

## Цифровая подстанция АББ: опыт первого промышленного внедрения

А.М. Маслов (ООО «АББ Силовые и Автоматизированные Системы»),  
 Стефан Майер (ABB Power Systems)

Появление стандарта IEC 61850 ознаменовало прорыв в области автоматизации подстанций. Один из примеров - внедрение стандарта IEC 61850-9-2, описывающего передачу выборок данных аналоговых значений по сети Ethernet – так называемую шину процесса. Интегрировав эту технологию в системы автоматизации подстанции, компания АББ объединила более чем десятилетний опыт производства "нетрадиционных" измерительных трансформаторов тока и напряжения с новейшими технологиями связи. Теперь существует возможность подключения первичного высоковольтного оборудования к устройствам РЗА компании АББ, что обеспечивает повышение надежности и готовности системы, а также оптимизацию вторичных цепей на подстанции. Компания АББ выполняет реконструкцию подстанции, которую она ввела в эксплуатацию в 1999 г., реализуя первый в мире коммерческий проект на базе IEC 61850-9-2LE.

Ключевые слова: IEC61850, шина процесса, нетрадиционный измерительный преобразователь, цифровая подстанция.

### Введение

Являясь пионером в области производства "нетрадиционных" измерительных трансформаторов (НИТ, англ. NCIT) и технологии передачи выборок данных аналоговых значений по сети Ethernet – так называемой технологии шины процесса, компания АББ, начиная с 1999 г., ввела в эксплуатацию шесть подстанций с открытыми распределительными устройствами, на которых применяются указанные новшества. В основу комбинированных технологий или так называемых "гибридных" подстанций, поставляемых компанией Powerlink, управляющей передающими сетями штата Квинсланд (Австралия), входила интеллектуальная система iPASS компании АББ. Электронные модули, интегрированные в приводы выключателя, разъединителя и заземляющего ножа системы iPASS, передавали данные по оптической шине процесса – собственной разработке АББ. Также модули iPASS были оснащены преобразователями ELK-CP компании АББ, измеряющими токи и напряжения и подключаемыми к шине процесса.

Шина процесса представляет собой коммуникационную сеть передачи данных (оптическую или проводную) между первичным оборудованием (таким как измерительные трансформаторы) и вторичным оборудованием (интеллектуальные электронные устройства защиты и управления – ИЭУ, англ. IED), служащую для передачи аналоговых данных – измерений тока и напряжения. Также эта сеть может использоваться для передачи дискретных данных и команд управления коммутационными аппаратами, но этот функционал пока еще не реализуется в проектах. На сегодняшний день на традиционных подстанциях обмен информацией производится по разветвленной обширной сети параллельных медных кабелей. Использование волоконно-оптических кабелей не только позволяет исключить большую часть этой медной сети, но так-



Рис. 1. НИТ, оснащенный датчиком тока и напряжения ELK-CP3



Рис. 2. Объединяющее устройство CP-MUP

же увеличивает безопасность эксплуатации, обеспечивая развязку с полевым оборудованием.

В основе семейства датчиков ELK-CP – резервированная катушка Роговского для измерения тока и два отдельных емкостных делителя для измерения напряжения. Схема с резервированием преобразователей (включая соответствующую электронику) позволяет установить две полностью независимых параллельных системы релейной защиты и автоматики (РЗА) для повышения коэффициента надежности системы. Для замены электронных компонентов нет необходимости отключать всю систему защиты, следовательно ремонт занимает существенно меньше времени, а благодаря отсутствию деталей, находящихся под напряжением, гарантируется безопасность выполнения работ.

Компания АББ установила более 300 таких электронных преобразователей на подстанциях компании Powerlink. За время эксплуатации, превышающее 10 лет, не зафиксировано ни одного случая отказа первичного преобразователя. На основании опытных данных время наработки на отказ (MTBF) электронного оборудования оценивается в 300 лет.

### Модернизация

Компания Powerlink начала проект по модернизации, частью которого является замена вторичного оборудования на гибридных подстанциях, в том числе электронных компонентов, обеспечивающих подключение к шине процесса. Основная причина и цель модернизации – соответствие международным стандартам, то есть обеспечение соответствия шины процесса стандарту IEC 61850-9-2 LE. Контракт на модернизацию модулей iPASS был заключен с компанией АББ. Данный проект представляет собой первую коммерческую реализацию шины процесса по стандарту IEC 61850-9-2 LE. В настоящее время проект находится в активной фазе.

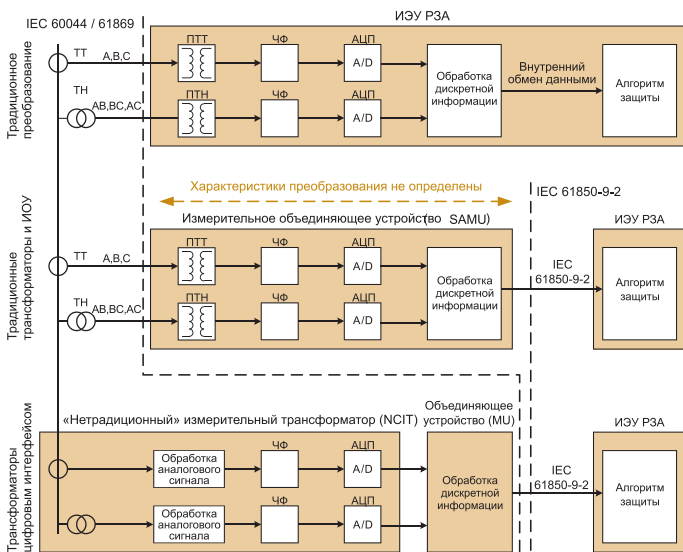


Рис. 3. Измерительное объединяющее устройство (SAMU)

**Шина процесса в соответствии с IEC 61850-9-2LE**

Издание международного стандарта по системам связи IEC 61850 открыло новую главу в описании функциональных возможностей и информационного обмена на подстанциях. Впервые появился стандарт, поддерживающий взаимодействие устройств разных производителей. Поэтому неудивительно, что он очень быстро получил всеобщее признание.

Компания АББ сыграла важную роль в создании этого стандарта и продолжает быть движущей силой в его сопровождении и дальнейшем развитии. С момента реализации в 2004 г. первого в мире проекта, объединяющего оборудование различных производителей, компания АББ поставила более 1000 систем, работающих в соответствии со стандартом IEC 61850, на объекты более чем в 70 странах мира.

Вслед за успешным вводом стандарта на уровне вторичного оборудования подстанции возрастает необходимость в максимальной интеграции интеллектуального первичного оборудования с использованием шины процесса. Стандарт IEC 61850-9-2 описывает механизмы получения информации от НИТ, применение которых имеет неоспоримые преимущества по сравнению с традиционными трансформаторами: высокий класс точности во всем диапазоне измерений, компактная конструкция, безопасность эксплуатации.

В соответствии со стандартом IEC 61850-9-2 (и его "облегченной" версией IEC 61850-9-2LE) аналоговые выборки данных передаются в сеть Ethernet объединяющими устройствами (англ. MU). Компания АББ первой предложила объединяющее устройство CP-MUP, сертифицированное группой пользователей USA<sup>1</sup> (рис. 2).

Объединяющие устройства разрабатываются для конкретного типа НИТ. Вместе они образуют систему, которая испытывается как единое целое, что позволяет определить динамические характеристики всей

измерительной цепи до интерфейсного порта IEC 61850.

В этом состоит главное отличие CP-MUP от измерительных независимых объединяющих устройств (англ. SAMU), которые подключаются к традиционным трансформаторам тока и напряжения. Измерительные объединяющие устройства (ИОТ) самостоятельно выполняют аналого-цифровое преобразование измеряемых сигналов и передают их далее по шине процесса. Однако данное преобразование вносит неопределенность в характеристики всей измерительной системы, и поведение ИОТ в переходном режиме не охватывается каким-либо стандартом МЭК [1] (рис. 3). Комитеты и рабочие группы МЭК и Cigre уже работают над соответствующим стандартом, который войдет в группу международных стандартов по измерительным трансформаторам IEC 61869.

**Дополнение проверенной технологии НИТ современной шиной процесса**

В рамках проекта модернизации компания АББ заменяет существующую цифровую шину связи собственной разработки на шину процесса в соответствии с IEC 61850. Новая система связи полностью опирается на IEC 61850 как на уровне станционной шины, по которой происходит обмен информацией между ИЭУ и устройствами верхнего уровня, так и на уровне шины процесса.

Компания АББ поставляет АСУТП на базе MicroSCADA Pro, ИЭУ защиты и управления серии Relion 670, а также систему защиты шин REB500. Все устройства защиты и управления в системе подключаются к шине процесса, организованной согласно требованиям стандарта IEC 61850-9-2LE и получают выборки аналоговых величин от объединяющих устройств CP-MUP компании АББ. Объединяющие

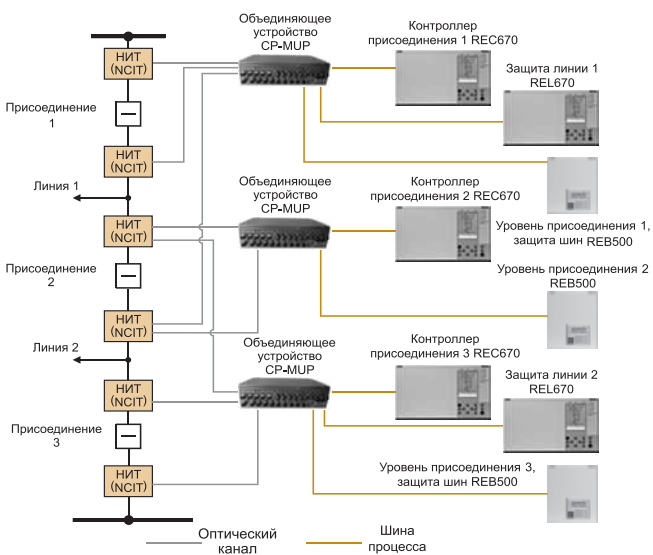


Рис. 4. Подключение ИЭУ РЗА к НИТ

<sup>1</sup> Международная группа пользователей USA – некоммерческая организация, состоящая из поставщиков и потребителей продукции в электросетевом комплексе. Одна из основных целей организации – поддержка пользователей стандартов серии IEC 61850.

устройства подключаются к уже имеющимся совмещенным сенсорам тока и напряжения, для чего и производится замена электронных компонентов преобразователей. Таким образом, изменения в составе первичного оборудования сводятся к минимуму.

Система релейной защиты, используемая для модернизации вторичной системы, показана на рис. 4.

Для выполнения требований заказчика по обеспечению резервирования используются встроенная резервируемая схема построения НИТ, а также дублированная полностью независимая система объединяющих устройств и ИЭУ РЗА.

Кроме этого, для демонстрации надежности компонентов и обоснования выбранных принципов построения вторичной системы, используемых на подстанциях Powerlink, были предприняты дополнительные действия.

Для накопления опыта использования новой технологии в реальных условиях был введен в эксплуатацию ряд пилотных инсталляций с НИТ и ИЭУ, поддерживающих шину процесса в соответствии с IEC 61850-9-2LE. Один из таких экспериментальных проектов заключался в модернизации одного присоединения на подстанции напряжением 275 кВ (рис. 5). Там были обновлены электронные компоненты преобразователей, объединяющие устройства и ИЭУ защиты серии Relion 670. Подобные пилотные инсталляции помогают заказчикам и самим производителям получить значительный практический опыт, а также собрать необходимую информацию о надежности работы системы и отдельных ее компонентов с целью оценки дальнейших перспектив применения.

Все оборудование компании АББ, включая терминалы РЗА, проходит полноценное расширенное тестирование, затрагивающее как сами продукты в отдельности, так и их взаимодействие с другими компонентами системы. Тестирование проводится в собственном центре АББ, сертифицированном USA [2]. На этом испытательном полигоне при участии экспертов АББ и Powerlink была выполнена дополнительная проверка концепции модернизации вторичной системы. Особое внимание уделялось поведению системы в условиях различных переходных режимов.

Результаты испытаний показали корректную, полностью соответствующую ожиданиям работу системы, не было зарегистрировано случаев ложной реакции системы или неправильной выдачи сигналов срабатывания. При моделировании всевозможных условий аварийных режимов проводился постоянный и детальный мониторинг всех компонентов системы. Такой контроль необходим для быстрой и однозначной идентификации неисправностей, благодаря ему возможно значительно реже проводить периодическое техобслуживание с одновременным его упрощением,



Рис. 5. Одна из подстанций компании Powerlink, где применяются НИТ

так как появляется возможность точной идентификации места возникновения неисправности.

### Перспективы в России

Ведущие российские компании стремятся идти в ногу со временем, поэтому в активной стадии находятся сразу несколько перспективных пилотных проектов. Одним из наиболее интересных является построение Полигона Цифровой подстанции на базе ОАО "НТЦ Электроэнергетики", на котором уже установлено и успешно эксплуатируется оборудование с поддержкой шины процесса в соответствии со стандартом IEC 61850-9-2LE от различных производителей. В будущем на полигоне планируется расширять номенклатуру применяемых устройств, чтобы охватить все подсистемы: интеллектуальный интерфейс к первичному оборудованию, релейную защиту, технический и коммерческий учет, контроль качества электроэнергии. Цель проекта предельно проста, что ни в коей мере не уменьшает ее важного значения — прежде, чем оборудование начнет коммерческую эксплуатацию на объектах ОАО «ФСК ЕЭС» и других компаний, оно должно доказать свою работоспособность в составе системы на реальном объекте.

Компания АББ как мировой лидер в области технологий для цифровых подстанций также принимает активное участие в обсуждении и реализации перспективных проектов и готова предложить свой опыт и свою продукцию, проверенные как во множестве экспериментальных проектов по всему миру, так и в первой коммерческой реализации шины процесса, про которую было рассказано в данной статье.

### Список литературы

1. Маслов А. М., Лобанов П. Л. Вопросы стандартизации при реализации концепции цифровой подстанции // Матер. II междунар. выставки и конф. по инновационным проектам в электросетевом комплексе IPNES 2011.
2. Маслов А., Гершах С. Системный подход к автоматизации на основе МЭК-61850 // Энергетика и промышленность России. 2011. Сентябрь. № 18 (182).

*Маслов Андрей Михайлович — ООО «АББ Силовые и Автоматизированные Системы»,*

*Майер Стефан — ABB Power Systems.*

*Контактные телефоны: (8352) 25-61-62, (495) 956-05-44.*

*[Http://www.abb.ru](http://www.abb.ru)*