

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 621.3

Н. А. Автушенко, Г. С. Ленеvский

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РБ

UDC 621.3

N. A. Avtushenko, G. S. Lenevsky

AUTOMATIC SYSTEMS TO CONTROL TECHNOLOGICAL PROCESSES OF THE ENERGY SYSTEM OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Аннотация

Рассмотрены варианты построения автоматических систем управления магистральными трубопроводными системами горячего водоснабжения, классификация, структурные и функциональные особенности, аппаратная организация. В качестве примера взят действующий объект – автоматическая система управления магистральной трубопроводной сетью от Могилевской ТЭЦ-2 до котельной № 1 в г. Могилеве протяженностью 14 км.

Ключевые слова:

автоматическая система управления, электропривод, трубопровод, система горячего водоснабжения, насосный агрегат, инженерная станция, сервер, база данных, локальная вычислительная сеть.

Abstract

The paper deals with options of constructing automatic systems for controlling main hot water supply systems, their classification, structural and functional features, hardware organization. The automatic control system for the 14 km long main pipeline network from Mogilev Thermal Power Station-2 to Mogilev Boiler Plant №1 is taken as an example of an operating enterprise.

Key words:

automatic control system, pipeline, hot water supply system, pumping unit, engineering station, server, database, local network.

Введение

В настоящее время идет повсеместное внедрение автоматических систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) на объектах горячего водоснабжения (ГВС) энергетики Республики Беларусь. В могилевской энергосистеме эксплуатируется более пятидесяти АСУ ТП, в частности, автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ) большинства

энергообъектов (ТЭЦ, высоковольтных подстанций) и АСУ ТП учета расхода природного газа всех источников горячего водоснабжения РУП «Могилевэнерго»; АСУ ТП турбогенераторов № 5 Могилевской ТЭЦ-1, № 1 Могилевской ТЭЦ-2, № 2 Бобруйской ТЭЦ-1; АСУ ТП котлоагрегатов № 1, 3, 6 Могилевской ТЭЦ-2, № 1 Бобруйской ТЭЦ-2, № 1–3, 6 Бобруйских тепловых сетей, № 5–7 Могилевских тепловых сетей. Полностью автоматизирована Осипо-

вичская мини-ТЭЦ на местных видах топлива, имеется ряд систем телемеханики, АСУ ТП магистральной трубопроводной системы ГВС от Могилевской ТЭЦ-2 до котельной № 1 в г. Могилеве.

Структурные и функциональные особенности АСУ ТП на объектах ГВС

Использование АСУ ТП позволяет реализовать следующие возможности:

- автоматизированное управление технологическим процессом в различных режимах работы (стационарных, переходных и предаварийных);
- реализация функции защиты оборудования в автоматическом режиме в аварийных ситуациях;
- оптимизация режимов работы оборудования и уменьшения вероятности ошибочных действий обслуживающего персонала в результате применения защит и блокировок, реализованных на микропроцессорной технике и средствах вычислительной техники;
- своевременное обеспечение персонала достоверной информацией о работе технологического оборудования в масштабе реального времени в достаточном объёме для принятия оперативных решений в процессе эксплуатации оборудования (состояние оборудования, планирование оптимальных режимов работы и ремонтов в случае необходимости);
- реализация требуемой диагностики состояния технологического оборудования и средств программно-технического комплекса (ПТК) для предотвращения аварийных ситуаций и своевременного проведения профилактических работ;
- уменьшение вероятности ошибочных действий оперативного персонала;
- повышение надёжности работы технологического оборудования;
- улучшение условий труда экс-

плуатационного персонала;

- повышение безопасности работы оборудования и персонала.

Среди АСУ ТП горячего водоснабжения можно выделить одноуровневые системы, такие как автоматические системы частотного регулирования гидравлическими параметрами сетевых, питательных, подпиточных насосных агрегатов. Многоуровневые системы состоят из каскада простых систем, объединённых и управляемых верхним уровнем автоматизации, имеют сложную организационную структуру.

Многоуровневая структура АСУ ТП на объектах ГВС включает в себя:

- нижний уровень (уровень технологических подсистем управления), состоящий из программируемого логического контроллера, выполняющего сбор и обработку информации для базы данных системы и реализующего основные управляющие функции (технологические защиты, технологические блокировки, автоматическое регулирование);
- средний уровень АСУ ТП, обеспечивающий функции управления, хранения, маршрутизации и визуализации управляющих воздействий АСУ ТП;
- верхний уровень, реализующий только информационные функции, не влияющие на технологический процесс.

1. Нижний уровень состоит из:

- а) контрольно-измерительных приборов, датчиков, сборок РТЗО (релейных токовой защиты и отсечки), измеряющих и фиксирующих технологические и электрические параметры;
- б) исполнительных механизмов (электроприводной запорной трубопроводной арматуры) и преобразователя частоты–асинхронного двигателя (ПЧ–АД), управляющих насосным агрегатом (НА). Элементы данного уровня могут быть как в единичными, так и множественными;
- в) технологических контроллеров, обрабатывающих сигналы подуровня а и формирующих управляющие

воздействия на исполнительные механизмы подуровня б, посты и экраны местного управления.

2. Средний уровень (уровень оперативного контура управления) состоит из щита управления с реализацией дистанционного управления исполнительными механизмами, изменения задания режимов работы подсистем управления, представления информации на мониторах, звуковой и визуальной технологической сигнализации, средств ведения долгосрочного и краткосрочного архива данных и т. д.

3. Верхний уровень (уровень неоперативных пользователей системы) состоит из рабочих станций руководящего персонала и служб с реализацией доступа к базе данных системы и просмотра экранов операторских станций.

Варианты построения систем управления электроприводами магистральных трубопроводных систем горячего водоснабжения [1]

В системе управления электроприводами выполняется контроль координат. Исходя из условия качественного регулирования, рассматриваются такие координаты, как температура, расход, давление.

Наиболее распространенными вариантами построения САУ магистральными трубопроводными системами горячего водоснабжения являются:

– преобразователь частоты–асинхронный двигатель (ПЧ–АД) с заданием скорости АД как функции давления;

– электропривод (ЭП) задвижки с регулированием давления в магистральном трубопроводе (МТП) как функции технологического параметра в заданной точке МТП;

– САУ на базе автоматизированного электропривода с ПЧ–АД с контролем давления за задвижкой после

насосного агрегата (НА);

– САУ ЭП НА с обратной связью по давлению в искомой точке МТП.

Особенности АСУ ТП магистральной трубопроводной системы ГВС от Могилевской ТЭЦ-2 до котельной № 1 в г. Могилеве

Ярким примером реализации многоуровневой системы АСУ ТП может служить система контроля и управления (СКУ) объекта «Магистральная тепловая сеть от павильона № 2 по Гомельскому шоссе до котельной № 1 по ул. Калужской, 44 в г. Могилеве». Проект разработан РУП «БелНИПИэнергопром» (г. Минск). Цель проекта – экономия топливно-энергетических ресурсов за счёт максимального использования установленной теплофикационной мощности основного оборудования Могилевской ТЭЦ-2.

Условная схема прокладки МТП от Могилевской ТЭЦ-2 до котельной № 1 в г. Могилеве представлена на рис. 1. Описываемая магистральная трубопроводная система включает в себя прямой и обратный трубопровод протяженностью 14 км, проложенный на одном из участков подвесным способом под мостом через реку Днепр, объекты секционирования – последовательно расположенные павильоны № 2–8 – и объекты управления – три насосных станции. Элементами управления в системе является трубопроводная запорная арматура, установленная в павильонах № 2–8, и каскад насосных агрегатов (по три агрегата на прямом, обратном и подпиточном трубопроводах), установленных в насосных № 1–1, 4 и 5. Схема технологических трубопроводов представляет двухконтурную кольцевую схему, что обуславливает сложность построения АСУ ТП объекта.

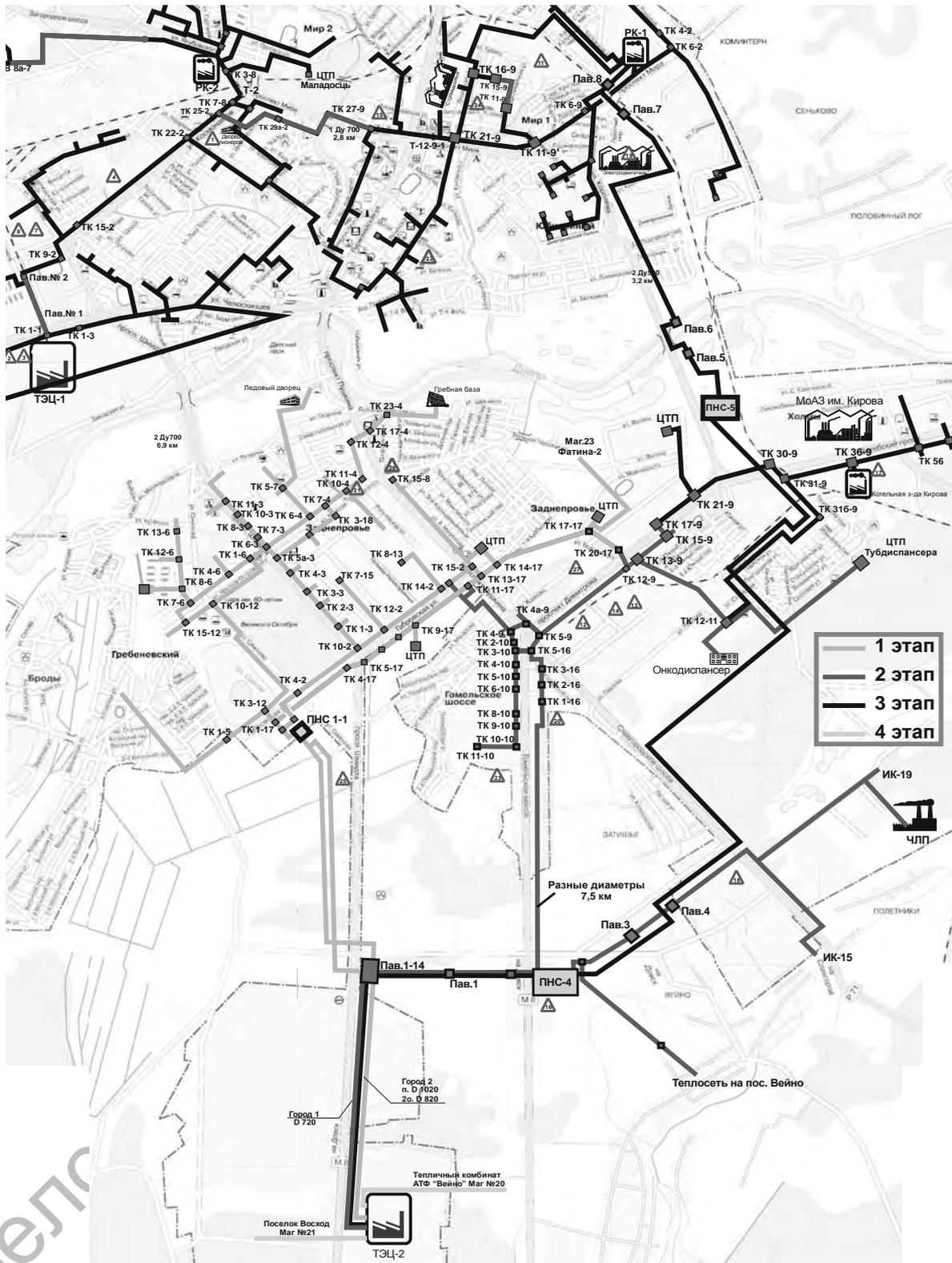


Рис. 1. Условная схема прокладки МТП от Могилевской ТЭЦ-2 до котельной № 1 в г. Могилеве

Ввиду различных циклов химической водоподготовки теплоносителя источника (Могилевской ТЭЦ-2) и трубопроводов сетевой контур горячего водоснабжения (Могилевских тепловых сетей) конструктивно разделен с контуром магистральной трубопроводной системы посредством каскада пластинчатых теплообменных аппаратов. Теплоноситель магистральной трубопроводной системы также отделен посредством каскада пластинчатых теплообменных аппаратов от трубопроводов потребителя. Таким образом, при штатной эксплуатации системы ГВС теплоноситель является полностью изолированным.

Основными пунктами управления и сбора информации в системе диспетчеризации магистральной трубопроводной системы горячего водоснабжения Заднепровского района тепловых сетей г. Могилева являются: диспетчерский пункт Заднепровского района тепловых сетей, щит управления на котельной № 1, диспетчерский щит управления Могилевских тепловых сетей. Система предусматривает управление теплофикационной установкой на Могилевской ТЭЦ-2 и передачу информации о состоянии горячеводной части Заднепровского района тепловых сетей г. Могилева.

Для организации надежной технологической связи со всеми насосными станциями и пунктами управления, участвующими в отпуске тепла от МТЭЦ-2, предусмотрено создание «кольцевой» схемы организации связи путем прокладки волоконно-оптической линии связи (ВОЛС): специальной промышленной сети (ВОЛС) с гарантированной доставкой сообщений, охватывающей программируемые логические контроллеры, установленные в павильонах и насосных, и информационной сети, позволяющей осуществлять связь с базами данных всех вышеперечисленных пунктов управления.

Все программируемые контрол-

леры являются однотипными, имеют одинаковое программное обеспечение. Эксплуатация насосных станций и павильонов осуществляется автоматически, без присутствия персонала.

Программно-технический комплекс (ПТК) является центральной частью СКУ и состоит из технически совместимых аппаратных и программных средств, объединённых между собой сетями. Вся необходимая логика реализована на программируемом логическом контроллере. СКУ имеет возможность интеграции в ранее установленные информационные системы, т. е. она должна быть совместимой как по операционным системам, так по протоколам обмена. Для организации СКУ используются следующие виды соединений:

- полевая сеть DeviceNet, применяющаяся для удаленных объектов (скорость передачи 500 kbps, max), осуществляющая обмен информацией между устройствами распределенной системы сбора и передачи информации и контроллером внутри каждого ПТК);
- кольцевая промышленная сеть Controller Link (топология Token Ring, OMRON, скорость передачи 2 Mbps, max), реализующая связь между нижним и средним уровнями системы; физическая среда передачи – оптоволоконный кабель;
- информационная сеть Ethernet (скорость передачи 10/100 Mbps max), реализующая связь между средним и верхним уровнями системы.

Структурная схема АСУ ТП объекта представлена на рис. 2.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, АРМ инженерной станции и сервер базы данных образуют сегмент локальной вычислительной сети (ЛВС). ПТК обеспечивает связь с объектом управления, логическую и арифметическую обработку поступающих данных с представлением информации на мониторах, приём и обработку команд оператора-технолога с формированием управляющих воздействий.

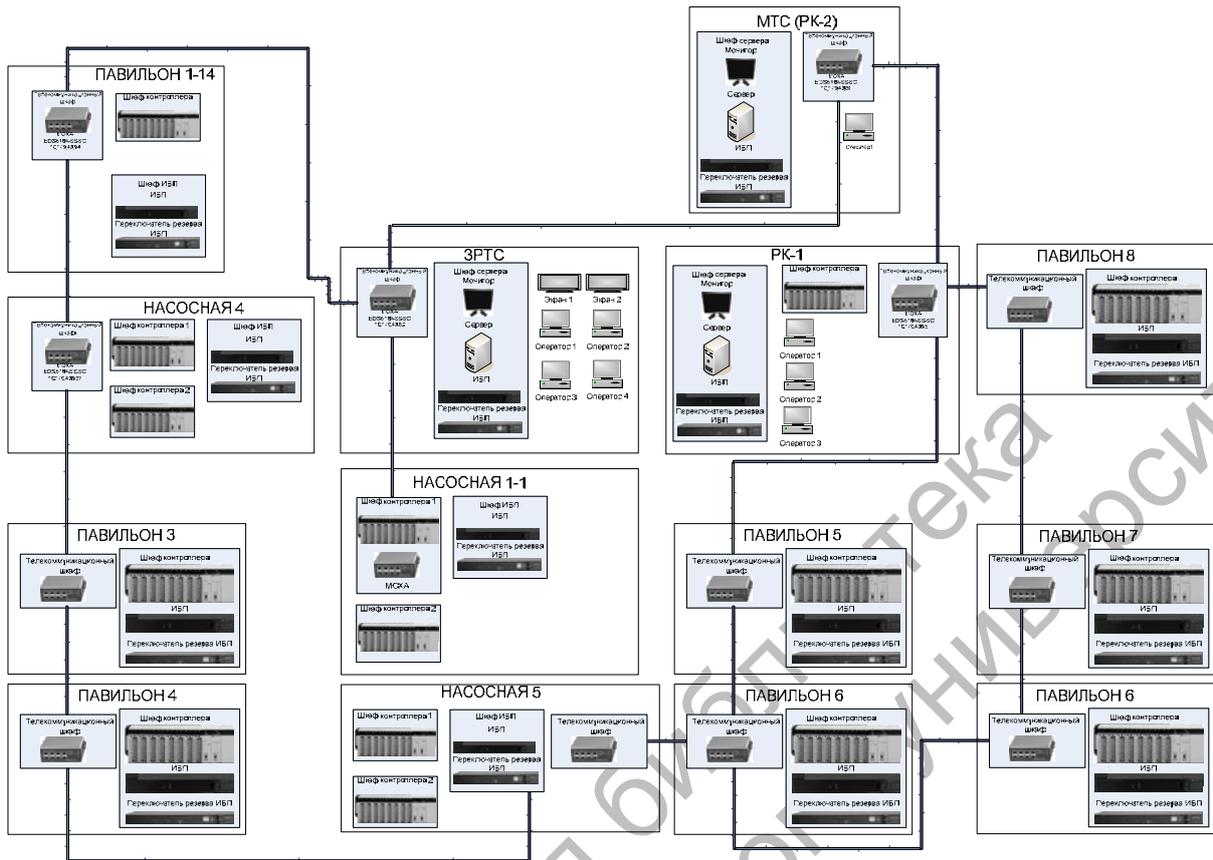


Рис. 2. Структурная схема АСУ ТПИ магистральной трубопроводной системы ГВС от Могилевской ТЭЦ-2 до котельной № 1 в г. Могилеве

Техническая структура верхнего уровня. В техническую структуру верхнего уровня СКУ в зависимости от места расположения объекта управления входят автоматизированные рабочие места: АРМ главного инженера, АРМ начальника отдела АСУ ТПИ, АРМ персонала СКУ и т. д. Все АРМ работают в информационном режиме с доступом к базе данных системы и с возможностью просмотра экранов операторских станций. АРМ не имеют функций управления и подтверждения сигнализации.

Техническая структура среднего уровня. Техническую структуру среднего уровня СКУ составляют АРМ оператора-технолога (две независимо работающие операторские станции в виде ПЭВМ), АРМ инженера (инженерная станция в виде ПЭВМ), сервер, источники бесперебойного питания.

Сетевая структура и программное обеспечение операторских станций АРМ оператора-технолога позволяют использовать их как полностью взаимозаменяемые станции, обеспечивающие:

- получение информации о ходе технологического процесса и состоянии оборудования, о срабатывании технологических защит, блокировок и сигнализации, о диагностике оборудования и программно-технических средств, в виде графиков, отчетных таблиц, справок, протоколов, сообщений, ведомостей по запросу из базы данных системы;

- возможность управления запорно-регулирующей арматурой и механизмами собственных нужд, включением/отключением автоматических регуляторов, изменением задания авто-

матических регуляторов, изменением параметров настройки автоматических регуляторов (при наличии санкционированного доступа), вводом/выводом технологических защит и блокировок (при наличии санкционированного доступа), изменением уставок срабатывания технологических защит; блокировок, сигнализации (при наличии санкционированного доступа), подтверждением технологической сигнализации.

Единственной формой отображения информации на операторских станциях являются видеокдры (фрагменты мнемосхем, тренды, таблицы и т. д.), выдаваемые на экраны мониторов. На каждом из мониторов может быть представлен любой видеокдр, предусмотренный в системе. Число видеокдров не ограничено.

АРМ инженера системы используется для:

- анализа работы оборудования, доступа к базам данных системы, конфигурирования ПТК (санкционированный доступ к прикладному программному обеспечению с целью внесения в него изменений и дополнений (контроллер), проведения отладки вновь разрабатываемого или изменённого прикладного программного обеспечения (контроллер), коррекция уставок технологических защит, блокировок, сигнализации (контроллер));

- обслуживания ПТК (отображение подробной информации о состоянии и работоспособности элементов ПТК, проведение детальной диагностики состояния элементов ПТК, метрологическая аттестация каналов измерения, доступ к базе данных (сервера).

Сервером осуществляется архивация всего массива технологической информации (технологические параметры, положение кнопок, накладок, ключей, технологические и аварийные сообщения, управляющие воздействия и переключения, выполняемые оператором-

технологом и т. д.) и периодическая перезапись накопленной информации на устройства долговременного хранения большой ёмкости.

Для резервирования напряжения питания операторских, инженерной станции и сервера предусмотрены источники бесперебойного питания с внутренней аккумуляторной поддержкой.

Техническая структура нижнего уровня (контроллер). Техническую структуру нижнего уровня СКУ составляют программируемый логический дуплекс контроллер, экран местного управления, источники бесперебойного питания контроллера.

Программируемый логический контроллер – это центральное процессорное устройство, содержащее программу и подключённое к устройствам входа/выхода. При обнаружении изменений во входных сигналах контроллер реагирует выдачей выходных команд в соответствии с запрограммированной логикой. В качестве программируемого логического контроллера используется контроллер фирмы «Омрон» (OMRON), конфигурация которого определяется информационной мощностью технологического объекта управления (входная информация контроллера) и необходимым объёмом команд управления (выходные команды контроллера). Контроллер представляет собой дуплексное устройство, в котором зарезервированы следующие основные элементы: модуль центрального процессорного устройства (базовая панель ЦПУ), модуль питания, сетевой модуль (Controller Link), базовые панели расширения, модуль полевой сети (DeviceNet), модули аналоговых входов. Применение дуплексного контроллера повышает надёжность системы, поскольку в случае выхода из строя одного или всех вышеперечисленных элементов в действие мгновенно вступают резервные, находящиеся в горячем резерве. При этом не происходит останова системы. Необходимо отме-

тить, что функция переключения реализована фирмой-производителем, что изначально гарантирует высокую надежность. Вышедшие из строя вышеуказанные элементы, а также модули входов/выходов могут быть заменены без останова системы.

Базовая панель ЦПУ представляет собой шинное устройство для связи центрального процессорного устройства с модулями, входящими в состав контроллера. На базовой панели ЦПУ монтируются все основные модули контроллера.

Базовые панели расширения – это шинные устройства, на которых монтируются модули входов и выходов контроллера. Базовые панели расширения связаны между собой и с базовой панелью ЦПУ соединительным (фирменным) кабелем.

Модули центрального процессорного устройства – это арифметико-логические устройства, занимающиеся приемом поступающей на входы информации, ее обработкой и управлением выходами и устройствами по программе и заданному алгоритму. Эти устройства отвечают за все сетевые обмены, в их программах хранятся алгоритмы технологических защит и блокировок.

Модули питания преобразуют напряжение 220 ACV в напряжение, необходимое для нормальной работы контроллера.

Сетевые модули предназначены для администрирования сети. В энерго-независимой памяти модулей хранится вся информация о сетевых узлах, участвующих в сетевом обмене. Кроме того, модуль выполняет функции связывающего элемента между сетевыми платами, установленными на персональных компьютерах, и центральным процессорным устройством логического контроллера.

Модуль регулирования предназначен для автоматического регулирования технологических процессов; использует

до 32 петель регулирования. В дополнение к обычному PID-регулированию путем комбинирования функциональных блоков модуля можно выполнять специальные типы регулирования: каскадное, с опережением, с компенсацией времени запаздывания и др. Конфигурация регулирования может легко изменяться для выполнения процессов с длительным временем запаздывания, для нелинейных процессов, а также процессов, характеризующихся изменяющейся нагрузкой. Кроме того, режим регулирования может гибко изменяться в процессе выполнения операций.

Модули аналоговых входов осуществляют сбор и следующую первичную обработку аналоговой информации: аналого-цифровое преобразование, масштабирование, высокочастотную фильтрацию. Используемая в проекте модификация модуля рассчитана на прием восьми сигналов аналоговой информации 4...20 мА.

В состав программируемого логического контроллера при необходимости входит распределенная система сбора-передачи дискретных сигналов, предназначенная для:

- сбора, преобразования и передачи дискретных сигналов от контактных датчиков, реле, пускателей и других источников информации к контроллеру;
- преобразования управляющих команд в дискретные сигналы, воздействующие на схемы управления электродвигателями механизмов, электропривода запорной и регулирующей арматуры.

Основные элементы сети системы – сетевой модуль, полевая сеть, удаленные терминалы.

Сетевой модуль является администратором полевой сети и управляет внешними входами/выходами удаленных терминалов. В энерго-независимой памяти модуля хранится вся информация об удаленных терминалах, участ-

вующих в сетевом обмене. Кроме того, модуль выполняет функции связывающего элемента между удаленными терминалами и центральным процессорным устройством логического контроллера. Сетевой модуль установлен непосредственно на шасси центрального процессорного устройства логического контроллера.

Полевая сеть обеспечивает связь и обмен данными между отдельными элементами ПТК и состоит из следующих основных элементов: основной линии, разветвителей, ответвлений, терминаторов, источника питания.

Основная линия предназначена для соединения сетевого модуля с разветвлениями сети. Конструктивно основная линия представляет собой специализированный помехозащищенный пятижильный кабель с общим экраном. Две жилы в кабеле дополнительно экранированы и служат для передачи информации, две другие – для питания адаптеров. Пятая жила служит экраном.

Ответвления предназначены для соединения удаленных терминалов с разветвлениями, установленными на основной линии. Конструктивно и по своему функциональному назначению ответвления аналогичны основной линии.

Терминаторы предназначены для снижения отражения сигнала и обеспечения стабильных условий работы полевой сети. Терминаторы устанавливаются

на обоих концах основной линии и представляют собой специальные резисторы.

Источник питания предназначен для питания адаптеров удаленных терминалов напряжением постоянного тока 24 В. Источник питания установлен в шкафу контроллера.

Удаленные терминалы предназначены для приема дискретных сигналов от датчиков и оборудования, а также для преобразования команд от контроллера и выдачи управляющих команд в схемы управления электродвигателями и электроприводами.

Экран местного управления (жидкокристаллический программируемый терминал) представляет собой дисплей информации в реальном масштабе времени, оснащенный функцией управления.

Выводы

Рассмотрен вариант построения многоуровневой автоматической системы управления магистральными трубопроводными системами горячего водоснабжения на примере СКУ магистральной трубопроводной сетью от Могилевской ТЭЦ-2 до котельной № 1 в г. Могилеве. Материал может быть использован для организации автоматической системы управления в магистральных трубопроводных системах объектов народного хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Автушенко, Н. А.** Регулирование технологических параметров в системах горячего водоснабжения / Н. А. Автушенко, Г. С. Ленеvский // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2009. – № 3. – С. 95–104.

Статья сдана в редакцию 21 марта 2012 года

Николай Александрович Автушенко, канд. техн. наук, Белорусско-Российский университет. Тел.: 8-0222-31-14-44.

Геннадий Сергеевич Ленеvский, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. Тел.: 8-0222-31-14-44.

Nikolai Aleksandrovich Avtushenko, PhD, Belarusian-Russian University. Tel.: 8-0222-31-14-44.

Gennady Sergeevich Lenevsky, PhD, Associate Professor, Belarusian-Russian University. Tel.: 8-0222-31-14-44.