

УДК 621.396.4

Организация автоматизированных систем дистанционного мониторинга и управления на уровне контролируемый пункт – диспетчерский пункт на базе универсального контроллера UCSUT-01

Барбанель Е. С. ✉, Бойков М. С., Бухинник А. Ю., Точиллов В. Н.

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

Постановка задачи. Организация перспективных автоматизированных систем дистанционного контроля и управления (АСДКУ) промышленных объектов требует включения в состав контролируемых пунктов (КП) системы универсальных контроллеров (УК), обладающих набором радио- и проводных интерфейсов для обмена данными с диспетчерскими пунктами (ДП) и другими КП. Для решения данной задачи в СПбГУТ разработан УК UCSUT-01, структура и основные функции которого описаны в настоящей статье. **Цель работы.** Используемые в настоящее время алгоритмы сбора данных с датчиков телесигнализации и телеизмерений КП и протоколы обмена данными на участке КП – ДП не обеспечивают в полной мере требования к современным АСДКУ, поэтому в данной работе предлагаются усовершенствованные процедуры телеизмерений и протоколы обмена данными. **Результат.** На основе анализа требований, предъявляемых к УК КП, разработаны процедуры телеконтроля, реализующие как режим текущего контроля с регистрацией аварийных ситуаций на объекте, так и архивирование результатов телеизмерений в виде среднечасовых значений измеряемых параметров и осциллограмм. Предложены оригинальные протоколы обмена данными между УК и ОРС-сервером ДП. Обсуждаются вопросы увеличения информационной емкости участков контроля путем локального комплексирования УК. **Новизна:** по сравнению с существующими УК разработанный контроллер с набором оригинальных протоколов обмена обладает существенно расширенными функциональными возможностями. **Практическая значимость:** результаты исследования могут использоваться для организации систем АСДКУ нового поколения.

Ключевые слова: автоматизированная система сбора и передачи телеметрической информации, контролируемый пункт, диспетчерский пункт, универсальный контроллер, телеизмерение, телесигнализация, телеуправление, телерегулирование, установка, цифровые интерфейсы, канал связи, мобильная связь, протоколы обмена данными, технология ОРС, модуль расширения

Финансирование: научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 1023031600087-9-2.2.4;2.2.5;2.2.6;1.2.1;2.2.3 в ЕГИСУ НИОКТР.

Введение

Во многих отраслях хозяйства страны актуальной задачей является обеспечение функционирования необслуживаемых или редко обслуживаемых объ-

Библиографическая ссылка на статью:

Барбанель Е. С., Бойков М. С., Бухинник А. Ю., Точиллов В. Н. Организация автоматизированных систем дистанционного мониторинга и управления на уровне контролируемый пункт – диспетчерский пункт на базе универсального контроллера UCSUT-01 // Информационные технологии и телекоммуникации. 2024. Т. 12. № 1. С. 1–15. DOI: 10.31854/2307-1303-2024-12-1-1-15. EDN: GGGKORC

Reference for citation:

Barbanel E., Boikov M., Buhinnik A., Tochilov V. Arrangement Remote Monitoring and Operation Automated Systems at the Section of Controlled Point – Dispatch Point Based on Universal UCSUT-01 Controller. *Telecom IT*. 2024. Vol. 12. Iss. 1. PP. 1–15 (in Russian). DOI: 10.31854/2307-1303-2024-12-1-1-15. EDN: GGGKORC

ектов, часто расположенных на значительном удалении друг от друга и от места нахождения диспетчерской службы, где постоянно присутствует дежурный персонал. Примеры таких объектов в газовой отрасли – газораспределительные станции и пункты, а также установки электрохимической защиты подземных металлических газопроводов от коррозии. Аналогичными установками, требующими осуществления дистанционного контроля и управления, оснащаются и такие сооружения, как бронированные кабели связи, трубы горячего и холодного водоснабжения, объекты нефтедобычи, подземные и надземные портовые сооружения, в том числе топливные резервуары и пр. В электроэнергетике объектами дистанционного диспетчерского контроля и управления являются электрические подстанции различной мощности, в теплоэнергетике – тепловые станции и автономные котельные, в системе освещения городов и трасс – шкафы управления наружным освещением. Такие объекты имеются в лифтовой службе, на объектах ЖКХ, в агрокомплексах и тепличных хозяйствах и т. д.

Для мониторинга состояния этих объектов и решения задачи дистанционного управления их параметрами применяются системы телеметрии. Как правило, это автоматизированные системы дистанционного контроля и управления (АСДКУ), состоящие из оборудования, устанавливаемого на контролируемых пунктах (КП), а также оборудования и программных продуктов, размещаемых на диспетчерских пунктах (ДП) [1, 2].

Центральными устройствами, устанавливаемыми на КП любого типа, являются многофункциональные контроллеры, обеспечивающие решение следующих задач:

- обработка сигналов аналоговых (телеизмерение) и дискретных (теле-сигнализация) датчиков;
- взаимодействие с различными приборами учета посредством цифровых интерфейсов;
- хранение полученной телеметрической информации;
- реализация связных протоколов;
- обработка и реализация команд телеуправления и телерегулирования, переданных из ДП по каналу связи.

На основе анализа типовых структур АСДКУ промышленных объектов сформулированы технические требования к универсальному контроллеру КП, который мог бы найти применение в большинстве из них. С учетом этих требований в СПбГУТ был разработан универсальный контроллер UCSUT-01 (рисунок 1). В статье представлено описание структуры и основных характеристик данного контроллера, предложен оригинальный протокол обмена данными на участках КП – ДП, обсуждаются возможности повышения информационной емкости контроллеров на базе механизмов их масштабирования.



Рис.1. Внешний вид универсального контроллера UCSUT-01

Типовая структура АСДКУ и основные режимы ее функционирования

В большинстве перечисленных выше отраслей действуют многоуровневые АСДКУ, построенные по иерархическому принципу. Структура АСДКУ при этом является естественным следствием собственной структуры предприятия, имеющего, кроме центрального офиса, ряд подведомственных управленческих центров.

Нижний уровень таких систем – это, собственно, КП, а верхних уровней может быть несколько в зависимости от степеней иерархии на предприятии-пользователе. К примеру, во многих хозяйствах отрасли газораспределения, кроме уровня КП, обычно существует еще три: участок (первый уровень контроля и управления), филиал (второй уровень) и главное или центральное управление (третий уровень) [3, 4]. Топологией фрагмента такой АСДКУ «КП – ДП участка», таким образом, является «звезда», где передача данных между КП и ДП осуществляется по радио- или проводным каналам связи. Типовая структура фрагмента «КП – ДП участка» приведена на рисунке 2, где УК – универсальный контроллер, ТИ – телеизмерение, ТС – телеисигнализаций.

С начала 2000-х годов наиболее широкое распространение получило использование с этой целью услуг мобильных операторов связи. Такое решение при очевидных преимуществах, к примеру, по сравнению с радиосвязью УКВ-диапазона, имеет и определенные недостатки, связанные, главным образом с неопределенностью времени доставки в ДП срочной аварийной информации, а также высокой платой за трафик при значительном числе КП. Этих недостатков лишены нашедшие широкое распространение в период до появления мобильной связи системы на основе УКВ-радиосвязи, но их основным недостатком была необходимость самостоятельного построения сети передачи данных, включающая строительство антенно-мачтовых сооружений и решение проблемы преодоления больших расстояний между объектами, в том числе за счет цепочечной ретрансляции.

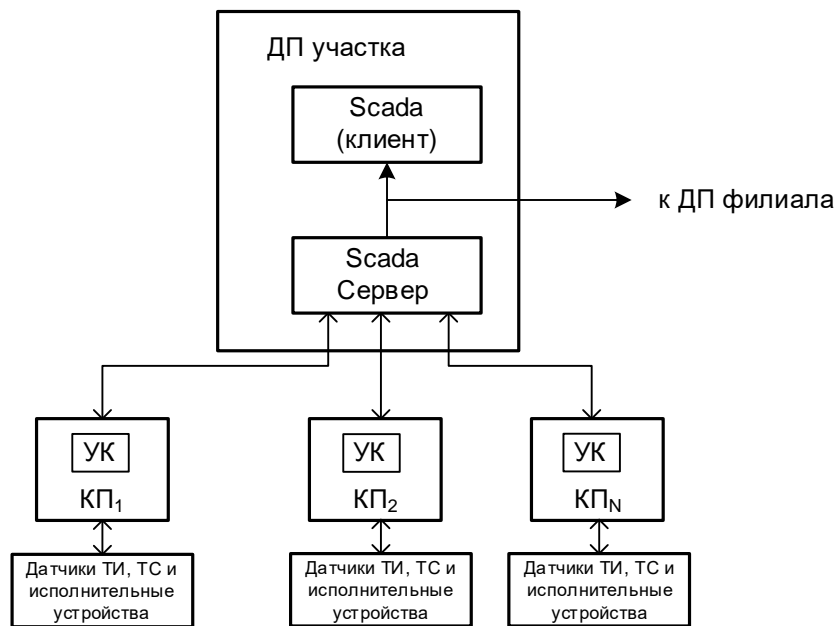


Рис. 2. Структура фрагмента АСДКУ «КП – ДП участка»

На уровне «КП – ДП участка» обычно со стороны КП передается:

- срочная информация (выход значений любого из телеизмерений за 4 уставки: нижняя и верхняя предаварийные, а также нижняя и верхняя аварийные);
- накопленные архивы, хранящиеся в памяти контроллера КП и сформированные из результатов измерений, осуществляемых с задаваемой из ДП при конфигурировании данного КП частотой обновления информации.

В обычном режиме периодичность измерения по каналам телеизмерения может быть 1 раз в секунду, а при подозрении диспетчера, что ситуация на объекте приближается к аварийной, им может быть дана команда на увеличение скорости опроса датчиков в 10 раз. Эти возможности закладываются на стадии разработки контролеров, являющихся одним из основных узлов комплекта оборудования АСДКУ на КП.

Для приема на ДП первого уровня передаваемой с подведомственных КП телеметрической информации используется оборудование на основе компьютеров, оснащенных (в варианте использования в АСДКУ каналов мобильной связи) радиомодемами стандарта GSM / GPRS / 4G и установленной на эти компьютеры специальной SCADA-программой, обеспечивающей визуализацию, обработку и долговременное хранение принятой информации. На ДП более высоких уровней обычно передается не вся принятая с КП информация, а обработанная с учетом потребностей персонала ДП более высоких уровней. Способ передачи данных между различными уровнями ДП также может быть различным в зависимости от взаимной удаленности этих ДП друг от друга; в том числе, это могут быть и проводные (в частности, волоконно-оптические) каналы связи, а также локально-вычислительные сети, развернутые на территории предприятия-пользователя АСДКУ.

Таким образом, как уже было сказано выше, основным узлом оборудования АСДКУ на КП является *контроллер*, обеспечивающий цифровую обработку сигналов от аналоговых датчиков, взаимодействие с датчиками телесигнали-

зации типа «сухой контакт», имеющий обычно несколько выходов телеуправления и / или телерегулирования, а также цифровые порты для подключения счетчиков с цифровыми выходными сигналами. Измеряются обычно такие физические величины, как давление, температура, влажность, уровень жидкости в резервуарах, состояние различных выключателей и датчиков, к примеру, охранных, пожарных и т. п. Заметим, что в последнем случае контроллер обычно взаимодействует не непосредственно с охранными и пожарными датчиками, а с головными блоками соответствующим образом сертифицированных пожарно-охранных систем, имеющими, как правило, три релейных выхода: «Охрана», «Пожар» и «Неисправность датчиков».

На рынке имеется достаточное количество как отечественных, так и импортных контролеров, как общего назначения, так и ориентированных на применение в конкретных отраслях. Количество входов-выходов в них варьируется от единиц до нескольких десятков, а в отдельных случаях и сотен. Как правило, контроллер также содержит встроенный радио- или проводной модем для обмена данными с ДП своего уровня.

В некоторых случаях на объектах контроля, относящихся к одной АСДКУ, требуется применение не единственного контроллера, а одного основного контроллера, дополненного рядом территориально удаленных периферийных контроллеров (модулей расширения). Примером таких объектов являются крупные теплоисточники (ТЭЦ, районные котельные), где датчики обычно расположены группами на достаточно большой территории и где нецелесообразно, а иногда и технически невозможно проложить между этими группами датчиков большое число проводных линий. Другим примером таких объектов являются установки систем электрохимической защиты подземных металлических сооружений, где в интервалах между основными станциями катодной защиты, разнесенными на расстояния в несколько километров друг от друга вдоль защищаемого сооружения, требуется установка дополнительных контрольно-измерительных пунктов.

Взаимодействие между основным и периферийными контроллерами в зависимости от расстояний между ними и ряда других факторов, как правило, организуется через шины RS-232 или RS-485. В случаях, когда прокладка проводных линий между основным контроллером и модулями расширения невозможна, особенно если АСДКУ на объекте внедряется не на стадии строительства объекта, используются методы передачи данных на основе беспроводных радиотехнологий типа LoRa или ZigBee [5, 6]. Кроме того, как правило, периферийные контроллеры представляют собой устройства с батарейным электропитанием, что накладывает существенные ограничения по их энергопотреблению. Представляется, что удачной альтернативой такому способу комплексирования контроллеров является установка в каждом из них маломощного приемопередатчика, реализующего стандарт связи IEEE 802.15.4 [7], ориентированный на не требующие высоких скоростей передачи данных применения, но критичные по энергопотреблению оборудования, габаритам и стоимости.

Ниже остановимся на технических характеристиках универсального контроллера UCSUT-01.

Структура и технические характеристики контроллера UCSUT-01

Структурная схема контроллера универсального UCSUT-01 представлена на рисунке 3, где канал ТИЧ – канал телеизмерений частоты.

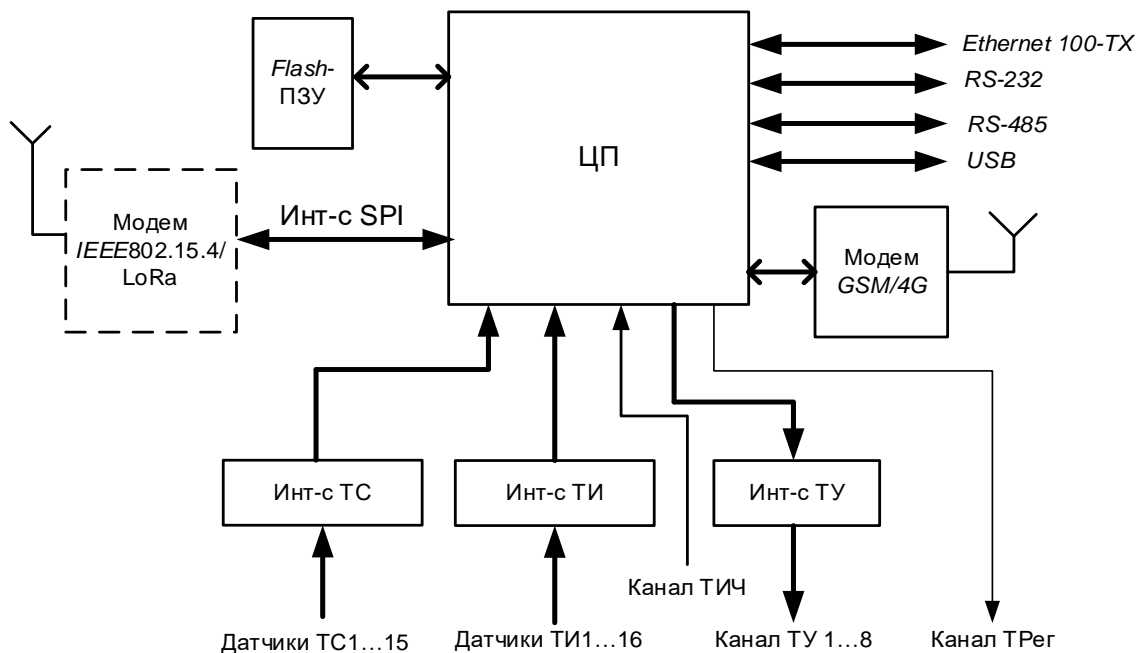


Рис. 3. Структурная схема универсального контроллера UCSUT-01

Схема содержит следующие функциональные узлы:

- центральный процессор (ЦП) на основе ARM-микроконтроллера CORTEX-M4;

- интерфейс каналов телесигнализации (Инт-с ТС);

- интерфейс каналов телеизмерений (Инт-с ТИ);

- интерфейс каналов телеуправления (Инт-с ТУ);

- интерфейс канала телерегулирования (ТРег);

- GSM-модем;

- Flash-ПЗУ;

- модем радиосети по стандарту IEEE802.15.4 или LoRa (опционально).

Через интерфейсы Инт-с ТС и Инт-с ТИ к контроллеру подключаются датчики телесигнализации числом до пятнадцати и датчики телеизмерений числом до шестнадцати. Кроме этого, контроллер поддерживает подключение одного датчика телеизмерения частоты в диапазоне 0...15000 Гц.

Инт-с ТУ обеспечивает подключение исполнительных устройств числом до восьми через промежуточные реле с напряжением 24 В, а интерфейс ТРег – телерегулирование напряжением 0...10 В.

Контроллер имеет 4 внешних проводных интерфейса по стандартам: Ethernet 100-TX, RS-232, RS-485 и USB. Ethernet 100-TX служит для соединения контроллера и ДП по локальной или глобальной сети. Посредством интерфейсов RS-232, RS-485 и USB к контроллеру могут подключаться внешние измерительные и контрольные приборы: электросчетчики, газовые корректоры, устройства релейной защиты и т. д., которые, как правило, снабжены одним из

перечисленных выше стыков. Кроме того, интерфейс RS-485 может применяться для локального масштабирования универсальных контроллеров (см. ниже). Наконец, через внутренний стык SPI может быть подключен внешний радиомодем по стандарту IEEE802.15.4 или LoRa для связи с удаленными периферийными устройствами. Для связи с удаленным ДП универсальный контроллер имеет внутренний радиомодем стандарта GSM и поддерживает обмен данными через каналы SMS и GPRS или 4G.

Контроллер UCSUT-01 выполнен по одноплатной конструкции и установлен в корпусе D9MG (производство фирмы Gainta); питается от источника постоянного напряжения 24 В и потребляет не более 1 Вт.

Организация каналов телесигнализации и телеизмерений

Инт-с ТС универсального контроллера предполагает подключение типового класса датчиков телесигнализации с выходами типа «сухой контакт». Отсчеты состояния каждого контакта снимаются программой ЦП с периодом 10 мс, причем решение о состоянии (замкнут / разомкнут) принимается с усреднением по четырем последовательным отсчетам. Таким образом, состояние датчиков ТС регистрируется с периодом 40 мс, что позволяет подключать к контроллеру шлейфы охранной сигнализации, для которых требуется регистрация нарушений шлейфа (замыкание / размыкание) длительностью свыше 70 мс.

Для каждого из каналов ТС в параметрах конфигурации универсального контроллера задается признак аварийности: нарушение шлейфа в данном канале означает аварийную ситуацию на контролируемом объекте.

Через **Инт-с ТИ** к ЦП подключаются датчики телеизмерений с токовыми выходами 4...20 / 0...20 мА. Программа ЦП считывает показания датчиков телеизмерений с частотой 200 Гц (т. е. кратно частоте электросети 50 Гц) и усредняет считанные отсчеты по восьми точкам. Подобное усреднение позволяет снизить влияние помех от промышленной сети на результаты измерений, которые сравниваются с верхней и нижней *аварийными и предаварийными уставками*, заданными параметрами конфигурирования универсального контроллера. Выход измеряемого параметра за аварийные уставки означает аварийную ситуацию на контролируемом объекте. Пересечение предаварийных уставок является предупреждающим признаком.

Для устранения ситуаций многочисленных сообщений об авариях, когда величина контролируемого параметра колеблется вблизи уставки, применен механизм *гистерезиса* уставок. Значения гистерезиса также задаются в параметрах конфигурирования. Результаты телеизмерений архивируются во Flash-памяти контроллера в виде среднечасовых значений измеряемых параметров. Глубина архивирования – 7 суток, т. е. суммарный объем архива – 168 записей.

Каналы связи с диспетчерским пунктом и режимы обмена данными

Для подключения к ДП в непосредственной близости от универсального контроллера в последнем программно поддерживается канал связи через про-

водной интерфейс RS-232 (далее – прямой канал). Связь с удаленным ДП может осуществляться через стык Ethernet с выходом на локальную или глобальную информационную сеть либо по радиоканалу стандарта GSM в варианте SMS / GPRS / 4G через внутренний модем.

При этом предусмотрены следующие режимы обмена:

– циклический опрос со стороны ДП текущего состояния контролируемого объекта (данных телесигнализации и телеизмерений, состояния каналов телеуправления и телерегулирования) с заданной периодичностью.

– автоматическая передача на ДП текущих данных телесигнализации и телеизмерений с заданной периодичностью от четырех часов до двух суток (передача отчетов);

– ручной запрос данных текущего состояния объекта оператором ДП;

– передача от ДП команд телеуправления и телерегулирования;

– конфигурирование контроллера со стороны ДП, включая параметры каналов телесигнализации и телеизмерений (перечень задействованных каналов, тип датчиков, уставки (аварийные уровни) телесигнализации, параметры связи и др.);

– автоматическая передача на ДП информации по аварийным событиям в каналах телесигнализации (замыкание или размыкание шлейфа) и телеизмерений (выход измеряемого параметра за аварийные уставки);

– запуск по команде ДП специального осциллографического режима измерений с заданной частотой выборки, накопление результатов во Flash-ПЗУ контроллера и считывание накопленного массива данных в ДП;

– передача по команде ДП архива среднечасовых значений за заданное в команде время.

Прямой канал, Ethernet и GPRS каналы поддерживают все перечисленные режимы обмена, а канал SMS – только режимы передачи отчетов, ручного запроса и передачи аварийных событий.

Осциллографический режим измерений

В универсальном контроллере предусмотрена возможность осциллографического режима измерений, при котором зафиксированные значения телеизмерений и отсчеты телесигнализации с заданной периодичностью записываются во Flash-память контроллера для последующего считывания по командам от ДП. Flash-память имеет объем 2 Мбайт. Из этого объема первый сектор памяти (4 кбайт) отведен для хранения параметров конфигурации контроллера, второй и третий – под архив среднечасовых значений, а остальные сектора целиком отданы под данные осциллограмм. Последние хранятся в виде записей, структуру которых поясняет таблица 1.

Каждая запись начинается с метки даты / времени, за которой следуют два байта текущих отсчетов телесигнализации, и два байта маски регистрируемых каналов телеизмерений: «1» в i -м бите маски означает присутствие в записи текущего отсчета по i -му каналу телеизмерений. Замыкают запись отсчеты телеизмерений по заданным маской каналам. Таким образом, записи имеют переменную длину: 10...42 байта.

Таблица 1 – Структура записей осциллографического режима

| № байт | 0...5 | 6...7 | 8...9 | 10...41 |
|------------|----------------------|--------------------|---|----------------------------------|
| Содержание | Метка даты / времени | Отсчеты ТС14...ТС0 | Маска регистрируемых каналов ТИ15...ТИ0 | Отсчеты ТИ общим числом $N_{ТИ}$ |

Максимальное время измерений TI_{MAX} с периодом $T_{ОСЦ}$ вычисляется по формуле:

$$TI_{MAX} = \text{trunc}(T_{ОСЦ} \times 2093056 / (10 + (N_{ТИ} - 1) \times 2)).$$

В универсальном контроллере предусмотрены два варианта осциллографического режима:

1) непрерывный режим – запись осциллограмм по выбранным каналам и с заданной периодичностью выполняется непрерывно; при заполнении памяти данные в секторах, начиная со второго, последовательно стираются, а на их место записываются новые данные; регистрируемые каналы телеизмерений и период записей задаются в параметрах конфигурации контроллера;

2) командный режим – запускается по команде от ДП, задающей продолжительность режима, период записи и перечень регистрируемых каналов.

Данные осциллограмм считываются в ДП по командам, в которых задается начальное время и длительность измерений.

Протокол обмена данными с диспетчерского пункта участка и форматы пакетов данных

Анализ протоколов обмена, широко используемых в АСДКУ в интересах соединения с программами SCADA, таких как ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-2004 и Modbus-RTU [8, 9], позволяет сделать вывод, что для обмена данными на участках от КП до ДП нижнего уровня эти протоколы не оптимальны. В частности, они ограничивают длину передаваемых пакетов 256 байтами, а протокол Modbus, кроме того, ограничивает число КП в системе до 255 объектов. Эти соображения потребовали разработки оригинальных протоколов обмена в целях применения в сетях на базе контроллеров UCSUT-01.

Представляется целесообразным соединять SCADA-программы ДП к КП не напрямую, а через серверную программу, установленную на компьютере ДП участка. Сервер обменивается с универсальным контроллером КП по оригинальному протоколу, а по отношению со SCADA ДП участка и ДП верхних уровней системы реализует функции OPC-сервера [10], или транслятора протоколов в поддерживаемые программой SCADA.

Во всех режимах обмена данными кроме передачи отчетов через канал SMS и передачи аварийных сообщений обмен происходит в виде сеансов запроса-ответа, где инициатором сеанса является ДП. Контроллер может получать запросы по любому из каналов: прямому, Ethernet, SMS или GPRS и отвечает на запрос по тому же каналу.

Формат пакетов запроса представлен на рисунке 4, а пакетов ответа на запрос – на рисунке 5. Каждый пакет запроса и ответа начинается с байта заголовка: AAh для запроса и A5h для ответа. Далее следуют поле адреса объекта (2 байта), поле общей длины пакета (2 байта) и байт идентификатора команды / ответа (ИК/О). Пакет завершается 32-разрядной контрольной последовательностью CRC, вычисленной по алгоритму Ethernet. Во всех полях пакетов старший байт передается первым. Адрес КП в соответствующем поле содержится в десяти младших битах 0...9 поля. Два старших бита, 14-й и 15-й, являются меткой масштабирования контроллеров (ММК) в пределах КП (см. ниже). В байте ИК/О идентификатор содержится в пяти старших битах. Три младших бита используются в пакетах команды запроса текущего состояния и определяют выполняемые контроллером команды при получении запроса: бит 0 – команд телеуправления (в байте 12 запроса), бит 1 – команды телерегулирования (в байтах 13 и 14), а бит 2 – команды установки часов контроллера по часам ДП (байты 6...11). Пакеты аварийных сообщений и отчетов имеют формат ответа на запрос текущего состояния.

Пакет запроса текущего состояния или чтения данных конфигурации

| | | | | | | | |
|---------|----------|--------------|------|---|---------|---------|---------|
| байт: 0 | 1...2 | 3...4 | 5 | 6...11 | 12 | 13...14 | 15...18 |
| AAh | Адрес КП | Длина пакета | ИК/О | Дата-время (сек, мин, час, день, месяц, год 2000) | ТУ7...0 | TRег | CRC |

Пакет передачи параметров конфигурации

| | | | | | | |
|---------|----------|--------------|-----|-----|------------------------|-----------|
| байт: 0 | 1...2 | 3...4 | 5 | 6 | 7...254 | 255...258 |
| AAh | Адрес КП | Длина пакета | 40h | A7h | Параметры конфигурации | CRC |

Пакет запуска осциллографического режима

| | | | | | | | |
|---------|----------|--------------|-----|------------------|------------|-------------------|---------|
| байт: 0 | 1...2 | 3...4 | 5 | 6...9 | 10 | 11...12 | 13...16 |
| AAh | Адрес КП | Длина пакета | 60h | Длительность (с) | Период (с) | Маска регистр. ТИ | CRC |

Пакет запроса чтения осциллограмм

| | | | | | | | |
|---------|----------|--------------|-----|------------------------|--------------------------|----------------|---------|
| байт: 0 | 1...2 | 3...4 | 5 | 6...11 | 12...13 | 14...15 | 16...19 |
| AAh | Адрес КП | Длина пакета | 70h | Дата-время начала осц. | Длительность осц. (мин.) | Маска счит. ТИ | CRC |

Пакет запроса чтения архива среднечасовых значений

| | | | | | | |
|---------|----------|--------------|-----|------------------------|-------------------------|---------|
| байт: 0 | 1...2 | 3...4 | 5 | 6, 7 | 8 | 19...12 |
| AAh | Адрес КП | Длина пакета | 80h | Дата и час первой зап. | Число счит. зап. (<=24) | CRC |

Рис. 4. Формат пакетов запросов от ДП к контроллеру

Пакет ответа на запрос текущего состояния

| | | | | | |
|---------|----------|--------------|----|---------------------------|---------|
| байт: 0 | 1...2 | 3...4 | 5 | 6...67 | 68...71 |
| A5h | Адрес КП | Длина пакета | 1h | Данные текущего состояния | CRC |

Пакет квитанции приема данных конфигурации

| | | | | |
|---------|----------|--------------|----|-------|
| байт: 0 | 1..2 | 3...4 | 5 | 6...9 |
| A5h | Адрес КП | Длина пакета | 4h | CRC |

Пакет ответа на команду чтения данных конфигурации

| | | | | | |
|---------|----------|--------------|----|------------------------|-----------|
| байт: 0 | 1...2 | 3...4 | 5 | 6...253 | 254...257 |
| A5h | Адрес КП | Длина пакета | 2h | Данные конфигурации КП | CRC |

Пакет квитанции запуска осциллографического режима

| | | | | |
|---------|----------|--------------|----|-------|
| байт: 0 | 1...2 | 3...4 | 5 | 6...9 |
| A5h | Адрес КП | Длина пакета | 6h | CRC |

Пакет осциллограмм

| | | | | | | |
|---------|----------|--------------|----|------------------------|--------------|-----------|
| байт: 0 | 1...2 | 3...4 | 5 | 6...11 | 12...N<=1019 | N+1...N+4 |
| A5h | Адрес КП | Длина пакета | 7h | Дата-время начала осц. | Отсчеты ТИ | CRC |

Пакет среднечасовых значений

| | | | | | | | |
|---------|----------|--------------|----|--------------------|---------------|---------------|-----------|
| байт: 0 | 1...2 | 3...4 | 5 | 6...9 | 10 | 11...N<=768 | N+1...N+4 |
| A5h | Адрес КП | Длина пакета | 8h | Дата начала архива | Число записей | Данные архива | CRC |

Рис. 5. Формат пакетов ответов контроллера на запрос от ДП

Локальное комплексирование универсального контроллера по проводному каналу RS-485

Для целого ряда контролируемых объектов сетей АСДКУ информационная емкость универсального контроллера по числу каналов телесигнализации, телеизмерений или телеуправления может оказаться недостаточной. Проблема может быть решена путем локального комплексирования контроллеров в рамках объекта контроля, которое подразумевает установку на объекте от двух до четырех контроллеров UCSUT-01, объединенных линиями проводного интерфейса RS-485 (рисунок 6). Из них один контроллер (УКвед) является ведущим и имеет связь с ДП. Остальные контроллеры (УКрас1...3) непосредственной связи с ДП не имеют и обмениваются с ним данными через УКвед. Соответственно, GSM-модем на этих универсальных контроллерах может быть не установлен или отключен для сокращения энергопотребления.

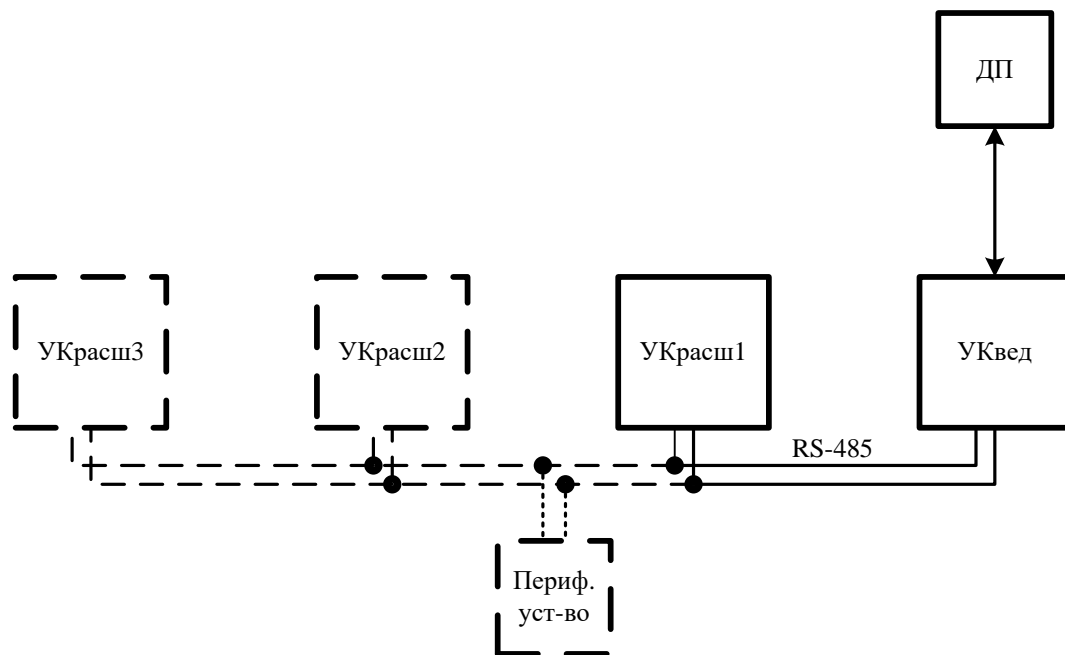


Рис. 6. Локальное комплексирование универсального контроллера через интерфейс RS-485

Каждый из универсальных контроллеров снабжен индивидуальной ММК (0...3), заданной в его параметрах конфигурации, причем УКвед всегда имеет ММК = 0. ДП работает индивидуально с каждым из комплекслируемых контроллеров. УКвед, получив от ДП пакет запроса, проверяет в нем биты ММК и при их ненулевом значении транслирует запрос в стык RS-485. Контроллер расширения при получении адресованного ему запроса передает ответный пакет в тот же стык RS-485. УКвед далее транслирует ответ к ДП. Скорость передачи в интерфейсе RS-485 выбрана равной 19200 бит/с. Такая достаточно низкая скорость обмена позволяет разносить комплекслируемые контроллеры на десятки метров.

В заключение отметим, что использование интерфейса RS-485 для целей комплексирования не исключает подключения к этому же интерфейсу периферийных устройств (электросчетчиков, газовых корректоров и др.), обеспечивающих возможность работы через стык RS-485 в протоколе Modbus. Необходимо только, чтобы сетевые modbus-адреса подключаемых таким образом устройств отличались от заголовков пакетов универсальных контроллеров (AAh и A5h).

Заключение

Основные результаты исследования:

- 1) разработаны требования к техническим характеристикам универсального контроллера, являющегося головным узлом оборудования контролируемых пунктов Автоматических систем диспетчерского контроля и управления параметрами объектов различных отраслей;
- 2) разработаны протоколы обмена данными на участке «КП – нижний уровень ДП», определены форматы пакетов запросов от ДП к КП и ответов КП на полученные от ДП запросы;

3) предложен формат архивирования осциллографических данных в памяти контроллера;

4) решена задача комплексирования контроллеров на КП с целью расширения числа входных (телеизмерений и телесигнализации) и выходных (телеуправления и телерегулирования) каналов.

5) разработанный контроллер UCSUT-01 по своим техническим и экономическим характеристикам – соответствует лучшим образцам отечественных и зарубежных аналогов.

Литература

1. Аппаратно-программные телеметрические комплексы (АПТК) «ТЕЛУР». Промышленное газовое оборудование. Справочник / Под ред. Е. А. Карякина. Саратов: Научная книга, 1999. С. 347–354.

2. Барбанель Е. С., Гуревич И. В., Лесман М. Я., Лутовинов С. И., Точиллов В. Н. Система дистанционного мониторинга ГРП с использованием мобильной связи стандарта GSM // Газ России. 2007. № 1. С. 58–65.

3. Барбанель Е. С., Бухинник А. Ю., Вашкевич Я. Б., Точиллов В. Н. Внедрение автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления параметрами ЭХЗ с использованием каналов мобильной связи стандарта GSM на объектах ОАО «Рязаньоблгаз» // Газификация и использование газа. 2004. № 1. С. 34–46.

4. Барбанель Е. С., Гуревич И. В., Лесман М. Я., Лутовинов С. И., Точиллов В. Н. Автоматизированные системы диспетчерского контроля и управления объектами ЭХЗ подземных газопроводов на основе АПТК «ТЕЛУР-ПМЗ-G» с использованием каналов мобильной связи стандарта GSM // Газпромрегионгаз-информ. 2006. № 4 (15). С. 48–54.

5. ZigBee Specification. ZegBee Alliance, 2015. 542 p.

6. Sornin N., Luis M., Eirich T., Kramp T., Hersent O. LoRaWAN™ Specification. V1.0. LoRa™ Alliance, 2015.

7. IEEE Std 802.15.4TM-2011. Low-Rate Wireless Personal Area Networks. New York: IEEE, 2011. 294 p.

8. ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-2004 Устройства и системы телемеханики. Протоколы передачи. М.: Госстандарт России, 2004. 46 с.

9. Modbus Organization, Inc. URL: www.modbus.org (дата обращения 29.07.2024)

10. OPC Foundation. URL: <https://opcfoundation.org> (дата обращения 29.07.2024)

Статья поступила 30 июля 2024 г.

Одобрена после рецензирования 12 августа 2024 г.

Принята к публикации 20 августа 2024 г.

Информация об авторах

Барбанель Евгений Семенович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, начальник НИЛ систем передачи телеметрической информации Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. E-mail: barb@sut.ru

Бойков Михаил Сергеевич – научный сотрудник НИЛ систем передачи телеметрической информации Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. E-mail: barb@sut.ru

Бухинник Александр Юрьевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник НИЛ систем передачи телеметрической информации Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. E-mail: bhnnk@mail.ru

Точилов Владимир Николаевич – старший научный сотрудник НИЛ систем передачи телеметрической информации Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича.
E-mail: barb@sut.ru

Arrangement Remote Monitoring and Operation Automated Systems at the Section of Controlled Point – Dispatch Point Based on Universal UCSUT-01 Controller

E. Barbanel ✉, M. Boikov, A. Buhinnik, V. Tochilov

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

Problem statement. The organizing of perspective automatic systems for distance control and operating (ASDCO) of industrial objects demands using the universal controllers (UC), including the admission of wire and radio interfaces for exchanging dates with dispatcher points (DP) and other controlling points (CP). For solution this problem, in SPbSUT were designed the universal controller named UCSUT-01, the structure and mane functions of it were described in this article. **The purpose of the work.** the exist algorithms of data collection from sensors and protocols of data transmission between DP and CP don't provides in full measure the requirements to modern ASDCO. So in this article suggests the improved procedures of telemetering and protocols of data exchanging. **Result:** were made the analysis of technical requirements to UC CP and designed the procedures of current telecontrolling and archives forming, when the hourly average means and waveforms are remembered; are suggested the original protocols of data exchanging between UC and OPC-server; are discussed the increasing of information capacity of control parts wire local complexing of UC. **Novelty:** Universal controller, which was designed, with collection of original protocols of data exchange possess more wide function possibility then other types of controllers. **Practical significance:** the result of designing can be used to organize the modern Automatical telemetry systems.

Keywords: automatic system for collect and transmit telemetric information, controlling point, dispatcher point, universal controller, telemeasurement, telesignaling, teleoperation, teleregulation, setpoint, digital interface, communication channel, mobile communication, data transfer protocol, OPC technology, expansion module

Funding: The scientific article was prepared within the framework of applied scientific research SPbSUT, registration number 1023031600087-9-2.2.4;2.2.5;2.2.6;1.2.1;2.2.3 in the information system (<https://www.rosrid.ru/information>).

Information about Authors

Eugene Barbanel – Ph.D. of Engineering Science, Senior Research Officer, Head of Telemetry Information Transmission Systems Laboratory (The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication).

E-mail: barb@sut.ru

Mikle Boikov – Research Officer of Telemetry Information Transmission Systems Laboratory (The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication). E-mail: barb@sut.ru

Alexandre Buhinnick – Ph.D. of Engineering Science, Senior Research Officer, Senior Research Officer of Telemetry Information Transmission Systems Laboratory (The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication).

E-mail: bhnnk@mail.ru

Vladimir Tochilov – Senior Research Officer of Telemetry Information Transmission Systems Laboratory (The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication). E-mail: barb@sut.ru