

## АВТОМАТИЗАЦИЯ И ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ В ЭНЕРГЕТИКЕ

УДК 621.311.22.658.5.011.56

### Решение проблем модернизации систем контроля и управления энергоблоками с использованием распределенных средств и технологий ПТК “САРГОН”. Часть 2. Типовые решения проблем модернизации систем контроля и управления энергоблоками

© 2013 г. Менделевич В.А.

ЗАО “НВТ-Автоматика”<sup>1</sup>

**Рассмотрены типовые проблемы, возникающие при модернизации систем контроля и управления (СКУ) основным теплоэнергетическим оборудованием электростанций, и способы их решения с использованием средств распределенного ответственного управления программно-технического комплекса (ПТК) “САРГОН”.**

*Ключевые слова:* АСУ ТП, программно-технический комплекс “САРГОН”, распределенная система.

**DOI:** 10.1134/S0040363613040073

Распространено мнение, что для модернизации информационной части существующей системы контроля и управления энергоблоками лучше всего использовать многоканальные крейтовые контроллеры, устанавливаемые на блочном щите управления (БЩУ), поскольку все кабели от датчиков туда уже подведены и достаточно установить шкафы контроллеров и подключить к ним кабели.

Многолетний опыт ЗАО “НВТ-Автоматика” показывает, что на многих объектах попытка подобной модернизации приводит к необходимости замены значительной части датчиков и большей части кабелей и кабельных трасс, а также решения проблем, связанных с появлением большого количества дополнительных кросс-шкафов и перемычек на БЩУ и размещением оборудования ПТК на БЩУ.

Далее более подробно рассматриваются проблемы, возникающие при вводе сигналов самых распространенных типов, и решения, применяемые в АСУ ТП на базе ПТК “САРГОН”.

**Измерение параметров расход/давление/уровень.** В большинстве модернизируемых СКУ используются датчики расхода, давления и уровня, не имеющие унифицированного выхода, поэтому необходима их замена на современные датчики с выходным сигналом 4–20 мА. Однако замены самих датчиков, как правило, недостаточно: в старых СКУ сигналы значительной части датчиков выведены только на местные щиты управления

(например, с подогревателей высокого и низкого давления), а передача основной части сигналов на БЩУ осуществляется по неэкранированному кабелю, не обеспечивающему защиту от помех и наводок. При обычной длине линии от датчика до шкафа на БЩУ (более 100 м) стабильность и точность измерений по неэкранированному кабелю нельзя гарантировать даже для модулей аналогового ввода с индивидуальной гальванической развязкой каналов и высокой устойчивостью к помехам. Особенно неприятно, что помехи могут не проявляться в процессе “холодной” наладки на остановленном технологическом оборудовании (в отсутствие источников большинства помех), но привести к полной неработоспособности системы после начала эксплуатации оборудования. Кабели приходится заменять, что увеличивает затраты на модернизацию КИПиА более чем в 2 раза.

**Измерение температуры.** Регистрация температурных сигналов производится на энергетических установках, как правило, термодарами и термосопротивлениями. Эти датчики значительно дешевле датчиков расход/давление/уровень (примерно в 10 раз), поэтому замена датчиков температуры не вызывает больших проблем. Однако использование существующих кабельных связей между датчиками температуры и щитом управления часто оказывается невозможным. В первых, в подлежащих модернизации СКУ, как правило, использовался неэкранированный кабель значительной длины (в среднем более 100 м), который для передачи сигналов температуры в условиях сильных помех годится еще меньше, чем для передачи унифицированных сигналов,

<sup>1</sup> 111250, Москва, пр-д Завода “Серп и Молот”, д. 6. ЗАО “НВТ-Автоматика”.

поскольку естественные электрические сигналы термодатчиков являются низковольтными. Во-вторых, для передачи сигналов термосопротивлений на многоточечный показывающий прибор или регистратор, как правило, прокладывалось всего два провода на канал, а третий провод трехпроводной схемы измерения делался общим для всех каналов 10–12-канального прибора и подключался к датчику, выбранному механическим переключателем. Переход к нормальной трех- или четырехпроводной схеме измерения требует полной замены кабеля, так как прокладка новым кабелем только дополнительной жилы нарушает соотношение сопротивлений жил. В-третьих, для передачи сигналов с нескольких термопар на общий многоточечный прибор или регистратор очень часто прокладывалась только одна пара компенсационных проводов — коммутация выбранного датчика на прибор производилась механическим переключателем на приборе с передачей выбора в соединительную коробку (СК) по дополнительным медным проводам. Простая замена прибора на модуль контроллера потребует прокладки большого количества дорогого компенсационного кабеля.

Значительной проблемой при измерении сигналов температуры является многообразие типов датчиков (термопары, термосопротивления, подключаемые по трехпроводной схеме, термосопротивления, подключаемые по четырехпроводной схеме), для каждого из которых используется большое количество диапазонов измерений. При традиционном разделении модулей ввода температурных сигналов на модули термопар и термосопротивлений возникает необходимость установки нескольких модулей на один технологический узел с небольшим общим количеством сигналов. В реальных проектах это приводит к объединению сбора данных с нескольких узлов, что требует прокладки дополнительных кабелей, установки промежуточных СК и т.д.

**Подключение сигналов к контроллерам.** Существующие кабельные трассы, как правило, проложены от соединительных коробок, расположенных рядом с датчиками, к приборным стойкам, установленным на БЩУ. Поскольку количество сигналов, вводимых в контроллерный шкаф, значительно больше количества сигналов, вводимых в приборную стойку, то при замене приборов на контроллеры возникает проблема переключения кабелей с нескольких стоек на один шкаф. Существующий кабель переключению не поддается — исключение отдельных кабелей, покрытых негорючим составом, из общих коробов и жгутов, в которых они находились много лет, как правило, невозможно. Наиболее распространенным способом решения этой задачи является превращение бывших приборных стоек в кросс-панели с прокладкой кабельных перемычек к контроллер-

ным шкафам, но это приводит к увеличению количества шкафов, размещение которых на заполненном БЩУ вызывает серьезные проблемы. К тому же использование промежуточных кросс-панелей приводит к значительному увеличению числа ошибок коммутации.

**Решение проблем измерений аналоговых параметров на базе ПТК “САРГОН”.** Разработанные специалистами ЗАО “НВТ-Автоматика” средства автоматизации позволяют решать рассмотренные проблемы модернизации подсистемы сбора данных с датчиков аналоговых сигналов. С помощью интеллектуальной соединительной коробки (СКИД)<sup>2</sup> можно осуществлять сбор и преобразование сигналов в цифровую форму в непосредственной близости от датчиков, а передачу данных в контроллеры и оперативный контур БЩУ производить по резервированной быстродействующей помехозащищенной сети. При этом показатели быстродействия микропроцессорных устройств и сетевых интерфейсов ПТК “САРГОН” достаточно для реализации “быстрых” функций АСУ ТП, а показателей надежности устройств с резервированием — для реализации ответственных функций. Важную роль играет также универсальность модулей аналогового ввода семейства А4, обеспечивающая возможность ввода всех типов температурных (или унифицированных) сигналов с технологического узла одним модулем.

Характерным примером частичной модернизации СКУ с полной заменой приборов оперативного контура является система, внедренная ЗАО “НВТ-Автоматика” на энергоблоке № 8 Красноярской ГРЭС-2 мощностью 160 МВт. По техническому заданию замене подлежали более 100 датчиков расход/давление/уровень. Применение СКИД, установленных рядом со стендами датчиков, позволило сократить длину заменяемого кабеля для этих измерений более чем в 4 раза (рис. 1). В системе измерения температуры по техническому заданию предусматривалась замена только показывающих и регистрирующих приборов — датчики и кабельные связи до приборных панелей БЩУ сохранялись. Для ввода сигналов температуры были изготовлены шкафы устройств связи с объектами (УСО), которые размещались на месте заменяемых приборных стоек. Однако уже в процессе монтажа проявилась упомянутая проблема отсутствия третьего провода в кабеле связи соединительных коробок термосопротивлений с БЩУ, что потребовало срочной замены нескольких десятков многожильных кабелей. Распределенная структура АСУ ТП позволила

<sup>2</sup> Менделевич В.А. Решение проблем модернизации систем контроля и управления энергоблоками с использованием распределенных средств и технологий ПТК “САРГОН”. Часть 1. Программно-технические средства ПТК “САРГОН” // Теплоэнергетика. 2013. № 2. С. 66–70.

оперативно решить эту проблему: модули ввода сигналов термоспротивлений были переставлены из шкафов с БЩУ в СКИД, расположенные рядом с датчиками (частично на свободные места в существующие СКИД, частично — в поставленные дополнительно). Длина сигнальных кабелей, проложенных в турбинном отделении от термоспротивлений до СКИД для замены двухпроводных схем измерения, оказалась в 10 раз меньше, чем при прокладке сигнальных кабелей до БЩУ. Подготовка к пуску была завершена в плановые сроки.

**Сбор и преобразование дискретных сигналов технологических параметров.** При организации ввода дискретных технологических параметров на БЩУ по существующим кабельным связям возникают проблемы, аналогичные рассмотренным выше: изношенность существующих кабелей; плохая помехозащищенность; пожароопасность; необходимость прокладки новых кабелей и трасс при увеличении количества контролируемых параметров. При создании распределенной системы значительные сложности создает многообразие уровней напряжения питания датчиков — на одном технологическом узле часто одновременно используются сигналы нескольких уровней напряжения [220 В (переменного тока), 220 и 24 В (постоянного тока), 24 В (полувыпрямленного тока)]. При этом применение стандартных модулей дискретного ввода, рассчитанных на конкретный уровень напряжения, становится неэффективным — малокабельные модули дороги, а для многоканальных требуется значительное увеличение длины проводов для сбора сигналов с нескольких функциональных узлов.

**Решение проблем сбора дискретных сигналов технологических параметров на базе ПТК “САРГОН”.** В ПТК “САРГОН” устойчивость модулей дискретного ввода-вывода к температуре и помехам позволяет устанавливать их в шкафах, размещаемых рядом с контролируемыми датчиками, а для решения проблемы многообразия типов входных дискретных сигналов используется сочетание универсального многоканального модуля ввода-вывода и 8-канальных клеммников-преобразователей, рассчитанных на определенный уровень сигнала. Это обеспечивает локализацию сбора данных при хороших показателях стоимости канала и позволяет активно использовать для ввода сигналов дискретных технологических параметров интеллектуальные шкафы управления арматурой.

**Модернизация оперативного контура управления энергоблоком.** В традиционных СКУ отображение и регистрация информации производится на оперативных, неоперативных и локальных панелях/щитах управления. Устройствами отображения информации являются показывающие и регистрирующие приборы, световые индикаторы, а в самых развитых системах — мнемосхемы



Рис. 1. Применение интеллектуальных СК СКИД

энергоблоков (технологических установок) со встроенными разноцветными индикаторами состояния арматуры. Сигнализация в традиционных СКУ осуществляется на многоэлементных табло, оснащенных средствами мигания и квитирования.

При традиционном подходе к модернизации СКУ замена приборов производилась на аналогичные современные. Однако подобная замена не обеспечивает качественного повышения уровня эксплуатации технологического оборудования. К тому же на ТЭС старой постройки оперативные панели управления технологической установкой часто размещаются непосредственно на площадке в котельном или машинном зале, что не соответствует современным требованиям по условиям труда операторов-машинистов.

**Модернизация оперативного контура на базе ПТК “САРГОН”.** Разработан набор типовых решений по модернизации оперативного контура управления СКУ на базе ПТК “САРГОН”. Выбор решения для конкретной системы зависит от глубины модернизации СКУ.

Наиболее эргономичный вариант возможен при полной замене прежней СКУ на полномасштабную АСУ ТП: старые пульты оператора демонтируются и заменяются на столы для установки компьютеров; оперативные панели щита также демонтируются (или закрываются новой обшивкой), а на их месте размещаются стойки под обзорные экраны; управление установками/энергоблоком осуществляется с типовых секций управления ПТК “САРГОН”. В зависимости от масштаба энергоблока (энергоустановки) количество таких секций может составлять от одной до десяти.

При частичной модернизации СКУ производится модернизация пультов управления со встраиванием в них площадок для установки мониторов и размещения указателей типа “мышь”. На оперативных панелях ЩУ в первую очередь нужно стремиться заменить ленточные регистраторы, так

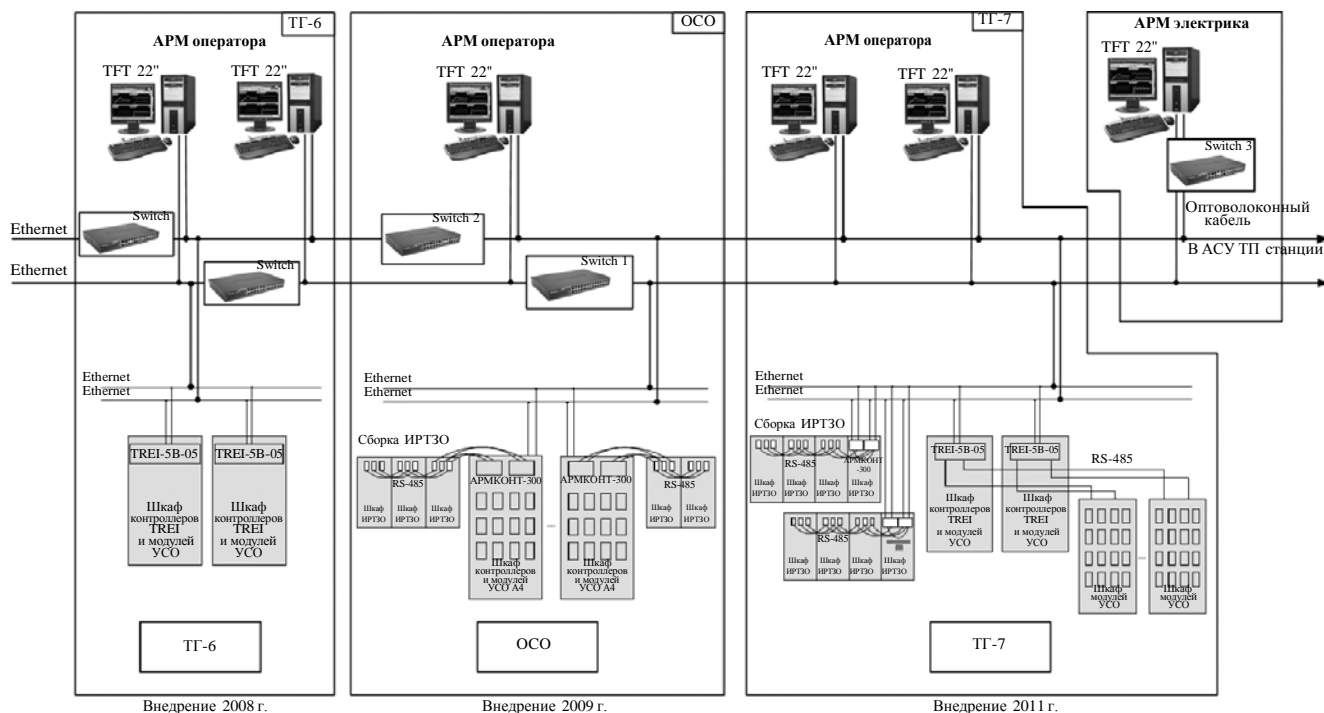


Рис. 2. Структура ACSU TP ЧВД ТЦ Улан-Удэнской ТЭЦ-1

как их использование требует значительных эксплуатационных затрат. При большом объеме замены первичных датчиков появляется возможность полной замены оперативных панелей ЩУ, аналогичной внедрению полномасштабной ACSU TP.

Примером модернизации оперативного контура СКУ энергоустановки, щиты управления которой располагались на площадке по месту, может служить система управления частью высокого давления турбинного цеха (ЧВД ТЦ) Улан-Удэнской ТЭЦ-1 – турбоустановками 100 и 30 МВт и общестанционным оборудованием (ОСО) ЧВД (рис. 2). Для трех установок было поставлено пять универсальных АРМ оператора-машиниста ПТК “САРГОН” с мониторами диагональю 22–24” и источниками бесперебойного питания. Шестой АРМ (электрика) расположен на ГЩУ. Оборудование размещено на трех пультовых столах размерами 1200 × 800 мм со встроенными ящиками под компьютеры. В проектах модернизации СКУ установок использовались шкафы ИРТЗО и шкафы УСО, расположенные в машинном зале, поэтому оборудование ЩУ ЧВД ТЦ размещалось в каркасно-застекленном помещении размером 6.0 × 4.5 м. Размещение компактного ЩУ между площадками турбоустановок ЧВД ТЦ обеспечило экономию кабеля (более 100 км) и материалов, а также сокращение соответствующих монтажных работ.

**Дистанционное управление запорной и регулирующей арматурой.** В традиционных СКУ управле-

ние запорной и регулирующей арматурой осуществлялось из шкафов РТЗО по командам, поступающим с ключей управления или из релейных схем, расположенных на щите управления. Суммарная длина кабельной линии ЩУ–шкаф–исполнительное устройство составляла в среднем от 100 до 200 м. Поскольку и сигналы от шкафа РТЗО до задвижки, и сигналы от ЩУ до шкафа РТЗО передавались по медным проводам, то шкафы РТЗО размещались как вблизи управляемой арматуры, так и в помещениях релейных щитов управления, недалеко от оперативных ЩУ.

Стоимость кабельных линий и силовых шкафов управления арматурой составляет значительную часть стоимости КИПиА (близкую к стоимости измерительной части), поэтому при модернизации СКУ есть стремление минимизировать изменения в управлении арматурой. Однако предпринимаемые попытки построить полномасштабную ACSU TP, не модернизируя эту подсистему, как правило, заканчиваются неудачей. Проблемы, требующие решения, перечислены далее.

1. *Необходимость замены изношенной аппарата туры шкафов РТЗО.* В большинстве действующих СКУ энергоблоков замена шкафов РТЗО не производилась несколько десятков лет. Релейно-коммутационная аппаратура в шкафах сильно изношена и часто не отвечает современным требованиям по уровню защиты электропривода. Без замены коммутационной аппаратуры РТЗО надежность системы управления будет низкой.

2. *Замена изношенного кабеля.* На многих СКУ значительно изношен также кабель, используемый для контроля и управления арматурой. Необходимо его замена.

3. *Увеличение количества арматуры.* Модернизация СКУ часто проводится одновременно с модернизацией или реконструкцией основного технологического оборудования, которая всегда приводит к увеличению количества электрифицированной арматуры. Это требует увеличения количества шкафов управления (при неизменной площади помещений) или повышения плотности их компоновки.

**Необходимость изменения схем управления.** Схемы управления арматурой, использовавшиеся в СКУ на релейной логике, не отвечают современным требованиям и должны быть переделаны.

При полноценной модернизации СКУ замена шкафов РТЗО неизбежна. Раньше замена производилась на аналогичные РТЗО, но на более современных компонентах и схемах управления. При этом, как правило, осуществлялась замена большей части кабеля, а размещение дополнительных шкафов было весьма острой проблемой. В последние годы широкое распространение получила замена РТЗО на крупногабаритные шкафы управления нового типа (1200 × 600 × 2400 мм), рассчитанные на обмен с модулями УСО сигналами напряжением 24 В постоянного тока. Такой уровень напряжения позволяет взаимодействовать с импортными контроллерами без промежуточных шкафов преобразователей, но приводит к значительному удорожанию коммутационных аппаратов. Большие габариты шкафов сильно затрудняют их размещение на площадках вблизи автоматизированного оборудования, поэтому даже при установке контроллера в шкаф управления арматурой с передачей данных на верхний уровень по цифровому интерфейсу расход кабеля сокращается незначительно.

**Модернизация управления арматурой на базе ПТК “САРГОН”.** С учетом многообразия вариантов модернизации системы управления арматурой специалисты ЗАО “НВТ-Автоматика” разработали комплекс технических средств и решений, проектно-компоновочный под потребности конкретного объекта:

1. Интеллектуальный шкаф ИРТЗО обеспечивает возможность как прямой замены старых РТЗО (если сигнальный и силовой кабель не меняется), так и значительного (в 3–4 раза) сокращения длины кабельных линий при замене кабеля и установке шкафов ИРТЗО рядом с объектом. В обоих случаях существенно возрастает количество электроприводов, которыми можно управлять из одного шкафа, так как вместимость ИРТЗО вдвое больше стандартного РТЗО.

2. При небольшой модернизации управления арматурой можно произвести выборочную замену как шкафов в сборке, так и отдельных ячеек управления присоединениями.

3. Программные средства обеспечивают реализацию схем управления арматурой различного типа. При этом библиотека типовых алгоритмов управления арматурой распространенных видов дополняется возможностью создания нового типа алгоритма для нестандартной схемы управления.

**Технологические защиты и блокировки** должны обеспечивать безопасность работы технологического оборудования, поэтому их модернизация является важной частью модернизации СКУ. Технологические защиты, реализованные на микропроцессорной основе, обладают существенно более высокой надежностью благодаря замене периодического опробования на непрерывное диагностирование. При создании полномасштабной АСУ ТП технологические защиты и блокировки реализуются стандартным образом, но при частичной модернизации СКУ возникают проблемы, так как для защит необходима модернизация и сбора информации, и управления арматурой. При этом даже замена показывающих/регистрирующих приборов неизбежно приводит к модернизации системы защит и блокировок, поскольку контактные группы многих приборов выдавали сигналы в эти системы.

**Модернизация технологических защит и блокировок на базе ПТК “САРГОН”.** Специалисты ЗАО “НВТ-Автоматика” разработали и внедрили несколько типовых вариантов модернизации защит и блокировок на базе ПТК “САРГОН”. Основными принципами модернизации являются следующие:

замена дискретных датчиков на аналоговые с переходом от схемы “дискретная два из двух” на “аналоговая два из трех” с непрерывной диагностикой обрыва и достоверности сигналов;

использование общих датчиков с другими функциональными системами (регулирование, контроль, регистрация) — принцип однократного ввода сигнала;

при частичной модернизации СКУ — первоочередная реализация функций контроля и диагностирования (как повышающих надежность).

Программно-технический комплекс может выполнять функции многоканального прибора, формируя набор управляющих сигналов для защит и блокировок. Однако опыт внедрений на нескольких энергоблоках показал, что для эксплуатации удобнее, если в ПТК реализуется формирование не только критериев, но и самих защит: ввода, вывода, анализа совокупности критериев, выдержки времени и т.п. При этом отработка защиты может оставаться в виде релейной схемы, если система управления арматурой еще не модернизирована. Такая схема модернизации защит и

блокировок была реализована, например, в СКУ энергоблока № 8 Красноярской ГРЭС-2.

**Автоматическое регулирование.** Системы автоматического регулирования обеспечивают как безопасность, так и эффективность работы технологического оборудования, поэтому модернизация САР всегда экономически оправдана, но объем необходимой модернизации сильно зависит от состояния регулирующих клапанов, исполнительных механизмов, датчиков технологических параметров, датчиков положения регулирующей арматуры. Локальные электронные регуляторы, использовавшиеся в модернизируемой СКУ, подлежат замене в большинстве случаев — требования современных САР основного теплоэнергетического оборудования, в которых применяются многоконтурные структуры, автоподстройка коэффициентов, развитые блокировки с динамическим перестроением схем регулирования, значительно превышают возможности локальных регуляторов, даже программируемых и выпускаемых до настоящего времени. Замена регулирующей арматуры и электроприводов является наиболее затратной, поэтому, как правило, должен рассматриваться и вариант их ремонта. Во многих случаях достаточно бывает заменить датчик положения арматуры. Современная реализация САР предполагает значительное увеличение объема вводимой информации: сигналов с датчиков технологических параметров для корректирующих контуров, сигналов положения регулирующей арматуры (редко использовались в локальных регуляторах), сигналов с конечных выключателей арматуры (почти не использовались в локальных регуляторах, но необходимы для диагностики современной САР). При одновременной модернизации информационной части СКУ сигналы технологических параметров в систему уже введены. Проблемы модернизации каналов ввода сигналов

и управления регулирующей арматурой были рассмотрены ранее.

**Модернизация САР на базе ПТК “САРГОН”.** При модернизации САР специалистами ЗАО “НВТ-Автоматика” используются уже описанные быстродействующие средства распределенного управления, включая СКИД и ИРТЗО. Для повышения качества работы САР на существующей регулирующей арматуре в библиотеку типовых алгоритмов регулирования было добавлено несколько звеньев: антилюфт, ограничение интегральной части и т.п.

Таким образом, модернизация СКУ с применением современных средств автоматизации является сложной задачей, требующей замены значительной части КИПиА и гибкого использования программно-технического комплекса. Для успешной модернизации СКУ используемый ПТК должен включать программные и технические средства создания быстродействующих распределенных систем ответственного управления. Размещение устройств ввода-вывода в непосредственной близости от датчиков и электроприводов позволяет в несколько раз уменьшить длину кабельных линий и объем монтажных работ, сократить сроки внедрения, значительно повысить пожарную безопасность электростанции (кабельные трассы — один из главных источников пожарной опасности, особенно на угольных станциях), обеспечить возможность установки оборудования АСУ ТП на компактном или сильно заполненном щите управления.

Средства и технологии ПТК “САРГОН” позволяют эффективно решать задачи, возникающие при модернизации СКУ. Удобство настройки на особенности конкретного объекта дает возможность снизить затраты на модернизацию системы и сократить сроки ее внедрения.