

УДК 681.51

КОМПЛЕКС СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ТПТС-НТ

А.Д. НАРИЦ, М.И. МОИСЕЕВ, П.С. КАРПОВ, А.Н. НОВИКОВ,
А.А. БОРЗЕНКО, А.В. РЫЖКОВ

*Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова
Суцневская, 22, Москва, 127055, Россия*

Поступила в редакцию 2 февраля 2015

Управляющая система нормальной эксплуатации (СНЭ) выполняет задачи, обеспечивающие эксплуатацию АЭС в определенных проектом условиях, необходимых для работы без нарушения эксплуатационных пределов.

ТПТС-НТ представляет собой комплекс средств автоматизации (КСА), предназначенных для построения проектным путем интегрированных программно-технических комплексов (ПТК) СНЭ атомных и тепловых электростанций, а также других объектов энергетики и промышленности.

Аппаратура КСА ТПТС-НТ относится к классам безопасности 2Н, 3Н по НП-001 (ПНАЭ Г-01-011) ОПБ-88/97, при ее разработке учтены требования действующих в РФ норм и правил, относящихся к безопасности объектов атомной энергетики.

Она разработана на основе опыта применения и эксплуатации аппаратуры ТПТС предыдущего поколения, но по сравнению с ней имеет более высокие технические и эксплуатационные характеристики, в частности:

- повышенное быстродействие;
- более высокую временную разрешающую способность по выходным двоичным сигналам;
- улучшенные метрологические характеристики;
- гибкие схемы компоновки, обеспечивающие рациональность применения аппаратуры для автоматизации объектов различных масштабов – от отдельных технологических установок до атомных энергоблоков.

Аппаратура ТПТС-НТ совместима с аппаратурой предыдущих поколений ТПТС в части структуры данных, набора телеграмм, протокола обмена телеграммами по системной шине, преимущественно с ней в части набора функций обработки сигналов технологического процесса, встроенных алгоритмов управления, набора команд структуры (программы) пользователя, набора интерфейсных блоков. Это обеспечивает возможность совместной работы аппаратуры ТПТС разных поколений, что имеет важное значение ввиду необходимости модернизации и сопровождения АСУ ТП при длительных нормативных сроках эксплуатации АЭС (до 60 лет).

Средства КСА ТПТС-НТ обеспечивают решение следующих задач:

- измерение сигналов от первичных измерительных преобразователей (датчиков) с унифицированными выходными сигналами тока и напряжения;
- прием сигналов термодатчиков со стандартными номинальными статическими характеристиками (НСХ) и термопреобразователей сопротивления со стандартными НСХ;
- измерение частоты следования импульсов;
- измерение количества импульсов, поступивших за заданный интервал времени;
- выдачу унифицированных сигналов тока и напряжения;
- прием двоичных сигналов (простые контакты, перекидные контакты, контакты с контролем на обрыв и замыкание, потенциальные сигналы с напряжением ± 24 В);
- выдачу двоичных сигналов с напряжением положительной полярности 24 В.

В состав КСА ТПТС-НТ входят следующие компоненты:

– станция ввода-вывода (СВВ), выполняющая базовые функции измерения аналоговых сигналов, приема и обработки двоичных сигналов, индивидуального управления исполнительными механизмами (ИМ), регулирования. Набор функций СВВ определяется составом установленных в ней модулей.

– процессор автоматизации (ПА), выполняющий функции обмена данными с СВВ и другими ПА, алгоритмы вычисления технологических параметров, алгоритмы автоматического и автоматизированного управления с использованием подключенных к нему СВВ и/или других ПА.

– блок шлюза сопряжения (БШС), выполняющий функции сопряжения ПТК низовой автоматики с системой верхнего уровня (СВУ).

– приборные стойки (ПС), представляющие собой шкафы с установленными в них СВВ, ПА, БШС и другими компонентами в соответствии с проектом. В зависимости от назначения и размещения ПС выполняются в различных конструктивных исполнениях.

– стойка питания (СП), представляющая собой шкаф с установленными в нем в соответствии с проектом источниками питания.

– инженерная станция, предназначенная для разработки и корректировки прикладных алгоритмов, схем соединений, выпуска и корректировки документации, загрузки прикладных программ.

– диагностическая станция, предназначенная для работ по наладке и диагностике системы низовой автоматики на всех этапах ее жизненного цикла.

– комплект оборудования для автоматизированной поверки (калибровки) модулей, относящихся к средствам измерения.

При необходимости выполнения сложного сопряжения с оборудованием технологического процесса может использоваться стойка сопряжения из состава КСА ТПТС-ЕМ, представляющая собой шкаф с установленными в нем в соответствии с проектом устройствами электрического сопряжения (модулями гальванического разделения, промежуточными реле, контакторами и т. п.), компонентами, необходимыми для организации сигнализации, элементами, предназначенными для закрепления и подключения кабелей. Шкафы ТПТС-НТ и шкафы ТПТС-ЕМ имеют одинаковые размеры 1000×2200×400 (ШВГ), что обеспечивает их гармоничное размещение в рядах. Имеется также комплект имитаторов технологического оборудования, используемых при наладке ПТК. Общая структурная схема СНЭ на основе КСА ТПТС-НТ приведена на рис. 1.

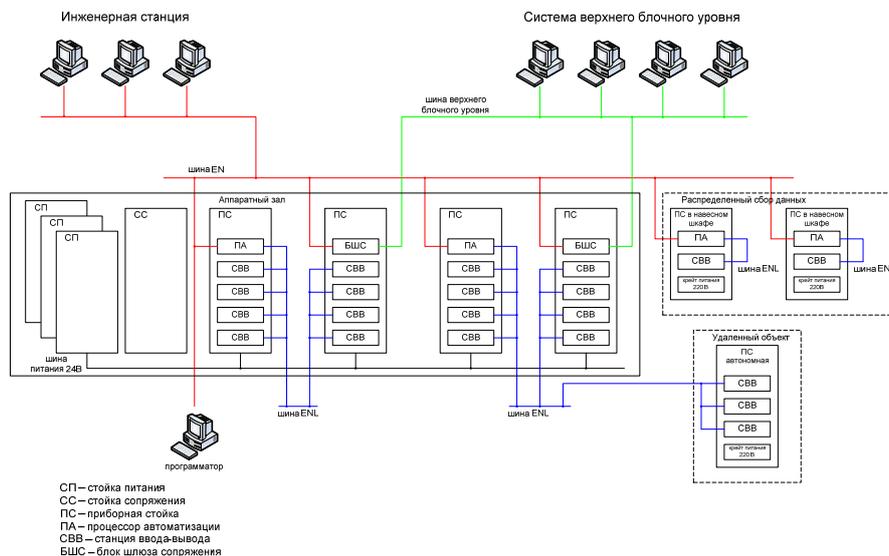


Рис. 1. Общая структурная схема СНЭ на основе КСА ТПТС-НТ

КСА ТПТС-НТ обеспечивает возможность как распределенного, так и централизованного размещения по объекту управления аппаратуры, выполняющей задачи приема сигналов датчиков и индивидуального управления ИМ. Это достигается за счет применения локальной высокоскоростной шины ENL, построенной на основе технологии Industrial Ethernet 100 Мбит/с. При этом сбор данных ПА возможен за время порядка 5 – 10 мс в

зависимости от масштабов системы. Шина ENL обеспечивает возможность удаленного размещения СВВ от ПА.

Задачи сбора данных и первичной обработки сигналов, а также задачи индивидуального управления выполняются специализированными модулями связи с процессом (МСП). Это позволяет выполнять в коротком цикле (1-20 мс) задачи приема двоичных и аналоговых сигналов, фильтрацию, подавление дребезга, индивидуального управления ИМ, а также обеспечивает возможность разрешения последовательности входных двоичных сигналов, различающихся по времени возникновения на 1 мс.

Задачи автоматического и автоматизированного управления (технологические задачи, блокировки, сигнализация, функционально-групповое управление) сосредоточены в центральном устройстве – ПА. Это позволяет упростить проектирование алгоритмов, исключить или сократить число задач проектирования цифровых передач в одном алгоритме. Высокопроизводительные микропроцессоры в ПА и его структура обеспечивают возможность уменьшить до 100-200 мс время реакции алгоритмов, выполняемых ПА при большом числе подключенных к нему МСП, а также реализовать алгоритмы с повышенными требованиями по быстродействию (менее 20 мс) при ограниченном числе входных сигналов.

Система коммуникационных шин КСА ТПТС-НТ обеспечивает информационную связь между компонентами в ПТК, между ПТК в системе низовой автоматики, а также системами низовой автоматики с БШС, реализующими связь с СВУ. Она включает в себя системную шину EN, локальные шины ENL, шины ввода-вывода (ШВВ) в СВВ, полевые шины RS-485. Все шины являются шинами последовательной передачи, резервированные, обеспечивают гальваническое разделение между абонентами.

В ТПТС-НТ используется положительный опыт эксплуатации систем ТПТС, в которых эффективно решена проблема безударного переключения резерва, обеспечивающего сохранение работоспособности системы при любых многократных отказах, за исключением одновременных отказов в основном и резервном узлах одного типа.

Механизм горячего резерва «1-из-2» в ТПТС-НТ используется на всех уровнях – на уровне ПА, на уровне СВВ (ИМН, МСП), на уровне коммуникационных шин. Общая структурная схема резервирования ТПТС-НТ приведена на рис. 2.

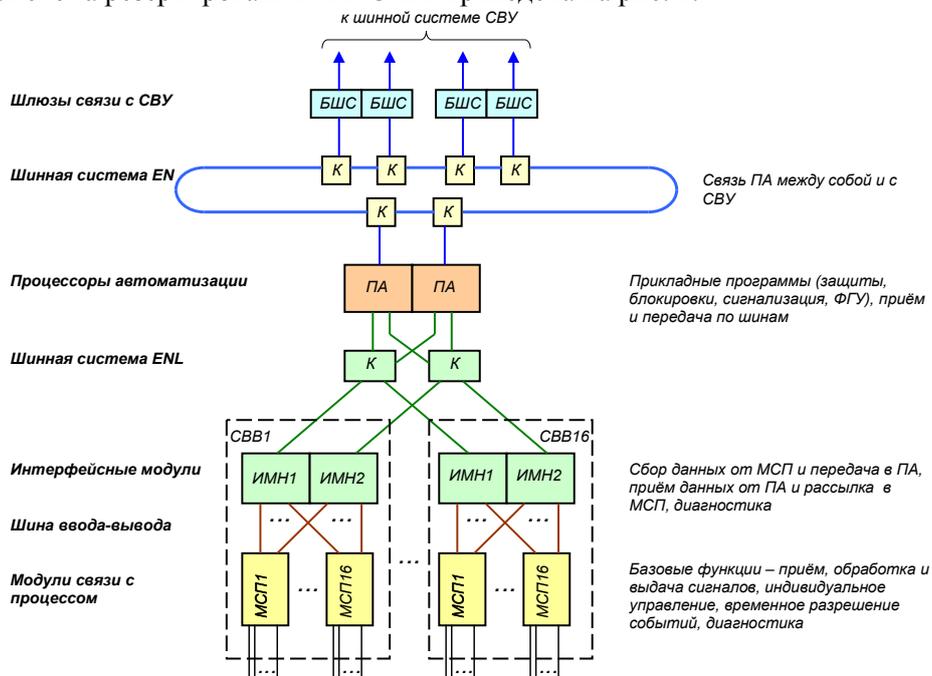


Рис. 2. Общая структурная схема резервирования ТПТС-НТ

Процессор автоматизации работает строго циклически, работа коммуникационных шин сбора данных (ENL, ШВВ) детерминирована, что обеспечивает регулярную доставку данных, критичных ко времени.

Системная шина EN построена на основе технологии Industrial Ethernet 100 Мбит/с и реализована в виде виртуального кольца последовательно соединенных коммутаторов Ethernet, образующего оптоволоконную коммуникационную магистраль. Ее резервирование осуществляется путем реконфигурации избыточной структуры связей виртуального кольца.

Локальная шина ENL имеет радиальную организацию с соединениями между ПА и СВВ типа «точка-точка», реализуемую коммутатором Ethernet. Резервирование шины ENL обеспечивается посредством подключения к ПА двух шин ENL, каждая из которых подключена к своему ИМН в СВВ.

В СВВ имеется 2 ИМН и 2 ШВВ. ШВВ в СВВ так же, как и шина ENL, имеет радиальную организацию, обеспечивающую подключение МСП к ИМН соединениями типа «точка-точка». МСП имеют 2 интерфейса ШВВ, каждый из которых подключен к своему ИМН.

Радиальная организация шин по типу «точка-точка» и их резервирование обеспечивают сокращение времени обмена информацией, позволяют исключить возможность потери значительного объема входной информации при единичном отказе. Такая структура построения обеспечивает удобство обработки данных процесса, поскольку каждый параметр технологического процесса легко доступен каждому ПА вследствие высокой скорости информационных каналов. Кроме того, существенно повышается наглядность при проектировании, сопровождении и последующих модификациях проекта системы.

Конструктивные и технические характеристики КСА ТПТС-НТ обеспечивают его работу как в резервированном, так и нерезервированном режимах в соответствии с требованиями проекта.

В состав ПА входят процессорные модули, связанные быстродействующей информационной шиной, работающие параллельно и обеспечивающие:

- взаимодействие с СВВ по шине ENL и реализацию системной и прикладной логики;
- функции связи по системной шине EN с другими ПА, БШС с СВУ.

Модули ПА построены на высокопроизводительных 32-разрядных микропроцессорах и обеспечивают возможность подключения к ПА до 16 СВВ, в каждой из которых может быть установлено до 16 МСП, в том числе с резервированием.

Для связи ПА с интеллектуальными устройствами по полевым шинам используется специализированный интерфейсный модуль, устанавливаемый в ПА и обеспечивающий возможность связи с интеллектуальными устройствами по шине RS-485 и коммуникационному протоколу Modbus.

Модули аппаратуры ТПТС-НТ могут иметь конструктивное исполнение как 6U, так и 3U в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60297-3-101-2006. Наличие шкафов различного размера, конструктивного исполнения, функционального наполнения и обслуживания (двустороннего, одностороннего) обеспечивает широкие возможности централизованного и распределенного размещения аппаратуры ТПТС-НТ, масштабирования системы.

Шкафы двустороннего обслуживания при централизованном размещении аппаратуры сбора информации обеспечивают возможность подключения к одной ПС до 1000 сигналов (2000 подключений). Обеспечивается подсоединение в ПС полевых кабелей с сечением проводников от 0,1 до 2,5 мм².

Для решения задач автоматизации, характеризующихся одной или сочетанием нескольких из следующих особенностей – небольшим числом контролируемых параметров, быстрым протеканием технологического процесса, территориальной распределенностью – предназначен контроллер автоматизации (КА) ТПТС-НТ. КА представляет собой устройство, объединяющее в рамках одного крейта СВВ типоразмера 3U функции ПА и функции СВВ. Он предназначен для применения как в СНЭ, так и в УСБ; может применяться как в резервированной конфигурации в рамках одного крейта, так и в нерезервированной.

Применение КА для решения таких задач способствует более эффективному использованию аппаратуры ТПТС-НТ, рациональному использованию пространства в шкафу ПС за счет сокращения части аппаратуры (крейта ПА/крейта СВВ) и сетевой инфраструктуры (кабелей, коммутаторов вследствие исключения из тракта передачи локальной шины ENL). КА является агрегируемым устройством с модульной организацией, в состав которого кроме процессорного модуля автоматизации (ПМА) могут входить также модули цифровых интерфейсов (RS-485, CAN 2.0, Ethernet 100 Мбит/с, Profibus, Profinet) и МСП. ПМА имеет ту

же архитектуру, что и ПА, в рамках одного модуля. Модули цифровых интерфейсов подключаются в крейте к ПМА по ШВВ так же, как МСП в СВВ, и позволяют реализовать стандартные протоколы коммуникаций типа Modbus, CANopen, МЭК 61850, Profibus DP и др. для связи с интеллектуальными исполнительными устройствами. КА может быть применен в шкафах одностороннего и двустороннего обслуживания.

Все компоненты КСА ТПТС-НТ контролируются в процессе работы средствами самоконтроля. Объем оперативного контроля обеспечивает обнаружение неисправного типового элемента замены и/или подключенного к нему канала измерения/управления. Обнаруженные отказы индицируются непосредственно на модуле, обнаружившем отказ, и в ПС лампой сигнализации шкафа; информация об отказах передается по коммуникационным шинам в СВУ. Система питания КСА ТПТС-НТ удовлетворяет требованиям АЭС. Питание аппаратуры осуществляется постоянным напряжением с номинальным значением +24 В. Предусмотрена возможность как резервированного, так и нерезервированного подключения питания ко всем компонентам КСА ТПТС-НТ.

Для обеспечения возможности питания аппаратуры ТПТС-НТ, размещенной как централизованно в аппаратных залах, так и распределенно по объекту управления, имеется два типа источников питания (ИП) – крейтового исполнения 6U и 3U. ИП типоразмера 6U устанавливаются в СП, которые используются при централизованном размещении ПС. В СП может быть установлено до 12 ИП. ИП типоразмера 3U встраиваются в автономные ПС, разнесенные по объекту управления.

В СП могут применяться ИП с выходными напряжениями 50–150 В и 220 В постоянного тока, предназначенные для питания периферийного оборудования, управляемого аппаратурой ТПТС-НТ.

В автономные ПС могут встраиваться панельные компьютеры в виде дисплея на двери шкафа для организации местных пультов управления.

КСА ТПТС-НТ разрабатывался как аппаратно-программная база для построения систем низовой автоматики в полностью интегрированных АСУ ТП АЭС, включая управляющие системы безопасности. При его разработке были учтены передовые тенденции в области построения АСУ ТП объектов атомной и тепловой энергетики, достижения мировых лидеров в области промышленной автоматизации, тенденции развития электронной аппаратуры и ее элементной базы. На КСА ТПТС-НТ получены патенты.