

УДК 621.311.4

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

Д.В. Топольский, И.Г. Топольская

Приведены данные о результатах разработки цифровой измерительной системы на основе цифровых комбинированных трансформатора тока и напряжения для программно-аппаратного комплекса цифровых подстанций. Определены требования к цифровой измерительной системе для его интеграции в структуру системы автоматизации цифровой подстанции. Проведены исследовательские испытания и опытная эксплуатация внешних датчиков измерительной системы для системы автоматизации цифрового измерительного трансформатора. Установлено, что разработанное оборудование требованиям международных стандартов, предъявляемым к оборудованию систем автоматизации цифровых подстанций.

Ключевые слова: интеллектуальные сети, цифровая подстанция, программно-аппаратный комплекс, цифровой измерительный трансформатор, МЭК 61850.

Одной из важнейших составных частей концепции Smart Grid является цифровая подстанция. Под цифровой подстанцией понимается подстанция с высоким уровнем автоматизации управления, в которой практически все процессы информационного обмена как между элементами цифровой подстанции, так и с внешними системами, а также управления работой цифровой подстанции осуществляются в цифровом виде на основе протоколов МЭК, в частности по открытому объектно-ориентированному стандарту МЭК 61850.

Рассмотрим модель цифровой подстанции по МЭК 61850. Согласно стандарту, система автоматизации информационного обмена на энергетическом объекте по схеме цифровой подстанции должна состоять из трех уровней: процесса, присоединения и станции. В свою очередь, каждый уровень выполняет соответствующие ему функции, за которые отвечают определенные типы устройств: измерительные для уровня процесса, наблюдения и реагирования для уровня присоединения и диспетчерский центр для уровня станции.

В соответствии с вышесказанным, структура программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции имеет трехуровневую архитектуру (рис. 1) и включает:

- 1 – открытое распределительное устройство (ОРУ);
- 2 – измерительные трансформаторы;
- 3 – коммутационное оборудование;

- 4 – устройство сопряжения (Merging Unit);
- 5 – удалённый терминал (RTU);
- 6 – контроллер присоединения;
- 7 – релейную защита и автоматику;
- 8 – другие интеллектуальные электронные устройства (IED);
- 9 – сервер SCADA;
- 10 – автоматизированное рабочее место оператора (АРМ);
- 11 – сервер системы сбора и передачи технологической информации (ССПИ);
- 12 – межсетевой экран;
- 13 – Центр управления сетями магистральными электрическими сетями (ЦУС МЭС);
- 14 – сервер телеметрии;
- 15 – межсетевой экран;
- 16 – региональное диспетчерское управление / объединенное диспетчерское управление (РДУ/ОДУ).

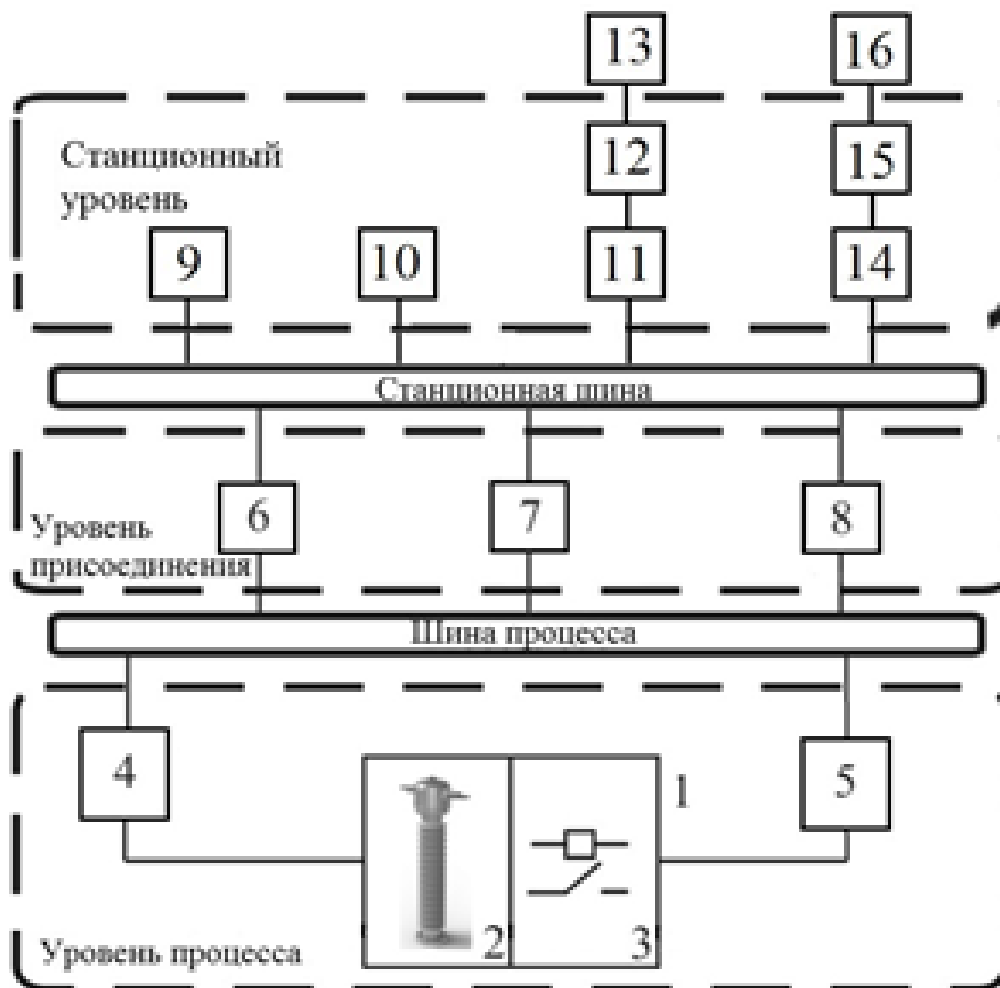


Рис. 1. Структура программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции

Датчики сбора информации на уровне процесса передают данные о значениях тока и напряжения на уровень присоединения, где их обрабатывают устройства мониторинга. По результатам проверки значений при обнаружении ошибки подается сигнал в устройства релейной защиты и автоматики, при помощи функции защиты отправляются данные на уровень станции. Через функции управления АРМ сообщает на уровень присоединения в устройства управления и далее на уровень процесса команду, например, «выключить коммутационные аппараты».

В соответствии с данным стандартом устройства должны поддерживать: возможность приема выборок мгновенных значений (Simplified Values), аналоговых сигналов токов/напряжений, возможность публикации/подписки на GOOSE-сообщения, возможность информационного обмена по технологии «клиент-сервер» по протоколу MMS. MMS работает поверх стека TCP, что влияет на скорость передачи данных, поэтому MMS зачастую используется для решения задач по передаче не критичных к задержкам данных, например, передачи команд телеуправления, сбора данных телеизмерений и телесигнализации и их передаче в верхний уровень – SCADA-системы. В отличие от MMS-протокола, GOOSE, наоборот, может использоваться для передачи «быстрых сигналов», например, команд отключения выключателя от защиты, за счет того, что данные в этом протоколе назначаются непосредственно в кадр Ethernet в обход стека TCP [1].

Вновь создаваемые программно-аппаратные комплексы, такие как цифровая подстанция, должны соответствовать действующим стандартам и законам, а также учитывать лучшие мировые практики построения систем киберзащиты [2]. Этому направлению развития умной индустрии посвящен проект, инициированный компанией «Челэнергоприбор» [3] и исследователями Южно-Уральского государственного университета. В результате выполнения проекта изготовлен экспериментальный образец цифрового комбинированного трансформатора тока и напряжения для цифровых подстанций. Новый цифровой измерительный трансформатор (рис. 2) является оборудованием информационного взаимодействия измерительной системы цифровой подстанции и служит источником информации о мгновенных значениях тока и напряжения на присоединении для целей противоаварийного управления и защиты, коммерческого учета, а также анализа качества электроэнергии.

В ходе исследовательских испытаний и опытной эксплуатации новый цифровой измерительный трансформатор показал высокие метрологические характеристики и эксплуатационные свойства [3]. Однако для работы в условиях умной индустрии к оборудованию цифровых подстанций предъявляется ряд специальных требований. В том числе относящихся к информационной безопасности. Поэтому основной задачей этого (данного) исследования является выработка необходимых требований, которые

должны быть соблюдены при разработке оборудования информационного взаимодействия цифровой подстанции. Требования должны быть разработаны на основании анализа требований к информационной безопасности программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции. По результатам экспериментальных исследований должно быть представлено инновационное решение для создания измерительной системы для цифровой подстанции, удовлетворяющее всем требованиям информационной безопасности, разработанное совместными усилиями компаний «Челэнергоприбор», «Тэквел» [4], «ИнСАТ» [5] и международной командой исследователей из университетов России и Казахстана.



1. Класс напряжений 110 кВ.
2. Номинальный ток (100 – 800) А.
3. Максимальный ток 12 кА.
4. Классы точности: 0,2 по напряжению, 0,2S по току, 5P по току для цепей защиты.
5. Преобразование измеряемых физических величин в цифровой код и передача цифрового кода в оборудование подстанции по ВОЛС на расстояние до 1 км.

Рис. 2. Внешний датчик измерительной системы цифровой подстанции на основе комбинированного измерительного трансформатора тока и напряжения ТРАТОН-110

Разработана структура измерительной системы для цифровой подстанции на основе применения измерительных трансформаторов тока и напряжения нового типа, а также блока (МУ) на основе платы цифровой обработки сигналов «Авача», производства компании «Тэквел» [6].

Функционирование измерительной системы обеспечивается разработкой и использованием исключительно доверенного программного обеспе-

чения, исключающего возможность программных «закладок» и уязвимости энергетических объектов.

Взаимодействие предлагаемой измерительной системы для цифровых подстанций со SCADA-системой апробировано на основе применения MasterSCADA (рис. 3). Это программное обеспечение предоставлено для проведения исследований непосредственно его производителем компанией «InSAT», занимающегося совместно с другими компаниями разработкой специализированного программного обеспечения для цифровых подстанций и уделяющему пристальное внимание вопросам информационной безопасности [7].

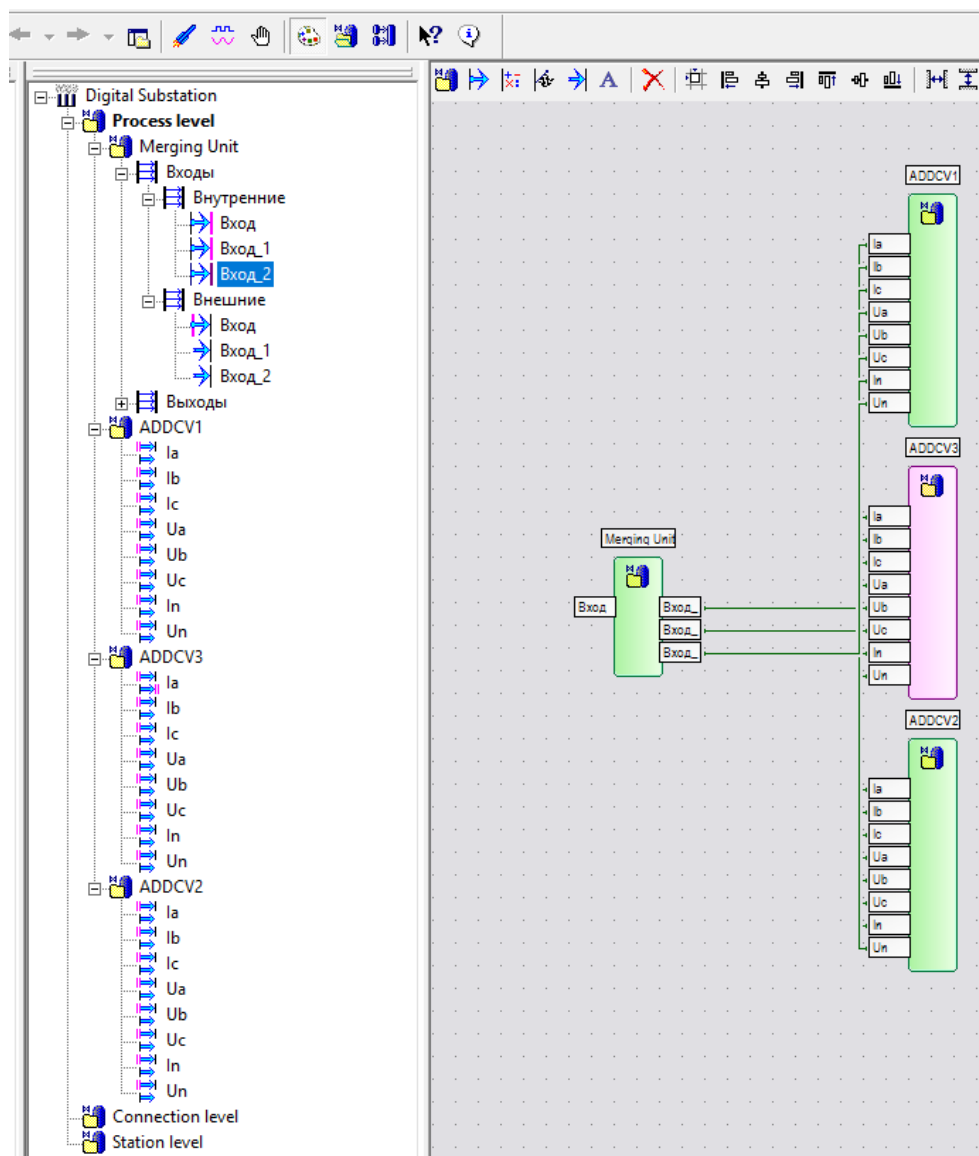


Рис. 3. Модель измерительной системы цифровой подстанции на основе комбинированного измерительного трансформатора тока и напряжения ТРАТОН-110 в структуре АСУ ТП

Заключение. Прделанная работа соответствует приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации в соответствии с приоритетами, направленными на переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, передовым цифровым, интеллектуальным, производственным технологиям и формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии. Создаваемые системы автоматизации цифровых подстанций должны обладать следующими характеристиками, обеспечивающими высокие технико-экономические характеристики и киберзащиту энергетического объекта:

- создаваться на доверенной программно-аппаратной платформе с основными компонентами (операционная система, микропроцессор, контроллер периферийных интерфейсов, базовая система ввода/вывода), разработанными непосредственно надёжными производителями оборудования и имеющими полную конструкторскую документацию;
- учитывать положения стандартов IEC 61850 и IEC 62351, в части безопасности коммуникационных протоколов;
- использовать надёжные стандартизированные криптографические алгоритмы, которые встраиваются в каждый элемент или каждую подсистему цифровой подстанции
- быстродействие не должно снижаться за счет использования систем информационной безопасности.

Библиографический список

1. IEC 61850-8-1(2011) Сети связи и системы автоматизации энергосистем общего пользования. Часть 8-2. Специфическое отображение сервиса связи (SCSM). Отображения для MMS (ISO 9506-1 и ISO 9506-2) и ISO/IEC 8802-3. [Communication networks and systems for power utility automation – Part 8–1: Specific communication service mapping (SCSM) – Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3]. – 390 с. – URL: <http://www.vniiki.ru/document/4584480.aspx>.
2. Зинин, В.М. Цифровая подстанция – объект критической инфраструктуры / В.М. Зинин, А.М. Подлесный, В.Г. Карантаев // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2017. – № 4(93). – С. 2–6.
3. «Челэнергоприбор». – Available: http://limi.ru/product/traton_110/.
4. «ТЕКVEL». – Available: <https://tekvel.com/ru/trainings/>.
5. «ИнСАТ». – Available: <https://insat.ru/>.
6. Платформа для цифровых измерительных трансформаторов тока и напряжения. – Available: <http://www.tekvel.ru/index.php/avacha-ru>.
7. Подлесный, А.М. MasterSCADA 4D – отечественная платформа для программирования контроллеров / А.М. Подлесный // Журнал «ИСУП». – 2018. – № 1(73). – С. 43–45.

[К содержанию](#)