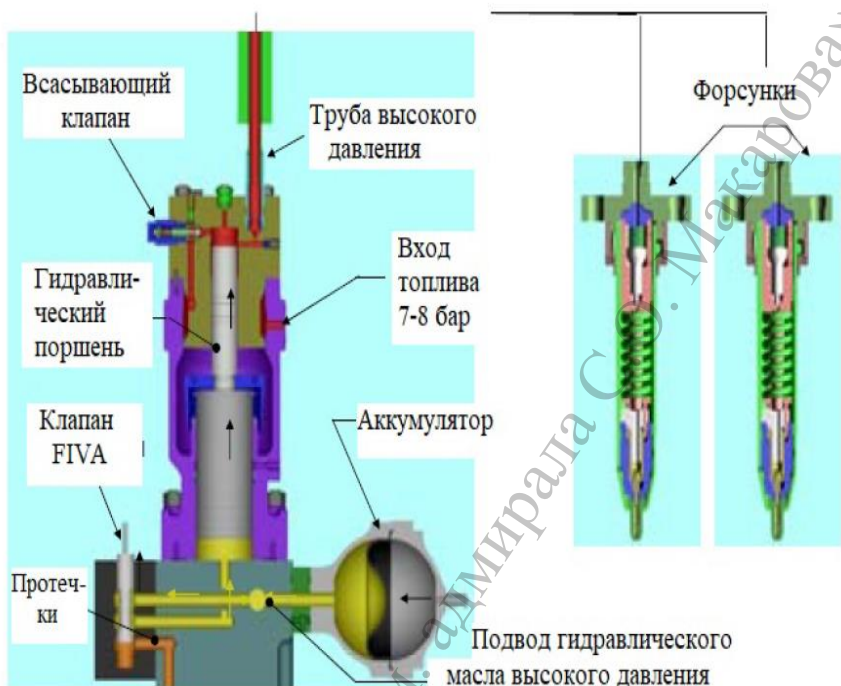


Рисунок 2.40 - Гидроусилитель ("бустер") для выдачи импульса сжатого дизельного топлива. Для оптимизации «сгорания» разработаны форсунки типа «скользящий топливный клапан» с уменьшенными: «загрязнениями» газовых путей, снижением: дымообразования, выбросов окислов азота, расхода топлива

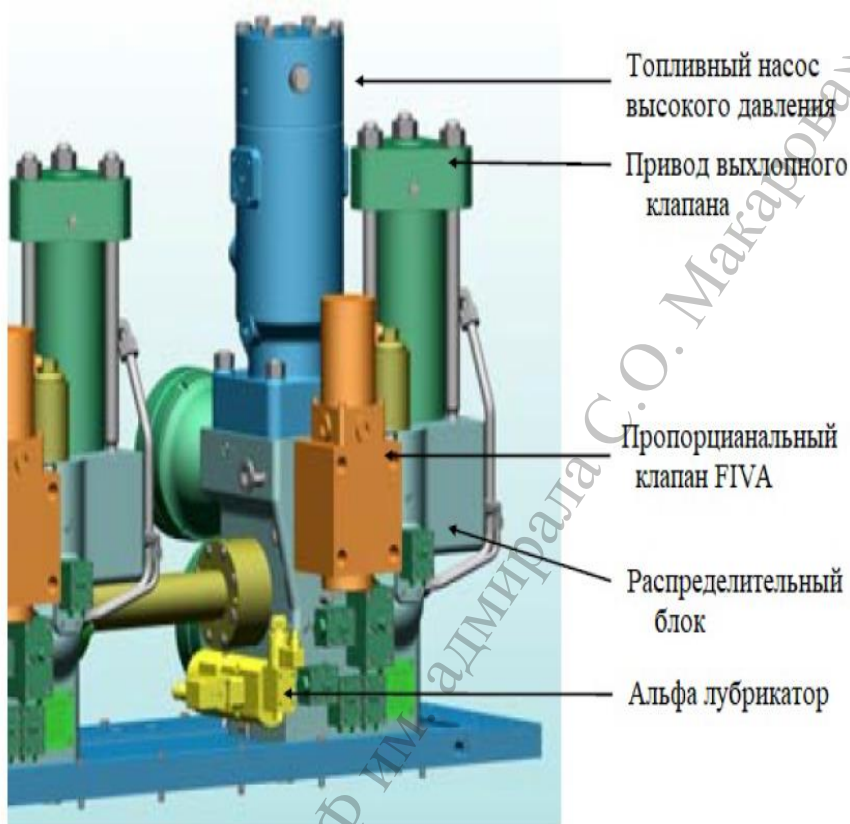


Рисунок 2.41 - Модули: Бустера, FIVA, Альфа лубрикатора,
"Распределителя" управляющих импульсов серомасла для каждого
цилиндра

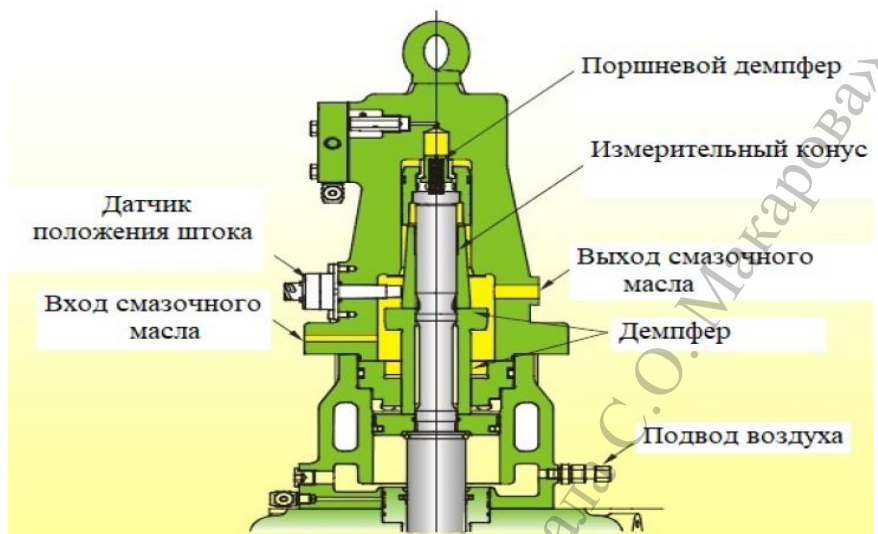


Рисунок 2.42 - Элементы управления сжатыми импульсами сервомасла "отжатием" выхлопного клапана у каждого цилиндра

FIVA управляется через команды от двухпозиционных быстродействующих электромагнитных клапанов, которые управляют подачей импульсов сервомасла к перемещению золотника для формирования гидроусилителем импульсов дизельного топлива высокого давления, а так же подачей импульсов сервомасла к приводам выхлопных клапанов по соответствующим командам от Cylinder Control Unit (CCU) - мехатронный модуль. CCU реализуют функции ММ для взаимодействия МС через БМС типа DualCAN.

Альфа-лубликатор управляет подачей масла к поршням лубликаторов. На гидравлическом цилиндровом модуле располагается модуль управления лубликаторной смазкой. Соленоидный клапан лубликатора получает сигнал от цилиндрического модуля - ССМ и открывается, пуская сервомасло давлением 200 бар «воздействовать» на пускатель, который в свою очередь двигает тарелку, на которой располагаются «поршеньки», которые формируют импульс смазочного масла и он направляется непосредственно в «сопла» на втулке и разносится поршневыми кольцами по всей поверхности втулки. «Цилиндровое масло» подается под действием силы

тяжести из расходного танка в лубрикатор. Для защиты от отсутствия масла в лубрикаторе установлен датчик уровня. Информацию о времени, когда открывать и закрывать соленоидный клапан на лубрикаторе ССМ получает от системы тахометров и энкодера, расположенных на валу носовой части двигателя.

Отметим элементы работы привода выхлопного клапана (Exhaust Valve Actuator (EVA)). Через Hydraulic Cylinder Unit (HCU) - гидравлический цилиндрический модуль прокачивается сервомасло давлением 200 бар. Через FIVA сервомасло поступает в форме импульсов сжатого сервомасла либо в гидроусилитель в Booster Pump - топливном насосе высокого давления, либо гидроусилитель в приводе выхлопного клапана и далее через гидравлическую трубку в корпус выхлопного клапана для «отжатия» выхлопного клапана. Затем FIVA закрывает подачу импульс. Закрытие клапана происходит после перемещения управляющего клапана в положение, при котором полость актюатора разгружается от давления масла. Соответственно полость гидроусилителя также разгружается и "воздушная пружина" поднимает клапан в положение "закрыто". В конструкции сервоприводов отметим демпферы, смягчающие удары при открытии и закрытии клапана. Контроль за перемещениями клапана выполняет установленный на корпусе датчик, реагирующий на изменение расстояния между ним и напрессованным на шток клапана измерительным конусом.

Гидроусилители давления впрыска - «поршневые» сервомоторы, в которых поршень большого диаметра подвергается действию импульсов сервомасла, находящегося под давлением 200 бар, а поршень малого диаметра (плунжер) — «продолжение» поршня большого диаметра, при движении его вверх формирует импульсы дизельного топлива до 1000 бар. Момент поступления масла под большой поршень и соответственно начало сжатия топлива, определяется поступлением управляющего импульса от ССУ. В момент уравнивания давлений топлива и открытия иглы форсунки, происходит впрыск дизельного 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. CCU подает сигналы управления на электромагнитный клапан, который установлен перед пусковым клапаном цилиндра и непосредственно, без использования гидравлики, пропускает к нему пусковой воздух. CCU не дублированы и отказ одного из CCU 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: Back-up MOP (BMOP) - резервный пост; MOPB - на ходовом мостике; бортовой пост управления - Local Operating Panel (LOP) установлен прямо на двигателе. MOP через контуры типа - MM для взаимодействия MC через BMC на базе DualLAN взаимодействует с вспомогательными системами аварийно-предупредительной сигнализации, дистанционного управления двигателем с ходового мостика. Эти процессы обеспечивают Engine Interface Control Unit (EICU).

Команды с MOP поступают в Engine Control Unit (ECU), который выполняет основные функции управления CCU, необходимые для эксплуатации двигателя: пуск, останов, регулировка частоты вращения, управление клапанами и другие. ECU осуществляет управление вспомогательным оборудованием через Auxiliary Control Unit (ACU) - управление вспомогательными воздухоудовками и насосами, которые входят в состав гидравлической системы питания. SaCoSone – система управления и защиты разработанная специально для двигателей фирмы MANB&W. Все датчики и органы управления соединены с модулями управления установленными на двигателе. Внешне система соединена с модулем интерфейса. SaCoSone состоит из высоконадежных компонентов и модулей, каждый из которых был специально спроектирован для данного двигателя. Модуль управления состоит из двух идентичных взаимосвязанных модулей управления. Система защиты двигателя установлена в первом модуле управления, а система управления и сигнализации – во втором. Каждый из двух модулей работает самостоятельно и соединяются внутренней

системной шиной. Каждый из модулей управления оборудован собственными датчиками считывающими и регистрирующими значения.

Модуль впрыска топлива установлен непосредственно на двигателе. L-образные двигатели оснащены одним модулем впрыска топлива, V-образные – двумя.

Модуль впрыска топлива контролирует частоту вращения двигателя и регулирует её через органы топливopодачи. Если основной регулятор частоты вращения вышел из строя, резервный регулятор будет поддерживать двигатель в работе.

Модуль интерфейса осуществляет взаимодействие между системой управления двигателем SaCoSone и системами обслуживающими двигатель, такими как система смазочного масла и система охлаждающей воды. Модуль интерфейса оборудован двумя микропроцессорными модулями интерфейса, которые оборудованы входными и выходными каналами и линиями связи с судовой системой автоматики, панелью дистанционного управления и on-line - сервисом. Постоянный ток напряжением 24В берется из ГРЩ и подается в модуль интерфейса для осуществления питания SaCoSone. Переменный ток напряжением 230В запитывает клапан регулирования температуры, освещение в распределительном модуле и систему вентиляции воздуха.

Вспомогательный модуль подает ток переменный ток напряжением 400-480В на электрический привод насосов и прочих потребителей, осуществляющих поддержание нормальной работы двигателя. Модули питания насосов смазочного масла, клапанов регулирования температуры, топливного насоса, а так же модуля управления топливopодачей расположены во вспомогательном модуле.

Управление SaCoSone можно осуществлять непосредственно с местного поста управления двигателем, главным образом с сенсорного TFTдисплея, который считывает все показатели многие функции и выполняет все операции. К тому же, многие функции SaCoSone, такие как запуск двигателя или аварийные процедуры, можно осуществлять непосредственно с местного поста управления. Так же на панели местного поста управления расположены все основные выключатель, такие как кнопка аварийной остановки двигателя.

Управление двигателем можно осуществлять с помощью панели дистанционного управления двигателем. Так же управление может осуществляться из общесудовой системы управления и автоматизации. Панель дистанционного управления двигателем может располагаться в ЦПУ или в модуле интерфейса. Аналогичная ей панель располагается на ходовом мостике. Модуль АТЕХ (ATEX – AtmosphereExplosible) – защиты двигателя от взрыва. Все датчики отслеживающие температуру рамовых подшипников коленчатого вала выведены на этот модуль.

Внедрение матронных устройств в энергоустановки: «бортовые магистральные сегменты» для взаимодействия бортовых постов с модулями в агрегатах в каждом из ДГ; «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 ДГ и с ведущими контроллерами для групповой синхронизации в ИЭУ интегрированной энергоустановке позволило существенно расширить возможности адаптивной выдачи мощности [15-18] в автономных станциях.

B 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 плане возможностей для визуализации процессов необходимо отметить Панели управления "местных" постов (MCP). Одна из панелей расположена в ЦПУ, вторая - на местном посту управления в мехатронном модуле - 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 воздушудками.

На панели - 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 воздушудками; 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 - LCP такие же органы управления, как в MCP, но дополненные 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 самостоятельная подсистема. 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 модули распределенной обработки (DPU).

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

Модуль системы защиты (ESU) реализует функции системы защиты и аварийного останова двигателя. В ESU реализованы мехатронные модули для управления процессами: отслеживания параметров главного двигателя: частоты вращения двигателя; положения кнопок аварийной остановки двигателя; управления соленоидами напрямую и с функцией проверки цепи.

Модуль мехатронного 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).

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.

Модуль дистанционного аналогового входа (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.

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.

PSS -модуль "зональной защиты" CAN. 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. PSS защищает две CAN. Основные функции: Защита двух линий в CAN; Увеличение количества разветвлений Методы и Материалы (Methods and Materials) CAN.

магистралей питания и сетевых для измерительных и контролирующих каналов), (рис.1.7-1.15).

2. Контуров управления формирователями сжатых импульсов масла «сервомасла» для управления формирователями сжатых импульсов: запального дизельного топлива, лубрикаторной смазки и выхлопных клапанов. При этом необходимо отделять контуры управления измерителями: положения выхлопного клапана, давления в цилиндре, температуры стенки втулки цилиндра, температуры выхлопных газов с учетом контроля клапана управления «сжатым воздухом» (рис.1.9-1.41).

3. Управления формирователями сжатых импульсов масла «сервомасла» для управления формирователями сжатых импульсов: запального дизельного топлива, «топливного» газа, лубрикаторной смазки и выхлопных клапанов.

4. Управления измерителями давлений и температур в сжатых импульсах: запального дизельного топлива, «топливного» газа, лубрикаторной смазки с учетом измерителей «позиций» всех выпускных газовых и выхлопных клапанов.

5. Управления на основе: двух сегментов топливных магистралей, контролируемых измерителями давления топлива; сегментов магистралей топливных: основных и вспомогательной для взаимодействия мехатронных модулей. Через сегменты сетевых магистралей взаимодействуют мехатронные модули - FCM 20: 3-5 и управляют тремя топливными актуаторами для пар топливных помп, помп топливных бустеров и модулем питания.

6. Управления на основе формирователей «сервомасла» для «клапанов импульсной подачи» топлива через форсунки и «выхлопных клапанов». При этом необходимо выделять контуры управления измерителями: «расхода», давления масла с помощью сервисной помпы «сжатого управляющего масла».

7. Управления: насосами «сжатого управляющего масла», модулем питания, измерителями давления: масла в 2-х сегментах магистралей «сервомасла»; топлива в сегменте топливной магистрали для «клапанов импульсной подачи» топлива через форсунки и масла в «коллекторе сжатого управляющего масла» и контролирующих пар клапанов: предохранительных и «заданного давления» (рис.2.43 -2.46).

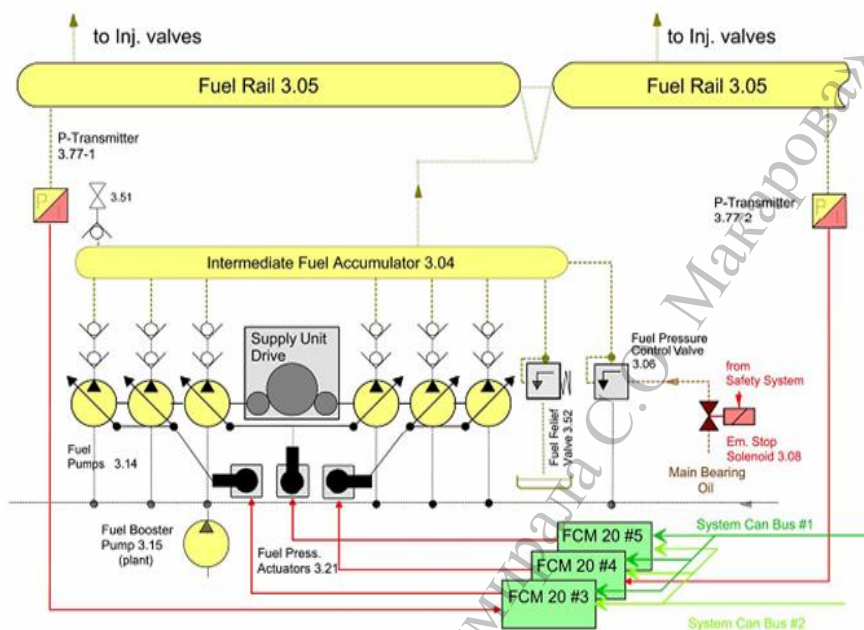


Рисунок 2.44 - Элементы матроники: System CAN Bus 1,2 (SCANBus1,2) – сегменты магистралей для взаимодействия FCM 20; FCM 20: 3-5 - мехатронных модулей, управляющих Fuel Press Actuator 3.21 (FPA 3.21) – 3-мя топливными актуаторами для пар Fuel Pump 3.14 (FP3.14) – топливных помп и Fuel Booster Pump (FBP 3.15) - помп топливных бустеров и Supply Unit Drive (SUD) – модуля питания; 2-х Fuel Rail 3.05 (FR 3.05) - сегментов аккумуляторных топливных магистралей, контролируемых P-Transmitter 3.77-1, 3.77-2 (PT 3.77) – измерители давления топлива; Intermediate Fuel Accumulator (IFA 3.04) – сегмента вспомогательной аккумуляторной топливной магистралей

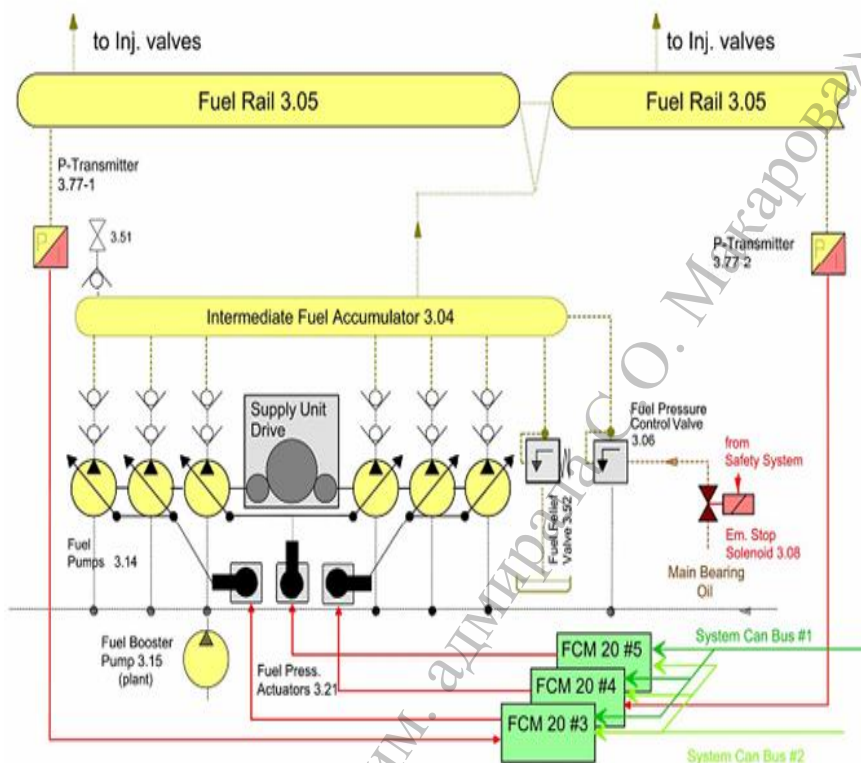


Рисунок 2.45 - Элементы матрички: System CAN (SCAN) – сегменты двоянной магистралы для взаимодействия: FCM 20 1,2; FCM 20: 3-5, п - мехатронных модулей, управляющих 2-мя Servo Oil Pump 4.15 (SOP 4.15) - помпами сервомасла, Supply Unit Drive (SUD) – модулем питания, контролируемых парами: Flow Sensors 4.54 (FS 4.54) – измерителей, P-Transmitter 4.77 (PT 4.77) – измерителей давления масла, Service Pump 4.88 (SP 4.88) - сервисной помпой, Servo Oil Supply fine filtered (SOSFF) - масляным фильтром для Servo Oil Rail 4.11 (SOR 4.11) - сегмента масляной магистралы с Safety valve 4.23 (SV 4.23) – отсечным клапаном давления масла, формирующих «управляющее масло» для Inj.Railvalves (IRV) – магистральных инжекторных клапанов и Exhaust valve drives (EVD) – выхлопных клапанов

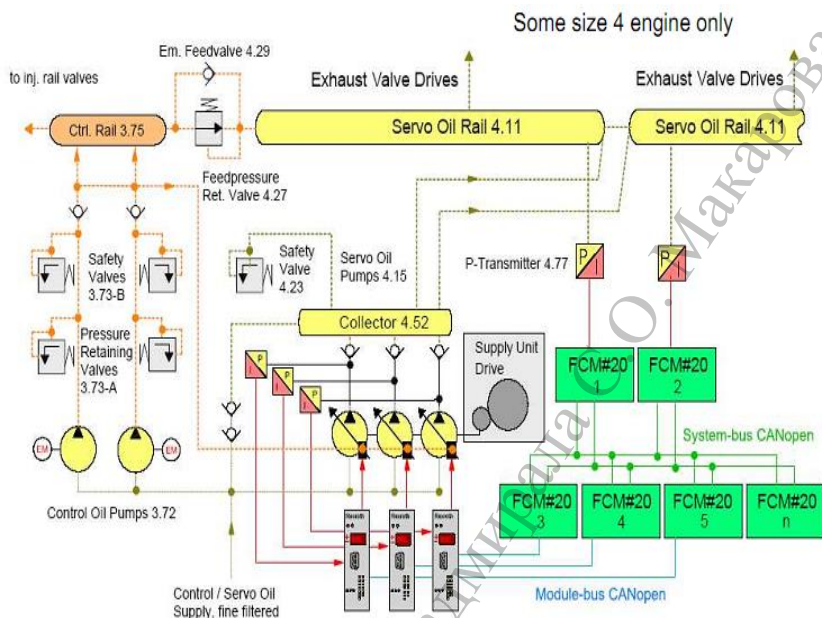


Рисунок 2.46 - Элементы матрички: System-bus CANopen1,2 (SBCANO1,2) – 2-х сегментов сдвоенных магистралей и Module-bus CANopen (MBCANO) – вспомогательной магистрали для взаимодействия: FCM 20 1,2; FCM 20: 3-п - мехатронных модулей, управляющих Control/Servo oil supply (CSOS) - 3-мя управляющими/серверными агрегатами питания маслом, Supply Unit Drive (SUD) – модулем питания, контролируемых P-Transmitter 4.77 (PT 4.77) – 5-ю измерителями давления масла в 2-х Servo Oil Rail 4.11 (SOR) – сегментах масляных магистралей; Ctrl Rail (CTR) 3.75 – сегмент управляющей магистрали для to inj. rail valves (TIRV) – клапанов магистрали для инжекторов; Collector 4.52 (C 4.52) – вспомогательной магистрали Safety valves 3.73-B (SV 3.73) - с 2-мя предохранительными клапанами и Pressure Retaining valves 3.73-A (PRV 3.73A) - с 2-мя клапанами «заданного давления», Feed pressure ret. valve 4.27 (FPRV 4.27) - с аварийным клапаном регулирования для Servo Oil Rail 4.11 (SOR 4.11) – 2-х сегментов магистралей с «управляющим маслом» для управления Exhaust valve drives (EVD) - 2-мя группами выхлопных клапанов

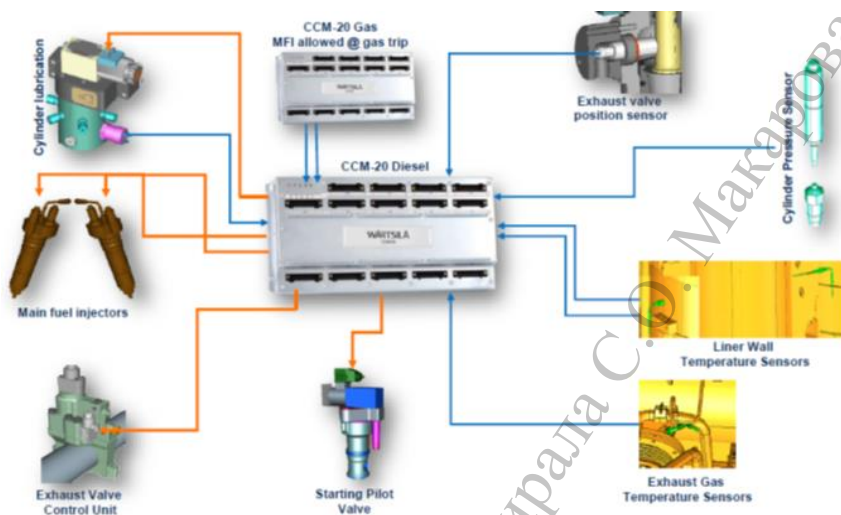


Рисунок 2.47 - Элементы матроники для «Diesel» - дизельного режима: CCM-20 - модуль управления каждым цилиндром, cylinder lubrication (CL) - модуль лубрикаторной смазки, Main fuel injectors (MFI) – «главные» дизельные форсунки, Exhaust valve control unit (EVCU) – модуль управления выхлопным клапаном, Exhaust valve position sensor (EVPS) - измеритель положения выхлопного клапана, Cylinder pressure sensor (CPS) - измеритель давления в цилиндре, Liner wall temperature sensor (LWTS) - измеритель температуры стенки втулки цилиндра, Exhaust gas temperature sensors (EGTS) - измерители температуры выхлопных газов, Starting pilot valve (SPV) - клапан управления «сжатым воздухом» при пусках в WX62-72DF

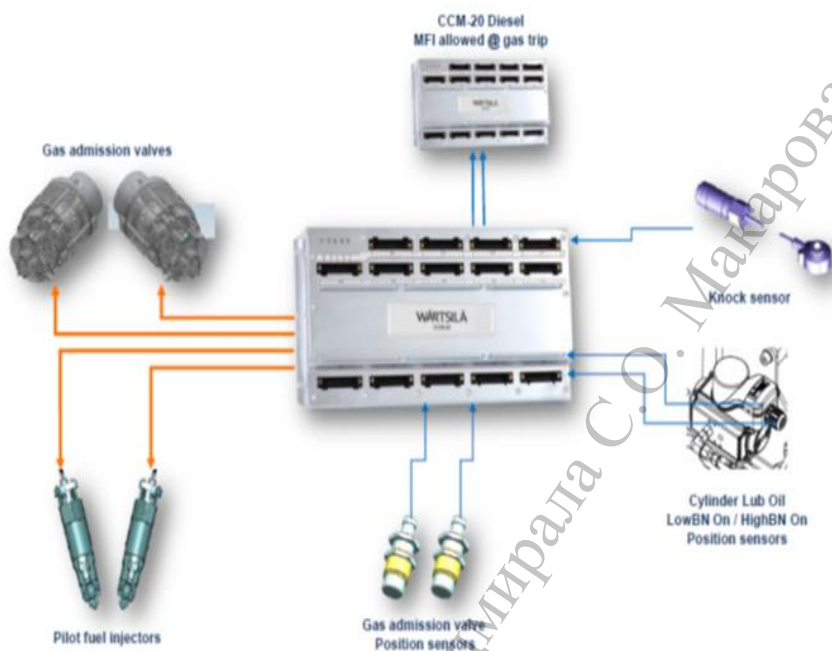


Рисунок 2.48 - Элементы матроники для «Gas» - газового режима: CCM-20 Gas MFI allowed gas trip (CCM-20 MFIAGT) – модуль управления процессами в цилиндре для газового режима; Gas admission valves (GAV) - клапан впуска газа; Cylinder lub oil: low BNOn (CLOLBNOnPS), high BNOn position sensor (CLOHBNOnPS) - измерители «уровня» лубрикаторного масла (нижний/верхний); Knock sensor (KS) - измерители детонации; Pilot fuel injectors (PFI) - управляемые форсунки для впрыска «запального» дизельного топлива; Gas admission valves position sensor (GAVPS) – измеритель «позиции» в выпускных газовых клапанов

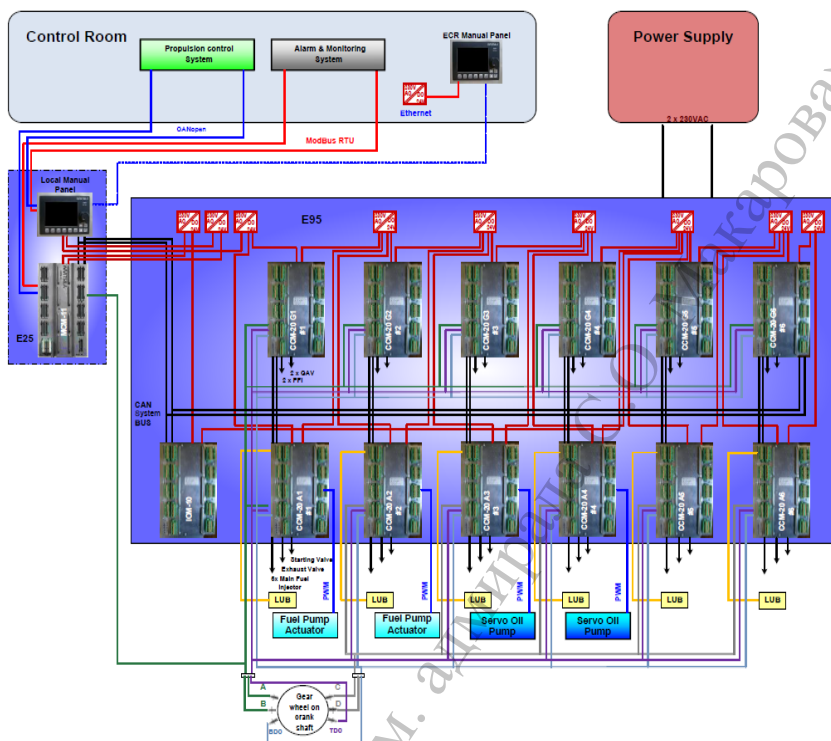


Рисунок 2.49 - Элементы матроники выделяем в схеме подсистем управления: Control Room – Пост управления: PCS – пропульсивной системой, RCS, AMS, ESS –вспомогательными системами, Power Supply – электропитания, CAN System bus - сегменты магистралей типа CAN вдоль цилиндров двигателя для взаимодействия мехатронных модулей управления клапанами подачи газового топлива в цилиндры двигателя в газовых режимах

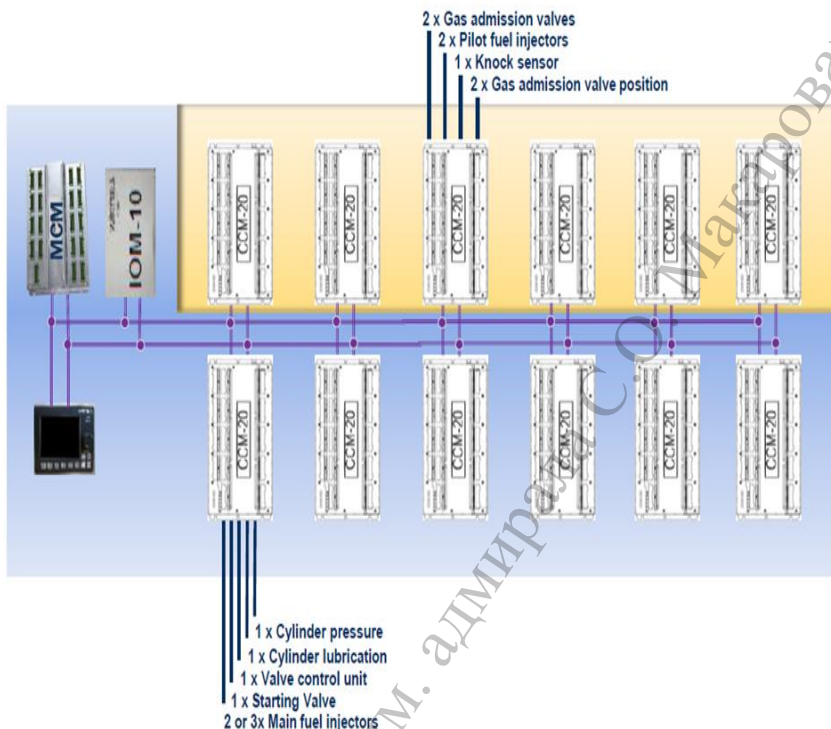


Рисунок 2.50 - Элементы "Функций" цилиндровых модулей CCM-20 типа - UNIC-flex: 2xGas admission valves - 2 клапана входящих газов; 2 x Pilot fuel injectors - 2 модуля формирования сжатого дизельного запального топлива; 1xKnock sensor - 1 датчик детонации, 2xGas admission valve position - контроль 2-х положений клапанов впускных газов, 1xCylinder pressure - 1 датчик давления в каждом цилиндре, 1xCylinder lubrication - 1 контур лубрикаторной смазки в каждом цилиндре, 1xValve control unit - 1 модуль управления газовым клапаном, 1xStarting Valve - 1 стартовый клапан, 2 or 3x Main fuel injectors - 2 или 3 форсунки для сжатого дизельного запального топлива

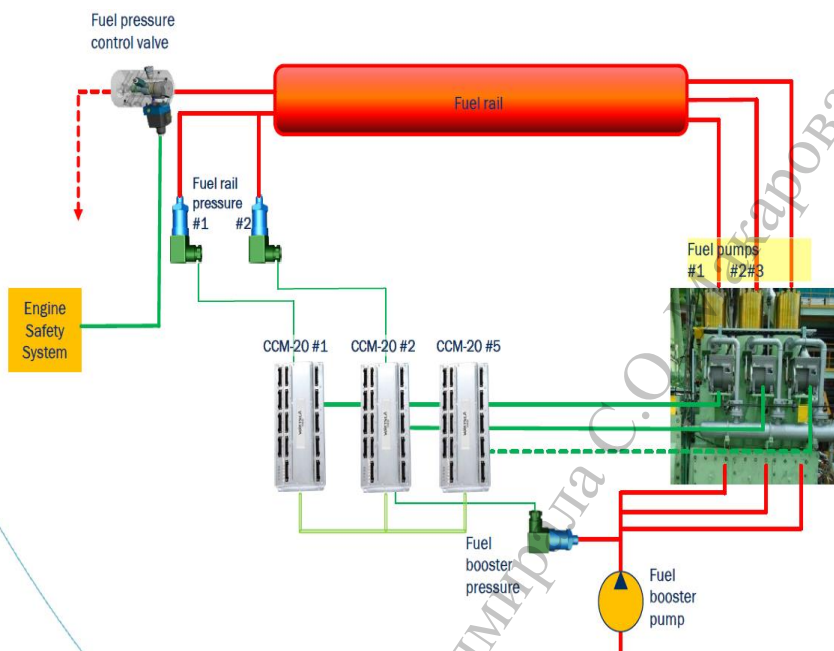


Рисунок 2.51 - Главный контур формирования сжатого дизельного запального топлива в магистрали сжатого дизельного топлива: Fuel pressure control valve - Клапан заданного давления дизельного топлива; Engine Safety System - подсистема безопасности двигателя; Fuel pumps#1 #2 #3 - Топливные насосы #1 #2 #3 для формирования сжатого дизельного запального топлива в магистрали сжатого дизельного топлива; Fuel rail pressure#1#2 - Давление в двух сегментах магистрали сжатого дизельного топлива; Fuel rail - магистраль сжатого дизельного топлива; Fuel booster pressure - контроль давления сжатого дизельного топлива; Fuel booster pump – Насосы «подкачки» сжатого дизельного топлива

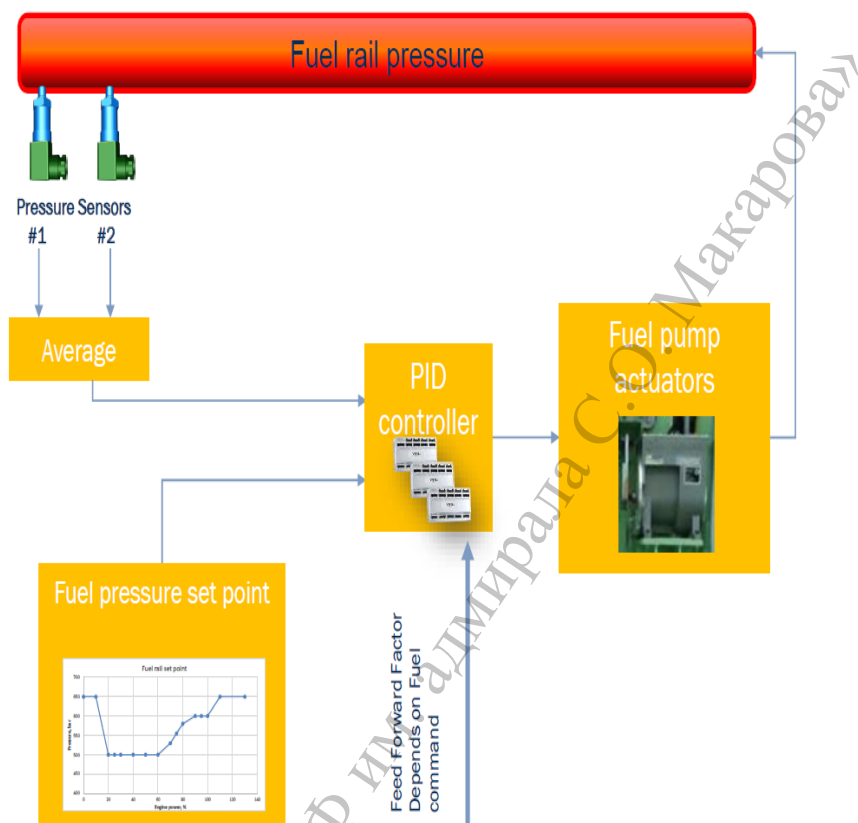


Рисунок 2.52 - Контур управления давлением сжатого дизельного запального топлива в магистрали сжатого дизельного топлива: Fuel rail pressure - давление сжатого дизельного запального топлива в магистрали сжатого дизельного топлива; Pressure Sensors#1#2 - датчики давления #1 #2; Fuel pump actuators – Регуляторы в приводах насосов для формирования сжатого дизельного запального топлива в магистрали сжатого дизельного топлива; Fuel pressure set point - Диаграмма «настроек» давления топлива; PID controller – программа в PLC в модулях ССМ-20 для ПИД регулирования колебаний процессов формирования давления сжатого дизельного запального топлива в магистрали сжатого дизельного топлива

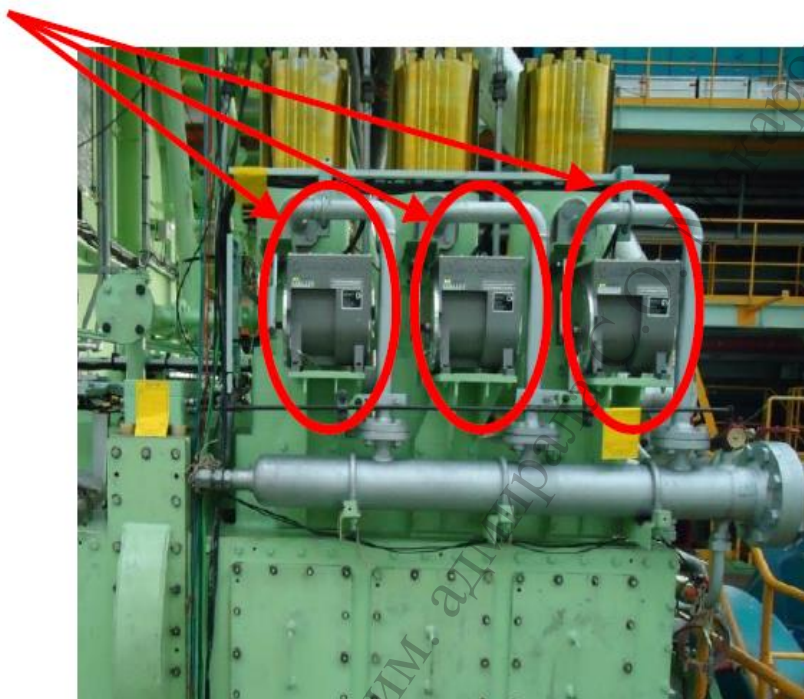


Рисунок 2.53 - Управление давлением сжатого дизельного запального топлива в магистрали сжатого дизельного топлива: Fuel actuators – приводы для формирования давления сжатого дизельного запального топлива под управлением от модулей: CCM-20 #1, #2 и #5 в зависимости от количества цилиндров. В случае потери сигналов «уставки или падения мощности», процессы в приводах для формирования давления сжатого дизельного запального топлива остаются в «последних положениях»

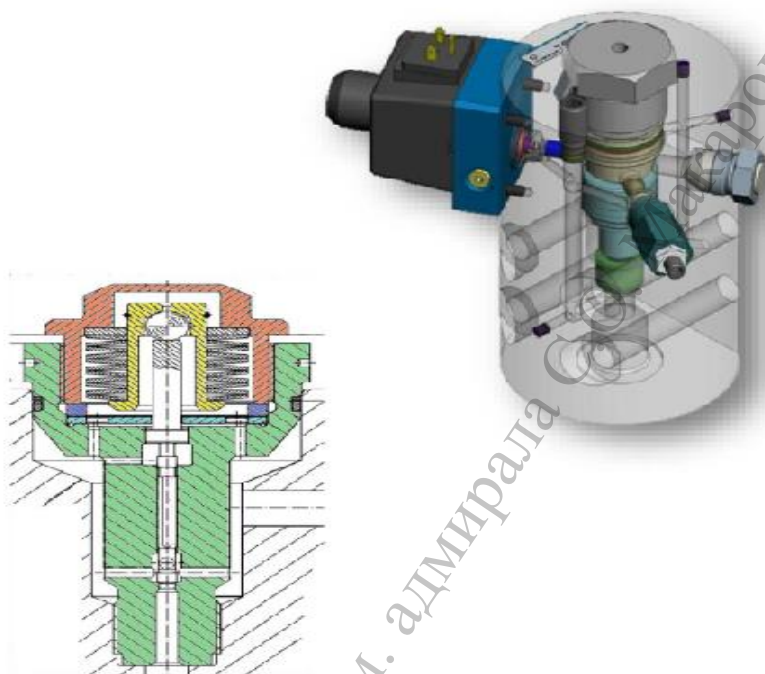


Рисунок 2.54 - Fuel Pressure Control Valve (FPCV) - клапан регулирования сжатого дизельного запального топлива в магистрали сжатого дизельного топлива; FPCV контролируется в подсистеме - ESS (сброс давления в топливной магистрали в случае отключения). В случае избыточного давления при 1050 барах (1-й этап) – открывается, при 1150 бар (2-й этап) – сливает топливо в «обратку». FPCV настроен на максимальное высокое давление - 1250 бар



Рисунок 2.55 - Магистраль сжатого масла оснащена двумя датчиками заданного давления под управлением от ССМ-20 #3 и #4.

Проанализируем изменения в матронике контуров управления:

1. Формирования сжатого дизельного запального топлива: клапан заданного давления дизельного топлива; топливные насосы #1 #2 #3 для формирования сжатого дизельного запального топлива в магистральных сжатого дизельного топлива; измерители давления для двух сегментов магистралей сжатого дизельного топлива основных и дополнительного; насосы «подкачки» сжатого дизельного топлива; диаграмма «настроек» давления топлива; программа для ПИД регулирования колебаний процессов формирования давления сжатого дизельного запального топлива в магистрали сжатого дизельного топлива (рис.2.47, 2.49 - 2.53).

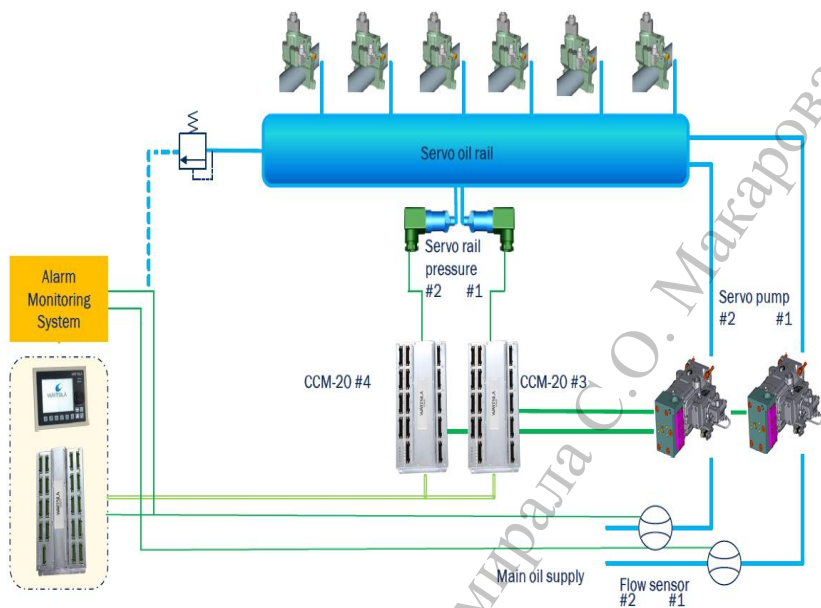


Рисунок 2.56 - Контур управления формированием давления в магистрали сжатого масла: Servo oil rail -магистраль сжатого масла; Servo rail pressure #1 #2 – контроль давления в магистрали сжатого масла; Servo pump #1 #2 - насосы формирования сжатого масла; Alarm Monitoring System - система контроля и мониторинга; Flow sensor #1#2 - датчики «расхода» сжатого масла; Клапаны формирования импульсов сжатого сжатого масла для управления клапанами подачи пар импульсов газового топлива в цилиндры; Датчик «превышения» давления сжатого масла в магистрали сжатого масла и «слива» в «обратку»

2. Формирования давления в магистрали сжатого масла: магистраль сжатого масла; измерители давления в магистрали сжатого масла; насосы формирования сжатого масла; система контроля и мониторинга; измерители «расхода» сжатого масла; клапаны формирования импульсов сжатого масла для управления клапанами подачи пар импульсов газового топлива в цилиндры; измерители «превышения» давления сжатого масла в магистрали сжатого масла и «слива» в «обратку» (рис.2.54-2.56).

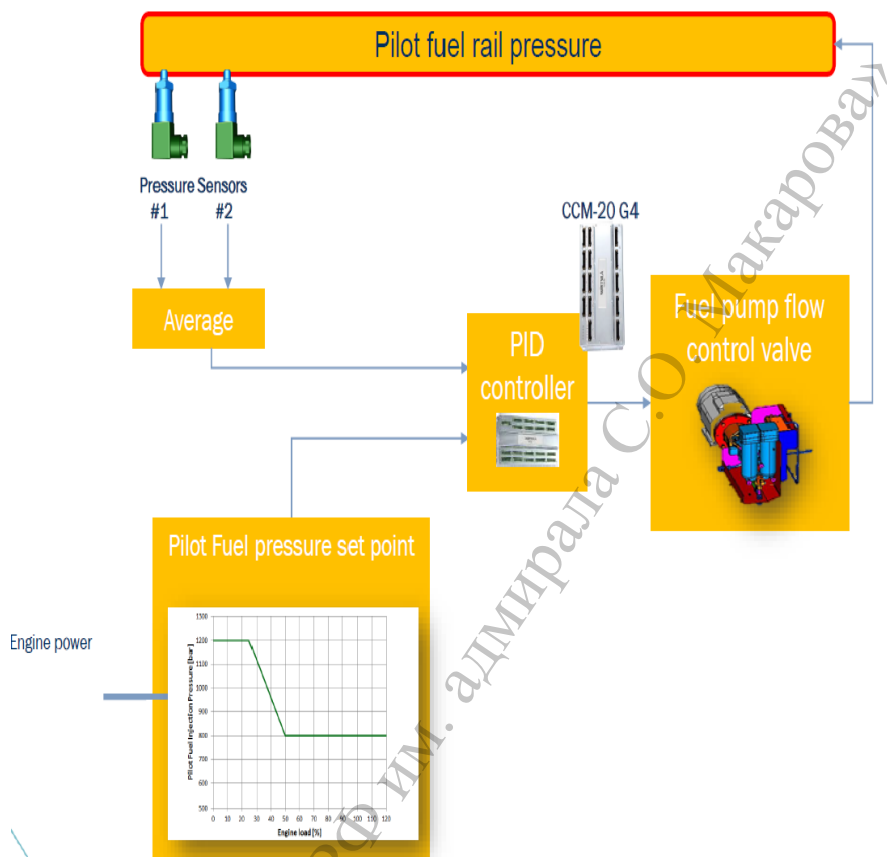


Рисунок 2.57 - Контур управления сжатым дизельным запальным топливом в магистрали сжатого дизельного топлива; Pilot Fuel pressure set point – диаграмма управления давлением сжатого дизельного запального топлива в магистрали сжатого дизельного топлива; Pressure Sensors #1#2 -датчики давления; PID controller – программа в PLC в модулях CCM-20 для ПИД регулирования колебаний процессов формирования давления сжатого дизельного запального топлива в магистрали сжатого дизельного топлива

3. Формирования сжатого газового топлива в магистрали газового топлива: давление «на выпуске» из магистрали газового топлива; давление «на подаче» импульсов газового топлива из магистрали газового топлива;

диаграмма подачи газового топлива; система дистанционного управления; клапан подачи импульсов газа (GVU); программа ПИД регулирования колебаний процессов формирования давления сжатого газового топлива в из магистрали сжатого газового топлива (рис.2.48, 2.50, 2.58-2.59).

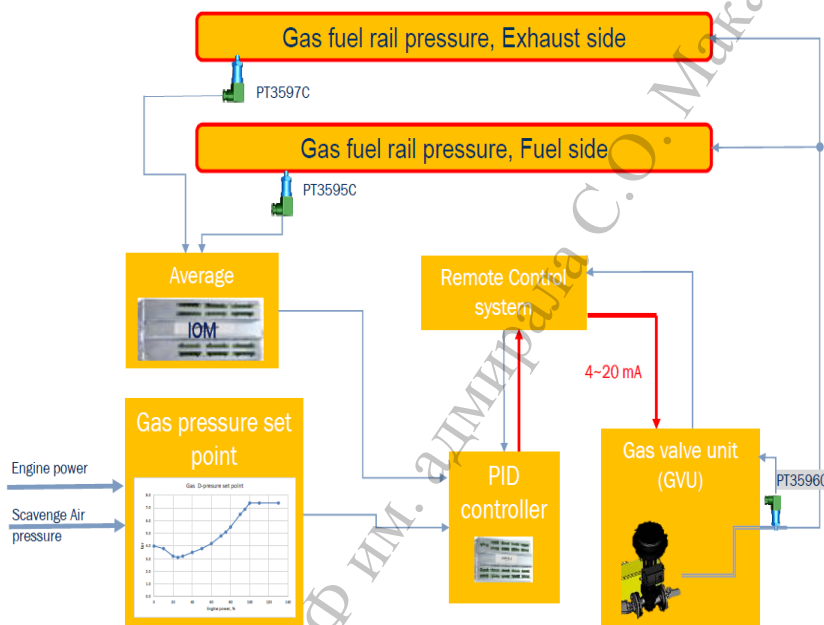


Рисунок 2.58 - Контур управления сжатым газовым топливом в магистрали газового топлива: Gas fuel rail pressure, Exhaust side - давление «на выпуске» из магистрали газового топлива; Gas fuel rail pressure, Fuel side - давление «на подаче» импульсов газового топлива из магистрали газового топлива; Gas pressure set point - диаграмма подачи газового топлива; Remote Control system - система дистанционного управления. Gas valve unit (GVU) – клапан подачи импульсов газа (GVU); PID controller – программа в PLC в модулях ССМ-20 для ПИД регулирования колебаний процессов формирования давления сжатого газового топлива в из магистрали сжатого газового топлива

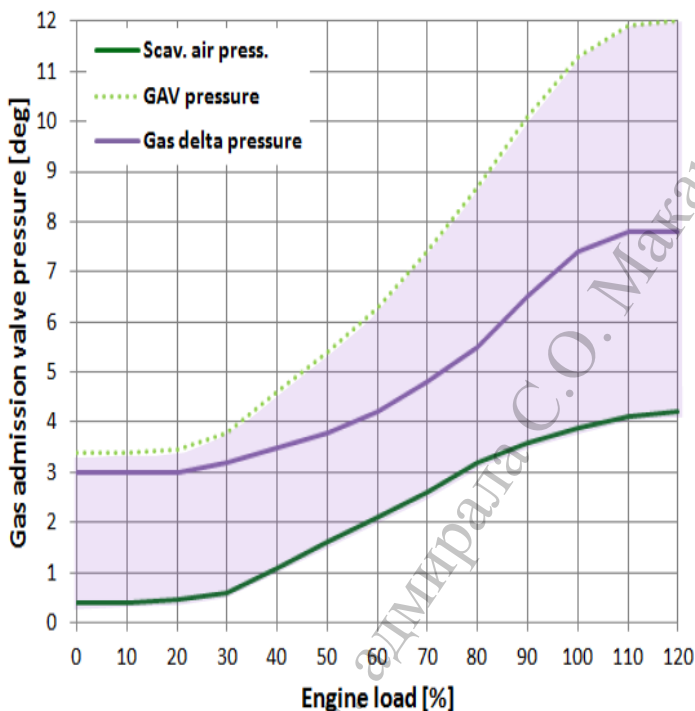


Рисунок 2.59 - Графики «переходных изменений» по давлению «впуска газа» и «продувке воздухом» на режимах DF для процессов: Gas delta pressure; GAV pressure; Scavenge air pressure; Gas admission pressure. This maximum achievable pressure is limited by the pressure after GVU! - максимально достижимое давление по «впуску газа» ограничено давлением после GVU!

4. Управления давлением продувочного воздуха. Двигатели типа - 2-S DF оснащены запорной заслонкой для отработавших газов, которая управляется мехатронными модулями. Положение клапанов устанавливается автоматически для регулирования текущим давлением в воздухоприемнике. Когда клапан полностью закрыт, достигается максимальное давление воздуха в ресивере и реализуется продувка давлением воздуха по соотношению воздух/топливо. Давление в воздухоприемнике напрямую связано с плотностью воздуха в цилиндре и

поэтому с количеством воздуха, которое должно «захватываться» в цилиндре. В диапазоне низких нагрузок, чтобы улучшить "реактивность" заряда, соотношение порций «захваченный воздух/газовое топливо» уменьшается. Следует выделить компоненты контура управления «воздушным давлением продувки»: турбина для формирования воздушного давления продувки; продувочный воздухоприемник; измерители скорости вращения вала в турбине; затвор для отвода отработавших газов; конвертор Ввода-Вывода; для ПИД регулирования в турбине колебаний в процессе формирования давления продувочного воздуха; диаграмму формирования заданного давления продувочного воздуха; датчики параметров (рис.2.60-2.63).

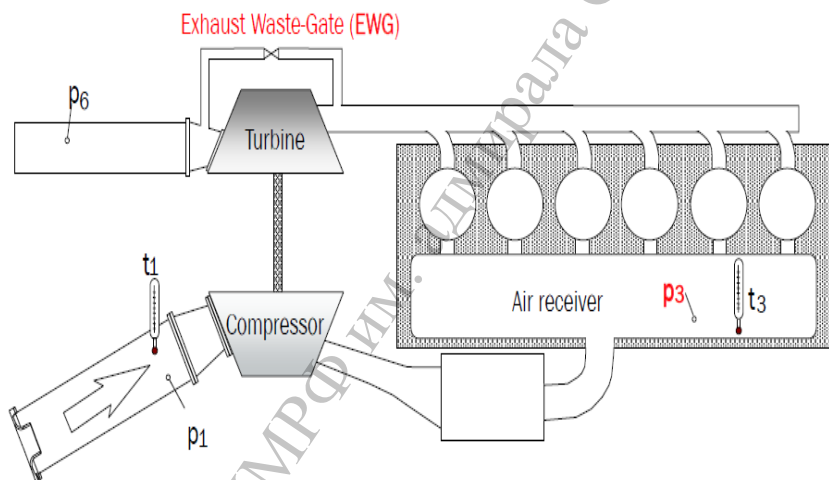


Рисунок 2.60 - Управление давлением продувочного воздуха; 2-S DF - двигатели оснащены запорной заслонкой для отработавших газов, которая управляется мехатронными модулями – ССМ-20. Положение клапанов устанавливается автоматически для регулирования текущим давлением в воздухоприемнике. Когда клапан полностью закрыт, достигается максимальное давление воздуха в ресивере

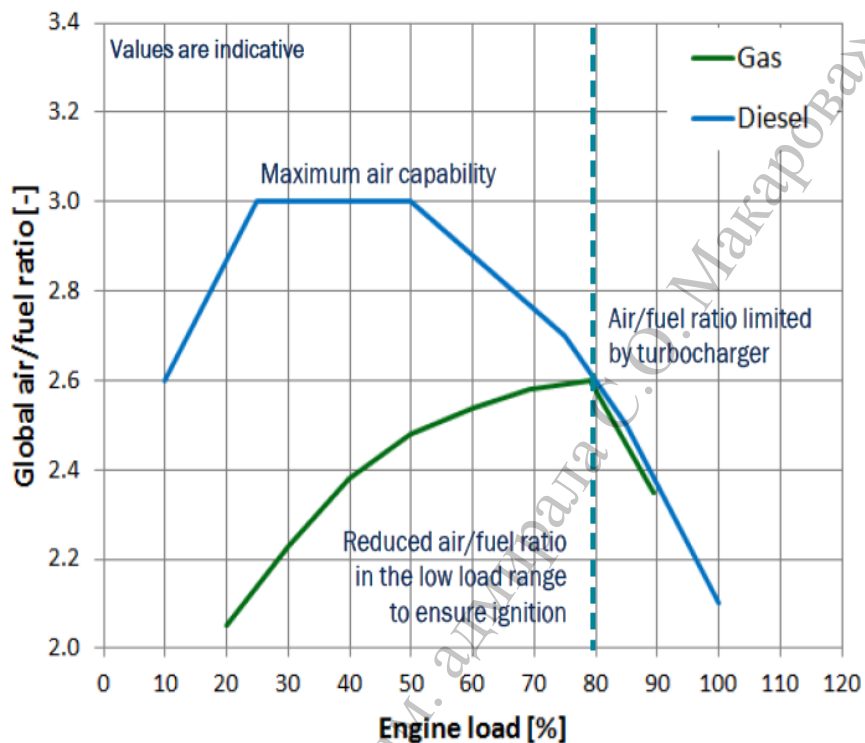


Рисунок 2.61 - Продувка давлением воздуха по соотношению воздух / топливо. Давление в воздухоприемнике напрямую связано с плотностью воздуха в цилиндре и поэтому с количеством воздуха, которое должно «захватываться» в цилиндре. В диапазоне низких нагрузок, чтобы улучшить "реактивность заряда, соотношение порций «захваченный воздух/газовое топливо» уменьшается

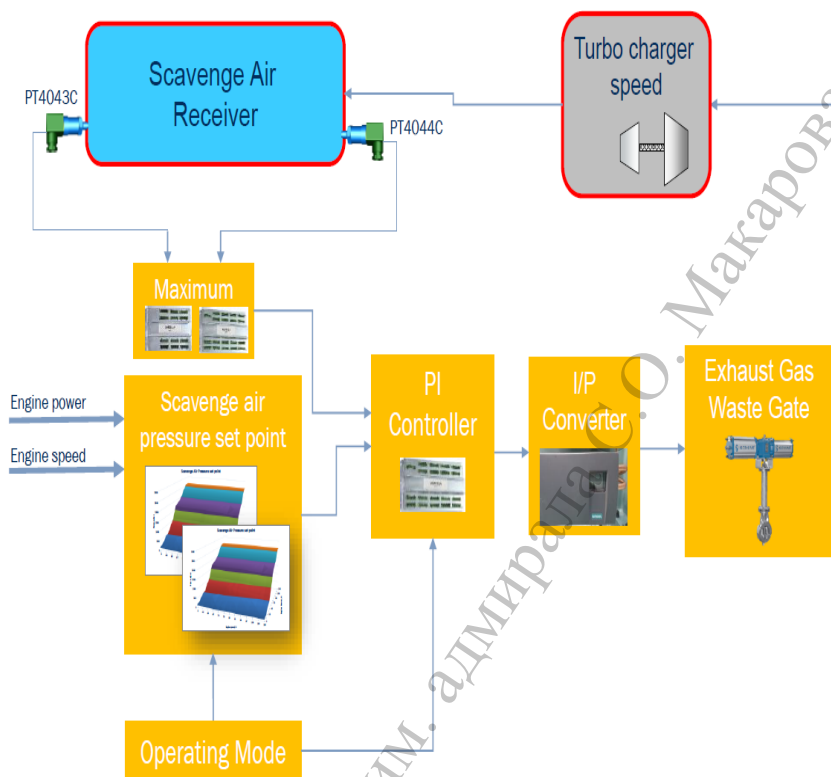


Рисунок 2.62 - Контур управления сжатым воздушным давлением продувки в Turbo charger spid – турбина для формирования воздушного давления продувки; Scavenge Air Receiver - продувочный воздухоприемник; Turbocharger speed – скорость вращения вала в турбине; Exhaust Gas Waste Gate - Затвор для отвода отработавших газов; I/P Converter – конвертор Ввода-Вывода; PI Controller - PI controller – программа в PLC в модулях ССМ-20 для ПИ регулирования турбиной колебаний в процессе формирования давления продувочного воздуха; Scavenge air pressure set point - диаграммы формирования заданного давления продувочного воздуха; Operating Mode - датчики параметров

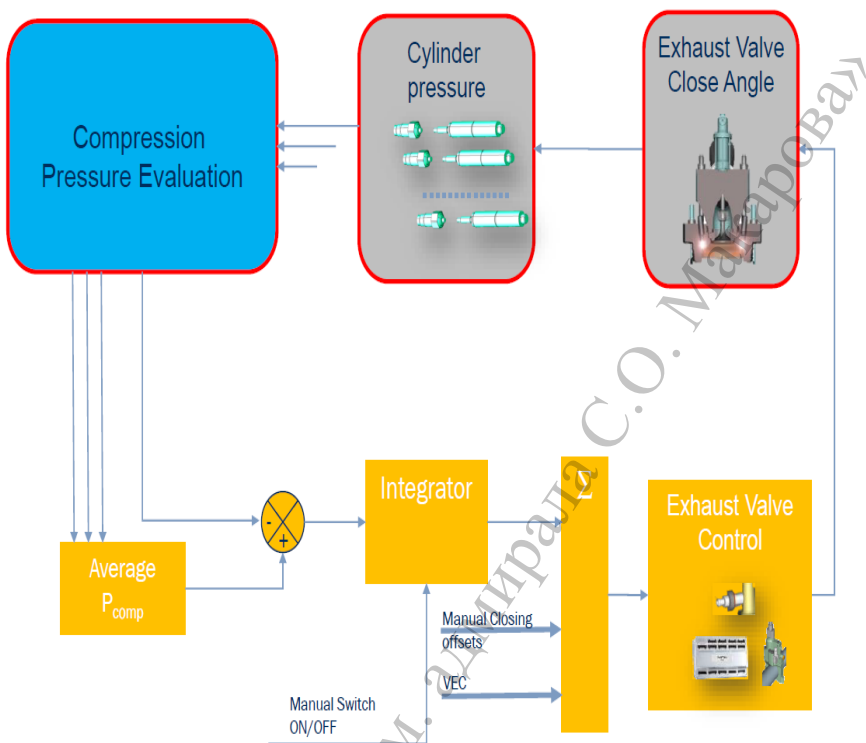


Рисунок 2.63 - Контур управления и балансировки «давления сжатия»: Compression Pressure Evaluation –текущий контроль параметров давления сжатия; Average Pcomp – среднее давление сжатия- Pcomp; Integrator – интегратор; Exhaust Valve Control - управление выпускным клапаном; Exhaust ValveClose Angle - управление значением «угла закрытия» выпускного клапана; Cylinder pressure - давление в цилиндре

5. Управления и балансировки «давления сжатия»: текущий контроль параметров давления сжатия; среднее давление сжатия - Pcomp; интегратор; управление выпускным клапаном; управление значением «угла закрытия» выпускного клапана; давление в цилиндре (причем 280° - максимально возможный угол «допуска подачи газового топлива»); «продолжительность приема газа»; угол пуска газа - 240° при 40% мощности двигателя и 100% скорости (рис.2.63).

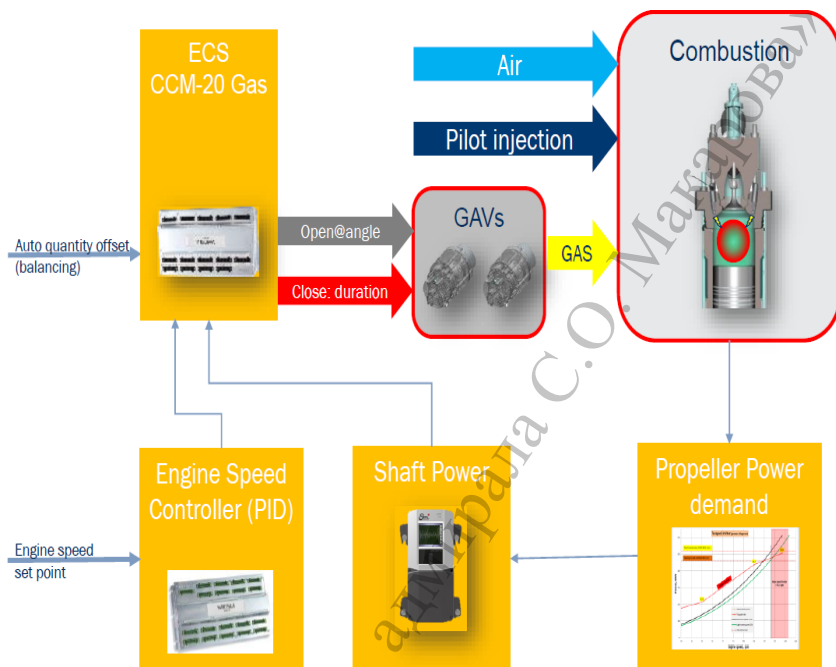


Рисунок 2.64 - Контур управления «балансировкой давления сгорания»: Manual Switch ON/OFF - Ручной переключатель включено-выключено; Knock control inactive signal - Неактивный сигнал управления детонацией; Integrator – Интерпатор; Gas admission control - контроль за подачей импульсов газового топлива; Gas admission duration – «продолжительность приема газа»; Cylinder pressure - давление в цилиндре; Firing Pressure Evaluation - оценка «давления горения»; Average P_{firing} – Средние давление горения - P_{firing} при функционировании контроля за детонацией и отсутствием контроля за детонацией - Нет контроля давления горения (ICC) в газовом режиме

6. Управления за «формированием и поступлением газа»: ПИД регулятор частоты вращения вала двигателя; вычислители «мощности на валу» и «потребности в мощности», подводимой к гребному винту;

«Сгорание»; управление газовыми клапанами через CCM-20 и контроль через ECS (рис.2.64 -2.78).

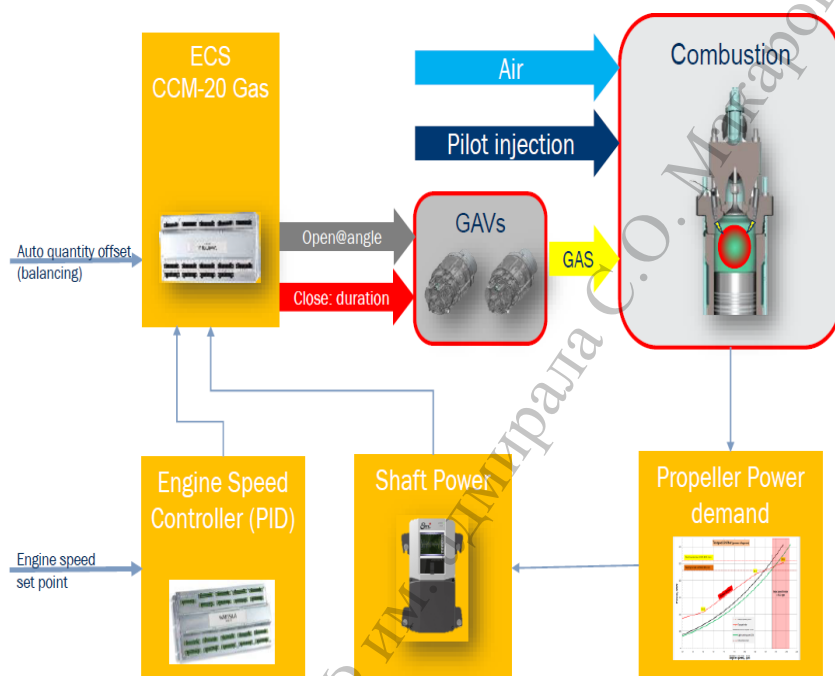


Рисунок 2.65 - Контур управления за «формированием и поступлением газа»; Engine Speed Controller (PID) –ПИД регулятор частоты вращения вала двигателя; Shaft Power -мощность на валу; Propeller Power demand - потребность в мощности, подводимой к гребному винту; Combustion – Сгорание; GAVs – управление газовыми клапанами через CCM-20 и контроль через ECS

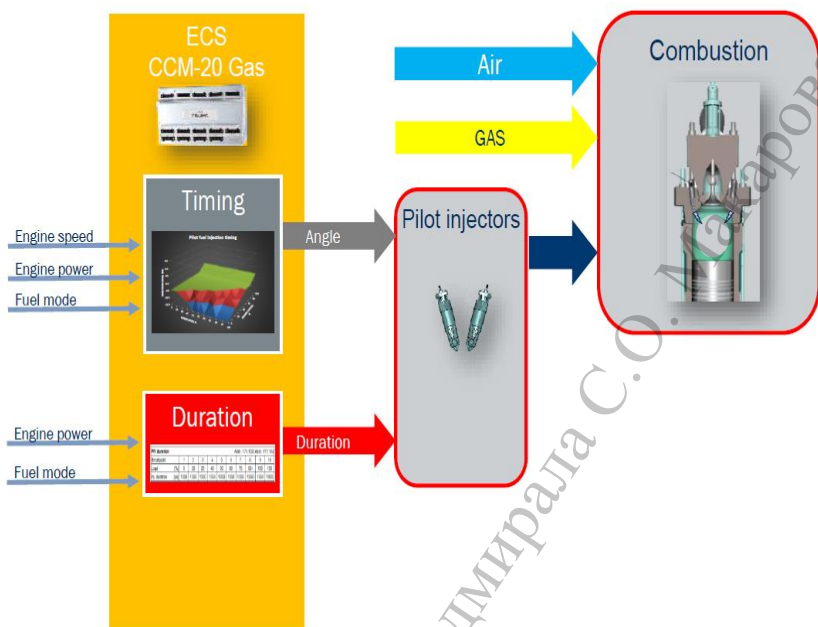


Рисунок 2.66 - Контур «Зажигание» через управляемый впрыск импульсов дизельного топлива: модули -CCM-20 Gas Timing в ECS управляют по параметрам: Engine speed – скорость; Engine power – мощность; Fuel mode - тип топлива; Duration – продолжительность; Pilot injectors – формирование импульсов дизельного топлива; Combustion - Сгорание

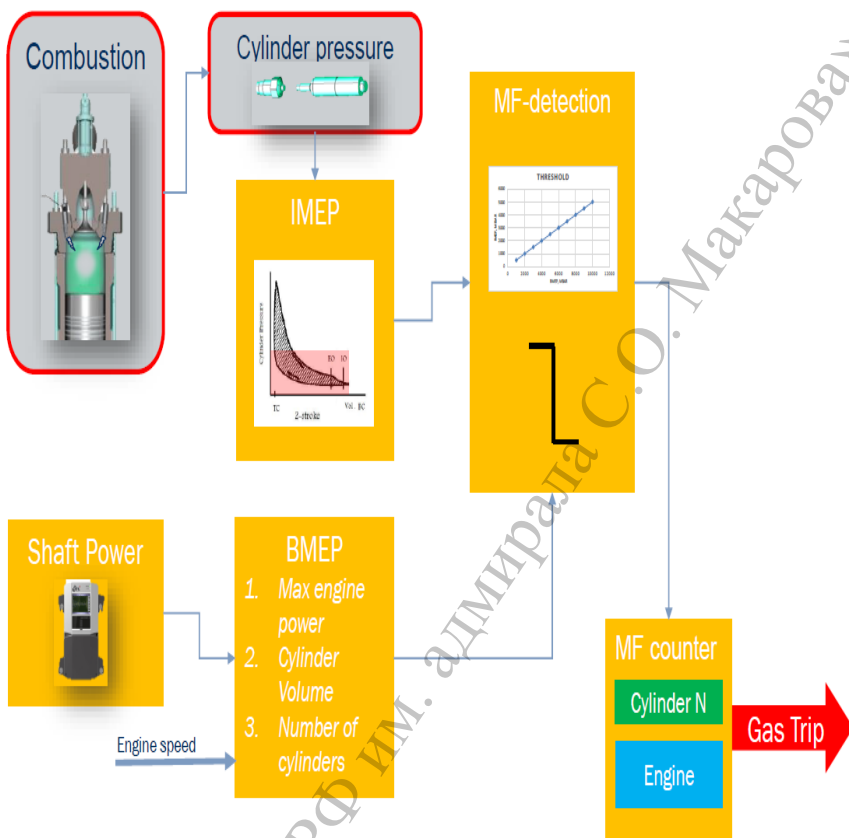


Рисунок 2.67 - «Обнаружение» MF: Combustion – Сгорание; Cylinder pressure -давление в цилиндре; IMEP. Shaft Power -Мощность на валу; BMEP: Max engine power - Максимальная мощность двигателя; Cylinder Volume - Объем цилиндра; Number of cylinders - число цилиндров; MF-detection - Обнаружение MF; MF counter - Счётчик MF; Gas Trip - Отключение газа

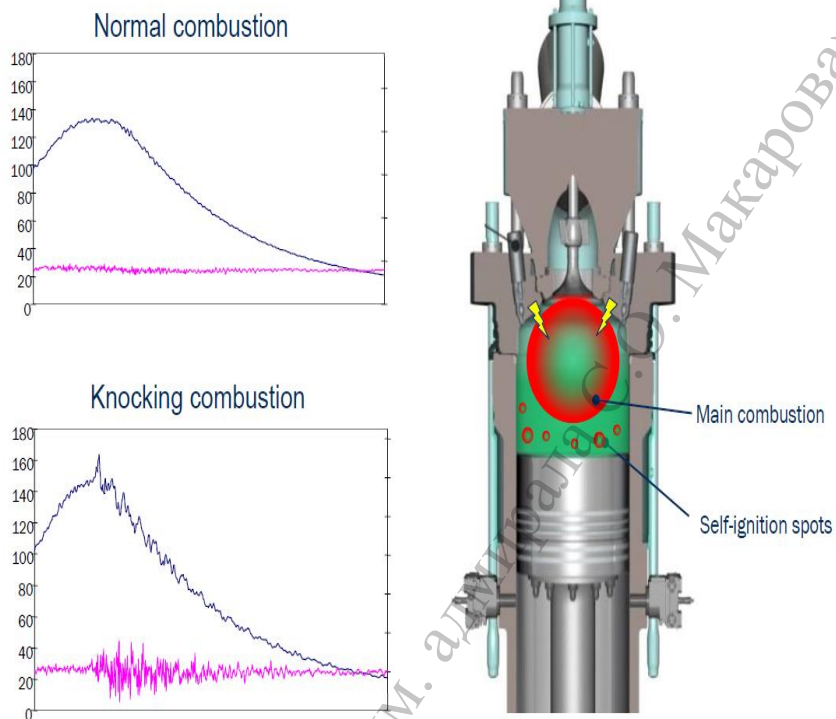


Рисунок 2.68 - Контроль Детонации: Normal combustion - Нормальное сгорание. Knocking combustion - Детонация сгорания

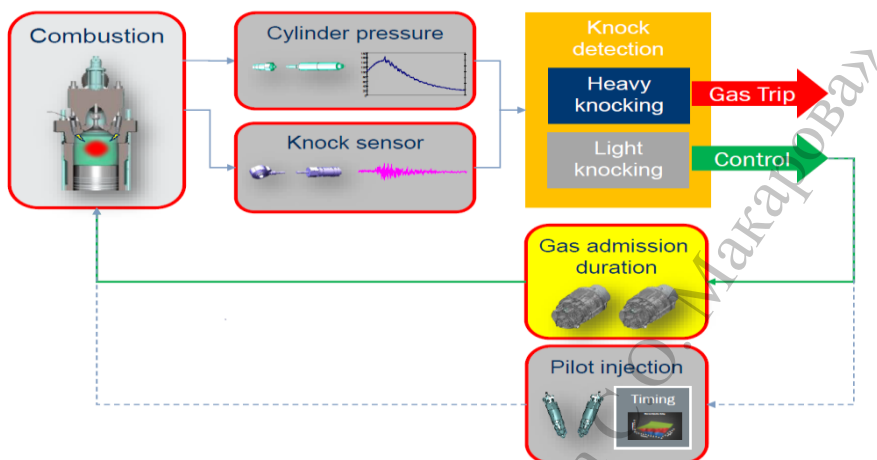


Рисунок 2.69 - Контур контроля детонации: Combustion - сгорание. Cylinder pressure - давление в цилиндре. Knock sensor - датчик детонации. Knockdetection - обнаружение детонации. Heavy knocking -тяжёлая детонация и Gas Trip - отключение газа. Light knocking - Лёгкая детонация с Control - контролем. Gas admission duration - продолжительность приема газа. Pilot injection - управление впрысками импульсов дизельного топлива

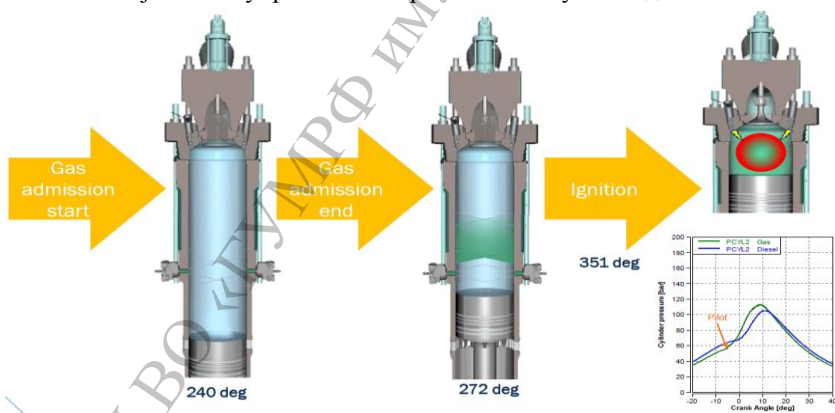


Рисунок 2.70 - «Сжигание» газового топлива

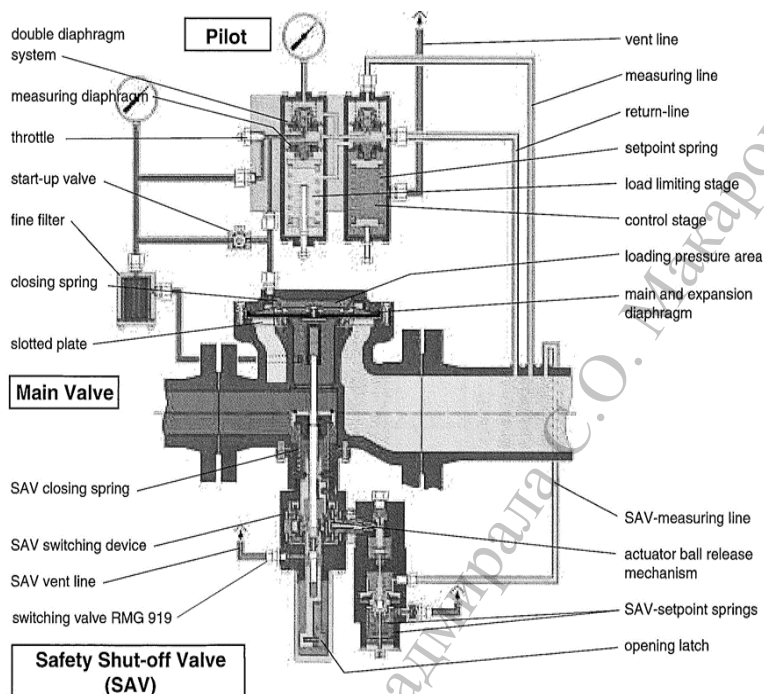


Рисунок 2.71 - Регулятор газа (RMG 630a): 1-Vent line - (Вентиляционный канал), 2 - Measuring line (Линия измерений), 3 - Return line (Канал «Возвратки»), 4 - Setpoint spring (Задающая пружина), 5 - Load limiting stage - (Подсистема Задатчика Нагрузки), 6 - Control stage (Подсистема управления), 7 - Loading pressure area - («Зона» давления нагрузки), 8 - Main and expansion diaphragm (Главная и Расширенная диафрагмы), 9 - SAV-measuring line (линия измерения - SAV), 10 - Actuator ball release mechanism (Механизм шарикового привода), 11 - SAV - setpoint spring - (Задающая пружина - SAV), 12 - Opening latch («Заглушка» отверстия), 13 - Switching valve RMG 919 (Включающий клапан - RMG 919), 14 - SAV-vent line (Вентиляционный канал - SAV), 15 - SAV switching device - (Включатель - SAV), 16 - SAV-closing spring - (Закрывающая пружина - SAV), 17 - Slotted plate («Разрезная» пластина), 18 - Closing spring (Закрывающая пружина), 19 - Fine filter (Фильтр тонкой очистки), 20 - Start up valve (Запускающий клапан), 21 - Throttle (Дроссель), 22 - Measuring diaphragm (Измерительная диафрагма), 23 - Double diaphragm system - (Система двойной диафрагмы)

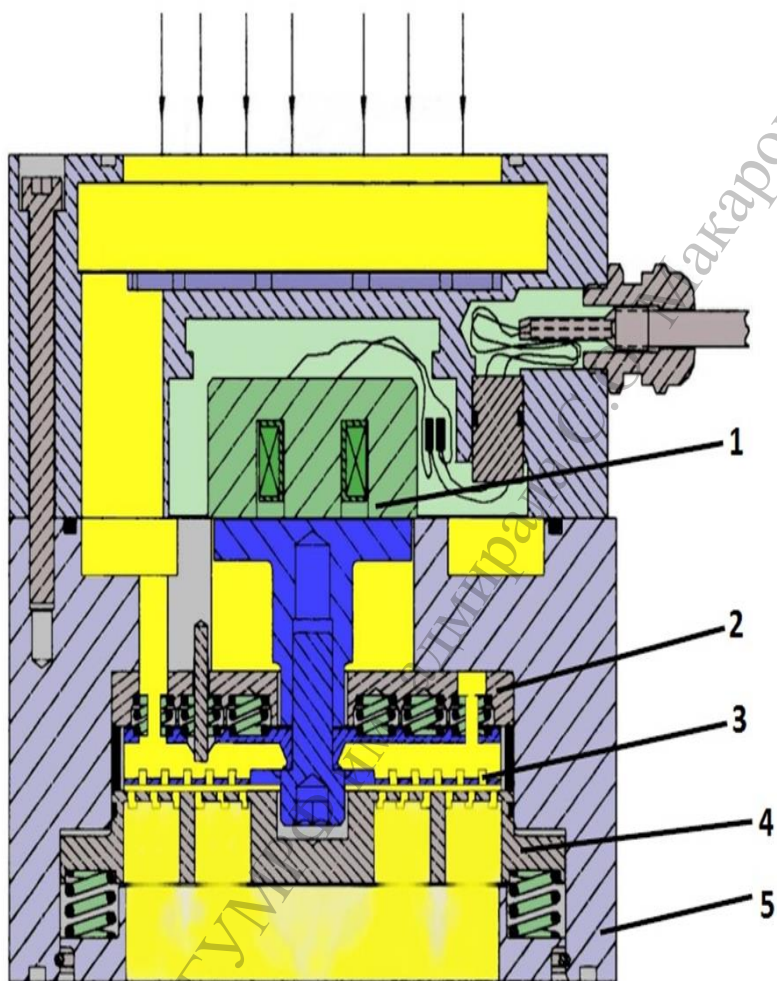


Рисунок 2.72 - Solenoid Gas Valve (SOGAV) – Клапан для подачи газового топлива: 1 - Solenoid («Соленоид»), 2 - Upper plate (Верхняя пластина), 3 - Moving metering plate (Подвижная измерительная пластина), 4 - Lower stop plate (Нижняя отсечная пластина), 5 - SOGAV housing (Корпус клапана)

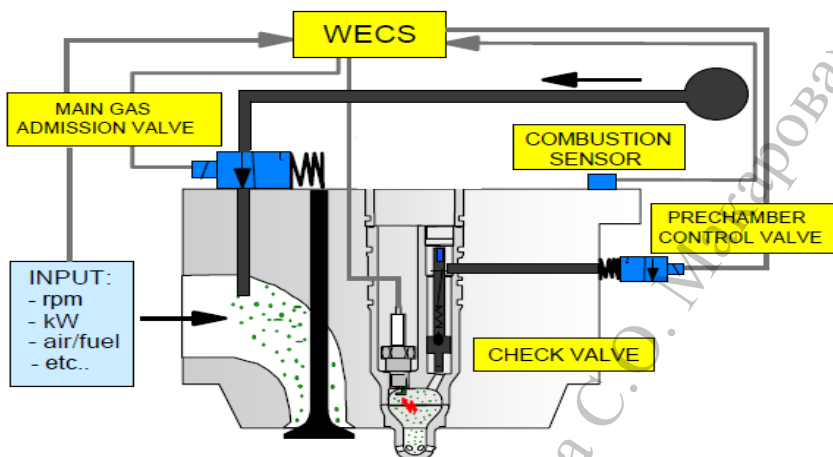


Рисунок 2.73 - Подача «порций» воздуха, газа и «запала искрой» в дизеле типа SG

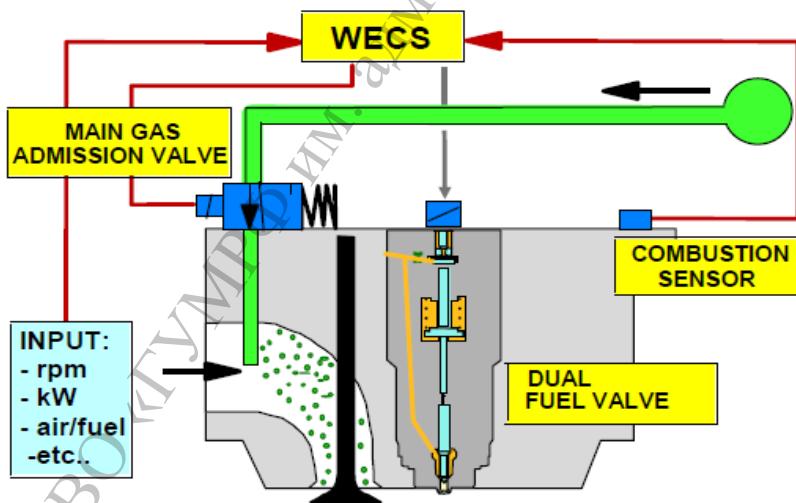


Рисунок 2.74 - Элементы подачи «порций» воздуха, газа и дизельного топлива в дизеле типа DF

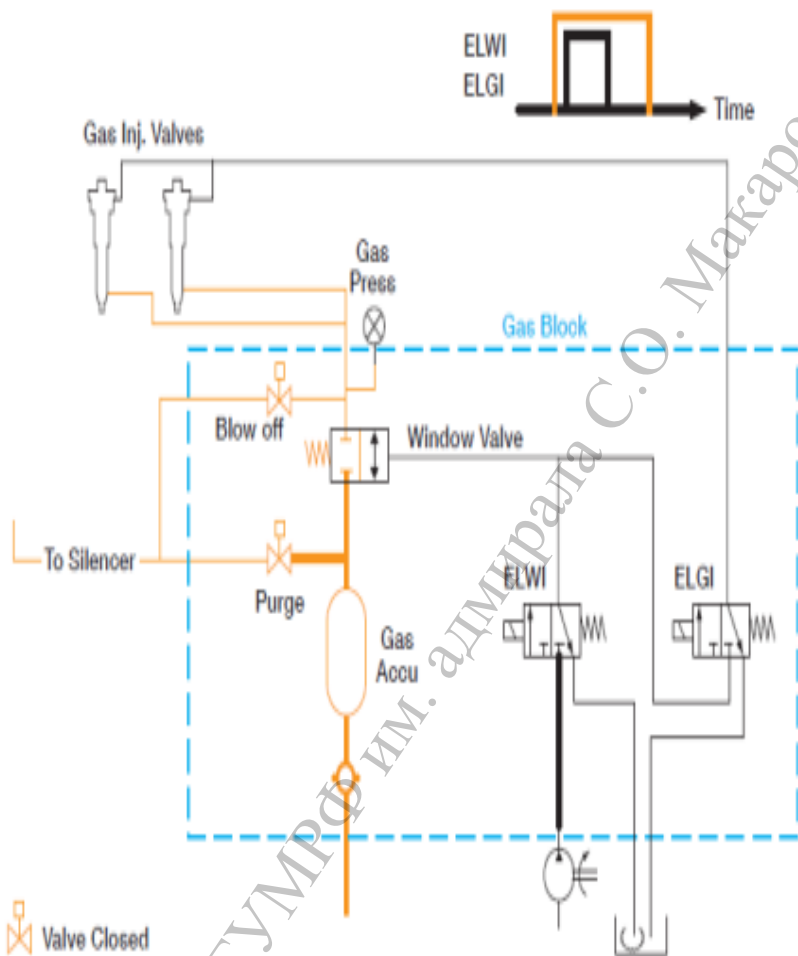


Рисунок 2.75 - Элементы технологий в ME-GI для танкеров

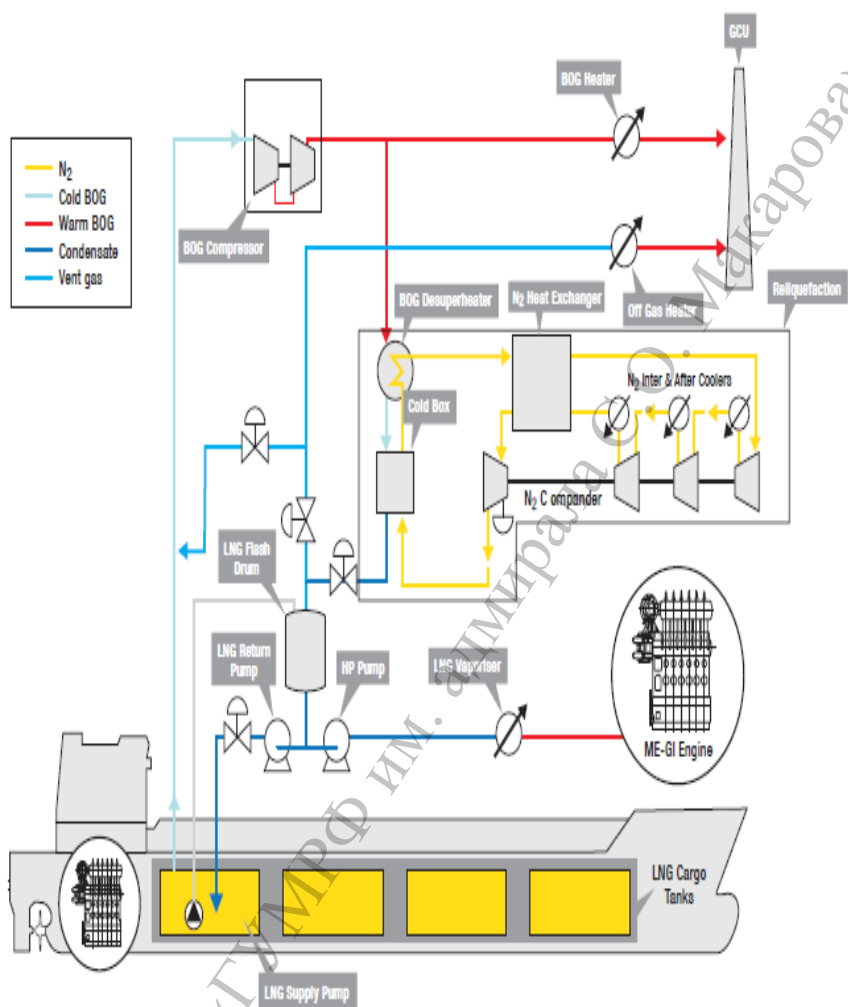


Рисунок 2.76 - Элементы для ME-GI в танкерах

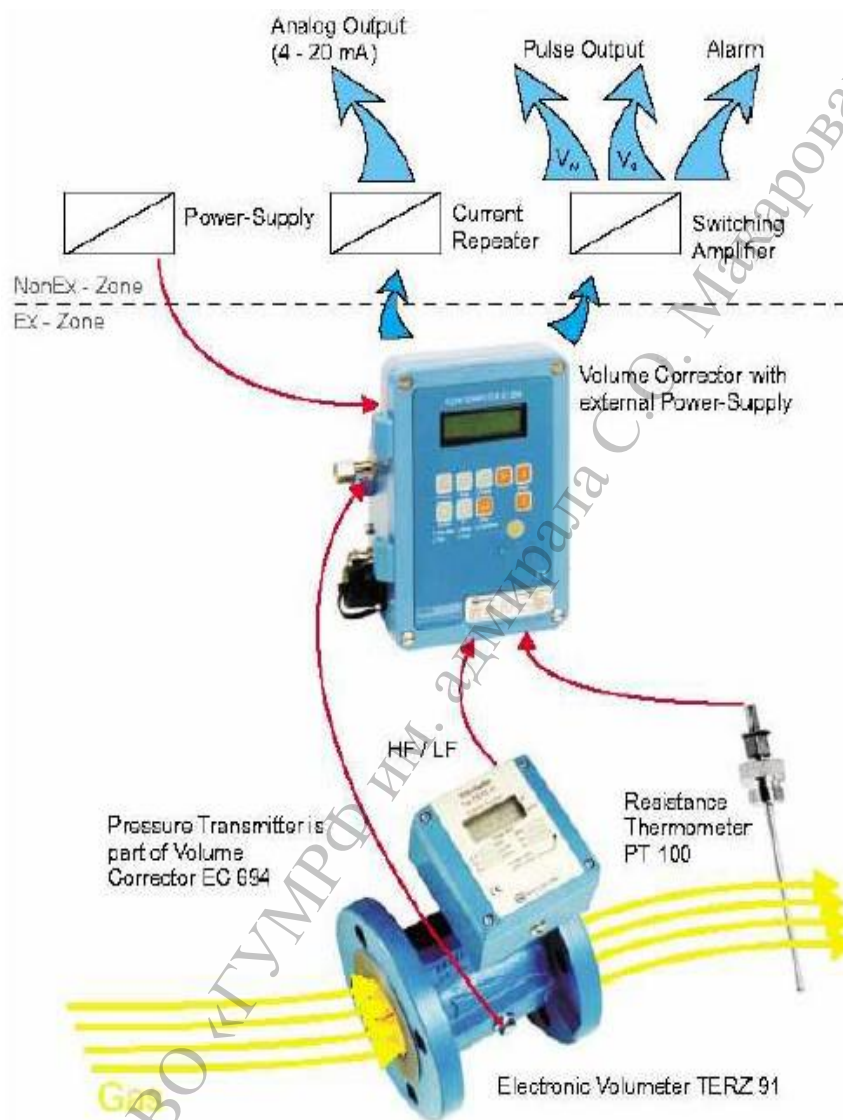


Рисунок 2.77 - Элементы цифрового измерителя расхода газа

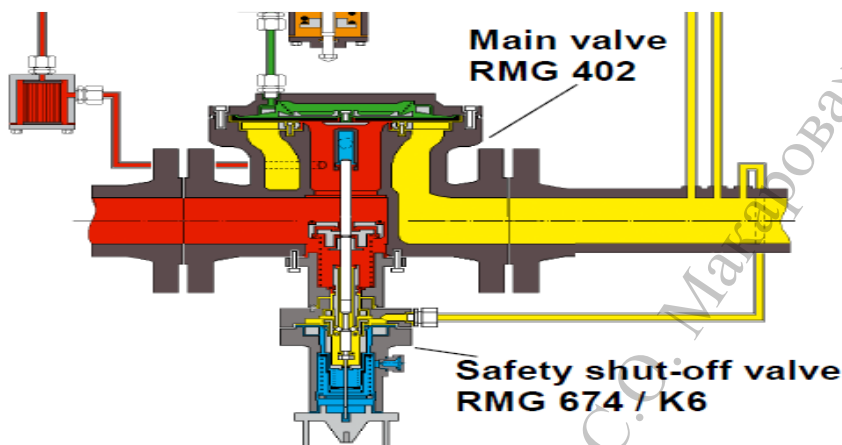


Рисунок 2.78 - Элементы регулятора RMG 402

Проанализируем изменения «Визуализации Функций и Параметров» на бортовых постах для процессов в контурах управления дизелями:

1. «Балансировкой давления сгорания»: Manual Switch ON/OFF - Ручной переключатель включено-выключено; Knock control inactive signal - Неактивный сигнал управления детонацией; Integrator – Интегратор; Gas admission control - Контроль за подачей импульсов газового топлива; Gas admission duration – «Продолжительность приема газа»; Cylinder pressure - Давление в цилиндре; Firing Pressure Evaluation - Оценка «давления горения»; Average P_{firing} – Среднее давление горения - P_{firing} при функционировании контроля за детонацией и отсутствием контроля за детонацией - Нет контроля давления горения (ICC) в газовом режиме (рис.2.64).

2. «Зажигом» через управляемый впрыск импульсов дизельного топлива; Модули - CCM-20 Gas Timing в ECS позволяют визуализировать «Функции и Параметры»: Engine speed – Скорость; Engine power – Мощность; Fuel mode - Тип топлива; Duration – Продолжительность; Pilot injectors – Формирование импульсов дизельного топлива; Combustion – Сгорание(рис.2.66).

3. MF detection – «Обнаружением» MF; Combustion – Сгоранием; Cylinder pressure - Давлением в цилиндре; IMEP. Shaft Power - Мощностью на валу; BMEP: Max engine power - Максимальной мощностью двигателя; Cylinder Volume - Объёмом цилиндра; Number of cylinders - числом цилиндров; MF - detection - Обнаружением MF; MF counter - Счётчиком MF; Gas Trip - Отключением газа; Knock Control - Контуром контроля за детонацией; Combustion – Сгоранием; Cylinder pressure - Давлением в цилиндре; Knock sensor - Датчиком детонации; Knockdetection - Обнаружением детонации; Heavy knocking - Тяжёлой детонации и Gas Trip - Отключением газа; Light knocking - Лёгкой детонацией с Control – Контролем; Gas admission duration - Продолжительностью приема газа; Pilot injection - Управлением впрысками импульсов дизельного топлива (рис.2.67).

4. Отметим специфику Fuel Pressure Control Valve (FPCV) - клапана регулирования сжатого дизельного запального топлива в магистрали сжатого дизельного топлива; FPCV контролируется в подсистеме - ESS (сброс давления в топливной магистрали в случае отключения). В случае избыточного давления при 1050 барах (1-й этап) – открывается, при 1150 бар (2-й этап) – сливает топливо в «обратку». FPCV настроен на максимальное высокое давление - 1250 бар. Следует отметить переход на установку «Специального агрегата» с Взрывозащитной магистралью и «щлюз»; компоненты подачи и подготовки газомоторного топлива по технологии Wartsila DF.

Глава 3

РЕСУРСЫ МАТРОНИКИ ТРАНСПОРТА

3.1 Матроника бортовых сетей

Матроника бортовых сетей (NT) для управления процессами транспорта: 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)[1-7].

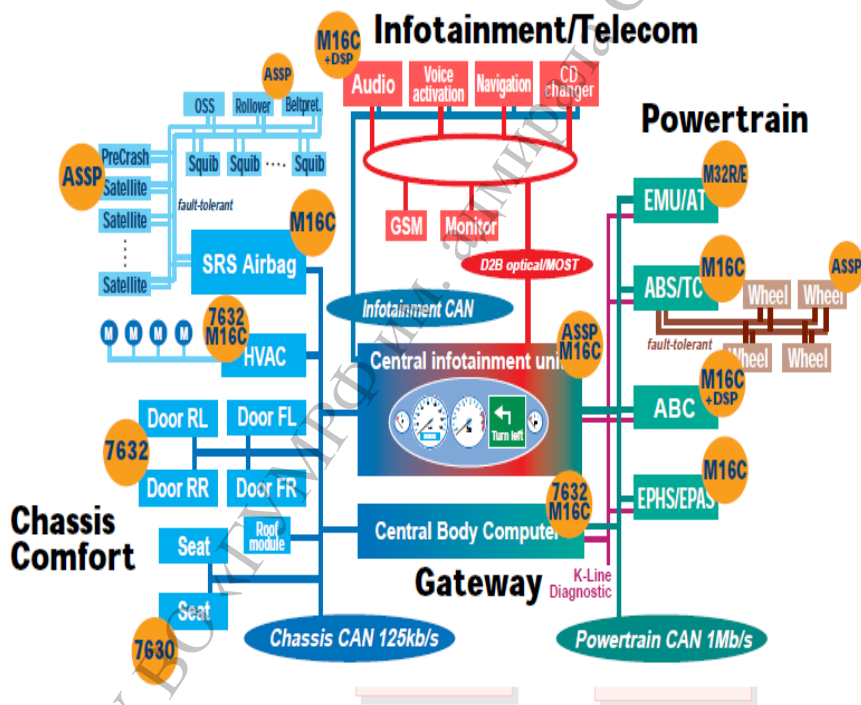


Рисунок 3.1 – Матроника автотранспорта

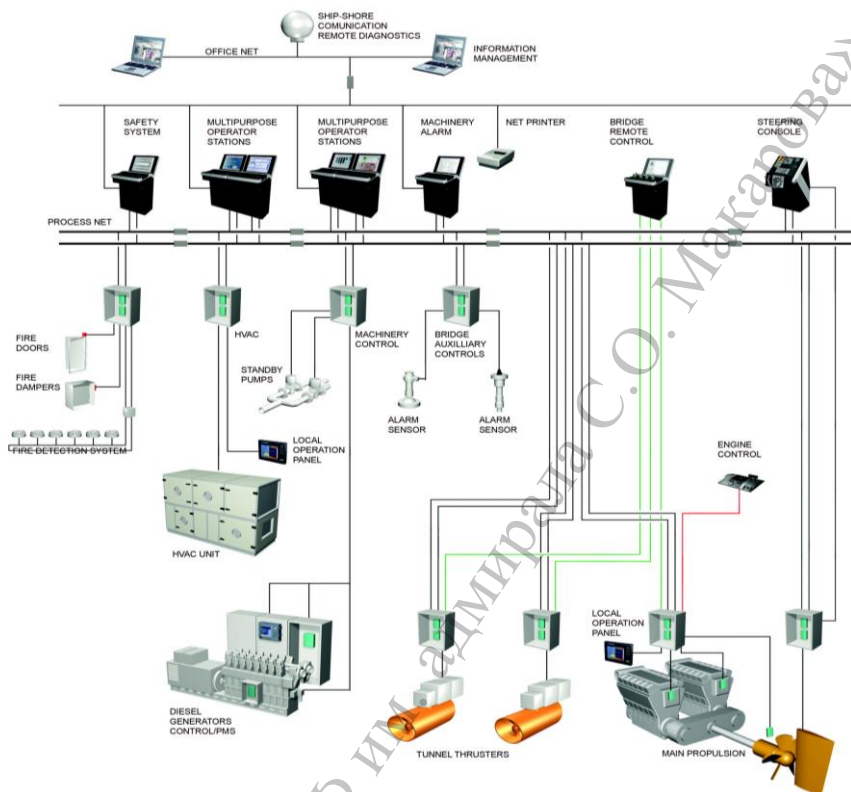


Рисунок 3.2 – Матроника судовой энергоустановки

Матроника встроена в бортовые системы транспорта: Bort Computer (BC) - Бортовой компьютер с диагностическим портом - Diagnostic port (DP); Dynamic Stability Control (DSC) - Система динамической устойчивости; Digital Motor Electronics (DME) - Мехатронная система управления двигателем; Electronic Stability Program (ESP) - Система поддержания динамической стабильности; Anti-locking Brake System (ABS) - Антиблокировочная система тормозов; Diebstahlwarnanlage (DWA) - Система противоугонной сигнализации; Automatic Transmission Modul (ATM) - модуль управления автоматической коробкой передач; Brake Modul (BM) - модуль управления тормозной системой; Park Distance Control (PDC) - Система контроля дистанции; Dynamic Drive(DD) - Система уменьшения

крена кузова при повороте; Electronic Traction Support (ETS) - Мехатронное управление тягой; Electronic Parking Brake (EPB) - Мехатронный парковочный тормоз; Cornering Brake Control (CBC) - Система торможения колес при прохождении поворотов; Tire Display Injury (TDI) - Индикация повреждения шин; Dynamic Traction System (DTS) - Система динамического контроля тяги; Active Front Steering (AFS) - Активное рулевое управление; Elektronische Daempfer Control (EDC) - Мехатронный регулятор жесткости амортизаторов; Elektronische Bremskraftverteilung (EBV) - Мехатронное распределение силы торможения; Reifendruck-Control (RDC) - Контроль давления в шинах автомобиля; Controller iDrive (CON) - Контроллер управления (джойстик) iDrive; Navigation (NAV) - Навигационная система; Conditioner (COND) - Кондиционер; Combi - Комбинация приборов; Digital Video Disk Changer (DVD) - DVD-чейнджер (проигрыватель DVD дисков); Audio Modul (AUM) - Аудиомодуль; Head-up Display (HUD) - Проекционный дисплей; Display iDrive(DiD) - Информационный дисплей iDrive; Steering Wheel Modul (SWM) - Модуль мультифункционального рулевого колеса; Phone Modul (PM) - Модуль телефона; Adaptive Cruise Control (ACC) - Система круиз-контроля; Light Modul (LM) - Световой модуль; Integrate System Information Safety (ISIS) - Интегрированная система безопасности; Supplemental Restraint System (Airbag) (SRSA) - Дополнительная система ограничения (подушка безопасности); Sensor (S) - Датчик столкновения; Driver Door Modul (DDM) - Модуль двери водителя; Passenger Door Modul (PDM) - Модуль двери пассажира; Postern Left Door Modul (PLDM) - Модуль задней левой двери; Postern Right Door Modul (PRDM) - Модуль задней правой двери; Driver Seat Modul (DSM) - Модуль сидения водителя; Passenger Seat Modul (PSM) - Модуль сидения пассажира; Postern Left Seat Modul (PLSM) - Модуль заднего левого сидения; Postern Right Seat Modul (PRSM) - Модуль заднего правого сидения; Roof Modul (RM) - Модуль управления крышей автомобиля (для кабриолета); (Rear-view mirrors Modul (RVMM) - Модуль управления зеркалами заднего вида; (Hatch Modul (HM) - Модуль подъемно-сдвижного люка; CLM Central Lock Modul (CLM) - Модуль центрального замка (рис.3.1-3.5).

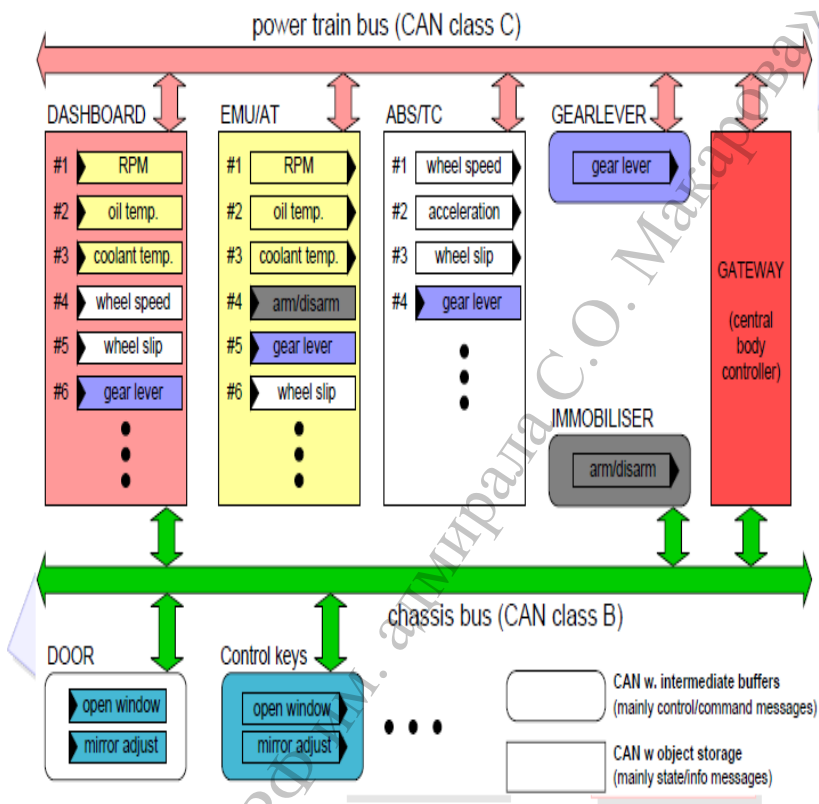


Рисунок 3.3 - Матроника для защиты бортовых систем на транспорте

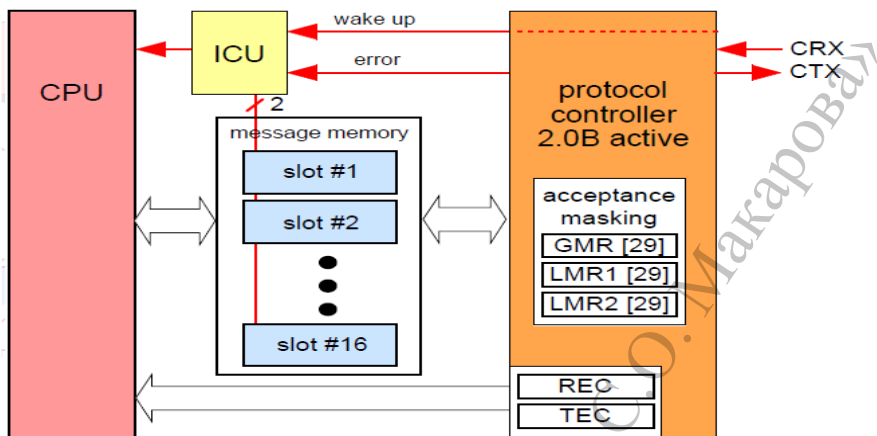


Рисунок 3.4 - Элементы матрички в контроллере-Мастере для управления контроллерами - Слугами на основе CAN

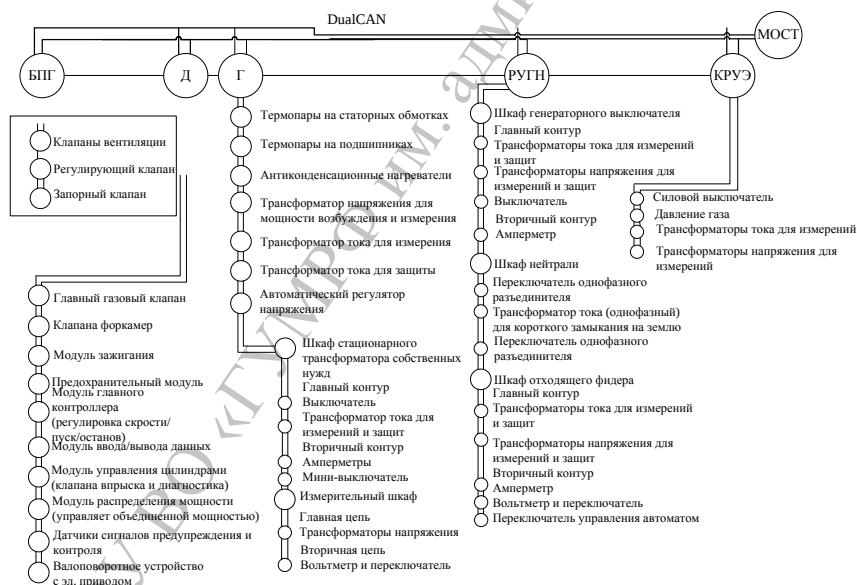


Рисунок 3.5 - Dual CAN повышает надежность АСУ для распределенного управления локальными САР агрегатами и модулями в энергоустановке

Внедрение матроники в бортовые системы транспорта 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 [3-15].

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 - 15mA; частота - 40 КГц; диапазон регулирования скорости вращения ротора -10 - 5000 шаг/сек; среда - 0-50°C; 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 отдает 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.

Entertainment - Система развлечения: AM-FM-тюнер, акустическая система с CD - чейнджером (проигрыватель музыкальных дисков), Digital Video Disk - просмотр фильмов на DVD, спутниковое телевидение. Einstellungen - Установка параметров транспорта. Установка даты и времени, языка меню, установка единиц измерения параметров, установка функций систем автомобиля (автоматический парковочный тормоз, Dynamic Stability Control - система динамической устойчивости, Dynamic Traction System - система динамического контроля тяги, Elektronische Daempfer Control - регулятор жесткости амортизаторов. Апгрейд через Software Tankstelle2 с "прошивкой" новых версий управления.

3.2 “Автомобиль на ладони”

iDrive - “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, состояния 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 функций. 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.

3.3 Датчики

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 $\text{Лямбда} = 1$ (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 предусмотрел 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 СО 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 DME. 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 DME. 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 DME, 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 DME. Измеряя это напряжение и сравнивая его с картами, DME 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 модуль. Примером может служить датчик расхода воздуха, устанавливаемый во многих системах фирмы Bosch. В этом датчике объединены датчик расхода и температуры воздуха в общий модуль, 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.

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». 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°C 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 то же 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 ECC IV). Цифровой датчик посылает прямоугольные импульсы различной частоты. При увеличении нагрузки двигателя частота увеличивается. Преимуществом цифрового сигнала является уменьшение времени обработки сигнала DME, так как 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 модуля, 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 - двухпроводные, 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, датчики имеют 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 DME прекращает подачу топлива до тех пор, пока обороты двигателя не уменьшатся до предельно допустимых. После этого DME 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 DME о полном закрытии дроссельной заслонки. Иногда устанавливается вторая пара контактов - для положения полного открытия заслонки. DME обеспечивает дополнительное обогащение рабочей смеси на холостом ходу и при полном открытии заслонки. Каждый датчик имеет два положения: замкнутое и разомкнутое. DME 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 DME. 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 DME, который изменяет подачу топлива. Это устройство устанавливалось на ранних моделях двигателей. 2). Потенциометр, при вращении которого изменяется напряжение сигнала, подаваемого в DME. Этот потенциометр может быть установлен на DME или внутри моторного отсека. Может быть двух- или трехпроводного типа.

Потенциометр регулировки CO (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 м². 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 СО и НС преобразуются в НО и СО. Окислы азота, соединяясь с СО, превращаются в азот (N₂) и СО₂. Бедная рабочая смесь с высоким содержанием О₂ в преобразователе эффективно окисляет СО и НС. С другой стороны, богатая смесь, содержащая избыток СО, 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 (HS). 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 HS. 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, DME работает в “разомкнутом режиме”. При этом, DME 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 DME, 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 (CO) образуется при неполном сгорании рабочей смеси (при недостатке кислорода). Низкая концентрация CO в выхлопных газах указывает на правильный состав рабочей смеси. Высокое содержание CO указывает на чрезмерно богатую рабочую смесь, засорение воздушного фильтра, неисправность клапана принудительной вентиляции картера или чрезмерно низкие обороты холостого хода. Низкая концентрация CO указывает также на обеднение рабочей смеси или утечку вакуума или утечку выхлопных газов из выхлопной системы. Содержание CO (и HC) в выхлопных газах уменьшается при увеличении нагрузки (при росте температуры), т.е. эффективность работы двигателя увеличивается. Содержание CO 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 перебоях 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. СО образует устойчивое соединение с гемоглобином крови, что приводит к кислородному голоданию. Весовое содержание СО в составе всех загрязнителей атмосферы составляет около 47%. Одна молекула СО состоит из одного атома кислорода и одного атома углерода. Содержание СО в выхлопных газах зависит от состава рабочей смеси: меньшее количество топлива - меньше содержание СО.

Углекислый газ (CO_2) образуется при работе исправного двигателя. При низком содержании СО и НС в выхлопных газах CO_2 составляет от 13 до 15%. Если CO_2 меньше, чем 8%, это указывает на неисправность системы зажигания или выхлопной трубы. Содержание CO_2 обратно пропорционально количеству топлива в рабочей смеси и обратно пропорционально содержанию СО. Чем меньше топлива в рабочей смеси, тем выше содержание CO_2 . При увеличении оборотов двигателя от холостых до 2000 об/мин содержание CO_2 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 NO₂ 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 H₂O. Атомы углерода соединяются с кислородом и образуется CO₂. 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 DME, 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.

3.4 Матроника в управлении впрыском топлива

В компьютерных системах непосредственного впрыска топлива (НВТБ) в бензиновых двигателях транспорта 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. Бортовая сеть для управления дозированием топлива реализуется в зависимости от параметров скоростных и нагрузочных режимов работы двигателя. При этом состав топливовоздушной 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 NO₂ 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) совершенствуются в направлении: улучшения распыливания топлива с помощью ультразвуковых устройств, использования сжатого воздуха; применения локального подогрева топливовоздушной смеси для улучшения пусковых качеств двигателей; использования различных видов наддува в сочетании с охлаждением наддувочного воздуха; применения адаптивных алгоритмов управления топливopодачей, 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.

3.5 Освоение интерсервисов для матроники

Отметим технологию InControl - среда программирования бортовых систем управления в реальном времени, поддерживающей технологии OLE Automation и OXC в соответствии с МЭК 1131-3. В рамках In Control в учебный процесс внедрены языки: релейных лестничных диаграмм (RLL), последовательных функциональных схем (SFC), структурированного текста (STL), управления перемещениями - Monitor Control Language.

Менеджер Проекта/Задач упрощает организацию приложений по Проектам, просмотр и редактирование всех Программ в рамках проекта и присваивает Приоритеты задачам. Менеджер Проектов/Задач конфигурирует Объекты ввода/вывода и Объекты ActivX.

Важно в среде InControl изучать бортовые интерфейсы: Profibus, CAN, Device-Net, Interbus-S, SDS и др. InControl интегрируется с компонентами Microsoft BackOffice Suite. (Microsoft SQL Server, Windows NT Server, Management Server, SNA Server, Mail Server).

В учебный процесс внедряем среды: GraphWorX32, TrendWorX32, AlarmWorX32, Script WorX32, WebHMI, Data WorX32, Библиотеку символов Symbols32 Library, ActivX ToolBox, AlarmWorX32 Multimedia, OPC ToolWorX, ActivX ToolWorX.

Виртуальные каналы для управления совершенством на базе Windows Control Center (WinCC) Microsoft. WinCC User Administrator устанавливает и контролирует полномочия рабочих мест как во время конфигурирования системы так и в режиме исполнения. Можно во время работы системы исполнения, определить до 128 групп мест, каждая из которых содержит до 128 пользователей, и назначить им права доступа к функциям WinCC. WinCC Graphic Designer использован для создания кадров изображений, используемых для визуализации процесса и управления установкой. WinCC/Audit устанавливает контроль значений, вводимых оператором и передаваемых процессу, а также защиту архивов и самой системы путем блокирования ее в случае несанкционированного доступа. WinCC записывает вводимые значения переменных вместе с датой, временем, именем пользователя и сравнительными характеристиками между старым и новым значением. Сообщения архивируются в базу данных Microsoft SQL Server. Применение сжатия без потерь уменьшает размер требуемой памяти. В WinCC конфигурируем до 512 архивных переменных. Powerpack увеличит количество тегов до 80,000. Протоколы WinCC содержат данные из баз и внешние данные в формате - Comma separated variable (CSV) – переменные, разделенные запятой в виде таблицы или графика кривой. Для отображения данных из других приложений в виде таблицы или в графическом виде применяем ряд форм на базе Report Provider (Составитель отчетов). WinCC Graphics Designer конфигурирует до 32 слоев кадров. Можно скрыть отдельные слои для того, чтобы

изображение было понятным. Возможно изменение свойств группы объектов одновременно. Автоматически копируются соответствующие связи этих объектов с тегами. Для оптимизации переключения, т.е. подключения объекта к другому тегу, предлагается диалог переключения. В этом диалоге перечисляются все теги, связанные с выбранными объектами и предоставляется возможность непосредственного изменения связей. С помощью WinCC/IndustrialX конфигурируем элементы управления ActiveX - автоматическое внесение изменений во всех местах использования объектов. Использовано до 12 WinCC серверов и до 32 WinCC клиентов для каждого сервера в последующих конфигурациях системы. Система поддерживает общие механизмы безопасности для работы через Интернет. WinCC обеспечивает: резервирование сервера с помощью опции WinCC/Redundancy (резервирование); резервирование связи с процессом. С помощью OLE встраиваем объекты других приложений в кадры изображений процесса и организовываем обмен связанными между собой данными. OPC DA WinCC локально или через сеть на базе контроллеров низкого уровня получает циклически текущие данные о процессе с OPC DA-сервера. Через встроенный сервер OPC DA WinCC получаем текущие данные о процессе OPC-совместимым приложениям - OPC Historical Data Access (HDA) - доступ к архивным данным. В OPC Alarm & Events (A&E) система отображает сообщения как аварийные и вместе со всеми соответствующими, помещаемыми в сообщения значениями процесса на уровнях производства и управления компанией. Пакеты Powerpack увеличили количество тегов до 80000. Данные из архивов WinCC (Historian) отображаем в виде кадров изображений процесса на базе встроенных объектов WinCC Trend Control или WinCC Alarm Control. Используем для клиентов: WinCC SCADA; WinCC Web; WinCC/Dat@Monitor; доступ к текущим или архивным данным через OPC или OLE DB.

SIMATIC IT Framework: WinCC SCADA и IT Historian (Исторический архив), вместе с Plant Performance Analyzer (PPA) – интегрирует данные из различных источников, формируя Enterprise Historian (Исторический архив). WinCC/Connectivity Pack обеспечивает приложениям доступ к архивам с помощью OPC HDA (Historical Data Access) или OLE-DB, а также передает другим приложениям сообщения для базы OPC Alarm & Events (A&E).

SIMATIC IT WinBDE – использован для управления данными для анализа неисправностей и данными о технических характеристиках агрегатов транспорта, начиная от одного и кончая всем комплексом производственного и технологического оборудования.

Используем WinCC (Add-ons) в части: SCADA-расширений, инструментальных средств конфигурирования, программного обеспечения для интеграции в MES, ERP и IT, промышленных и технологических решений и каналов связи.

Для совершенствования подготовки серверистов-диагностов по мехатронике на транспорте внедрены технологии: .NET; Industrial Ethernet (IEEE 802-3 и IEEE 802.3u); PROFINET (IEC 61158); PROFIBUS (IEC 61158/EN 50170); AS-Interface (EN 50295); EIB (EN 50090, ANSI EIA 776); SINAUT ST7; WAN (Wide Area Network).

3.6 Выбор языка программирования

Внедрение программирования на языке - C# [4-8,19-22]. Выделены концептуально идентичные классы: FuelControlAnalyzer, FVSensorControlAnalyzer, ZoneControlAnalyzer. Данные классы имплементируют интерфейсы: IFuelControlAnalyzer, IFVSensorControlAnalyzer, IZoneControlAnalyzer, которые определены через Analyze. Сигнатуры методов отличаются по входным данным. Создана фабрика объектов для классов-обработчиков. Создан класс: RuleControlAnalyzerFactory, (CreateFuelControlAnalyzer, CreateFVSensorControlAnalyzer, CreateZoneControlAnalyzer). Создан класс-контроллер EventManager. Бизнес логика реализована в классах: FuelControlAnalyzer, FVSensorControlAnalyzer, ZoneControlAnalyzer. Analyze реализует обработку входных данных и формирует набор выходных данных.

FuelControlAnalyzer анализирует значения параметров, поступающие с датчика уровня топлива в режиме on-line и если выявлены отклонения от выставленных с терминала параметров, то создается сообщение о нарушении правила и добавляется в список, передающийся в представление.

FVSensorControlAnalyzer анализирует значения цифровых датчиков, поступающие с терминалов транспортных средств в режиме on-line и если выявлены отклонения от выставленных с терминала параметров, то

создается сообщение о нарушении правила и добавляется в список, передающийся в представление. Класс предназначен для работы со свободной версией системы.

Метод `DetectSensorsEvents` осуществляет проверку входов, формирует сообщение из переданных параметров, добавляет сформированное сообщение в список сообщений для представления.

`ZoneControlAnalyzer` анализирует значения характеризующие текущее местоположение транспортного средства, а также состояния датчиков, поступающие с терминала в режиме on-line и если выявлены отклонения от выставленных с терминала параметров, то создается сообщение о нарушении правила и добавляется в список, передающийся в представление. Метод

`ProcessZoneEvent` исходя из типа правила принимает решение как анализировать данные и какого типа сообщение формировать.

Главная цель открытия ресурсов для интерсервисов в плане C# - упростить построение типов, определенных пользователем (user-defined types - UDTs) для использования вне их исходного контекста. Этот принцип использован для создания и внедрения библиотек классов и структур для совершенствования программирования процессов в транспортных комплексах.

Наукоемкие объекты, процессы и технологии и особенно профессиональное образование диктуют ускорение освоения ресурсов технологий программирования на базе C# для мехатроники в рамках: ERP, SCADA, PDM, CALS на уровне e-технологий на всех стадиях петли качества современного транспорта.

C# разработан для Application Programming Interface (API) и .NET. Синтаксис C# наиболее близок к C++ и Java. C# появился к моменту подготовки технологий: COM+, ASP+, ADO+, SOAP, Biztalk Framework в качестве инструментария со сложной структурой: языков, сред и средств разработки для создания программ.

В C# полный и хорошо определенный набор основных типов. Встроенная поддержка генерации XML-документации. Автоматическое освобождение динамически распределенной памяти. Возможность отметки классов и методов атрибутами пользователем (можно воздействовать на процесс компиляции и пометить методы, которые должны компилироваться только в отладочном режиме). Полный доступ к библиотеке базовых

классов .NET, а также к API. Указатели и прямой доступ к памяти. Поддержка свойств и событий в стиле Visual Basic. Простое изменение ключей компиляции. Получение исполняемых файлов - библиотека компонентов .NET, которые могут быть вызваны другим кодом так же, как элементы управления ActiveX (компоненты COM). Возможность использования C# для написания динамических web-страниц ASP.NET.

C# не предназначен для критичных по времени и высокопроизводительных программ (1000 или 1050 машинных циклов, освобождение ресурсов немедленно на базе C++). В C# отсутствуют компоненты для высокопроизводительных приложений (подставляемые функции и деструкторы, выполнение которых гарантируется в определенных точках кода).

C# поддерживает взаимодействие при многоязыковом программировании. В C# много синтаксических конструкций из C++ (структуры и перечисления). В C# используются свойства классов. C# позволяет производить перегрузку операторов для созданных типов. C# поддерживает примитивные типы (являются подмножеством типов-значений — **value types**). Для трансляции примитивных типов в объектные используется их автоматическое «заворачивание» в объекты (**boxing**) и «разворачивание» (**unboxing**). В C# много больше примитивных типов, чем у Java, за счёт беззнаковых целых типов (**unsigned**), имеющих парно ко всем знаковым, и специального типа **decimal** для высокоточных вычислений с фиксированной запятой.

В C# переменные ссылочных типов, называемые объектами, сохраняют ссылки на фактические данные. Для объявления ссылочных типов используются ключевые слова: **class**, **interface**, **delegate**. Существуют встроенные типы: **object** и **string**. В C# интерфейс содержит подписи методов, свойств, событий или индексаторов. Реализация членов выполняется в классе или в структуре, реализующей интерфейс. В C# интерфейс способен наследовать до нескольких интерфейсов. Класс, реализующий интерфейс, может явным образом реализовывать члены этого интерфейса. Явно реализованный член можно вызвать через экземпляр интерфейса и через экземпляр класса.

С учетом результатов выполнения лабораторных и практических работ можно для современных проектов выделить следующие концептуально идентичные классы **FuelControlAnalyzer**,

FVSensorControlAnalyzer, ZoneControlAnalyzer. Данные классы имплементируют интерфейсы IFuelControlAnalyzer, IFVSensorControlAnalyzer, IZoneControlAnalyzer, которые предоставляют по одному методу Analyze. Сигнатуры методов отличаются по параметрам (входные данные).

Создана фабрика объектов, которая позволяет создавать экземпляры классов-обработчиков. Для этого создан класс RuleControlAnalyzerFactory с публичными статическими методами CreateFuelControlAnalyzer, CreateFVSensorControlAnalyzer, CreateZoneControlAnalyzer. Создан класс-контроллер EventManager. Бизнес логика реализована в классах FuelControlAnalyzer, FVSensorControlAnalyzer, ZoneControlAnalyzer. Эти классы имеют по одному открытому методу Analyze, который занимается непосредственной обработкой входных данных и формированием набора выходных данных.

Класс FuelControlAnalyzer анализирует значения, поступающие с датчика уровня топлива в режиме on-line и если выявлены отклонения от выставленных пользователем параметров, то создается сообщение о нарушении правила и добавляется в список, передающийся в представление.

Класс FVSensorControlAnalyzer анализирует значения цифровых датчиков, поступающие с терминалов транспортных средств в режиме on-line и если выявлены отклонения от выставленных пользователем параметров, то создается сообщение о нарушении правила и добавляется в список, передающийся в представление. Класс предназначен для работы со свободной версией системы.

Метод DetectSensorsEvents осуществляет проверку дискретных входов, формирует сообщение из переданных параметров, добавляет сформированное сообщение в список сообщений для представления.

Класс ZoneControlAnalyzer анализирует значения характеризующие текущее местоположение транспортного средства, а также состояния датчиков, поступающие с терминала в режиме on-line и если выявлены отклонения от выставленных пользователем параметров, то создается сообщение о нарушении правила и добавляется в список, передающийся в представление.

Метод ProcessZoneEvent исходя из типа правила принимает решение как анализировать данные и какого типа сообщение формировать.

В проектах следует отметить: **таблицу заданных элементов в части комплексных решений с учетом многоцелевой защиты рабочих мест на уровне программных элементов современных е-технологий; составленную схему поиска и выявленных элементов технологии программирования в КТС АСУСЭУ.** Главная цель открытия ресурсов C++ - упростить построение типов, определенных пользователем (user-defined types - UDTs) для использования вне их исходного контекста. Этот принцип использован при создании библиотек классов или структур для совершенствования программирования процессов в транспортных комплексах.

Внедрение технологий удаленного доступа [1-6] на основе протокола Secure Shell (SSH) и его настройка в Open Source системах. SSH обеспечивает возможность: удаленного выполнения команд (вместо telnet, rsh и всего, что над ним построено - rsync, rdist); копирования файлов (вместо scp, ftp); аутентификации клиента и сервера; шифрования и сжатия передаваемых данных (пароли также шифруются). Дополнительно обеспечивается шифрование данных X Windows и перенаправление любых TCP-соединений, но при этом ухудшается безопасность из-за возможности создавать туннели в обход сетевого экрана. SSH защищает: от атак с подделкой (spoof) IP-адресов (включая source routing), DNS-сервера и маршрутизации; от подслушивания паролей и X аутентификации; от подслушивания и манипуляции с данными на промежуточных хостах или локальной сети. SSH не защищает, если атакующий получил права root на хосте или права к директории без учета элементов парольной фразы. При подготовке к работе рекомендуется изучение алгоритмов шифрования.

Увеличение уровня безопасности рабочих мест на основе: Virtual Private Servers (VPS) - «хостинг» и Xen-community (Xen) - «гипервизор» компании Virtual Iron на основе усовершенствования сети - «ферма серверов» [1-6].

В качестве дисковых устройств для виртуальных машин Xen использовали DRBD-устройства. DRBD-устройства размещаются поверх LVM-томов машин входящих в кластер. DRBD отвечает за полную синхронизацию операций с дисковыми системами, выполняющимися на доменах Xen. DRBD-устройство на узле находится в состоянии **primary**, если на этом узле исполняется виртуальная машина, использующая его. Если виртуальная машина исполняется на другом узле, соответствующие её дискам устройства на этом узле находятся в состоянии **secondary**.

(secondary). В ходе миграции виртуальной машины с одного узла на другой, DRBD-устройства находятся на обоих узлах в состоянии - primary. Реализована связка физических узлов, как единого целого, которая обеспечивает работу виртуальной сети произвольной топологии.

Построена и исследована виртуальная сеть из доменов и соединяющих их виртуальных мостов. Домен в любой момент времени присутствует только на одном узле кластера. Для виртуальных мостов, наоборот, на каждом узле кластера существует по одному экземпляру. Одноимённые виртуальные мосты, представленные на разных узлах, являются частью одного ширококвещательного сегмента. Это означает, что не имеет значения на каком узле будет находиться домен и через какой из мостов он будет подключён к сети. Виртуальные мосты называются на всех узлах одинаково. На каждом узле трафик каждого моста тегуется и передаётся на внешний интерфейс (таких интерфейсов может быть и больше и они объединяются с целью повышения отказоустойчивости). Узлы соединены между собой коммутируемой сетью, которая передаёт тегированный трафик по стандарту 802.1Q.

Виртуальная ферма серверов состоит из четырёх виртуальных машин (dom1, dom2, dom3 и dom4), работающих на кластере из двух физических узлов. Виртуальные машины соединены при помощи мостов br1, br2, br3. Трафик виртуальных мостов отражается на тегированный трафик VLAN: 101, 102 и 103. Сеть имеет звездообразную топологию. Не имеет значения, где исполняется и какой домен. В ходе работы системы домены могут мигрировать между узлами. Сетевые адаптеры узлов могут быть зарезервированы путём агрегирования каналов, соединяющих узел с коммутатором. В каждом сервере должно быть по два сетевых адаптера, каждый из которых подключается к коммутатору. Они работают как один агрегированный канал. При пропадании одного из соединений (связано с неполадками адаптера, соединительного кабеля или порта коммутатора) система продолжает работу на оставшемся. В системном журнале появляется сообщение о возникшей проблеме. Для работы агрегированного канала необходима поддержка со стороны коммутатора: он должен поддерживать агрегированные каналы; он должен быть настроен соответствующим образом.

Для совершенствования удаленного доступа рабочих мест к интересервисам можно выбрать - Remote Desktop (RDP) и telnet. Настроено

подключение по RDP и подключение к удаленному компьютеру (PC) с использованием *.rdp файла и консольной утилиты mstsc; подключение через rdesktop из andLinux к рабочему столу Windows; используя telnet создан консольный сеанс с удаленным PC. Выявлены особенности получения знаний и навыков в перехвате и анализе трафика сегмента сети транспортной сети. NIC в сегменте Ethernet “прослушивает” весь трафик сегмента. В режиме PROMISCUOUS MODE анализируются первые 48 бит заголовка пакета и, если не найден собственный MAC-адрес, NIC перестает читать “чужой” пакет. Функциональность sniffера достигается переводом NIC в режим PROMISCUOUS MODE, обеспечивающий перехват всех сообщений (достигается программной установкой соответствующего бита управляющего регистра NIC).

В открытом виде пароли передаются по сети в следующих реализациях протокола TCP/IP: Telnet (23 port), Pop3 (110 port), Ftp (21 port), Pop2 (109 port), Imap2 (143 port), Rlogin (513 port), Poppasswd (106 port), netbios (139 port), icq (1024-2000 UDP). TELetype NETwork (TELNET) - для реализации текстового интерфейса по сети (при помощи транспорта TCP). Название «telnet» имеют некоторые утилиты, реализующие клиентскую часть протокола. Современный стандарт изучаем в RFC 854. Telnet служит для удалённого доступа к интерфейсу командной строки операционных систем. В протоколе нет шифрования и проверки подлинности данных. Отметим элементы перехвата пароля протокола telnet. Запускается sniffер и в командной строке осуществляется telnet-подключение к PC командой telnet «IP-адрес PC». Предварительно должны быть созданы необходимые Учетные записи в Windows XP (для возможности доступа по протоколу telnet под разными учетными записями). Осуществляется выход из сеанса командой exit. Останавливается sniffер нажатием кнопки «Остановить сбор пакетов» и просматривается лог-файл. Перехват пароля POP3-протокола в программе Outlook Express осуществлялся от почтового ящика. Необходимо заводить несколько почтовых ящиков в <http://www.mail.ru>. В почтовом клиенте OutlookExpress должна быть создана учетная запись почты. Запускается программа-sniffer, по кнопке «Начать сбор пакетов» начинаем перехват сетевых пакетов. После этого осуществляется ввод пароля и подключение к почтовому серверу с помощью программы OutlookExpress. Приведены фрагменты процесса: подключения почтового клиента, диалог с почтовым

сервером сервера, поиска пароля - nwpri2010. Клиент не должен знать перехватываемый пароль. Администратор осуществляет ввод пароля - клиент осуществляет перехват пароля.

Интерсервисы в плане диагностики требуют освоения диагностических протоколов для систем: диагностический прибор-сканер и контроллер. HS + Interface» имеет Flash-память, которая позволяет выполнять функции модуля. Подключение к PC через COM или USB. Для «HS+Interface» используем пакет «SamDia» с модулями: Конфигуратор, Анализатор потока данных, Эмуляторы: контроллера, тестера диагностики, контроллера CAN. Для подключения к CAN необходимо установить функцию CAN termination в установках интерфейса «HS+ Interface».

Надо использовать возможности виртуальных адаптеров (VNIC): Microsoft (замыкание на себя) и Sun (VirtualBox). Виртуальную машину (VPC) включаем в сеть через выставление в строке параметра: физический сетевой адаптер (NIC) – означает, что VNIC в VPC подключен к NIC хоста (H). При таком сетевом процессе VPC видим из внешней сети и VPC должна вести себя так, будто бы это PC в сети. Если в сети используется DHCP-сервер, VPC получает самостоятельный IP адрес в этой сети. Такой тип сетевого процесса применяем, когда из внешней сети необходимо обращаться к ресурсам VPC и работать с ней, как с полноценным клиентом сети (например, гостевая система является файл-сервером). Такой тип сетевого процесса называют Bridged Networking. PC участвует в сетевом процессе с другими PC в сети и поэтому нельзя поменять IP адрес физического NIC.

Важно внедрять утилиты ping. Ключ -n задает количество отправляемых эхо-запросов (по умолчанию 4). Увеличение количества запросов необходимо для контроля надежности и устойчивости работы сервера. Чем выше качество канала, тем меньше разброс по времени ответов. Ключ -t заставляет утилиту ping посылать запросы в бесконечном цикле до ее прерывания

нажатием комбинации клавиш <Ctrl-C> (не прерывает процесс, а выводит текущую статистику). Этот ключ удобен для ожидания момента пробуждения зависшего сервера: запустил "ping www.hover-server.fu -t" и жди появления сообщения "Host Alive" или что-то в этом роде. Ключ -l задает размер дейтаграммы без учета длины заголовка (28 байт), посылаемой в эхо-запросе. Допустимыми являются значения от 0 до 65.500, включительно. По умолчанию размер дейтаграммы составляет 32 байта. Манипулируя этим значением, можно выяснить зависимость: скорость доставки – размер дейтаграммы. Если размер дейтаграммы превысит некоторую критическую величину (определяемую каждым промежуточным узлом самостоятельно), дейтаграмма разрезается на несколько пакетов подходящего размера, каждый из которых добирается до конечной точки маршрута самостоятельно, а на узле назначения они вновь собираются в исходную дейтаграмму. Ключ -f устанавливает на дейтаграмме специальную пометку, запрещающую ее разрезание (*фрагментацию*). Если хотя бы один из промежуточных узлов не может обрабатывать пакеты таких размеров, он посылает отправителю уведомление, что требуется фрагментация, или устанавливает пометку ее запрещающую. Совместно с ключом -l, задающим длину дейтаграммы, запрет фрагментации ключом -f, позволяет определить максимальный размер нефрагментируемых пакетов. Ключ -i задает время жизни (TTL – Time To Live) пакета посылаемых дейтаграмм, измеряемое количеством узлов, которые может посетить пакет (по умолчанию 128). Каждый промежуточный узел уменьшает значение TTL на единицу и, когда оно достигает нуля, пакет уничтожается с посылкой отправителю соответствующего уведомления. Это обстоятельство позволяет отслеживать маршрут путешествия пакетов, используя ping вместо утилиты tracert в ситуациях, когда нет tracert.

Проверяем связи между VPC и физическим компьютером. Проверяем связи между физическим компьютером и VPC. Узнаем имя физического компьютера и название рабочей группы.

Экспериментальным путем выясняем максимальную длину имен NetBIOS. Выписываем имя физического компьютера и название рабочей группы. Например, имя компьютера: MICROSOFT-A0CA3E. Рабочая группа - WORKGROUP. Изменяем имя VPC и вводим его в рабочую группу физического компьютера. VPC включена в группу NWPI, в то время как физический компьютер принадлежит группе WORKGROUP. Переводим VPC в рабочую группу физического компьютера, меняем имя VPC на win03server – более точно отображает функции. Проверяем элементы связи по именам узлов. Опрос виртуальной машины по имени. Опрос физического компьютера по имени. Для всех заданий формируем скриншоты, отражающие правильность выполнения работ.

Подключаем к сети третий VPC с Windows XP. Проверяем возможность связи по IP-адресам. Изучаем связь VPC с Windows XP с физическим компьютером. Изучаем связь VPC с Windows XP с VPC с Windows Server. Добавляем VPC с Windows XP в рабочую группу. Проверяем связи по именам узлов. Организуем опрос физического компьютера с одной из VPC при помощи утилиты ping win03server – t. Выясняем с VPC имя физического компьютера при помощи утилиты ping. Изучаем возможности утилиты tracert. - определяет путь до точки назначения с помощью посылки в точку назначения эхо-сообщений на основе Control Message Protocol (ICMP) с постоянным увеличением значений срока жизни - Time to Live (TTL). Выведенный путь - список ближайших интерфейсов маршрутизаторов, находящихся на пути между узлом источника и точкой назначения. Ближний интерфейс представляют собой интерфейс маршрутизатора, который является ближайшим к узлу отправителя на пути. Запущенная без параметров, команда tracert выводит справку: tracert [-d] [-h максимальное_число_переходов] [-j список_узлов] [-w интервал] [имя_конечного_компьютера].

Важно внедрять утилиты netstat - отображение активных подключений TCP, портов, прослушиваемых компьютером,

статистики по Ethernet, таблицы маршрутизации IP, статистики IPv4 (для протоколов IP, ICMP, TCP и UDP) и IPv6 (для протоколов IPv6, ICMPv6, TCP через IPv6 и UDP через IPv6). Запущенная без параметров, команда nbtstat отображает подключения TCP. (netstat [-a] [-e] [-n] [-o] [-p протокол] [-r] [-s] [интервал]). Используется ключ -S для вывода статистики. Важно вывести таблицу маршрутизации IP по команде route print. Далее определяем: адреса подсети и адреса хоста по маске подсети; количество и диапазон адресов возможных узлов в подсетях; структуры сети с использованием масок.

Отметим элементы работы по «IP-адресации». Определяем, находятся ли два узла А и В в одной подсети или в разных подсетях (IP-адрес компьютера А: 94.235.16.59; IP-адрес компьютера В: 94.235.23.240; Маска подсети: 255.255.240.0). Получаем номер подсети, выполняя операцию AND над IP-адресом и маской подсети. Определяем количество и диапазон адресов узлов в подсети, если известны номер подсети и маска подсети.

3.7 Моделирование регулирования оборотов дизеля:

```
% Engine characteristic
Engine = '18V50SG' % Engine type
NR = 500; % Engine rated speed [rpm]
NoP = 12; % Number of poles in the generator
NF = 50; % Nomin. frequency
Ncyl = 18; % Number of cylinders
Pcyl = 1070; % Cylinder output in kW
LR = Pcyl * Ncyl * 1000 / (NR / 60 * 2 * pi); % Max. engine torque [Nm]
```

```
% Inertia data
Je = 9300; % Engine inertia [kgm2]
Jg = 12000; % Generator inertia [kgm2]
Jt = Je + Jg; % Total inertia [kgm2]
```

% Time constants

$t_0 = (15/NR) * (1 + 4/(N_{cyl} * 0.5))$; %Firing delay

% Actuator

$t_l = 0.025$; % Actuator time constant

$t_a = 0.12$; % Actuator time constant PG-EG 200 0.12

PGdeg = 38; % Scaling, PG-EG 200, Linear: $x^\circ - x_{xx}^\circ = 38^\circ$

W723 = 70; % Scaling, Full load is 140 mA of 200 mA $\Rightarrow$ 70mA

DegToInd = $66.5/40$;

% Speed pick-up

$t_p = 0.0192$; % Speed pickup time constant

% Low pass filter time constants $(1/(2 * \pi()) * f)$

$f_l = 8.3$; % Speed filter frequency setpoint [Hz]

$t_{fl} = 1/(2 * \pi * f_l)$; % Speed filter time constant ($0.013 = 12$ Hz)

Droop = 0.05; % Speed droop

$K = 1/20e-6$; % Gain for algebraic loop elimination

% PID settings

$P = 0.5$; % Speed control Proportional gain

$I = 0.8$; % Speed control Integral gain

$sdr = 23$; % Derivative ratio

$GR = 1$; % Gain ratio

$EW = 10$; % Error window

$D = 1/(sdr * I)$; % Speed control derivative gain

$t_f = 0.2/(sdr * I)$; % Speed control time constant

Фрагмент программы для моделирования процесса регулирования напряжения генератора:

% Main settings

Generator = 'AMG1600'; %Generacor designation

$V_{ref} = 1$; % [p.u.] Voltage reference in [p.u.]

$U_r = 15000$; % [V] Rated voltage

DRP = 4; % Droop setting in per cent value

% AVR gain and time constant

Tr = 0.02; % Terminal voltage transducer time constant (AVR voltage sensing)

Ufmax = (1.4*165-8) ; % 1.4*Upwr-8

Ufnom = 35.1; % Excitation voltage at nominal terminal voltage

VRmax = Ufmax/Ufnom; % [p.u.] Voltage Regulator maximum output

VRmin = 0; % [p.u.] Voltage Regulator minimum output

Kceil = VRmax; % Amplification due to power supply voltage

Ug = 0.11; % [p.u.] Remanence voltage

% Control settings

Vp = 40; % Proportional gain, 1 ... 200

Ta = 9.0; % [s] Integral time constant 0.01 ... 20

Tb = 0.2; % [s,0.01 ...5] Derivative time constant

Kdt = 3.0; % Derivator output gain

% Exciter constants (IEEE Std 421.5)

Te = 0.26; % [s] exciter time constant, intergration rate associated with exciter control

Ke = 0.88; % Exciter constant related to self excited field

EFmax = 7.06; % Exciter saturation definition voltage

SEmax = 0.36; % Exciter Saturation function value corresponding EFmax

EFo75 = 0.75*EFmax; % Exciter saturation definition voltage

SEo75 = 0.05; % Exciter Saturation function value corresponding 0,75*EFmax

% Generator constants

Tdo = 9.214; % Generator open circuit time constant

Iq/Ir = 0; % Reactive current/rated current ratio

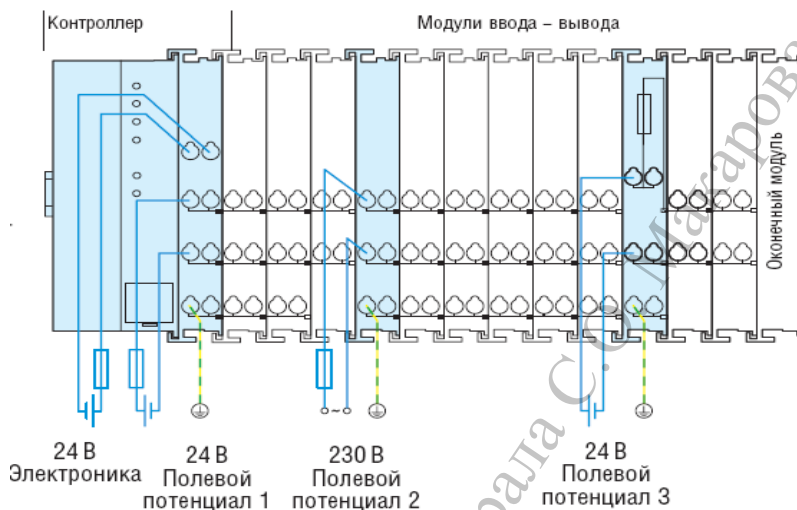


Рисунок 3.6 - Модулем (Slave) управляет контроллер (Master)

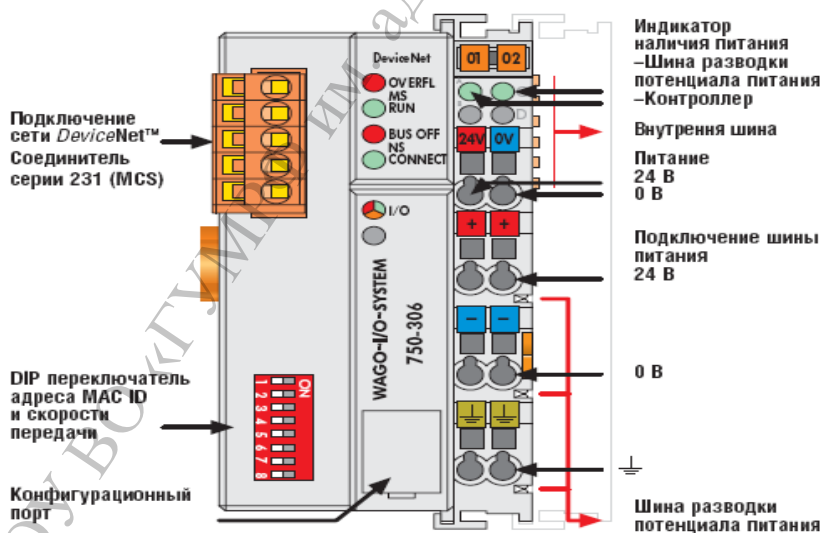


Рисунок 3.7 - Контроллер DeviceNet

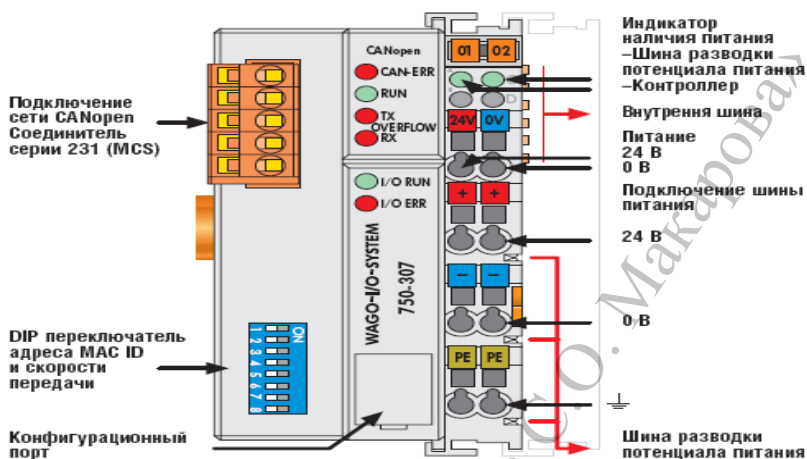


Рисунок 3.8 - Контроллер CANopen

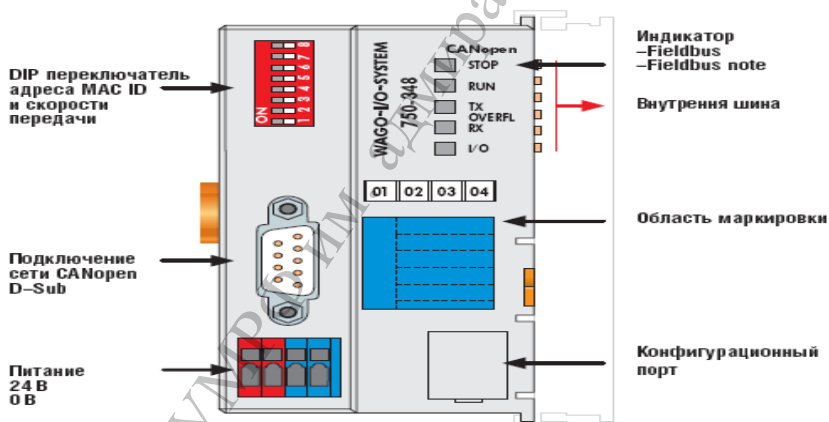


Рисунок 3.9 - Контроллер CANopen-Fieldbus note

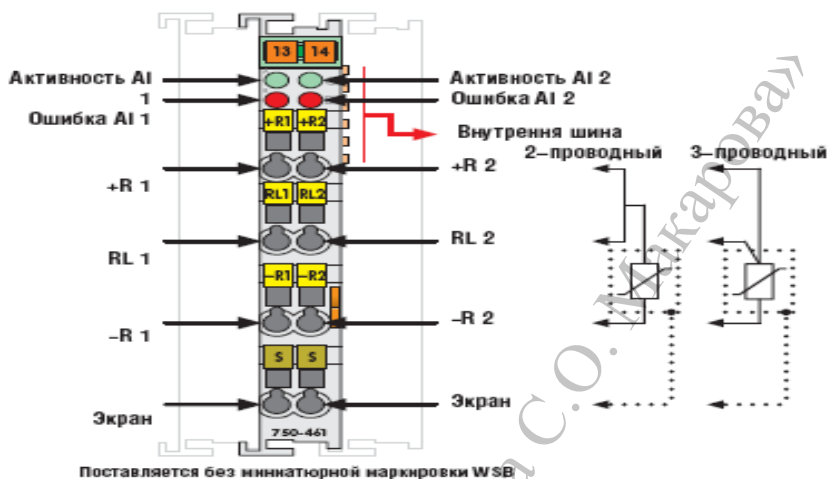


Рисунок 3.10 - Модуль ввода сигналов с термометров сопротивления

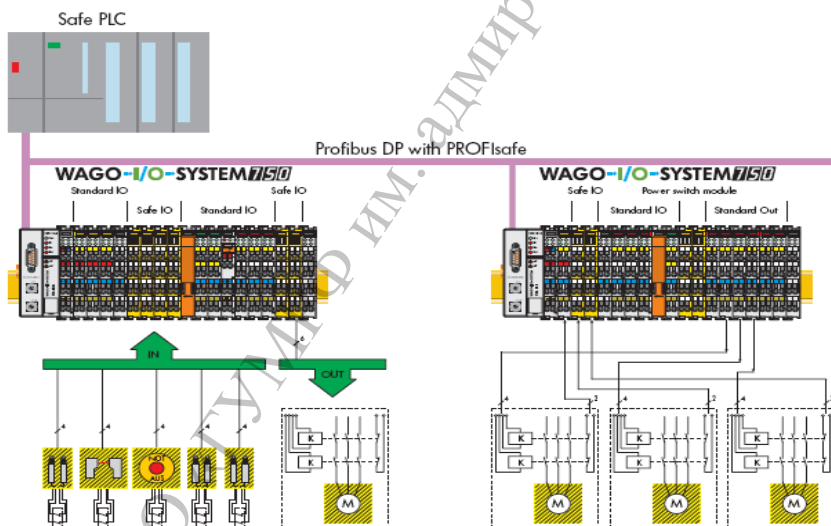


Рисунок 3.11 - Сеть на модулях WAGO-I/O-SYSTEM 750

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.

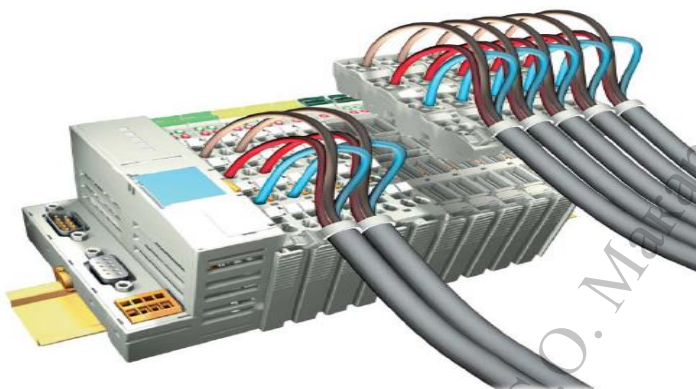


Рисунок 3.12 - WAGO-I/O-SYSTEM 750 со штекерным соединением

Заключение

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 ИСУ СЭУ. 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 ИСУ СЭУ. Дефицит знаний на всех уровнях эксплуатации и отставание в развитии интерсервиса современной матроники усложняет своевременное обнаружение и оперативное прогнозирование признаков возникновения аварийных ситуаций. Необходимо оперативно обучать скрытым уникальным возможностям матроники для самоидентификации низкого качества горюче-смазочных материалов, своевременное обнаружение которых обеспечит запас работоспособности современного транспорта. Обучение потребителей сенсорно-серверно-сетевому

энергоаудиту на базе возможностей матроники расширит внедрение новых технологий.

Концепция системной интеграции матроники ориентирована на ускорение интеллектуализации серверно-сетевого управления транспортом в части процессов: мониторинга, аудита и сервиса. Концепция построения специализированных подсистем матроники 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 модулей и агрегатов. Вторая медленно совершенствуется транспортными структурами и требует опережающего обучения эксплуатации матроники в энергоустановках.

Бортовые сети успешно реализуют 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.

Ресурсы матроники стимулируют 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 транспортных систем; 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.

Общность элементов теорий открытых систем, сетей, технологий для развития управления и информатики в транспортных комплексах стимулирует международную стандартизацию и открывает ресурсы для обучения интерсервису в части современных компонентов —

идентификации, абстрагирования, типизации, унификации, модульности, агрегирования и преемственности для увеличения привлекательности мехатронных транспортных комплексов на всех этапах их жизненного цикла.

В дизельном режиме модуль CCM-20 Diesel управляет: лубрикаторной смазкой, форсунками для дизельного топлива, выхлопным клапаном и мехатронными измерителями: положения выхлопного клапана, давления в цилиндре, температуры стенки втулки цилиндра, температуры выхлопных газов с учетом контроля клапана управления «сжатым воздухом» при пусках в WX62-72DF.

В газовом режиме модуль CCM-20 управляет процессами в цилиндре: клапаном «впрыска топливного» газа; измерителями: «уровня» лубрикаторного масла (нижний/верхний); детонации для оптимизации управления форсунками для впрыска «запального» дизельного топлива с учетом измерителей «позиций» всех выпускных газовых клапанов.

Два сегмента топливных магистралей, контролируются измерителями давления топлива. Сегменты магистралей топливных: основные и вспомогательная управляются FCM 20 – мехатронными модулями. Через сегменты сетевых магистралей взаимодействуют FCM 20: 3-5 и управляют тремя топливными актуаторами для пар топливных помп, помп топливных бустеров и модулем питания.

Сегмент магистрали «сжатого управляющего масла» и отсечной клапан давления масла формируют «сжатое управляющее масло» для «клапанов импульсной подачи» топлива через форсунки и «выхлопных клапанов». Через сегмент сетевой магистрали взаимодействуют мехатронные модули, управляющие двумя помпами «сжатого управляющего масла» и модулем питания. Оперативный контроль выполняется парами измерителей: «расхода», давления масла с помощью сервисной помпы «сжатого управляющего масла».

Сетевые двоянные магистрали и «мультиплексированная сеть» реализуют взаимодействие мехатронных модулей. При управлении: насосами «сжатого управляющего масла» и модулем питания используются: измерители давления масла в 2-х сегментах магистралей «сжатого управляющего масла». Сегменты топливной магистрали для «клапанов импульсной подачи» топлива через форсунки и «коллектор сжатого управляющего масла» контролируются парами клапанов: предохранительных и «заданного давления» и «аварийным клапаном».

Перспективен переход на установку «Специального агрегата» с Взрывозащитной магистралью и «щлюзом» и компоненты матроники для подачи и подготовки газомоторного топлива по технологии Wartsila DF.

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/мин (1/сек)
$M_{\text{кр}}$	– Крутящий момент двигателя МН·м
P_o, T_o	– Давление и температура окруж. среды Н/м ² , МПа
P_i, 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 -
$P_c \text{ и } T_c$	– Давление и температура в конце сжатия "
$P_z \text{ и } T_z$	– Максимальные значения давлений и температур в цилиндре "
T_T	– Температура газов перед газовой турбиной °С

T и Z	– Тангенциальная и радиальная силы в КШМ
H	
G _ч и g _e	– Часовой и удельный расходы топлива кг,
	кг/кВт.ч
G _в	– Заряд воздуха в цилиндре
	кг
L'₀	– Теоретически необходимое количество воздуха для
	сгорания
	1 кг топлива
α	– Коэффициент избытка воздуха
	кг/кг
α _{сум}	– Суммарный коэффициент избытка воздуха
	-
φ _α	– Коэффициент избытка продувочного воздуха
	-
g _ц	– Цикловая подача топлива
	г
φ _{оп} \ φ _{нп} , φ _п	– Углы опережения и продолжительности подачи
	топлива
h _α	– Активный ход плунжера ТНВД
	град
σ	– Напряжение
	Н/м кг/м
η _i , η _e	– Индикаторный и эффективный КПД двигателя
	-
η _к и η _т	– КПД компрессора и турбины
	-
Q _н ^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	– Wärtsilä Information System Environment (Информационная система составления отчетов, ведения журнала, документации в электронной форме и внешних интерфейсов)
WOIS	– Wärtsilä 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



– Accumulator



– 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

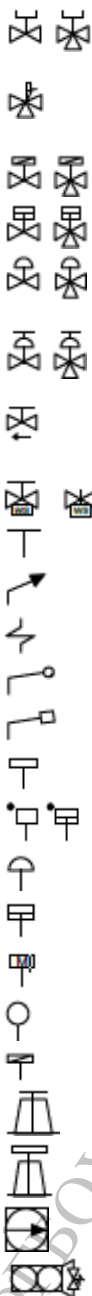


– Screw Down Non Return Valve
(Globe / Angle)



– 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
	– Reciprocating Type Pump
	– Eductor (Ejector)
	– Diaphragm 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

Список литературы

1. *Нелепо Б.* Интегрированные системы для гидрофизических исследований /Б.А. Нелепо, Г.В. Смирнов, А.Б. Шадрин [Текст]. Л.: Гидрометеиздат, 1990 – 236 с.
2. *Смирнов Г.* Измерительно-вычислительные комплексы для океанологических экспериментальных исследований /Г.В.Смирнов, А.Б. Шадрин [Текст]. Владивосток.: Дальнаука, 1993 – 453 с.
3. *Шадрин А.* Роль автотроники и телематики в интеграции сервисов для транспорта/ А.Б. Шадрин, Л.В. Тузов [Текст]. журнал Транспорт Российской Федерации. - 2008. N 1. С. 54-57.
4. *Шадрин, А.* Открываем сетевые ресурсы матроники транспорта /А.Б. Шадрин, С.А. Ромашова, И. Кастильо Чагин [Текст]. журнал Транспорт Российской Федерации. - 2009. N 3-4. С.26-29.
5. *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 [Текст]. СПб.: Изд-во СЗТУ, 2010. 204 с.
6. *Шадрин, А.* Информационные сети и телекоммуникации: учеб.-метод. комплекс (информация о дисциплине, рабочие учебные материалы, информационные ресурсы дисциплины)/сост. А.Б. Шадрин [Текст]. СПб.: Изд-во СЗТУ, 2009. 217с.
7. *Шадрин А.* Совершенствуем элементы интеллектуальных транспортных комплексов/А.Б.Шадрин - Сборник научных статей к юбилею кафедры процессов управления и информационных систем. [Текст]. СПб: СЗТУ, 2010. С.122-130.
8. *Шадрин А.* Интеграция процессов в сфере петли качества интеллектуальных транспортных комплексов/А.Б. Шадрин [Текст].

Сборник научных статей к юбилею кафедры процессов управления и информационных систем. – СПб: СЗТУ, 2010. С.138-164.

9. *А.с. 900287 (СССР)*. Система автоматизации исследований /Г.Н.Григорьев, С.Н.Домарацкий, О.С.Зудин, И.П.Котик, Г.Н.Куклин, Н.В.Попенко, А.А.Новиков, Б.Л.Лиснянский, А.Б.Шадрин (СССР), Р.Ааринен, О.Вайнио, С.Кауппинен, О.Лааксонен, И.Линдфорс, М.Тюрвяйнен (Финляндия)/ - заявл. 01.07.80, № 2983670/18-24 [Текст]. Оpubл. в Б.И., 1982, № 3, М.Кл. G06F15/16.

10. *А.с. 1070484 (СССР)*. Зондирующий комплекс профиля скоростей течения /Г.В.Смирнов, В.М.Кушнир, А.Б. Шадрин, Б.В. Шамрай/ - заявл. 22.10.82, № 3502837/18-10 [Текст]. Оpubл. в В.И., 1984, №4, М.Кл. GOIP5/00.

11. *А.с. 1163272 (СССР)*. Комплекс автономных измерителей течения /Г.В.Смирнов, В.М.Кушнир, Б.В.Заикин, А.Б.Шадрин, Б.В.Шамрай/ - заявл. 5.11.83, № 3689340/24-10 [Текст]. Оpubл. в Б.И., 1985, № 23, У.Кл. GOIP5/00.

12. *А.с. 788115 (СССР)*. Устройство для кодирования случайного процесса /Ю.Л.Белов, Н.Н.Завадский, В.В.Савков, Г.Я.Мирский, А.Б.Шадрин/ - заявл. 31.07.78, № 2668875/18-24 [Текст]. Оpubл. в Б.И., 1980, № 46, М.Кл. 3G06F15/36.

13. *А.с. 1207298 (СССР)*. Способ и комплекс для измерений пространственно-временной структуры синоптических возмущений в океане /Б.А.Нелепо, Г.К.Коротаев, В.М.Кушнир, Г.В.Смирнов, А.Б.Шадрин, Б.В.Шамрай/ - заявл. 6.09.83, № 3639327/10, М.Кл. GOIWI/CO. [Текст].

14. *А.с. 1626091 (СССР)*. Способ вертикального профилирования гидрофизических элементов/В.М.Кушнир, А.Б. Шадрин/ - заявл. 08.10.87, № 4313862/18-10 [Текст]. Оpubл. в Б.И., 1990, №10, М.Кл. G 01D 21/00. 130.

15. *Шадрин А.* Серверно-сетевая синхронизация генераторов/А.Б. Шадрин, В.И. Брежнев [Текст]. М. журнал Научное обозрение, 2016, N9. С. 252-257.

16. *Шадрин А.* Ресурсы серверно-сетевого управления энергоустановками /А.Б. Шадрин, В.И. Брежнев [Текст]. М. журнал Научное обозрение, 2014, N1. С. 72-79.

17. *Шадрин А.* Серверно-сетевые процессы автоматизации выдачи мощности для интегрированного металлургического комплекса/А.Б. Шадрин, В.И. Брежнев [Текст]. М. журнал Научное обозрение, 2015, N20. С. 124 - 128.

18. *Шадрин А.* Интегрированное сетевое управление в энергосистемах / А.Б. Шадрин, В.И. Брежнев [Текст]. М. журнал Научное обозрение, 2013, №9. С. 392 - 397.

19. Шадрин, А. Ресурсы мехатроники в энергоустановках / А.Б. Шадрин [Текст]. журнал Транспортное дело России.- М.: 2018, №6, С.312-317.

20. *Шадрин, А.* Дизели для океанотехники / А.Б. Шадрин [Текст]. Материалы восьмой Всероссийской межотраслевой научно- технической конференции «Актуальные проблемы морской энергетики» СПб: ГМТУ, 2019. С.210-214.

21. *Шадрин, А.* Бортовые сети в энергоустановках / А.Б. Шадрин [Текст]. Материалы седьмой Всероссийской межотраслевой научно- технической конференции «Актуальные проблемы морской энергетики» СПб: ГМТУ, 2018. С.339-342.

22. Шадрин, А. Бортовые сети в энергоустановках / А.Б. Шадрин [Текст]. Сборник научных статей национальной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова». - Т. 2 - СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2018. С.272-279

23. *Soccol S.* High-pressure components of common-rail system / S. Soccol, W. Brühmann // Diesel Engine Management. - Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014. - Pp. 128 -151. DOI: 10.1007/978-3-658-03981-3_13.

24. *Kampichler D.* Industrial and Marine Engines / D.I.G. Kampichler, I.H. Bülte, I.F. Koch, K. Heim //Handbook of Diesel Engines. - Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. - Pp. 559–608. DOI: 10.1007/978-3-540- 89083-6_18.

25. *Asada K.* Improving Internal Fatigue Strength of the Rail for Diesel Engine Common Rail System / K. Asada, M. Usui, R. Kusanagi, E. Watanabe, K. Mizuno. - SAE Technical Paper, 2000. - № 2000-01-0707. DOI: 10.4271/2000-01-0707.

26. *Kendlbacher C.* Advanced injection systems for large marine and industrial engines / C. KendlbacherD. Blatterer, M. Bernhaupt // MTZ industrial. - 2015. - Vol. 5. - Is. 1. - Pp. 42-49. DOI: 10.1007/s40353-015- 0509-6.

27. *MAN Diesel & Turbo* - Common Rail. Design & Field Experience [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.scribd.com/document/348692064/man-common-rail-pdf>

Шадрин Александр Борисович, д-р техн. наук, проф.
МАТРОНИКА ДИЗЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

монография



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. 9,45. Тираж 100 экз. Заказ №