

НАДЕЖНО, ЭФФЕКТИВНО, ЭКОНОМНО: НОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОТУРБИННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ ОТ КОМПАНИИ «НПП ЭИС»

Н.М. КРЮЧКОВ (ЗАО «НПП ЭИС»)



Электронные
Информационные
Системы
нпп

В статье рассматривается замена системы управления передвижной автоматизированной электростанции ПАЭС-2500М на унифицированный, серийно поставляемый комплекс «Пилон», разработанный с использованием последних отечественных программно-технических достижений в области создания АСУ ТП в газовой и нефтяной промышленности.

Ключевые слова: газотурбинная электростанция, система автоматического управления, САУ ПАЭС-2500, АСУ ТП, программно-технический комплекс, капитальный ремонт автоматики, промышленный компьютер автоматики, модули ввода и вывода.

10 декабря 2015 г. на компрессорной станции Бобровского ЛПУ МГ ПАО «Газпром трансгаз Югорск» (ХМАО, п. Лыхма, 63.2418° с.ш., 66.0293° в.д.) состоялся ввод в промышленную эксплуатацию системы автоматического управления (САУ) передвижной газотурбинной электростанции ПАЭС-2500М (рис. 1) – САУ ПАЭС-2500М «Пилон-3».



Рис. 1. Электростанции ПАЭС-2500М

Разработка САУ ПАЭС-2500М «Пилон-3» состоялась благодаря инициативе и сотрудничеству трех компаний:

- ЗАО НПП «Электронные информационные системы» (разработчик, www.eisystem.ru);
- АО «Авиадвигатель» (изготовитель газотурбинной установки, www.avid.ru);
- ПАО «Волчанский агрегатный завод» (изготовитель топливной аппаратуры, www.vza.com.ua).

Заказчиком в лице ПАО «Газпром трансгаз Югорск» были определены следующие индивидуальные требования проведения капитального ремонта электростанции ПАЭС-2500М:

- замена авиационной аппаратуры управления газотурбинным двигателем на технические средства существенно меньшей стоимости;
- уровень надежности, самодиагностики системы и конструкционные решения должны обеспечивать её обслуживание персоналом электростанции без привлечения специалистов высокой квалификации;
- уровень автоматизации электростанции должен обеспечивать её эксплуатацию без необходимости постоянного присутствия оператора.

Технические требования к ремонту электростанции были согласованы в документах [1, 2].

САУ ПАЭС-2500М «Пилон-3» предназначена для автоматического управления газотурбинной электростанцией (ГТЭС) с авиационным двигателем Д-30ЭУ при её

автономной работе или параллельной работе с другими электростанциями. Система имеет модификации и может использоваться при замене автоматики на ГТЭС как с газотурбинными, так и с газопоршневыми двигателями.

Система решает следующие задачи:

- автоматический пуск, управление, защита и остановка газотурбинной установки;
- управление и контроль вспомогательным технологическим оборудованием электростанции (вентиляция, отопление, регулирование температуры масла и т.д.);
- синхронизация генератора электростанции с сетью;
- управление активной и реактивной мощностью генератора;
- управление кранами газовой обвязки;
- взаимодействие с другими системами электростанции (охранная, пожарная автоматика, системы контроля вибраций, содержание метана в отсеках и др.);
- передача SMS-сообщений на номер телефона оператора;
- взаимодействие с верхним уровнем АСУ ТП.

Требования к замене систем автоматики и электропитания электростанции типа ПАЭС-2500М изложены в [3]. При замене оборудования ПАЭС-2500М устанавливаются:

- автоматизированное рабочее место оператора и инженера (рис. 2);
- устройство логической обработки информации (рис. 3);
- низковольтное коммутационное устройство (рис. 4);
- комплект топливной аппаратуры 816.041 с прибором управления СУДТ-7 (рис. 5).

САУ ПАЭС-2500М “Пилон-3” построена на основе комплекса программных и технических средств “Пилон” [4, 5, 6], успешно применяемого для управления газоперекачивающими агрегатами с газотурбинным и электрическим приводом (лидер рынка по надежности; более 220 внедрений на объектах ПАО “Газпром”).

В базовую структуру комплекса “Пилон” (рис. 6) входят два взаиморезервированных автоматизированных места оператора на базе персональных компьютеров и устройства логической обработки в составе:

- промышленный компьютер автоматики с тройным резервированием;
- блоки с модулями ввода и вывода сигналов в необходимом количестве, номенклатура которых определяется как технологически-



Рис. 2. Автоматизированные рабочие места оператора и инженера

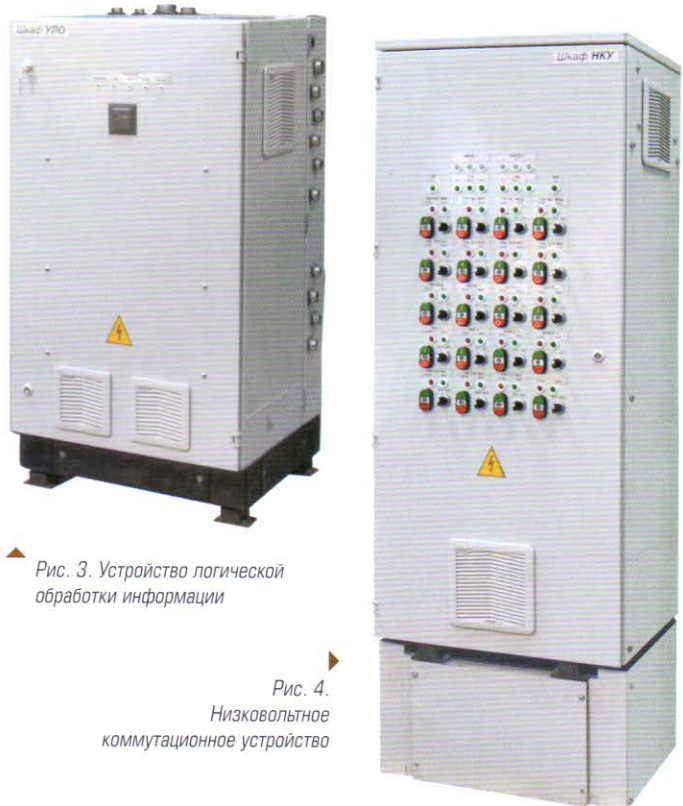


Рис. 3. Устройство логической обработки информации

Рис. 4. Низковольтное коммутационное устройство

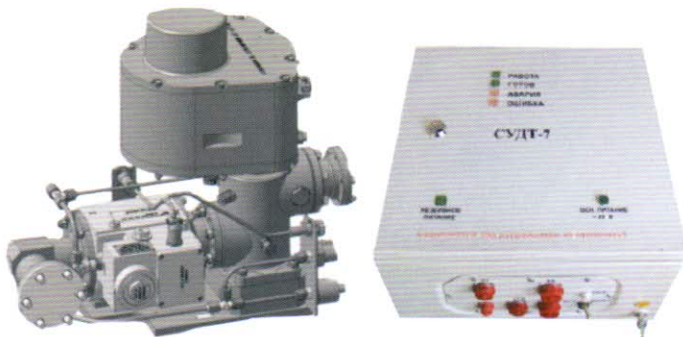


Рис. 5. Комплект топливной аппаратуры 816.041

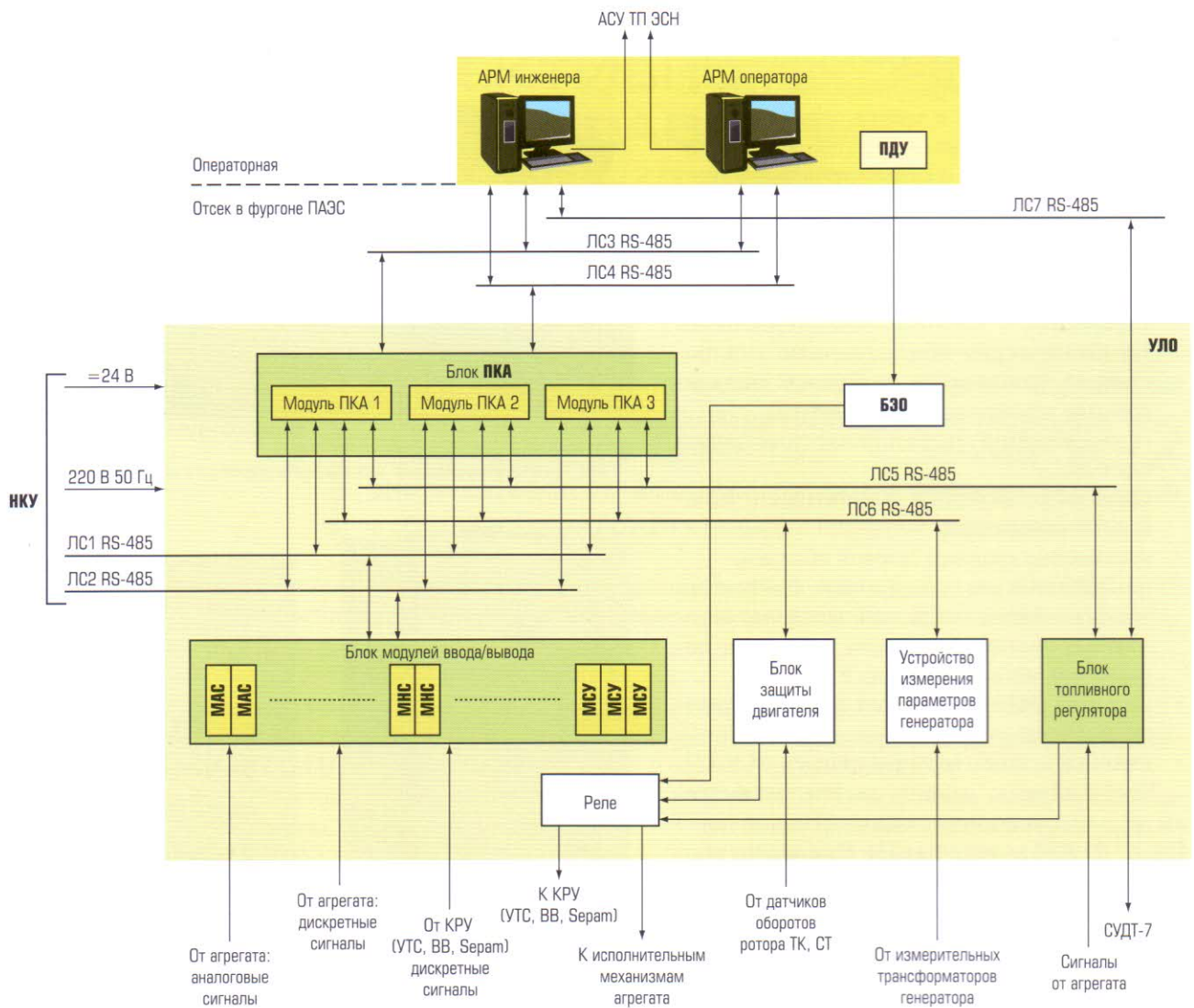


Рис. 6. Структурная схема САУ ПАЭС-2500М: УЛО – устройство логической обработки информации; ПКА – промышленный компьютер автоматизации; МАС – модуль ввода аналоговых сигналов; МНС – модуль ввода низковольтных /дискретных/ сигналов; МСУ – модуль вывода сигналов управления; ПДУ – пульт дистанционного управления; БЭО – блок экстренного останова; НКУ – низковольтное коммутационное устройство

ми параметрами и исполнительными механизмами, так и вариантом их резервирования – двойное, тройное;

- блок топливного регулятора;
- блок защиты двигателя;
- блок экстренного останова;
- реле – формирователи выходных команд;
- специфические технические средства.

В частности, устройство измерения высоковольтных параметров генератора.

УЛО предназначено для управления оборудованием ПАЭС-2500М и его защиты в следующих режимах:

- горячий резерв;
- холодная прокрутка;
- холостой ход;
- работа под нагрузкой;

- нормальный останов;
- экстренный останов;
- аварийный останов по сигналу “Пожар”.

УЛО выполняет следующие функции:

- прием и обработку сигналов от датчиков, блок-контактов исполнительных механизмов и устройств электростанции;
- обработку информации и формирование команд управления на агрегаты, и исполнительные механизмы газотурбинного двигателя по заданному технологическому алгоритму;
- взаимодействие с ШУВГ, КРУ, СУДТ-7, НКУ;
- автоматическую защиту газотурбинного двигателя в соответствии с установленными программными защитами или с помо-

стью блока защиты двигателя (надсистемная аппаратная защита при превышении максимальных значений оборотов ТК или СТ двигателя);

- обмен информацией с АРМ оператора и АРМ инженера;
- обмен информацией с АСУ ТП ЭСН.

Электропитание УЛО осуществляется от низковольтного коммутационного устройства (НКУ). На объекте УЛО достаточно подсоединить только к контуру безопасности (шине заземления), так как для его работы не требуется использовать инструментальный контур заземления, что снижает расходы при строительстве и монтаже. Специальное конструктивное исполнение УЛО обеспечивает его установку и эксплуатацию на одной вибрирующей платформе с газотурбинным двигателем. Основные технические характеристики УЛО представлены в таблице 1.

Применённое в системе “горячее” резервирование устройств с фирменным (собственным) программным обеспечением гарантирует следующие требуемые возможности:

- сохраняет устойчивость к сбоям и бесперебойную работу системы при возникновении различных неисправностей в аппаратуре, т.е. обеспечивает безопасность функционирования электростанции;
- позволяет осуществлять “горячую” замену отказавшего устройства;
- не требует постоянного присутствия дежурного персонала для принятия срочных мер по восстановлению работоспособности системы. Соответствующее оповещение персонала осуществляется путем рассылки SMS-сообщений;
- обеспечивает взаимозаменяемость операторских станций, включая возможность доступа ко всей необходимой информации и возможность управления оборудованием.

Система диагностики в каждом цикле контролирует и регистрирует понижение резерва при возникновении следующих неисправностей:

- недопустимое напряжение на выходе блока питания или его отказ;
- отказ коммуникационного канала (нарушение обмена данными по линии связи);
- отказ канала ввода или вывода дискретных сигналов;
- отказ измерительного канала;
- отказ ПКА (аппаратный и программный);
- обрыв проводов от датчика;
- отказ датчика.

Таблица 1. Технические характеристики УЛО

Название	Значение
Количество измерительных каналов, шт.	72
Количество каналов приема дискретных сигналов, шт.	256
Количество каналов (дискретных команд) управления, шт.	160
Количество линий связи с АРМ – RS-485 (ВОЛС), шт.	2
Количество линий связи с НКУ – RS-485, шт.	2
Количество линий связи с АСУ ТП ЭСН – Ethernet 10/100, шт.	2
Основная приведенная погрешность измерительных каналов – не более, %	0,2
Длительность цикла от опроса входных аналоговых и дискретных сигналов до выдачи управляющих команд:	
• для двигателя – не более, с	0,02
• для остальных систем – не более, с	0,1
Период обновления информации на мониторе АРМ оператора – не более, с	1
Электропитание от источника:	
• переменного тока частотой 50 Гц с напряжением, В	220
• постоянного тока напряжением (резервное питание), В	24
Габаритные размеры (В×Ш×Г), мм	1200×600×400

Несмотря на избыточность аппаратных средств, связанных с технологией резервирования, стоимость САУ ПАЭС-2500М “Пилон-3” меньше стоимости систем без резервирования на базе контроллеров зарубежных фирм Siemens AG, General Electric, Rockwell Automation и Schneider Electric, что достигнуто благодаря выполнению специально разработанного комплекса мер.

Функционирование САУ ПАЭС-2500М обеспечивается четырьмя ПКА (рис. 7): тремя общестанционными (блок ПКА) и одним топливорегулирующим (блок топливного регулятора).

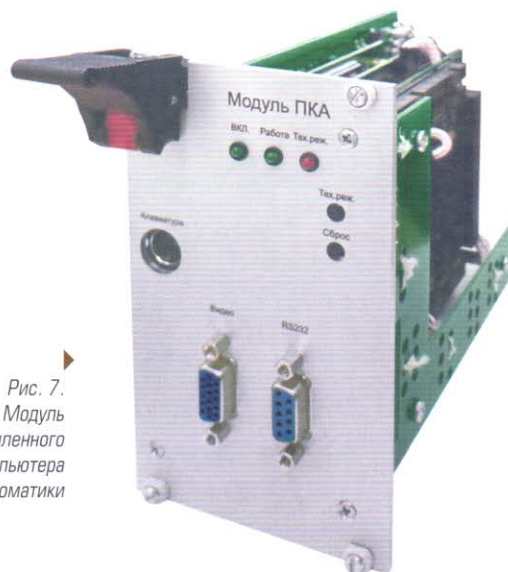


Рис. 7. Модуль промышленного компьютера автоматике

Таблица 2. Технические характеристики ПКА

Название	Значение
Процессор	Vortex86DX
Частота процессора, МГц	600
Объем статического ОЗУ, МБ	256
Flash – диск microSD, ГБ	16
Шина накопителя	IDE
Гальванически развязанный канал RS-485, шт.	6
Гальванически развязанный канал CAN, шт.	2
Канал Ethernet 10/100	1
Порт USB 2,0	4
Интерфейс GPIO, бит	8
Количество модулей на шине PC/104	до 3-х
Подключение стандартного монитора (VGA)	Разъем DB-15
Подключение стандартной клавиатуры и манипулятора "мышь"	Разъем PS/2
Контроль работоспособности WatchDog	Есть
Напряжение питания модуля, В	24
Габаритные размеры (В×Ш×Г), мм	130×80×170

ПКА предназначен для локальных и распределенных систем автоматического контроля и управления технологическими процессами на промышленных предприятиях с нормальным и взрывоопасным производством.

Основные технические характеристики ПКА представлены в таблице 2.

Блок ПКА (рис. 8) предназначен для ввода информации от модулей ввода и вывода сигналов, от АРМ оператора, обработки данных и выдачи управляющих сигналов согласно алгоритму работы электростанции.

Три ПКА работают одновременно и независимо друг от друга с синхронизацией данных в каждом цикле. Управление устройствами (выдача команд) выполняется одним ПКА, который определяется мажоритарной логикой голосования – два из трех.

Блок топливного регулятора (рис. 9) обеспечивает выполнение следующих функций управления газотурбинным двигателем на всех режимах его работы:

- автоматическую проверку готовности и подготовку к запуску;
- холодную прокрутку;
- запуск;
- управление на переходных режимах;
- поддержание статического режима;
- нормальную и аварийную остановку;
- ограничение предельных параметров;
- управление механизмами компрессора двигателя;
- управление противообледенительной системой;
- защиту от раскрутки ротора свободной турбины;
- корректировку режимов двигателя по командам блока ПКА.



Рис. 8. Блок ПКА

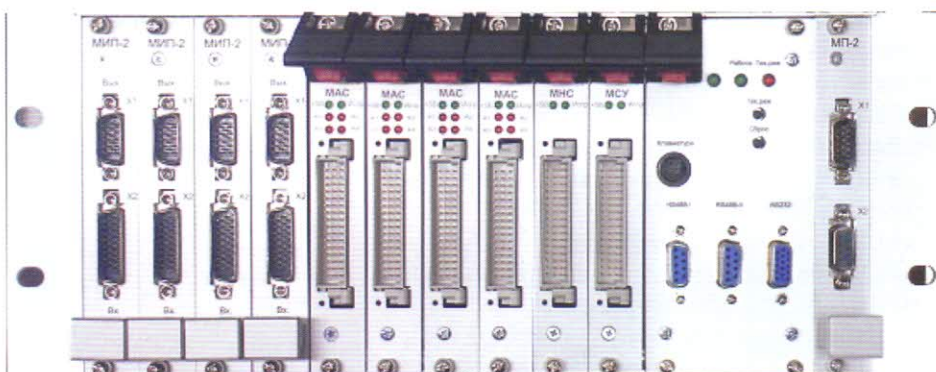


Рис. 9. Блок топливного регулятора

Основные технические характеристики топливного регулятора представлены в таблице 3.

Управление дозатором топлива (серия ДВБ) с помощью прибора СУДТ-7 осуществляется путем выдачи блоком топливного регулятора пропорционального токового сигнала (4-20) мА, определяющего положение исполнительного механизма дозатора. При этом току 4 мА соответствует положение “ИМ закрыт” и току 20 мА – “ИМ открыт”. Время полной перекладки исполнительного механизма – не более 0,3 с.

Перекрытие или открытие топливной магистрали перед дозатором газа осуществляется путем выдачи соответствующей команды блоком топливного регулятора на запорное устройство – двухпозиционный регулятор топлива (серия СКВБ).

Работа САУ ПАЭС-2500М “Пилон-3” в полностью автоматическом режиме на этапах выхода на режим “Холостой ход” иллюстрируется графически на рис. 10.

НКУ предназначено для:

- приема и распределения напряжения 380В переменного тока частотой 50Гц;
- обеспечения оборудования ПАЭС-2500М основным и резервным электропитанием;
- автоматического и ручного управления (включения/выключения) электрооборудования электростанции (клапана, ТЭНы, электродвигатели и др.);

Таблица 3. Технические характеристики топливного регулятора

Название	Значение
Количество измерительных каналов с входом ТХА ХА(К), шт.	5
Количество измерительных каналов с входом ТСП 100П, шт.	3
Количество измерительных каналов с входом (4-20) мА, шт.	4
Количество измерительных каналов с частотным входом (0-20) кГц, шт.	4
Количество каналов приема дискретных сигналов + 24 В, шт.	32
Количество каналов управления с выходом (4-20) мА, шт.	2
Количество каналов управления (дискретных команд) + 24 В, шт.	32
Длительность цикла от опроса входных аналоговых и дискретных сигналов до выдачи управляющих команд – не более, с	0,02

- защиты силовых цепей электрооборудования ПАЭС-2500М от токов короткого замыкания и перегрузок.
- НКУ выполняет следующие функции:
- прием от УЛО и выполнение команд управления исполнительными механизмами;
 - обеспечение исполнительных механизмов и устройств электростанции электроэнергией необходимого напряжения;
 - выдачу сигналов о состояниях электрооборудования;
 - сигнализацию на местном щите о включении устройств;

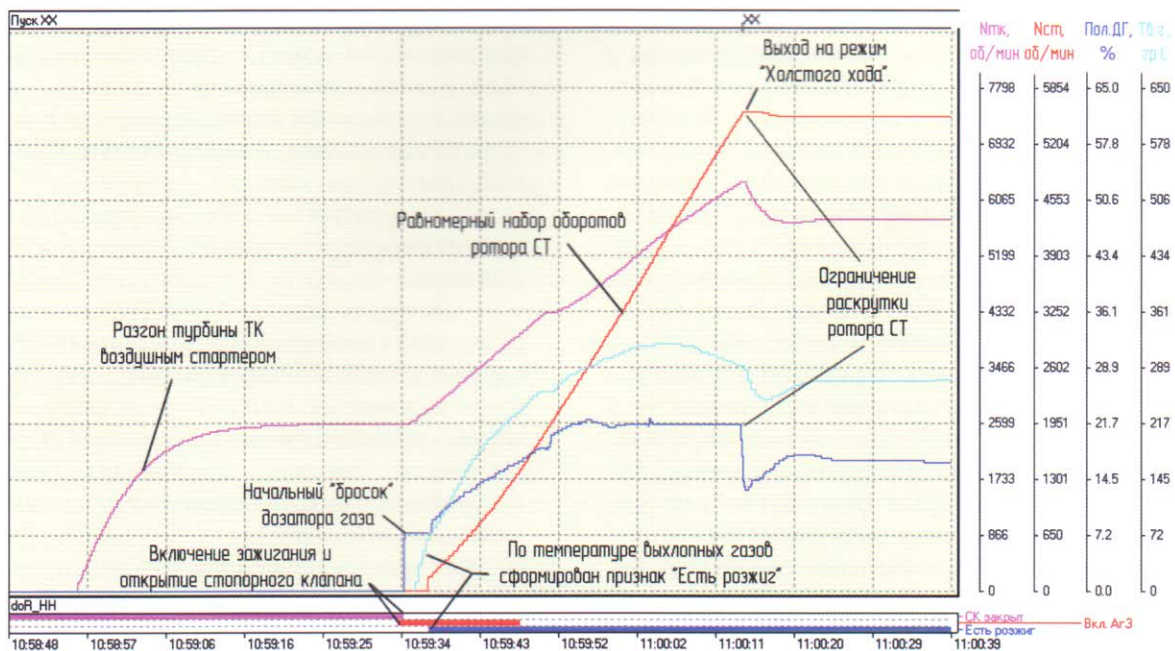


Рис. 10. Рабочий тренд запуска и выхода двигателя на режим “Холостой ход” (XX): $N_{Тк}$ – обороты ротора турбокомпрессора; $N_{ст}$ – обороты ротора свободной турбины; Пол. ДГ – положение дозатора газа; Тв.г. – температура выхлопных газов; СК – стопорный клапан; АгЗ – агрегат зажигания

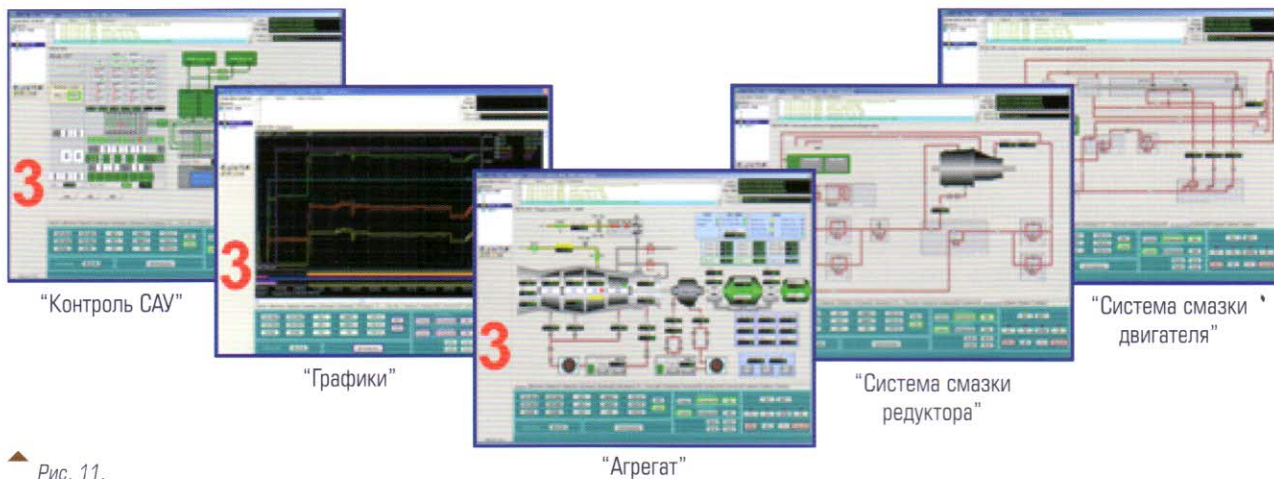


Рис. 11. Экранные формы АРМ оператора и инженера

- защиту силовых цепей от токов короткого замыкания и перегрузок.

Электропитание НКУ осуществляется от двух источников (основного и резервного) переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц и постоянного тока 24 В от аккумуляторной батареи.

Указанные выше режимы работы электростанции выполняются в автоматическом режиме. Персоналу остаётся только ждать окончания технологического процесса и наблюдать за ходом работ на мониторах АРМ оператора и инженера.

Оператор может вмешиваться в ход процесса при необходимости (в случае нештатной ситуации, по команде руководителя работ или при строго регламентированных обстоятельствах), переведя систему в соответствующий режим управления. Экстренную остановку электростанции и пожаротушение оператор может выполнить в ручном режиме с пульта дистанционного управления, расположенного на столе АРМ оператора. Тем не менее, вмешательство оператора в любом режиме контролируется автоматическими блокировками и это не даёт ему совершить действия, которые могут привести к аварийной ситуации, т.е. негативная роль человеческого фактора минимизирована. Оператор имеет возможность, пользуясь клавиатурой и манипулятором “мышь”, производить переключение информации на мониторах и оценивать состояние оборудования и качество его работы, а также дистанционно управлять электростанцией. Операторский интерфейс выполнен средствами фирменной (собственной) программы “САУ EIScada” и включает:

- технологические мнемосхемы;
- мнемосхемы, отображающие работу технологических защит;
- журналы сообщений;
- окна паспортов измерительных каналов, обеспечивающие их диагностику и настройку;
- окна регуляторов и механизмов, обеспечивающие их диагностику, настройку и управление;
- мнемосхемы системной диагностики и контроля напряжений;
- окна графиков.

Основные экранные формы АРМ оператора представлены на рис. 11.

АРМ оператора выполняет следующие основные функции:

- формирование команд управления режимами работы электростанции;
- индикация на мнемосхеме режимов работы устройств и состояния исполнительных механизмов;
- ведение оперативных массивов ретроспективной информации различной продолжительности;
- вывод текущих значений данных, а также ретроспективной информации о значениях параметров в виде диаграмм, графиков, таблиц (индивидуальной или групповой);
- сигнализация отклонений параметров от их допустимых значений (предупредительная и аварийная с сопровождением тональным звуковым сигналом);
- сигнализация об обнаруженном неисправном оборудовании (датчики, устройства, блоки, исполнительные механизмы и др.);
- ведение оперативного и архивного протоколов технологической, предупредительной и аварийной сигнализации;

- предоставление статистических данных по работе оборудования в виде отчетов и журналов;
- расчет ряда параметров и технико-экономических показателей по заданным алгоритмам.

Инструменты из состава программных средств "САУ EIScada" позволяют оператору выполнять следующие функции:

- редактирование мнемосхем;
- редактирование постоянных реквизитов дискретных сигналов и аналоговых параметров, в том числе уставок сигнализации;
- редактирование алгоритма управления.

Таким образом, оператор может полностью конфигурировать каналы ввода-вывода, все защиты, обработку и визуализацию данных, а также логику технологического алгоритма работы электростанции.

САУ ПАЭС-2500М "Пилон-3" сертифицирована в системе добровольной сертификации ГАЗПРОМСЕРТ (сертификат № ГО00. RU.1348.H00137 от 05.10.2015) и внесена Управлением энергетики Департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа в Реестр энергетического оборудования, соответствующего требованиям ПАО "Газпром", под названием "Комплект материальной части для капитального ремонта электротехнического оборудования и системы управления электростанции ПАЭС-2500М".

Внедрение САУ ПАЭС-2500М "Пилон-3" позволило:

- выполнять в приполярных условиях гарантированные пуски газотурбинного двигателя в любое время года и его устойчивую работу за счет программных корректоров;
- получить точность регулирования частоты вращения генератора не более $\pm 0,2$ Гц и выходного напряжения – не более ± 5 % от номинального значения;
- эффективно управлять мощностью электростанции;
- обеспечить защиту от несанкционированных остановов и выхода из строя оборудования электростанции при ошибочных действиях персонала;
- создать благоприятные условия работы для персонала за счет современных алгоритмов

самодиагностики и увеличения коэффициента готовности оборудования, а также снижения трудоемкости обслуживания системы;

- обеспечить персонал достаточной, достоверной и своевременной информацией о ходе технологического процесса и о технико-экономических параметрах работы электростанции.

Эксплуатирующий персонал дал высокую оценку новой САУ ПАЭС-2500М. Эта оценка стоит внимания, так как специалисты "Газпром трансгаз Югорск" работают со многими системами управления, а значит, имеют большой опыт в этой области.

Список литературы

1. *ТТ № 2010-135*. Технические требования на капитальный ремонт системы электропитания и автоматического управления станции ПАЭС-2500М. – АО "Авиадвигатель".
2. *АВЛБ.421439.008ТЗ*. Комплект материальной части для капитального ремонта электротехнического оборудования и системы управления электростанции ПАЭС-2500М. Техническое задание. – ЗАО НПП "ЭИС".
3. *Передвижная* автоматизированная электростанция ПАЭС-2500М. Эксплуатационное техническое указание по замене электротехнического оборудования и системы управления. – ЗАО НПП "ЭИС".
4. *Сертификат* соответствия таможенного союза № ТС RU C-RU.АЛ16.В.11294, Серия RU, № 0405120. "Комплексы программных и технических средств "Пилон".
5. *Свидетельство* об утверждении типа средств измерений RU.C.34.005.А № 36925. "Комплексы программных и технических средств "Пилон".
6. *Свидетельство* государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010615064. "Программа для комплексов программных и технических средств "Пилон".

Крючков Николай Михайлович – главный конструктор ЗАО "НПП Электронные информационные системы".