

ООО НПП «ЭСН»

**СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДОГРЕЙНОЙ КОТЕЛЬНОЙ 400
ГКАЛ/ЧАС НА ТЕРРИТОРИИ ИВАНОВСКОЙ ТЭЦ-2
(878.2023)**

Описание технологического процесса обработки данных

878.2023-АСУ ТП.ПГ

Том 42

Ине № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Ине № дубл.	Подп. и дата

Содержание

1 Состав и последовательность выполнения технологических операций3

1.1 Сбор и регистрация информации.....3

1.2 Подготовка информации.....4

1.3 Контроль информации4

1.4 Передача информации.....5

1.5 Обработка информации6

1.6 Отображение информации.....7

1.7 Хранение информации8

1.8 Выдача информации.....9

Перечень сокращений11

Перечень терминов12

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Име № дубл.	Подп. и дата															
Име № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Име № дубл.	Подп. и дата						878.2023-АСУ ТП.ПГ									
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата										
						Разраб.	Чураков		08.25	Строительство водогрейной котельной 400 Гкал/час на территории Ивановской ТЭЦ-2. Описание технологического процесса обработки данных					Стадия		Лист	Листов	
						Пров.	Агафонов		08.25							Р		2	14
															ООО НПП «ЭСН»				
	Н. контр.	Корепанов		08.25															

1.1 Сбор и регистрация информации

Регистрация информации заключается в приёме и преобразовании этих входных сигналов средствами контроллеров и модулей ввода. Аналоговые сигналы поступают на модули аналогового ввода серии *ТРЭЙ-5В*. Каждый такой модуль содержит каналы измерения тока 4–20 мА. Каналы могут быть сконфигурированы под нужный тип сигнала; при этом в модуле реализован автоматический контроль обрыва: если ток 4–20 мА опускается ниже определённого значения, фиксируется обрыв внешней линии датчика. Аналоговые модули выполняют оцифровку сигналов высокоточным АЦП и первичную фильтрацию для подавления помех. Дискретные сигналы поступают на модули дискретного ввода с типовым уровнем 24 В DC. Один модуль M1252D принимает до 32 дискретных сигналов и оснащён функцией программируемой фильтрации каждого канала (задаваемое время фильтрации фронтов от 1 до 254 мс) для устранения дребезга контактов. Наличие напряжения на входе отображается индикатором на модуле, что облегчает регистрацию и диагностику состояния входных цепей. Все сигналы от полевых устройств через экранированные многожильные кабели заведены на специальные терминальные панели, расположенные внутри шкафа управления. Терминальные панели серии

Формат А4

ТРЭЙ-5В типов **ТР-Д** (для дискретных входов), **ТР-О** (для дискретных выходов) и **ТР-У** (универсальные для аналоговых цепей) служат для удобного подключения и группировки проводов. От каждой панели к соответствующему модулю ввода-вывода проложен комплект специализированных соединительных шлейфов (кабели CИDC/CIDCS), что позволяет быстро отключать/заменять модули без нарушения полевых соединений. Таким образом, на этапе сбора и регистрации осуществляется приём всех входных сигналов, их преобразование в цифровую форму и индикация текущего состояния каналов.

1.2 Подготовка информации

Подготовка данных включает приведение сырой измерительной информации к виду, пригодному для последующей автоматической обработки, отображения и хранения. Контроллер АСУТП выполняет масштабирование цифровых значений сигналов в инженерные единицы измерения согласно калибровкам и диапазонам, указанным в паспортах датчиков. Например, значения токового входа 4–20 мА преобразуются во внутренние переменные, соответствующие физическим величинам (°С, кгс/см², т/ч и т.п.) с учётом градуировочных коэффициентов. Для термометрических сигналов (с сопротивительными датчиками типа Pt100/500) производится линеаризация и вычисление температуры по заданным таблицам преобразования. Аналоговые измерения могут усредняться с заданным интервалом для фильтрации помех и исключения кратковременных всплесков. Параметры фильтрации модулей АЦП выбираются таким образом, чтобы обеспечить достаточное подавление сетевых наводок без потери динамики процесса. Одновременно контроллер выполняет диагностику достоверности данных: проверяются контрольные признаки модулей о возможном выходе сигнала за диапазон, обрыве линии или коротком замыкании входа. На этапе подготовки информация приводится к стандартным форматам и проходит первичный контроль качества, что позволяет использовать её в алгоритмах управления и отображать операторам без дополнительных поправок.

1.3 Контроль информации

Этап контроля информации предназначен для автоматического контроля корректности и безопасности параметров технологического процесса на основе полученных данных. Программно реализованы функции мониторинга ключевых показателей с сравнениями их значений с допустимыми пределами и уставками. Контроллер непрерывно отслеживает, находятся ли измеренные параметры в заданных нормах: при выходе за аварийные или

Подп. и дата	
Инв № дубл.	
Взамен инв. №	
Подп. и дата	
Инв № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПГ	Лист
						4

предупредительные уставки генерируются сигналы предупреждения, аварийная сигнализация и задействуются защитные алгоритмы. Например, при снижении давления ниже допустимого или недопустимом повышении температуры сработают соответствующие дискретные сигналы тревоги, загорятся предупредительные индикаторы на экране операторской панели, а в системе РАС (регистрация аварийных ситуаций) зафиксируется событие. Также происходит контроль дискретных состояний: отсутствие разрешённого состояния оборудования в требуемый момент времени или появление запрещённого состояния трактуется как неисправность или авария. Программные модули контроля реализуют логические взаимосвязи сигналов – при наступлении определённых сочетаний входных условий формируются сигналы блокировок, отключений оборудования или перехода системы в безопасное состояние. Контроль информации охватывает и входные, и выходные данные: перед выдачей управляющих воздействий контроллер проверяет готовность исполнительных механизмов, состояние межблокировок и разрешающих сигналов. Все выявленные отклонения и сбои регистрируются в системе, отражаются на АРМ оператора и заносятся в архив событий. Таким образом, этап контроля обеспечивает достоверность и безопасность обрабатываемой информации, служит основой для реализации защит и предотвращения неверных воздействий на оборудование.

1.4 Передача информации

Передача собранной и предварительно обработанной информации осуществляется между уровнями системы и отдельными устройствами через промышленную сеть и последовательные линии связи. В АСУТП ВК Ивановской ТЭЦ-2 организована локальная вычислительная сеть (ЛВС) на базе Ethernet, объединяющая контроллеры среднего уровня, операторские станции верхнего уровня и коммуникационные шлюзы. Для подключения оборудования к сети используются управляемые коммутаторы ТРЭЙ S304 и ДКС N2100, установленные в шкафах. Коммутаторы обеспечивают обмен данными по протоколу TCP/IP между контроллером, сервером и АРМ, а также резервирование сети. Скорость передачи по медным портам Ethernet достигает 1000 Мбит/с, также имеются порты SFP для оптических линий 1000Base-X, что соответствует требованиям по пропускной способности для обмена данными верхнего уровня.

Помимо Ethernet, в системе используются последовательные интерфейсы для связи с подконтрольным оборудованием. В шкафах АСУТП установлены модули **Ethernet-сервер последовательных интерфейсов ТРЭЙ S343**, предназначенные для сопряжения сети Ethernet с устройствами, имеющими только порты RS-485. Через S343 реализуется опрос частотно-регулируемых приводов насосов, шкафов управления насосами и прочих локальных

Инв № подл.	Подп. и дата		Инв № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата			
Изм.		Лист	№ докум.		Подп.		Дата		878.2023-АСУ ТП.ПГ	
									Лист	
									5	

контроллеров, поддерживающих Modbus RTU. Ethernet-сервер S343 выполняет двунаправленное преобразование протоколов: пакеты Modbus TCP, приходящие по сети от контроллера, преобразуются в запросы Modbus RTU для последовательной линии RS-485, и наоборот – ответы Modbus RTU упаковываются обратно в Modbus TCP. Такой режим «Modbus-шлюза» позволяет напрямую управлять по сети устройствами с интерфейсом RS-485, как если бы они были подключены к контроллеру локально. В частности, команды на пуск/останов насосных агрегатов и задания скоростей их приводов передаются по RS-485 через протокол **Modbus RTU** – например, шкафы управления насосами сырой воды НСВ №1,2 принимают команды «Пуск/Стоп насоса» от контроллера именно по сети RS-485. Линии RS-485 соединены с портами S343, количество портов и их роль (мастер/слейв) настроены согласно требуемой топологии обмена. Благодаря поддержке *multimaster*-режима Ethernet-сервер позволяет нескольким узлам параллельно получать данные от устройств по Modbus RTU без конфликта шины.

Обмен данными между контроллером и сервером SCADA осуществляется по промышленному протоколу OPC UA. Таким образом, все актуальные технологические параметры, состояния сигналов и сообщения формируются контроллером и через коммутаторы поступают на сервер верхнего уровня в режиме реального времени. Обратным потоком по той же сети передаются управляющие команды оператора и задания на регуляторы. Надёжность передачи обеспечивается резервированием каналов и источников питания сетевого оборудования (коммутаторы и сервер подключены через ИБП согласно требованиям к верхнему уровню АСУТП).

1.5 Обработка информации

Обработка информации включает в себя комплекс функций вычисления, логической обработки и формирования управляющих воздействий, выполняемых контроллерами среднего уровня. ПЛК на среднем уровне системы после получения и проверки входных данных исполняют программу автоматического управления технологическим процессом. Согласно техническому заданию, средний уровень представляет собой распределённую систему на базе программируемых контроллеров, обеспечивающую сбор и первичную обработку сигналов, а также функции автоматического управления и регулирования. Контроллеры обрабатывают информацию об объектах управления и состоянии оборудования, формируют на этой основе управляющие воздействия на исполнительные механизмы – как по командам оператора, так и в полностью автоматическом режиме. В программном обеспечении реализованы алгоритмы автоматического регулирования параметров котельной: поддержание температуры сетевой воды,

Име № подл.	Подп. и дата
Взамен име. №	Име № дубл.
Подп. и дата	
Име № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПГ	Лист
						6

установки, на которых в реальном времени показываются значения температур, давлений, уровней, позиций арматуры и пр. (всего – все параметры из **Перечня входных сигналов**), а также состояние агрегатов (работает/остановлен, авария, ремонт и т.д.). Цветовая индикация и мигающие символы используются для привлечения внимания к аварийным ситуациям и выходу параметров за допуски. Операторские панели позволяют персоналу осуществлять дистанционное управление: с экрана можно подать команды на пуск/останов механизмов, изменение уставок, квитирование сигнализации и т.п. – эти действия передаются вниз на контроллеры. В составе шкафов АСУТП предусмотрена **панель оператора Weintek cMT2128X** (сенсорный 12-дюймовый терминал), выполняющая роль локального HMI. Данная панель интегрирована в сеть и получает от контроллера данные для визуализации на своем экране – она дублирует основные показания и позволяет проводить местное управление оборудованием при техническом обслуживании либо в случае недоступности АРМ. Отображение информации на Weintek-панели организовано в виде экранов (с технологическими схемами, графиками тенденций, списка аварий и т.д.). Пользовательский интерфейс предусматривает русскоязычные надписи, понятные обозначения агрегатов и удобную навигацию между разделами. Все отображаемые данные проходят обновление с дискретностью не более 1 секунды. В случае возникновения нештатной ситуации система отображает всплывающие окна аварий, звуковую сигнализацию и запись в журнал аварий. Таким образом, этап отображения обеспечивает оперативный контроль технологического процесса персоналом – все необходимые сведения выводятся человеку в наглядной форме, что дает возможность своевременно реагировать на изменения и эффективно управлять котельной.

1.7 Хранение информации

Хранение информации в АСУТП организовано на верхнем уровне. Сервер, размещённый в шкафу серверного оборудования, выполняет роль архивационного устройства: на нём осуществляется долговременная регистрация технологических параметров, событий и отчетных данных. Программное обеспечение сервера на базе НПФ «КРУГ» получает от контроллеров обновления параметров и заносит их в базу данных с привязкой ко времени. Журнал событий фиксирует все значимые изменения дискретных сигналов (срабатывания защит, действия оператора, аварийные отключения и пр.) с точностью времени до миллисекунд, используя сигнал единого времени. Периодичность архивирования аналоговых параметров выбирается исходя из требований к детализации – обычно 1 раз в секунду или чаще для быстро меняющихся величин. Архивные данные хранятся на жёстких дисках сервера; для повышения надёжности реализовано

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПГ	Лист

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПГ	Лист

резервирование (RAID-массив с зеркалированием) и ИБП для защиты от потери питания. Доступ к архивам осуществляется с операторских станций: штатными средствами SCADA. Можно просматривать тренды параметров за любой промежуток времени, списки событий, формировать отчёты за смену/сутки/месяц. Кроме того, возможно выгрузка данных во внешние файлы для дальнейшего анализа. В рамках хранения данных реализованы и функции протоколирования – автоматического формирования протоколов и сохранения их в заданном формате. Требуемый объём и длительность хранения регламентированы ТЗ. Таким образом, система хранения информации обеспечивает накопление знаний о ходе технологического процесса, служит для анализа режимов работы, расследования инцидентов и оптимизации эксплуатации оборудования.

1.8 Выдача информации

Выдача информации охватывает несколько аспектов: во-первых, выдачу управляющих сигналов на исполнительные механизмы для непосредственного воздействия на технологический процесс, и во-вторых, передачу информации во внешние системы и операторам в виде отчетов или сигналов оповещения.

Выдача управляющих сигналов. На основании результатов обработки (алгоритмов регулирования и логики управления) контроллер формирует команды для исполнительных устройств – клапанов, задвижек, насосов, горелок и пр. Эти команды выводятся через модули дискретного вывода и сервера последовательных интерфейсов. Дискретные команды подаются с модулей M1251O (32-канальный модуль дискретного вывода) на соответствующие выходные линии 24 В DC. Каждый выходной канал управляет катушкой реле, коммутирующим цепь управления механизмом. В шкафу АСУТП все дискретные выходы выполнены через промежуточные электромеханические реле типа Finder: для цепей питания 220 В применены реле с катушкой 220 В AC/DC, а для цепей 24 В – реле с катушкой 24 В, что обеспечивает гальваническую развязку контроллера от внешних цепей и надёжное коммутационное управление исполнительными устройствами. Состояние каждого выходного канала контролируется самим модулем (наличие перегруза, короткого замыкания и перегрева фиксируется и диагностируется на уровне модуля M1251O). Аналоговые управляющие воздействия (например, задание на частоту вращения насосного привода, уставка клапана-регулятора и пр.) выдаются в цифровом виде по протоколу. В рассматриваемой системе задания на частотно-регулируемые приводы (ЧРП) котловых и сетевых насосов передаются по Modbus RTU через RS-485 (значение в процентах от 0 до 100% частоты), минуя необходимость

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата	878.2023-АСУ ТП.ПГ					Лист	
										9	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							

Копировал

Формат А4

аналогового выхода. Перед выдачей каждой команды контроллер проверяет условия безопасности: блокировки не допускают открытие клапанов вне требуемой последовательности, включение насоса при закрытой заслонке на линии и т.д. Выдача команд может осуществляться как автоматически по алгоритму, так и по нажатию оператором кнопки на АРМ – в последнем случае команда также поступает в контроллер, который её обрабатывает и выпускает на выходы с учётом всех ограничений. Информация о факте выдачи каждой команды и её результате регистрируется в журнале.

Выдача информации во внешние системы. АСУТП котельной интегрируется со смежными и вышестоящими системами, обеспечивая обмен данными и сигналами. Реализовано подключение АСУТП ВК к корпоративной системе сбора данных, посредством протоколов OPC UA на уровень предприятия. Через этот канал выдаются обобщённые параметры (тепловая нагрузка, состояние оборудования, аварийные сигналы) для отображения инженерно-диспетчерскому персоналу вне котельной.

Таким образом, на этапе выдачи информации АСУТП формирует и направляет управляющие воздействия на оборудование котельной, осуществляя тем самым автоматизированное ведение технологического процесса, а также выдает сводную информацию о работе системы наружу – операторам и в смежные информационные системы, обеспечивая интеграцию котельной в общее управленческое пространство ТЭЦ.

Инв № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв № дубл.	Подп. и дата							
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПГ	Лист
											10

Перечень сокращений

Сокращение	Расшифровка
АСУТП	Автоматизированная система управления технологическими процессами
БК	Водогрейная котельная
ТЭЦ	Теплоэлектроцентраль
АРМ	Автоматизированное рабочее место
ЛВС	Локальная вычислительная сеть
РАС	Регистрация аварийных ситуаций
ПЛК	Программируемый логический контроллер
ПИД	Пропорционально-интегрально-дифференциальный (регулятор)
НМИ	Человеко-машинный интерфейс
SCADA	Система диспетчерского управления и сбора данных
SFP	Small Form-factor Pluggable (оптический модуль)
DC	Постоянный ток (Direct Current)
AC/DC	Переменный/постоянный ток (Alternating Current/Direct Current)
АЦП	Аналого-цифровой преобразователь
ИБП	Источник бесперебойного питания
RAID	Избыточный массив независимых дисков (Redundant Array of Independent Disks)
РЗА	Релейная защита и автоматика
ЭТО	Электротехническое оборудование
НСВ	Насосы сырой воды
Гкал/ч	Гигакалорий в час

Име № подл.	Подп. и дата
Взамен име. №	Име № дубл.
Подп. и дата	
Име № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПГ	Лист
						11

Перечень терминов

Термин	Расшифровка
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическим процессом: совокупность программно-технических средств, алгоритмов и персонала, обеспечивающих сбор, обработку, отображение, хранение и выдачу информации, а также автоматическое и дистанционное управление объектом.
АРМ	Рабочее место оператора/инженера верхнего уровня с установленным прикладным ПО для визуализации, управления, настройки, протоколирования и архивирования.
ПЛК	Программируемый логический контроллер среднего уровня, выполняющий сбор/первичную обработку сигналов, алгоритмы регулирования, логического и последовательного управления, формирование управляющих воздействий.
SCADA	Программная платформа верхнего уровня для диспетчерского управления и сбора данных, предоставляющая функции отображения, архивации, протоколирования и отчетности.
OPC UA	Промышленный протокол обмена «клиент-сервер» для унифицированной передачи параметров, событий и команд между уровнями АСУТП.
Modbus RTU	Последовательный протокол мастер-слейв поверх RS-485 для обмена технологическими данными и заданиями.
Modbus TCP	Сетевой вариант протокола Modbus поверх TCP/IP для обмена параметрами и командами между устройствами Ethernet.
RS-485	Физический интерфейс полевой шины для многоточечной связи, применяемый для Modbus RTU и подключения шкафов управления.
Ethernet	Технология ЛВС верхнего/среднего уровней для обмена по TCP/IP между ПЛК, сервером и АРМ, с резервированием сетевой инфраструктуры.
TCP/IP	Стек сетевых протоколов, используемый для передачи данных между компонентами АСУТП через коммутаторы.
Коммутатор Ethernet	Сетевое устройство ЛВС, обеспечивающее коммутацию, диагностику и резервирование каналов передачи данных между узлами АСУТП.
Сервер последовательных интерфейсов	Коммуникационное устройство для интеграции RS-232/RS-485-устройств в сеть Ethernet, в т.ч. для трансляции/шлюзования Modbus.
ПИД-регулятор	Алгоритм автоматического регулирования с пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющими для поддержания технологических параметров.
Технологические защиты и блокировки	Программно-аппаратные функции предотвращения аварийных воздействий и обеспечения безопасного состояния объекта при нарушениях входных/выходных условий.
РАС (регистрация аварийных ситуаций)	Подсистема фиксации аварийных событий с привязкой ко времени и представлением оператору/в архивах.
Журнал событий	Хронологическая база событий (изменения дискретных состояний, действия оператора, аварии) с метками времени единого времени.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПГ					12

Термин	Расшифровка
Архив (архивирование данных)	Долговременное хранение технологических параметров и событий на сервере верхнего уровня с регламентированной периодичностью записи.
RAID	Массив независимых дисков с избыточностью (зеркалирование и пр.) для повышения надежности хранения архивов.
Панель оператора	Визуализационное устройство для отображения мнемосхем, трендов, аварий и ввода команд на месте.
Терминальная панель	Промежуточное устройство в шкафу для коммутации полевых сигналов с модулями ввода/вывода и организации быстроразъемных соединений.
Мнемосхема	Экран визуализации технологической установки с отображением текущих значений параметров и состояний оборудования.
Тренд	График изменений параметра во времени для анализа режимов и состояния оборудования.
Сигнал единого времени	Служебный сигнал синхронизации, обеспечивающий единое время регистрации событий/параметров в системе.
Протоколирование	Автоматическое формирование протоколов работы/событий и сохранение в заданном формате в рамках хранения данных.
Мультимастерный режим	Режим одновременного доступа нескольких узлов к данным устройств по RS-485/Modbus с исключением конфликтов шины.
Modbus-шлюз	Функция преобразования обмена между Modbus TCP (Ethernet) и Modbus RTU (RS-485) с прозрачной передачей команд/параметров.

Име № подл.	Подп. и дата
Взамен име. №	Име № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата
Име № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПГ	Лист
						13

Лист регистрации изменений

[illegible]

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

					878.2023-АСУ ТП.ПГ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14