

# Модернизация системы управления газотурбинной электростанции ПАЭС-2500

С. В. Сальников, Р. А. Седов –  
ООО Фирма «Калининградгазприборавтоматика»

**В статье предлагается современный подход к модернизации системы управления и топливопитания электростанции собственных нужд, позволяющий улучшить эксплуатационные характеристики установки и интегрировать ее в единую энергетическую систему предприятия.**

Затраты электроэнергии на объектах транспортировки газа составляют около 85% общего потребления Газпрома. Для большинства газотурбинных компрессорных станций суммарная мощность нагрузки достигает 2,5–10 МВт. В регионах, удаленных от развитых экономических зон, эта мощность обеспечивается в основном электростанциями собственных нужд (ЭСН) [1]. Потребителями электроэнергии на компрессорных станциях являются технологические установки, устройства КИПиА, САУ и АСУ ТП, оборудование объектов жизнеобеспечения. Надежность функционирования ЭСН, качество вырабатываемой электроэнергии и экономичность работы энергоблоков влияют на безопасность и эффективность компрессорной станции в целом. В качестве источника электроснабжения в составе ЭСН компрессорных станций широко применяются газотурбинные электростанции (ГТЭС) типа ПАЭС-2500 с приводом АИ-20. Так, на компрессорных станциях ООО «Газпром трансгаз Югорск» за 2014 год данные установки обеспечили выработку до 20 % электроэнергии, произведенной электростанциями собственных нужд. С учетом того, что парк ПАЭС-2500, эксплуатируемых на объектах ОАО «Газпром», характеризуется значительной нагрузкой, модернизация морально устаревших и выработавших ресурс систем с целью улучшения эксплуа-

тационных характеристик является актуальной задачей.

Штатная система управления ПАЭС-2500 включает пульт контроля и управления, панель автоматики запуска, топливорегулирующую аппаратуру на базе блоков РПГ-20Д и КТА-5Д, датчики, задвижки и другие исполнительные устройства [2, 3]. При обследовании системы управления на пилотном объекте выявлен ее значительный физический износ, высокая трудоемкость эксплуатации и обслуживания, отсутствие запасных частей. Указанные особенности снижают надежность функционирования ПАЭС-2500.

К недостаткам также следует отнести ограниченные функциональные возможности штатной системы. Например, предусмотренная последовательность запуска ПАЭС-2500 [2, 4] включает ручные операции по воздействию на органы управления одновременно с постоянным контролем приборов. Недостаточно уверенные действия машиниста могут привести к росту температуры продуктов сгорания с последующим аварийным остановом или к зависанию роста оборотов и прекращению запуска. Незавершенные пуски и аварийные остановки снижают ресурс двигателя. При этом оперативность ввода резервного источника значительно снижается из-за ограничений времени работы стартер-генераторов и блока управления стартерами [2].

По результатам анализа опыта эксплуатации ПАЭС-2500 были

определены следующие цели модернизации штатной системы управления:

- выполнение функций автоматического управления, регулирования, контроля и защиты, обеспечивающих безаварийную длительную работу электростанции;
- повышение уровня автоматизации операций контроля и управления ПАЭС-2500 за счет применения современной элементной базы общепромышленного исполнения;
- повышение эксплуатационных характеристик ПАЭС-2500 за счет современных структурных решений САУ;
- восстановление качественных показателей электроэнергии, вырабатываемой электростанцией, в соответствии с современными отраслевыми требованиями [3];
- сокращение количества ошибок персонала;
- создание рабочего места машиниста, соответствующего современному подходу к построению автоматизированных рабочих мест;
- архивирование технологической информации и предоставление ее в виде журналов событий и трендов;
- интеграция в систему управления верхнего уровня (АСУ ТП ЭСН).

Основные элементы модернизированной системы управления показаны на структурной схеме (рис. 1). Система построена на базе программно-технического комплекса САУ ПАЭС, включающего щит автоматики на базе ИВКУ «Неман» (фото 1), автоматизированное рабочее места оператора на базе промышленной SCADA-системы и резервный пульт управления (фото 2). САУ ПАЭС интегрирует все блоки электростанции в единую систему управления при помощи физических и интерфейсных каналов связи.

В рамках модернизации выполняется доработка топливопитающей системы с применением дозатора газа с электронным управлением, установка индукционного датчика оборотов, замена датчиков давления и аппаратуры контроля вибрации на

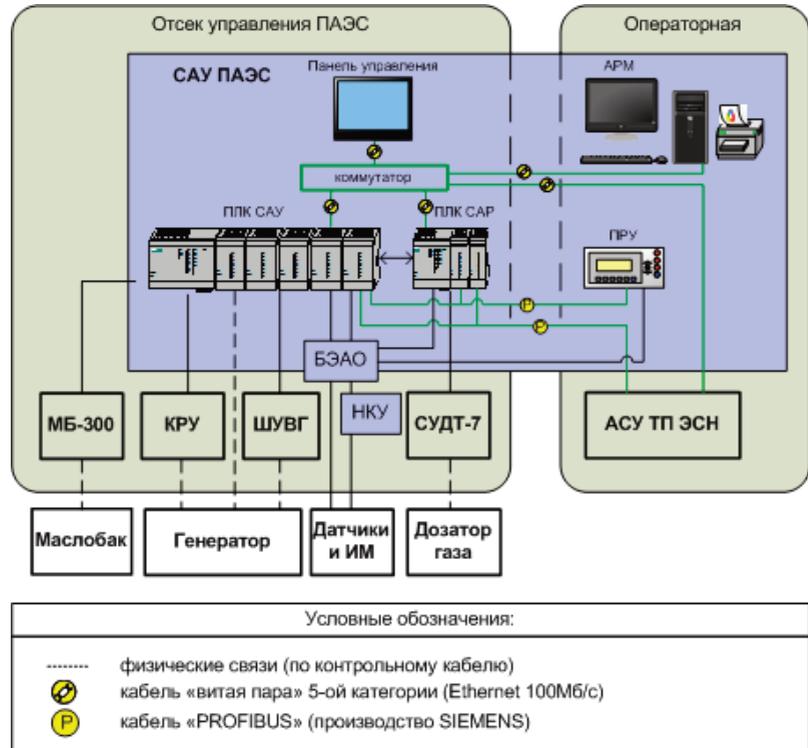


Рис. 1. Структурная схема САУ ПАЭС. МБ-300 – подсистема обогрева маслобака; КРУ – комплектное распределительное устройство; ШУВГ – шкаф управления возбуждением генератора; БЭАО – блок экстренного аварийного останова; НКУ – низковольтное комплектное устройство; СУДТ – блок управления дозатором 816.ДВБ



Фото 1. Щит САУ ПАЭС-2500

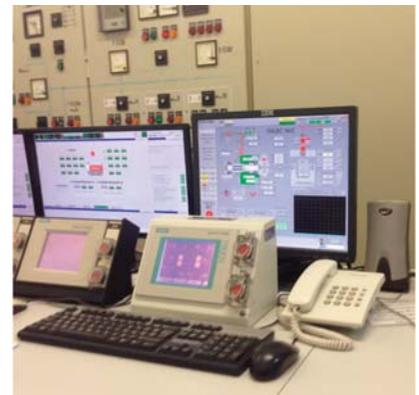


Фото 2. АРМ оператора ПАЭС и резервный пульт управления

современные аналоги, замена кабельных линий.

Функционирование системы обеспечивается двумя программируемыми логическими контроллерами: общестанционным (ПЛК САУ) и контроллером системы топ-

ливного регулирования (ПЛК САР). Контроллеры связаны между собой по каналу связи Industrial Ethernet, критические сигналы дублируются по физическим линиям связи.

Общестанционный контроллер обеспечивает непрерывный контр-

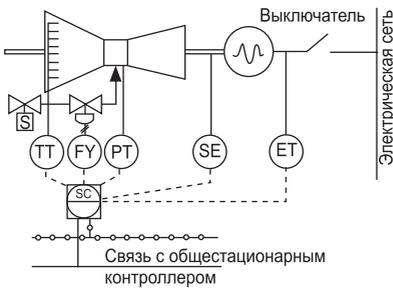


Рис. 2. Структура системы топливного регулирования. SC – топливный регулятор; ТТ – датчики температуры продуктов сгорания; FY – привод дозатора расхода газа; PT – датчик давления воздуха за компрессором; SE – датчик частоты вращения; ЕТ – преобразователь мощности

роль параметров и комплексное управление тепломеханической подсистемой энергоблока (двигатель и вспомогательное оборудование), реализацию автоматических защит, взаимодействие с электротехнической подсистемой (системой управления возбуждения генератора, комплектной распределительной установкой), интеграцию с верхним уровнем управления (АСУ ТП ЭСН).

Контроллер САР обеспечивает автоматическое управление подачей топлива с помощью дозатора газа серии 816.ДВБ (Волчанский агрегатный завод, Украина) по сигналам от преобразователя мощности, датчика оборотов, температуры продуктов сгорания и давления воздуха за компрессором (рис. 2).

Система топливного регулирования функционирует в переходных и устоявшихся режимах работы электростанции. К переходным режимам работы топливного регулятора относятся управление расходом топлива при запуске двигателя, загрузка генератора в сеть, изменение величины нагрузки, останов двигателя.

При запуске после розжига камеры сгорания и контроля устойчивого горения управление расходом газа выполняется по закону:

$$G_T = f(n_{TK}, t_{TC}, t_{BX}),$$

где  $G_T$  – расход газа,  $n_{TK}$  – скорость вращения ротора турбокомпрессора,  $t_{TC}$  – температура продук-

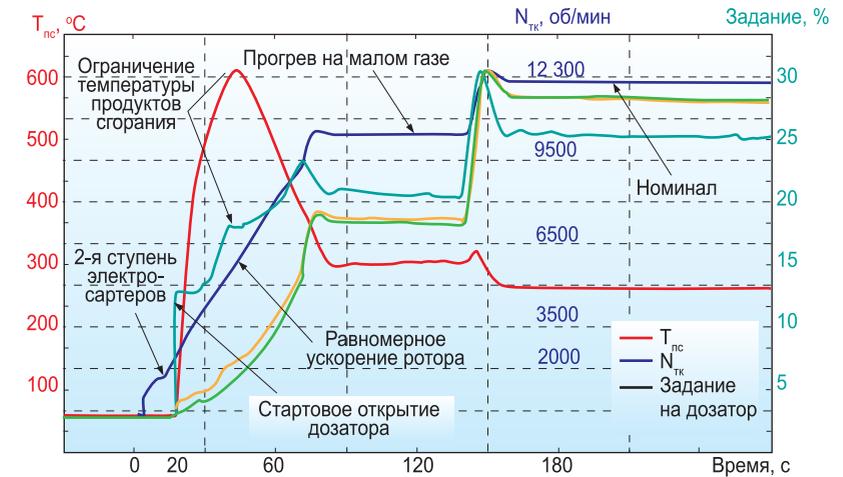


Рис. 3. Тренд запуска

тов сгорания,  $t_{BX}$  – температура на входе ВНА. При разгоне до достижения оборотов малого газа (10 400 об/мин) регулятор поддерживает заданное постоянное ускорение ротора, ограничивая температуру продуктов сгорания за турбиной в зависимости от температуры воздуха [4].

После прогрева турбина автоматически выводится на номинальные обороты (12 300 об/мин). Автоматический запуск показан на рис. 3, время выхода на режим малого газа – не более 90 с при максимально допустимом значении 120 с [4]. При останове, после разгрузки генератора, управление происходит в обратной последовательности.

При загрузке (разгрузке) генератора набор (снижение) мощности выполняется по экспоненциальному закону для предотвращения колебательных процессов в сети.

В устоявшихся режимах регулятор управляет подачей топлива по закону:

$$G_T = f(n_{TK}, P, t_{TC}, P_{OK}, s_B, s_C),$$

где  $G_T$  – расход газа,  $n_{TK}$  – скорость вращения ротора турбокомпрессора,  $P$  – активная мощность,  $t_{TC}$  – температура продуктов сгорания,  $P_{OK}$  – давление воздуха после компрессора,  $s_B$  – положение высоковольтного выключателя,  $s_C$  – ключ астатического режима.

При работе на изолированную нагрузку (автономный режим) или

в роли ведущего агрегата при параллельной работе с другими энергоблоками регулятор обеспечивает поддержание постоянной частоты вращения  $n_{TK}$ . В параллельном режиме, в роли «ведомого», регулятор работает по заданной мощности  $P$ . При этом возможна работа по статической характеристике с обеспечением распределения нагрузки между работающими агрегатами. Вторичное регулирование частоты и мощности при таком режиме возлагается на АСУ ТП ЭСН.

Топливный регулятор реализует функции предельного регулирования температуры продуктов сгорания, давления воздуха за осевым компрессором, ограничение мощности двигателя. Переход между режимным и предельным регулированием выполняется безударно.

Каналы измерения САУ на каждом цикле проходят допусковой, перекрестный и темповый контроль. При отказе критичного для управления канала вступает в работу запасной алгоритм (стратегия выживания), позволяющий продолжить работу ГТЭС до устранения отказа или разгрузить генератор и выполнить нормальный останов.

Для предотвращения аварийной раскрутки двигателя при отключении высоковольтного выключателя по защитам генератора применен алгоритм форсированного закрытия ТРК.

Работа регулятора проверялась на различных режимах в ходе эксплуатационных испытаний модернизированной САУ ПАЭС-2500. Так, при внезапном набросе мощности 400 кВт просадка по частоте составила 0,4 Гц с восстановлением до номинального значения с допуском 0,2 Гц в течение 5 с и далее с допуском 0,1 Гц в течение 10 с.

После капитального ремонта САУ ПАЭС-2500 на опытном объекте достигнуты следующие результаты:

- повышение надежности и сохранение ресурса работы энергоблока за счет применения алгоритмов, обеспечивающих работу оборудования в расчетных режимах;
- снижение количества незавершенных пусков и аварийных остановов, снижение расхода топливного газа;
- соответствие САУ ПАЭС-2500 актуальным стандартам в области энергоснабжения [5, 6];
- улучшение эксплуатационных характеристик за счет внедрения со-

временных подходов к построению систем автоматического управления и регулирования, организации современного рабочего места оператора, применения современной элементной базы, предоставления комплекта эксплуатационной и ремонтной документации;

- обеспечена возможность интеграции ПАЭС-2500 в АСУ ТП ЭСН и АСУ Э предприятия, в том числе автоматический дистанционный запуск, распределение нагрузки и останов электростанции.

В целом достигнуто повышение уровня автоматизации и безопасность работы существующих ГТЭС, снижение эксплуатационных расходов, улучшение условий труда персонала ЭСН, а также обеспечена возможность продлить эксплуатацию простого и надежного двигателя АИ-20.



*Литература*

1. Челазнов А. А., Даки Н. В., Великий С. Н. *Тенденции развития*

*и реконструкции систем электроснабжения объектов транспорта газа // Газовая промышленность.- 2005.- №11.- С. 31-33.*

2. *Передвижная газотурбинная электростанция ПАЭС-2500 У1. 0350000000-02-22. Техническое описание.- Запорожье: Моторостроитель, 1983.- 414 с.*

3. *Ивченко А. Г. Авиационный турбовинтовой двигатель АИ-20. Техническое описание.- М.: Оборонгиз, 1962.- 132 с.*

4. *Соловьев И. П. Авиационный турбовинтовой двигатель АИ-20М. Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию.- Ростов-на-Дону: АНТЦ Технолоз, 2004.- 365 с.*

5. *ГОСТ Р 54149-2010. «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».- М.: Стандартинформ, 2012.*

6. *СТО Газпром 2-2.1-372-2009 «Энергохозяйство ОАО «Газпром». АСУ ТП электростанций ОАО «Газпром». Технические требования.- М.: Газпром Экспо, 2010.- 58 с.*