

Н.А. Акилова, Д.А. Теличенко

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ ТЕПЛА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ²

В статье решена задача построения автоматических систем регулирования температуры. Рассмотрено несколько технологических участков. Предложен современный подход к технической организации систем управления.

Ключевые слова: автоматизация, паровой котел, система управления температурой, электрическая схема.

DESIGNING SYSTEMS OF THE AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROLLING FOR GENERATING HEAT AND ELECTRICITY

The article solves the problem of constructing an automatic temperature control system. Been reviewed several technological schemes. Will be proposed a modern approach to the technical organization.

Key words: automation, steam boiler, temperature control system, electrical scheme.

Введение

По уровню автоматизации теплоэнергетика должна занимать одно из ведущих мест среди других отраслей промышленности, так как имеющиеся здесь установки характеризуются сложностью и непрерывностью протекающих в них процессов. Здесь отсутствует возможность складирования готовой продукции, а выработка тепловой и электрической энергии в любой момент должна соответствовать потреблению (нагрузке). Технологические процессы отличаются высокими параметрами рабочей среды, требованиями к точности их регулирования, а также наличием собственного источника энергии и являются той областью науки и техники, где постоянно находят применение новые методы теории и технические средства автоматического управления [1]. При этом сама автоматизация объектов теплоэнергетики является сложной задачей, связанной с выбором большого количества измерительных преобразователей, исполнительных механизмов, контроллеров и другой аппаратуры. Все это накладывает существенные ограничения на построение современных АСУ ТП как на вновь вводимых, так и на уже существующих предприятиях [2].

Для многих предприятий весьма эффективно создание комплексных многоуровневых систем [3]. На первом уровне производится управление отдельными узлами и элементами, контроллеры этого уровня работают под управлением следующего, второго уровня. Координация работы элементов этого уровня также должна производиться находящимся над ним следующим уровнем и т.д. Такие системы управления становятся распределенными как по решаемым задачам, так и по месту нахождения. Распределенные системы по сравнению с централизованными обладают широкими возможно-

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания высшим учебным заведениям «Управление и автоматизация сложных систем в условиях неопределенности».

стями. Преимущества и недостатки каждого из подходов представлены в [3]. Учитывая опыт создания АСУ ТП на действующих предприятиях теплоэнергетики, остановимся на одном из подходов.

Создание территориально и функционально распределенных систем автоматического управления высшего уровня в настоящее время вполне реализуемая задача. Это обусловлено стремительным прогрессом в области информационных технологий и аппаратно-программных средств (развитие микропроцессорных устройств, «интеллектуализация» датчиков и исполнительных механизмов, развитие сетей передачи данных и стандартизация в этой области и т.д.).

Настоящая работа посвящена применению распределенного подхода к управлению для задач регулирования температуры при производстве тепловой и электрической энергии. Данные системы являются основными при анализе и наиболее ответственными с точки зрения организации процесса. Проблемы управления здесь хорошо известны и описаны [4] и, очевидно, требуют применения современного подхода технической реализации.

Техническое проектирование

Описание объекта автоматизации. Начальным этапом проектирования стал анализ существующих систем регулирования объекта конкретного предприятия (Благовещенской ТЭЦ – далее БТЭЦ). Основными объектами автоматизации БТЭЦ являются энергетические котлы БКЗ-420-140-7 с параметрами острого пара $P_0 = 140 \text{ кгс/см}^2$, $t_0 = 560^\circ\text{C}$, $P_6 = 159 \text{ кгс/см}^2$ паропроизводительностью по 420 т/ч. С точки зрения управления и регулирования, котлоагрегаты достаточно сложные объекты с множеством регулируемых параметров (рис. 1) [1].

В нашем случае будут анализироваться следующие параметры, входящие в системы автоматического управления: температура перегретого пара (ТПП), температура азросмеси (ТА), температура воздуха за калорифером (ТВ). Рассмотрим системы регулирования этих параметров.

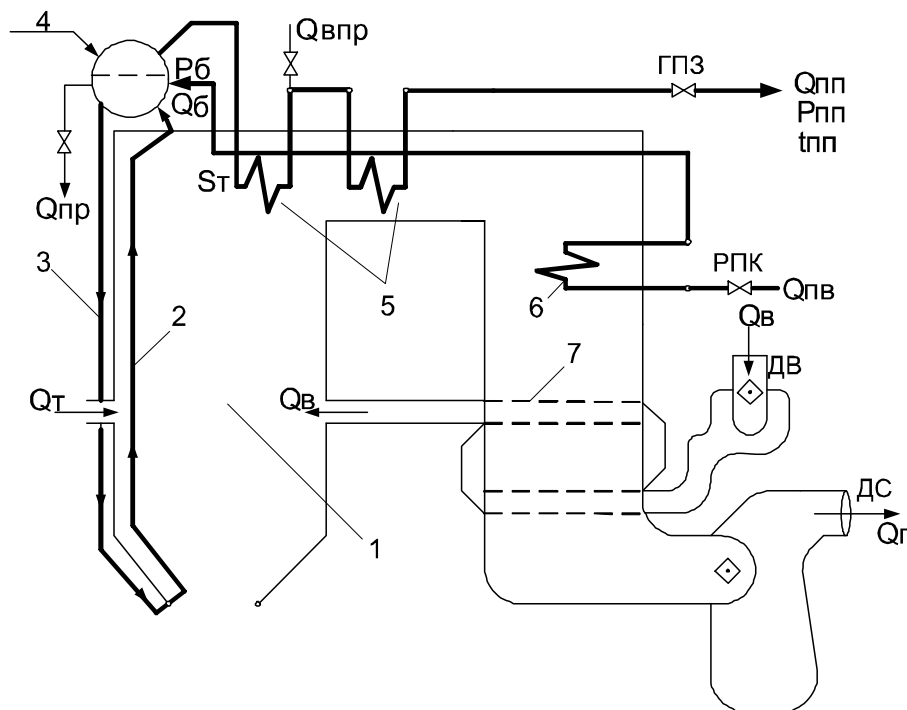


Рис. 1. Технологическая схема и основные контуры регулирования котельного агрегата:

1 – топка; 2 – подъемные трубы; 3 – опускные трубы; 4 – барабан; 5 – пароперегреватель; 6 – экономайзер; 7 – воздухоподогреватель; Q_T – расход топлива; $Q_{пр}$ – расход продувки; Q_B – расход воздуха; Q_6 – расход в барабане; P_6 – давление пара в барабане; S_T – разрежение в топке котла; $Q_{впр}$ – расход впрыска конденсата; $Q_{пп}$ – расход перегретого пара (ПП); $P_{пп}$ – давление ПП; $t_{пп}$ – температура ПП; Q_T – расход уходящих газов; ДВ – дутьевой вентилятор; ДС – дымосос; РПК – регулирующий питательный клапан; ГПЗ – главная паровая задвижка.

САР температуры перегретого пара. САР ТПП предназначена для поддержания заданного температурного режима в паровом тракте котла. Паровой тракт котла разбивается на ряд участков, на выходе каждого из которых должно поддерживаться заданное значение температуры [5].

На БТЭЦ регулирование ТПП происходит посредством впрыска «собственного» конденсата. Пароперегреватель барабанных паровых котлов типа БКЗ-420-140-7 имеет два симметричных потока пара, объединяющихся в паросборной камере (рис. 2).

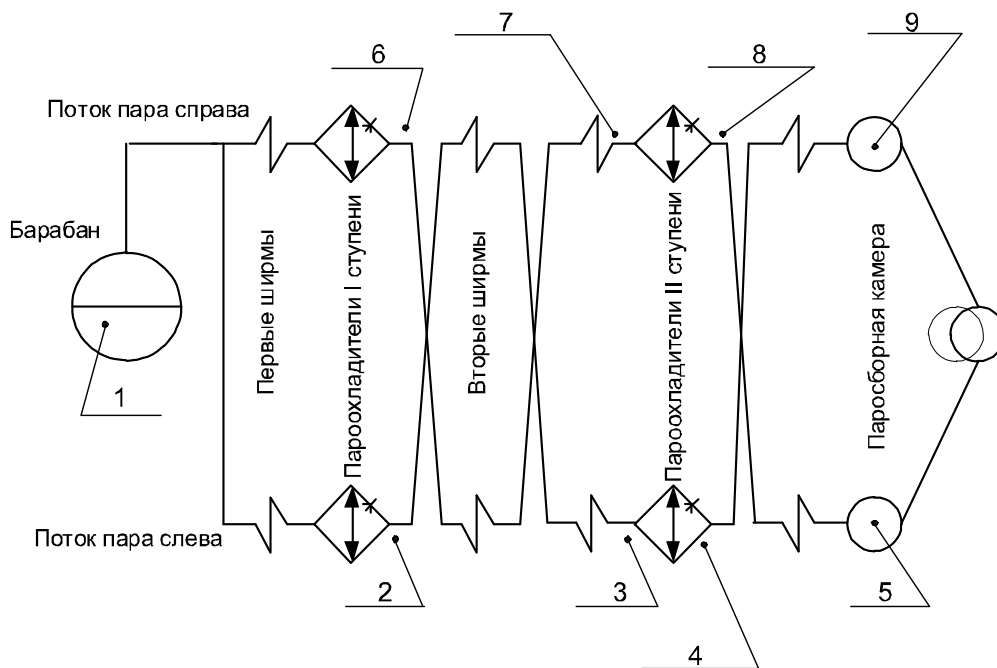


Рис. 2. Упрощенная схема пароперегревателя:

1 – температура насыщенного пара; 2 – температура пара за впрыском I ступени слева; 3 – регулируемая температура пара I ступени слева; 4 – температура пара за впрыском II ступени слева; 5 – температура пара на выходе из котла справа; 6 – температура пара за впрыском I ступени справа; 7 – регулируемая температура пара I ступени справа; 8 – температура пара за впрыском II ступени справа; 9 – температура пара на выходе из котла справа.

САР ТПП включает четыре регулятора: два регулятора температуры пара 1-й ступени (поддерживают постоянную температуру 490°C) и два регулятора ТПП 2-й ступени (поддерживают постоянную температуру 560°C). Каждый регулятор воздействует на соответствующий регулирующий клапан впрыска, изменяя расход конденсата. При увеличении впрыска температура пара снижается, при уменьшении – возрастает.

Рассмотрим регулирование перегретого пара на выходе из котла второй ступени. Регулирование в остальных ступенях происходит аналогичным образом. Данная схема является упрощенной и не содержит дополнительных устройств, необходимых для организации управления (рис. 3).

В САР ТПП используется дополнительный сигнал по скорости изменения температуры в промежуточной точке после впрыска, что позволяет улучшить динамические свойства системы.

САР температуры воздуха за калорифером. САР предназначена для поддержания ТВ за калорифером на уровне $52^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Предварительный подогрев воздуха обусловлен рядом причин, с которыми можно подробно ознакомиться в [1, 4]. Регулирование ТВ осуществляется путем подачи на всас дутьевого вентилятора отбора горячего воздуха из второй ступени воздухоподогревателя с помощью клапана, приводимого в движение исполнительным механизмом (МЭО).

Детальный анализ технологического процесса, проведенный на предприятии, показал, что имеющаяся схема отличается от описанной в [4] (см. рис. 4).

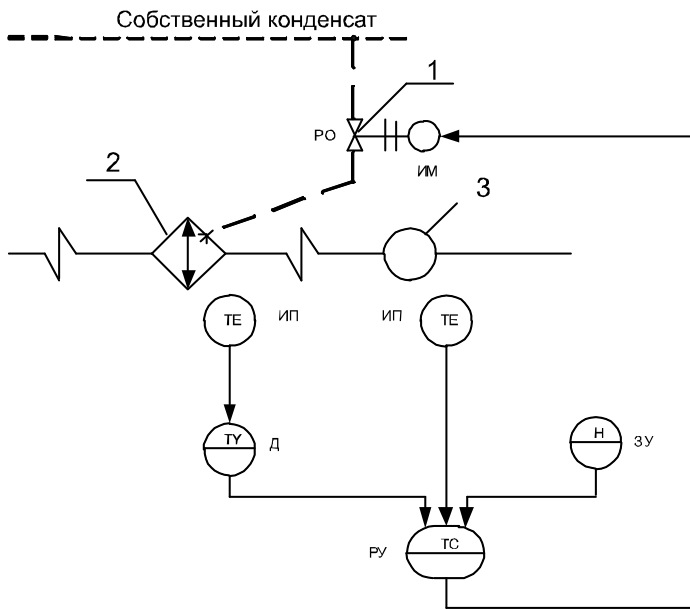


Рис. 3. Упрощенная схема САР ТПП:

1 – клапан впрыска II ступени; 2 – пароохладитель II ступени; 3 – сборочная камера; РО – регулирующий орган; ИП – измерительный преобразователь; ЗУ – задающее устройство; Д – дифференциатор; РУ – регулирующее устройство; ИМ – исполнительный механизм.

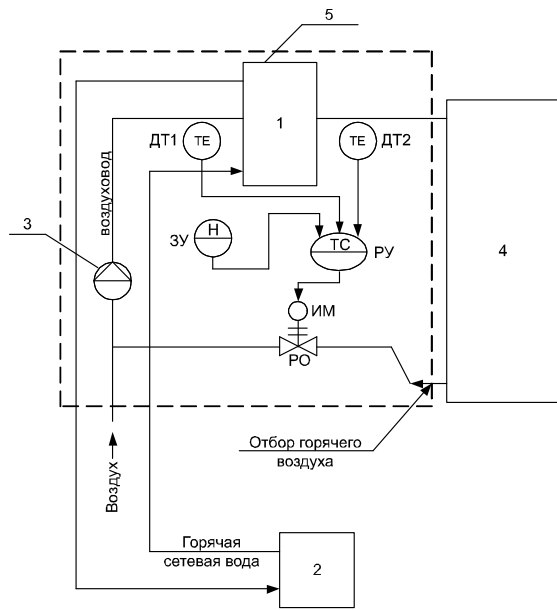


Рис. 4. Упрощенная схема САР ТВ за калорифером:

1 – калорифер; 2 – подогреватель сетевой воды; 3 – дутьевой вентилятор; 4 – воздухоподогреватель II ступени; 5 – воздухоподогреватель I ступени; ДТ1 – датчик температуры (по «тылу»); ДТ2 – датчик температуры (по «фронт»); РУ – регулирующее устройство; ЗУ – задающее устройство; ИМ – исполнительный механизм; РО – регулирующий орган.

САР температуры аэросмеси. Влажность пыли на выходе из мельницы устанавливается по условиям процесса сжигания и нормальной работы пылепитателей, а также взрывобезопасности воздушной смеси. Сама САР предназначена для поддержания постоянного значения температуры на уровне 55°C , что обеспечивает стабилизацию влажности пыли, подаваемой к горелкам [1, 4].

В общепринятой реализации на вход регулятора подаются: сигнал по температуре пылевоздушной смеси и сигнал задатчика. Регулятор воздействует на клапан присадки холодного воздуха, который подается в воздуховод горячего воздуха перед вентилятором горячего дутья, изменяя температуру воздуха, подаваемого в мельницу, и, следовательно, пылевоздушной смеси за ней. Открытие клапана приводит к снижению температуры, закрытие – к ее повышению (рис. 5).

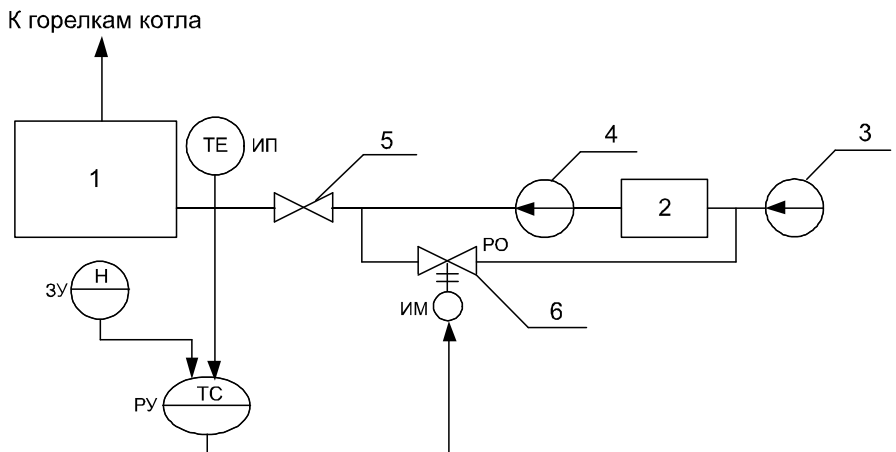


Рис. 5. Упрощенная схема САР ТА:

1 – молотковая барабанная мельница; 2 – воздухоподогреватель; 3 – дутьевой вентилятор; 4 – вентилятор горячего дутья; 5 – быстродействующий клапан; 6 – клапан присадки холодного воздуха; ИП – измерительный преобразователь; РУ – регулирующее устройство; ЗУ – задающее устройство; ИМ – исполнительный механизм; РО – регулирующий орган.

Подход к проектированию. Рассмотрев общие принципы регулирования, перечислим основные средства автоматизации, применяемые для реализации этих систем на БТЭЦ. В качестве средств измерения температуры в основном используются термопары типа ТХА, в качестве исполнительных механизмов – МЭО-250/25-0.25, в качестве регулирующих устройств – контроллеры Р-300 (500). В ходе модернизации данных систем предполагается изменить подход к управлению, произвести выбор современных средств автоматизации, поддерживающих цифровой обмен данными.

Проектирование распределенной системы автоматизации

В настоящее время на БТЭЦ реализован централизованный подход к управлению. Все измерительные сигналы с управляемого объекта передаются в центральный контроллер, который перерабатывает полученную информацию и выдает управляющие воздействия на объект. Один центральный контроллер не только успешно заменяет большое число местных терминалов в управлении производством, но и позволяет строить системы, выполняющие сложную обработку информации. В частности, так можно реализовать сложные расчеты с привлечением вышестоящего уровня АСУ ТП, обеспечить выявление и ликвидацию аварийных ситуаций и т.п. Однако по мере усложнения системы, увеличения количества вовлекаемых в процесс систем, роста требований к повышению эффективности управления производством выявляется ряд существенных недостатков централизованной системы [4]. В этой связи рассмотрим перспективный вариант создания распределенной системы управления для задач, связанных с контролем и регулированием температуры, как один из шагов по обеспечению возможности применения современных подходов на ТЭЦ.

Принцип построения систем с распределенной архитектурой базируется на функциональной и топологической децентрализации. Функциональная децентрализация – это разделение сложного процесса, или функции, на простые (меньшие) части – процессы, или функции, по функциональному признаку. Топологическая децентрализация предполагает пространственное распределение контроллеров в соответствии с управляемым технологическим процессом. В такой системе число и места установки контроллеров выбирают так, чтобы минимизировать суммарную длину кабельных линий связи [3]. В нашем случае с учетом специфики рассматриваемых систем остановим выбор на функциональной децентрализации.

Для эффективного проектирования распределенных систем требуется детальный анализ существующих схем и способов организации технологического процесса. Необходимо также обеспечить совместимость и взаимозаменяемость между собой всех устройств, входящих в систему и выпускаемых разными производителями. Для этих целей был разработан международный стандарт МЭК 61499. Модель распределенной системы автоматизации в соответствии со стандартом МЭК 61499 может быть представлена как набор физических устройств (например, программируемых логических контроллеров – ПЛК), взаимодействующих между собой с помощью одной или нескольких промышленных сетей. Сети могут иметь иерархическую структуру, – например, в виде многоуровневой системы, показанной на рис. 6.

В проектируемой системе будут присутствовать следующие уровни иерархии: низший (нулевой) уровень включает датчики температуры и исполнительные механизмы (МЭО); первый уровень состоит из программируемых логических контроллеров; второй (диспетчерский) уровень включает компьютер со SCADA-системой.

Технические средства автоматизации

Для реализации системы необходимо осуществить выбор контрольно-измерительных приборов и автоматики. При сравнении нескольких аналогов различных отечественных и зарубежных производителей выбор осуществлялся исходя из технических характеристик, стоимости и опыта их использования.

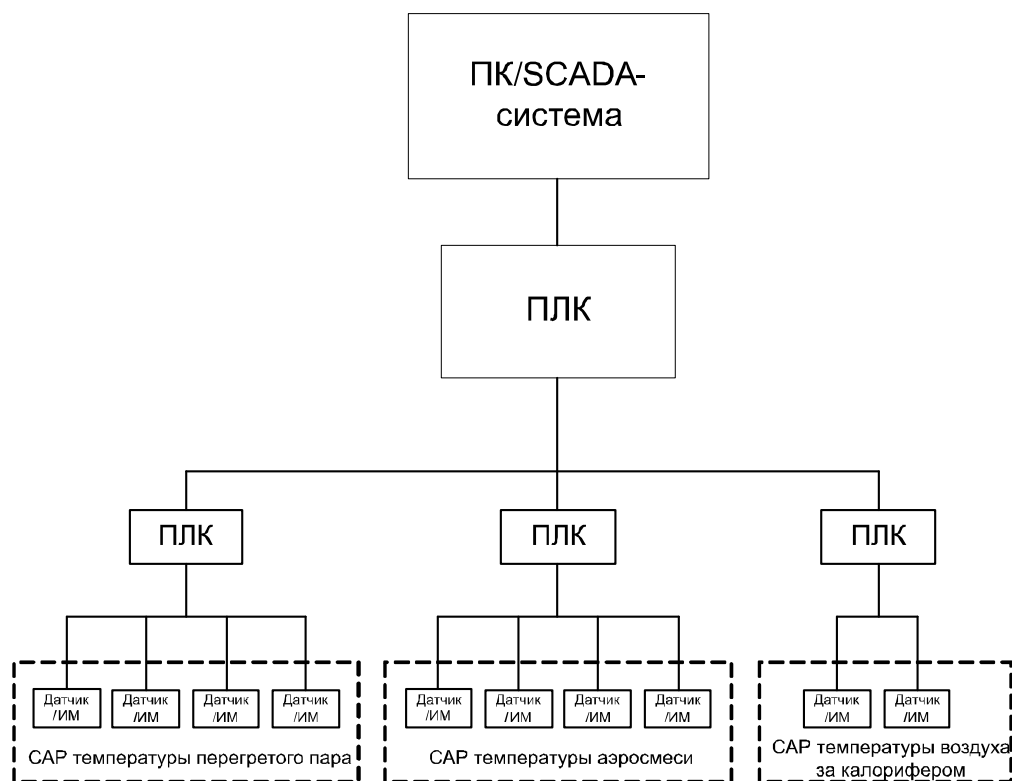


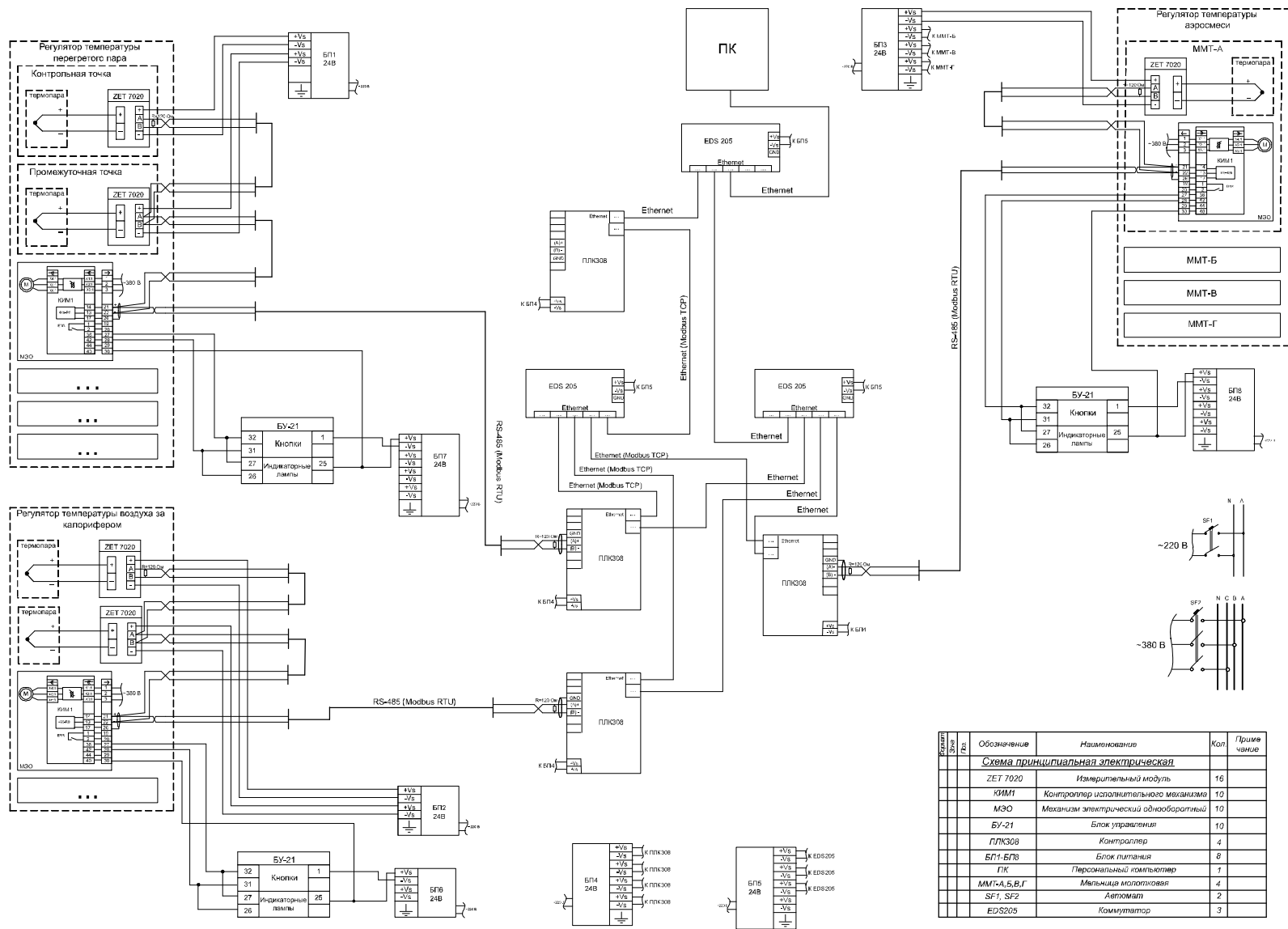
Рис. 6. Многоуровневая архитектура проектируемой распределенной системы.

В качестве датчиков температуры были выбраны интеллектуальные датчики температуры ZET 7020 TermoTC-485 ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы», состоящие из термопары и измерительного модуля, который осуществляет преобразование сигнала с термопары в значения температуры. Полученные значения температуры планируется передавать по интерфейсу RS-485, используя протокол Modbus. Для установки преобразователей температуры по месту используется защитный шкаф (от пыли, влаги и т.д.). В качестве такого шкафа был выбран компактный распределительный шкаф АЕ со степенью защиты IP 69К фирмы Rittal. Было принято решение оставить имеющиеся исполнительные механизмы, оборудовав их контроллерами исполнительного механизма (КИМ1) ОАО «АБС ЗЭиМ Автоматизация», которые имеют установочные и габаритные размеры серийного датчика положения и устанавливаются в электропривод на его место. Команды и информация о состоянии привода передаются по полевой сети RS-485 с использованием протокола Modbus.

Выбор контроллера – самый важный и ответственный этап проектирования системы. Для распределенной системы был выбран контроллер фирмы «Овен» ПЛК308, имеющий широкие функциональные возможности при достаточно небольшой стоимости по сравнению с фирмами зарубежных производителей. В рассматриваемой системе необходимо использовать четыре контроллера, которые будут установлены на главном щите управления – ГЩУ. Для связи локальных контроллеров с центральным через интерфейс Ethernet был выбран компактный коммутатор EDS-205 производителя МОХА.

Дополнительно для питания датчиков температуры контроллеров и коммутатора были выбраны блоки питания фирмы «Овен».

Предложенный прототип системы реализован в виде проектной схемы, представленной на рис. 7.



Код	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Схема принципиальная электрическая				
	ZET 7020	Измерительный модуль	16	
	КИМ1	Контроллер исполнительного механизма	10	
	МЭО	Механизм электрический однооборотный	10	
	БУ-21	Блок управления	10	
	ПЛК308	Контроллер	4	
	БП1-БП8	Блок питания	8	
	ПК	Персональный компьютер	1	
	ММТ-А, Б, В, Г	Мельница молотковая	4	
	SF1, SF2	Автомат	2	
	EDS205	Коммутатор	3	

Рис. 7. Электрическая схема прототипа системы.

Заключение

В работе была спроектирована распределенная система регулирования САР для нескольких контуров управления температуры котлоагрегата БКЗ-420-140-7 Благовещенской ТЭЦ. Приведенный здесь прототип системы может быть использован для организации распределенного регулирования параметров с цифровой передачей данных и стать основой для внедрения алгоритмов современного управления.

1. Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике. – М.: Изд-во МЭИ, 2007. – 352 с.

2. Молодюк, В.В. Важная составляющая процесса формирования единой государственной технической политики в области создания и эксплуатации АСУ ТП ТЭС /В.В. Молодюк, Я.Ш. Исамухамедов, В.В. Баринов // Энергетик. – 2011. – №12. – С.33-36.

3. Теличенко, Д.А. Современные подходы при реализации АСУ ТП для объектов теплоэнергетики / Д.А. Теличенко, А.А. Милосердова // Вестник Амурского гос. ун-та. – 2012. – Вып. 59. – С. 89-99.

4. Еремин, Е.Л. Адаптивное и робастное управление объектами теплоэнергетики / Е.Л. Еремин, Д.А. Теличенко. – Благовещенск: АмГУ, 2009. – 226 с.

5. Еремин Е.Л. Дискретно-непрерывная система адаптивного управления температурным режимом пароперегревателя / Е.Л. Еремин, Д.А. Теличенко, Л.В. Чепак // Информатика и системы управления. – 2004. – №1(7) – С. 117-130.