

УДК 681.518.5

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПУНКТОВ СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕХАНИКИ****Аунг Чжо Мьо, Высочкин А.В., Кокин В.В., Чжо Зин Лин, Портнов Е.М.***Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, e-mail: evgen\_uis@mail.ru*

В статье представлены требования к созданию перспективных систем телемеханики в соответствии со стандартами МЭК 870-5-104 (101). Проведен анализ структуры и параметров устройств контролируемых пунктов, построенных на разных принципах с учетом следующих факторов: время передачи сообщения по каналу связи, наработка на отказ одного модуля, дискретность передаваемых меток времени, «поддержка» международных протоколов. Рассмотрены различные структуры рассредоточенного контроллера устройства контролируемого пункта для цифровых подстанций. Предложена обобщенная структура устройства контролируемого пункта, включающая рассредоточенные контроллеры силовых ячеек и резервированное ядро. Предложенная структура позволяет строить высоконадежные устройства контролируемых пунктов (КП) с рассредоточенной структурой контроллеров, устанавливаемых в силовых ячейках, и обеспечивает: однозначную фиксацию «событий», зафиксированных не только в разных силовых ячейках одного устройства КП, но и в разных КП, сопряженных с центральной приемо-передающей станцией (ЦППС) разными типами каналов связи; выполнение всех процедур, регламентируемых стандартами, при приеме и выводе команд телеуправления; выполнение требований стандартов и нормативных документов по времени сбора и доставки в ЦППС всех типов информации; возможность построения резервированных структур.

**Ключевые слова:** система телемеханики, контролируемый пункт, контроллеры, цифровая подстанция, резервирование, протокол, надежность

**IMPROVEMENT OF CONTROLLED ITEMS STRUCTURE FOR REMOTE CONTROL SYSTEMS****Aung Kyaw Myo, Vysochkin A.V., Kokin V.V., Kyaw Zin Lin, Portnov E.M.***National Research University of Electronic Technology, Moscow, e-mail: evgen\_uis@mail.ru*

The article presents requirements for the creation of advanced telemechanics systems in accordance with IEC 870-5-104 (101) standards. The analysis of the structure and parameters of the devices of the monitored points based on the following principles is made, taking into account the following factors: the time of the message transmission through the communication channel, the time between failures of one module, the discreteness of the transmitted time stamps, and the «support» of international protocols. Various structures of the distributed controller of the device of the controlled point (CP) for digital substations are considered. A generalized structure of the device of the controlled point is proposed, including distributed controllers of power cells and a redundant core. The proposed structure makes it possible to build highly reliable devices of control points with a distributed structure of controllers installed in power cells and provides: unambiguous fixation of «events» fixed not only in different power cells of one device of the CP, but also in different CP interfaced with the central receiving a transmitting station (CRTS) with different types of communication channels; the implementation of all procedures regulated by the standards, when receiving and outputting telecontrol commands; compliance with the requirements of standards and regulations on the time of collection and delivery to the CRTS of all types of information; the possibility of building redundant structures.

**Keywords:** remote control system, controlled item, controllers, digital substation, redundancy, protocol, reliability

В настоящее время основой создания перспективных систем телемеханики является: доступность современной микропроцессорной элементной базы; использование высокоскоростных цифровых каналов связи для информационного обмена между пунктом управления – центральной приемо-передающей станцией (ПУ-ЦППС) и контролируемыми пунктами (КП); применение общепринятых международных протоколов по стандарту МЭК 870-5-104 (101) [1, 2].

Отмеченные факторы, облегчающие создание перспективных систем телемеханики, сочетаются с новыми требованиями, которые усложняют решение задачи: увеличение не менее чем втрое объема измерительной информации; замена традиционных датчиков аналоговых сигналов – нормиру-

ющих преобразователей многофункциональными цифровыми преобразователями (ЦП); интеграция в систему телемеханики информационных, управляющих и измерительных каналов устройств защиты и автоматики (УЗА); использование счетчиков электрической энергии (СЧ) не только в качестве источников интегральных значений измеряемых параметров – энергии, мощности, но и для телеизмерения текущих параметров – тока, напряжения; необходимость регистрации системы телемеханики в реестре средств измерительной техники [3–5].

Микропроцессорная элементная база позволяет перенести «интеллект» системы не только с уровня ЦППС в контролируемые пункты, но и с уровня КП в функциональные модули. Принцип «рассредоточения

интеллекта» выгодно отличает профессиональные системы телемеханики от суррогатных, построенных на программно-логических контроллерах (ПЛК) [4, 6]. Основу ПЛК составляют универсальные модули циклического ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, а аппаратура и программы обработки, проверки достоверности, привязки информации к меткам времени сконцентрированы в «центре». ПЛК, изначально ориентированные на применение в комплексах технических средств локальных информационно-управляющих систем, все чаще позиционируются их производителями как безальтернативные составляющие телемеханических систем [6]. В значительной степени активное внедрение ПЛК в системы телемеханики стало возможным благодаря тому, что переход на современную элементную базу совпал с практическим исключением расчетных показателей системной достоверности, надежности, быстродействия, целостности информации из числа параметров, определяющих качество изделий. Вместо них используются никак не связанные с реалиями рекламные показатели: время передачи сообщения по каналу связи, наработка на отказ одного модуля, дискретность передаваемых меток времени,

«поддержка» общепринятых международных протоколов [7].

Настоящий материал ограничивается анализом, с учетом указанных факторов, структуры и параметров основной составляющей систем телемеханики – устройств КП, построенных на разных принципах. Устройства КП для подстанций (ПС) реализуются по сосредоточенной, рассредоточенной или комбинированной структуре. Базовый вариант устройства КП сосредоточенной структуры приведен на рис. 1.

При реализации сосредоточенной структуры КП цепи связи со всеми источниками и приемниками информации подводятся к общему конструктиву. Для всех компонентов КП используются общие: источник питания (формирователь всех требуемых видов напряжения питания), центральный контроллер – супервизор, регулирующий информационный обмен по внутренней магистрали (интерфейсу), со всеми функциональными модулями, включенными в состав КП, а также одно- или многоканальный адаптер связи (модем) КП с устройством ЦПС или другим КП – ретранслятором. Набор типов и числа модулей КП определяется требуемым объемом информации и возможностями используемых модулей.

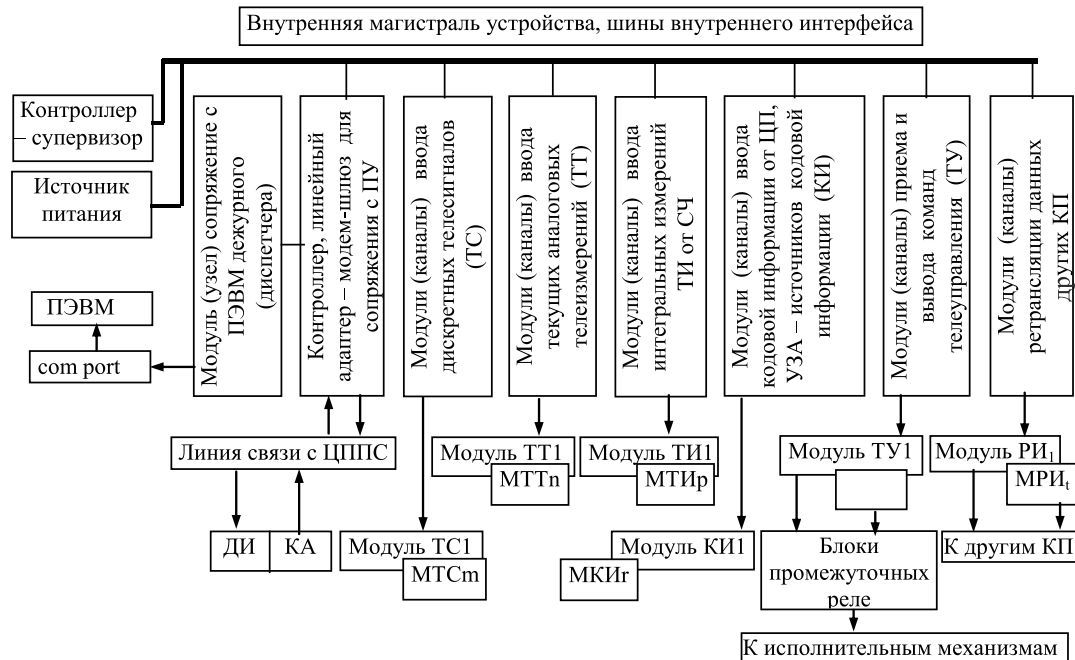


Рис. 1. Структура сосредоточенного устройства КП: ЦП – цифровой многофункциональный преобразователь в кодовые сообщения телеизмерений текущих (ТТ) значений токов, напряжений, мощности; УЗА – устройство защиты и автоматики; СЧ – счетчик электрической энергии – преобразователь в кодовые значения телеизмерений интегральных (ТИ) значений энергии, а также ТТ значений токов, напряжений, мощности; ДИ – диагностическая информация; КА – коэффициенты адаптации устройства в соответствии с условиями применения

Характерными особенностями сосредоточенной структуры КП являются: относительно малый общий объем и стоимость аппаратуры, простота обслуживания.

Сокращение общего объема аппаратуры обеспечивается за счет: уменьшения суммарного числа конструкций устройства; возможности использования функциональных модулей с большим числом каналов ввода или вывода информации и, следовательно, уменьшением общего их числа для требуемого объема информации КП; использования общих для всего устройства центральных процессоров (супервизоров), модемов, источников питания.

Упрощение обслуживания обеспечивается возможностью введения более глубокой диагностики устройства в целом, уменьшением количества аппаратуры. Необходимо отметить, что для комплектных подстанций (ПС), в состав силовых ячеек которых включаются компоненты систем телемеханики, использование сосредоточенных структур устройств КП невозможно. Поэтому далее будет проведен анализ рассредоточенных структур. Базовая рассредоточенная структура устройства КП показана на рис. 2.

Устройство состоит из ядра и рассредоточенных контроллеров, соединенных с ядром одной или несколькими магистралями. В ядро включается аппаратура, которая, с одной стороны, используется всеми рассредоточенными контроллерами, а

с другой стороны, не входит в состав отдельных силовых ячеек.

Выполнение рассредоточенных контроллеров может принципиально различаться. Приведем несколько вариантов реализации рассредоточенных контроллеров. Первый вариант структуры контроллера силовой ячейки ПС представлен на рис. 3. Он характерен тем, что контроллер является законченным изделием и построен по принципам, аналогичным построению сосредоточенного устройства.

Модули рассредоточенного контроллера могут выполняться многофункциональными, совмещающими функции двух и более модулей, приведенных на рис. 3. Альтернативный вариант рассредоточенного контроллера № 2, показанный на рис. 4, отличается тем, что в нем функции модулей возложены на устройства, встроенные в силовую ячейку: УЗА, ЦП, СЧ.

Недостатком приведенного варианта по сравнению с контроллером, приведенным на рис. 2, является невозможность фиксации данных, не связанных с базовыми устройствами: УЗА, ЦП, СЧ. Для построения рассредоточенных контроллеров могут использоваться также комбинации вариантов № 1 и 2. В общем, устройства КП с рассредоточенными контроллерами характеризуются: резким уменьшением кабельно-проводниковой продукции и объема монтажных работ; большой заводской готовностью оборудования ПС; увеличением суммарного объема оборудования.

Центральное звено (ядро) рассредоточенного устройства КП

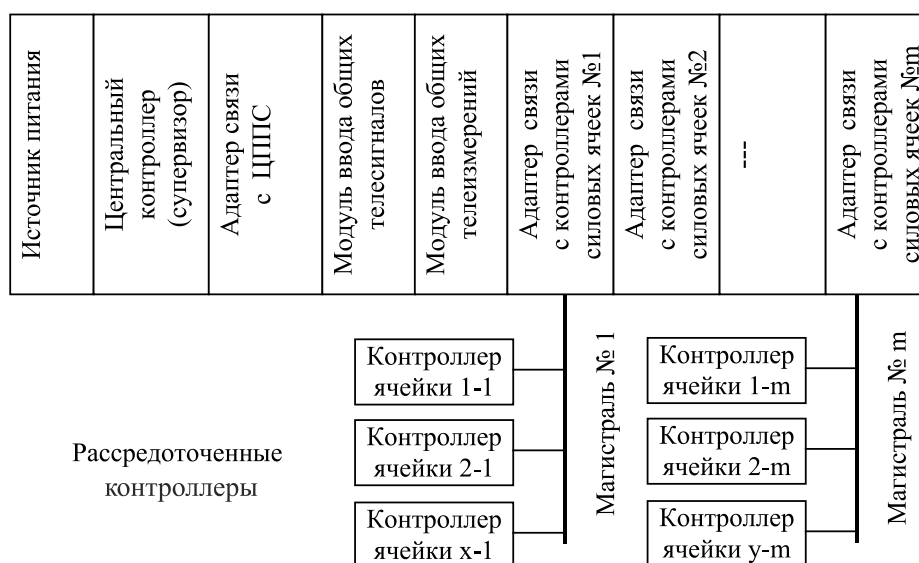


Рис. 2. Структура рассредоточенного устройства КП для ПС

Источник питания	Центральный контроллер (супервизор)	Адаптер связи с ядром	Модуль ввода общих телесигналов	Модуль ввода общих телеизмерений	Модуль вывода команд телеуправления	Модуль сопряжения с источниками информации
------------------	-------------------------------------	-----------------------	---------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	--

Рис. 3. Вариант № 1 структуры рассредоточенного контроллера устройства КП для ПС

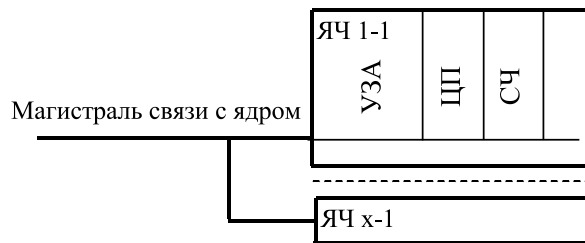


Рис. 4. Вариант № 2 оборудования рассредоточенной ячейки КП

В качестве конкурентного параметра варианта КП с рассредоточенными контроллерами обычно указывается также повышение живучести устройства в целом, так как выход из строя оборудования одной ячейки не приводит к выходу из строя остального оборудования. Но при этом не учитываются риски неработоспособности всего устройства КП при выходе из строя ядра устройства, общего источника питания.

Авторами предлагается вариант альтернативной структуры устройства КП, приведенный на рис. 5. Устройство КП состоит из рассредоточенных контроллеров силовых ячеек и резервированного ядра. В состав силовой ячейки включается набор «стандартных» устройств – УЗА, ЦП, СЧ, тип и число которых определяется проектом. С помощью ЯСД обеспечивается параллельная подача сигналов от датчиков в УЗА и контроллер силовой ячейки (КСЯ). КСЯ одновременно с вводом данных формирует относительную метку времени.

Для предложенной структуры ввод данных от датчиков совмещается с формированием бимпульсного условно корреляционного кода, а также с проведением динамического диагностического контроля и введением помехоустойчивого кодирования [8–10]. В результате формируется сообщение с кодовым расстоянием 8 [1, 7]. КСЯ разделяет все виды информации на оперативную и неоперативную составляющие. Кроме указанного сообщения с относитель-

ными метками времени всех «событий», КСЯ формирует оперативную составляющую информации, которая не сопровождается метками времени и доставляется в приемник с минимальной задержкой [3, 8].

Кроме стандартных аварийных цепей управления исполнительным механизмом (ИМ), создаваемыми УЗА, КСЯ образует обходные цепи телеуправления (ОЦТУ), с помощью которых реализуются все оговоренные стандартами процедуры обеспечения максимального значения интегральной достоверности, которой также учитывается надежность, помехоустойчивость и быстродействие [7].

Для упрощения процедур вызова и получения информации КСЯ запоминает типы команд вызова данных и периодичность вызовов в режиме начальной инициализации, после чего автономно реализует установленные процедуры. Получаемые и форматированные данные КСЯ направляет в ядро устройства КП.

Для обеспечения резервирования трасс доставки данных в ядро, в КСЯ вводится два независимых канала вывода данных – радиальный канал типа «точка – точка» («токовая петля») и магистральный канал RS-485 с передачей данных в протоколе HDLC [3, 5].

При такой структуре резервированное ядро устройства КП остается работоспособным при выходе из строя любого компонента.

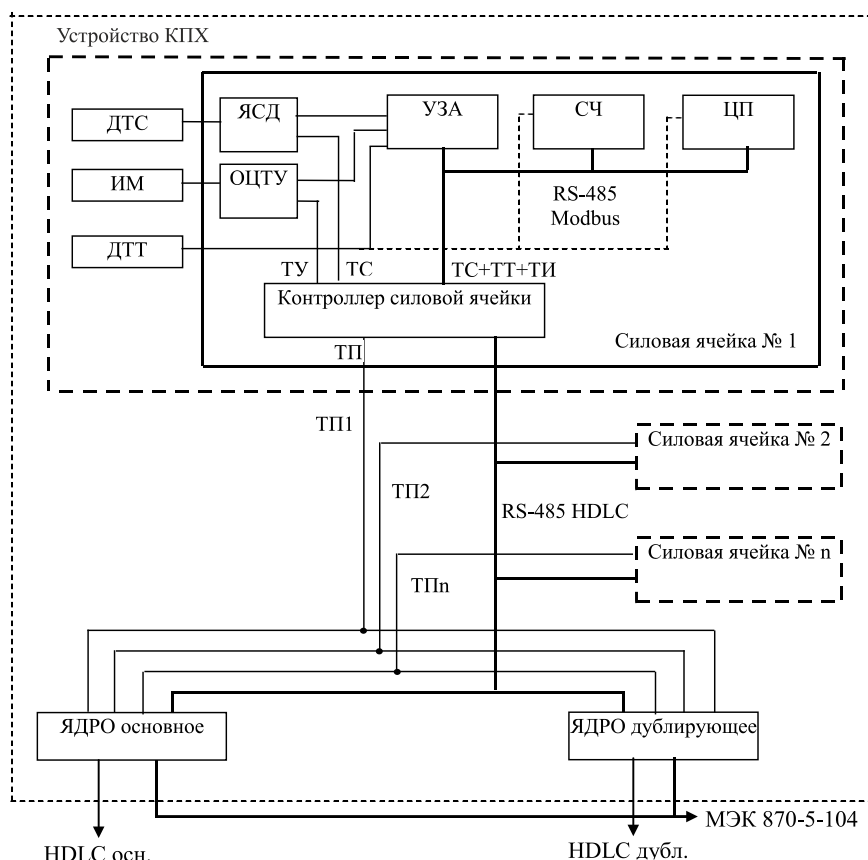


Рис. 5. Предложенный вариант устройства КПП с рассредоточенными контроллерами

### Заключение

Предложенная структура позволяет строить высоконадежные устройства КПП с рассредоточенной структурой контроллеров, устанавливаемых в силовых ячейках, и обеспечивает: однозначную фиксацию «событий», зафиксированных не только в разных силовых ячейках одного устройства КПП, но и в разных КПП, сопряженных с ЦППС разными типами каналов связи; выполнение всех процедур, регламентируемых стандартами, при приеме и выводе команд телеуправления; выполнение требований стандартов и нормативных документов по времени сбора и доставки в ЦППС всех типов информации; возможность построения резервированных структур с минимальной корреляцией между резервируемыми частями устройства КПП.

### Список литературы

1. Han G., Xu B. IEC 61850-based open communication system of advanced distribution automation Dianwang Jishu. Power System Technology. 2011. Vol. 35. Issue 4. P. 183–186.
2. Li L., Miao P., Wang J. Analyze and implementation of substation automation system base on IEC 61850 standard. Power System Technology. 2006. 30 (S1). P. 321–324.
3. Портнов Е.М., Высоккин А.В., Кокин В.В. К вопросу оценки качества АСУТП в энергетике // Энергосбережение

и эффективность в технических системах: материалы IV Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов (г. Тамбов, 10–12 июля 2017 г.). Тамбов: ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», 2017. С. 411–412.

4. Баин А.М. Новые теоретические подходы к созданию многофункциональных систем управления в энергетике повышенной достоверности // Фундаментальные исследования. 2014. № 3–4. С. 701–705.

5. Баин А.М., Чжо З.Е. К вопросу повышения эффективности использования базового протокола в соответствии со стандартом МЭК 870-5-101 // Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 5 (18). С. 22.

6. Баин А.М. К вопросу эффективного использования протоколов передачи информации в системах обеспечения энергоэффективности // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2013. № 2. С. 60–63.

7. Чжо Зо Е, Чжо Зин Лин, Портнов Е.М., Лисов О.И., Баин А.М. Оценка эффективности информационно-управляющих телемеханических комплексов, использующих протокол IEC 60870-5-101 (104) // Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе: мат-лы XLIV Междун. конф. (Гурзуф, 22 мая – 01 июня 2015 г.). М.: ООО «Институт новых информационных технологий», 2015. С. 166–172.

8. Дубовой Н.Д., Слюсарь В.В., Теплова Я.О. Методика определения реального быстродействия информационно-управляющих систем в энергетике // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2012. № 3. С. 8–12.

9. Портнов Е.М., Дубовой Н.Д., Слюсарь В.В., Сидоренко Н.И. Методика обеспечения высокого уровня интегральной достоверности систем управления в энергетике // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2012. № 3. С. 13–17.

10. Дубовой Н.Д. Повышение достоверности управляющих сигналов в радиорелейных линиях связи // Известия вузов. Электроника. 2009. № 3. С. 90–92.