



PS3 – S7-01



Шина процесса МЭК 61850 9-2: опыт эксплуатации в реальных условиях

Х. КАРДЕНАС, И. ОЙАНГУРЕН, И. ГАРСЕС
GE Digital Energy, Iberdrola
Испания
jorge.cardenas@ge.com

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Шина процессов, объединяющее устройство, устройства удаленных входов/выходов, сетевая архитектура.

АННОТАЦИЯ

Новые пилотные подстанции, работающие по протоколу МЭК 61850, появляются по всему миру, но было всего несколько попыток использовать шину процесса для непосредственной связи с коммутационными и измерительными устройствами подстанции. Это означает, что шина процесса МЭК 61850-9-2 до сих пор не была тщательно испытана в реальных условиях. В Испании одна энергосистема, несколько производителей устройств защиты, управления и связи и один производитель измерительного трансформатора создают сценарий испытаний на действующей распределительной подстанции, чтобы проверить возможность использования шины процесса МЭК 61850-9-2 на подстанции, использующей оборудование нескольких производителей.

Работа, представленная в данной статье, отражает текущее развитие пилотного проекта на действующей высоковольтной подстанции, а также результаты за первый год работы первой ступени Проекта. Основная цель проекта – обзор современного технического уровня шины процесса и оценка возможности практического применения, включая текущую совместимость между различными производителями, степень готовности, надежности и возможные выгоды. Следующие этапы (с несколькими производителями) будут испытаны и оценены таким же образом.

Первый этап проекта включает в себя установку с работой на сигнал устройств защиты и управления для одной линии 132 кВ и одного силового трансформатора на действующей подстанции, а также установку нескольких объединяющих устройств одного производителя.

Выбранная подстанция (расположенная в г. Бенавенте, Испания) была построена в 70-е годы и до сих пор находится в работе. Она была выбрана из-за большого количества повреждений, возникающих на подключенных ВЛ, особенно в летний сезон из-за частых гроз.

1 ОПЫТ И ОЖИДАНИЯ ОТ ПЕРВОГО ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА В ИСПАНИИ

Пилотный проект архитектуры шины процесса МЭК 61850 представленный в данной статье реализован на ПС Ибердрол 132 кВ в г. Бенавенте, Испания. Это традиционная подстанция, а шина процесса установлена параллельно с действующей системой защиты и управления. Новая система работает на сигнал и на данный момент не выдает команд на коммутационную аппаратуру. Ее применение ограничено измерениями и защитой, выдачей команд управления, но физически устройства не подключены к катушкам отключения выключателей. Система записывает данные всех внешних КЗ, а также внутреннюю

испытаны в наиболее тяжелых условиях, как показано на рисунках 2&3. ОУ, используемые в проекте, являются коммерческими серийными образцами.

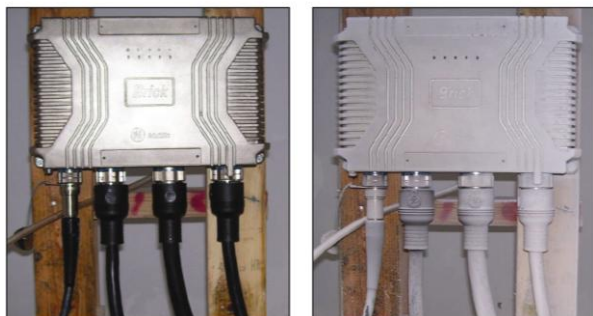


Рис. 2: Прочное объединяющее Устройство испытывается на устойчивость к пыли: перед испытаниями (слева) и после испытаний (справа)

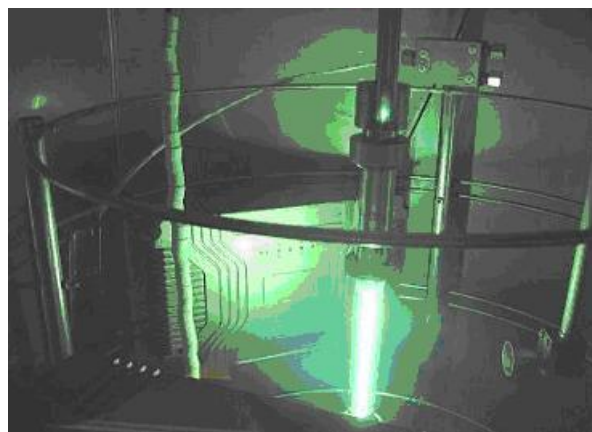


Рис. 3: Объединяющие устройства под воздействием солнечного излучения в испытательной лаборатории

УИП содержит 4 объединяющих устройства, использующих одинаковые данные, чтобы создать подключение типа звезда к 4 различным устройствам. Целью такой схемы является получение одинакового физического интерфейса, как для устройств защиты, так и для устройств управления, УИП, подключенный к оптоволоконному кабелю, для все применений и ступеней защиты. Единственные различия в схеме – где располагать УИПы и как прокладывать оптоволоконные кабели.

Использование стандартных, прочных УИП, с кабелями с разъемами, имеет много преимуществ: маленький список стандартных компонентов (УИП, медные кабели, оптические кабели) для установки, система может быть спроектирована инженерами и установлена оперативным персоналом (для этого не требуется сложных тренировок), система успешно вводится в работу, используя стандартные испытательные инструменты и методы.

Кроме того, операционные расходы, расходы на обслуживание и жизненный цикл должны быть значительно меньше, чем при традиционной схеме, а установка, замена, ремонт, восстановление или обновление системы требует только замены отдельных компонентов с использованием простых ручных инструментов. ОУ, подключаемые только к традиционным ТТ и ТН и не имеющие контактных входов и выходов, также планируется испытывать.

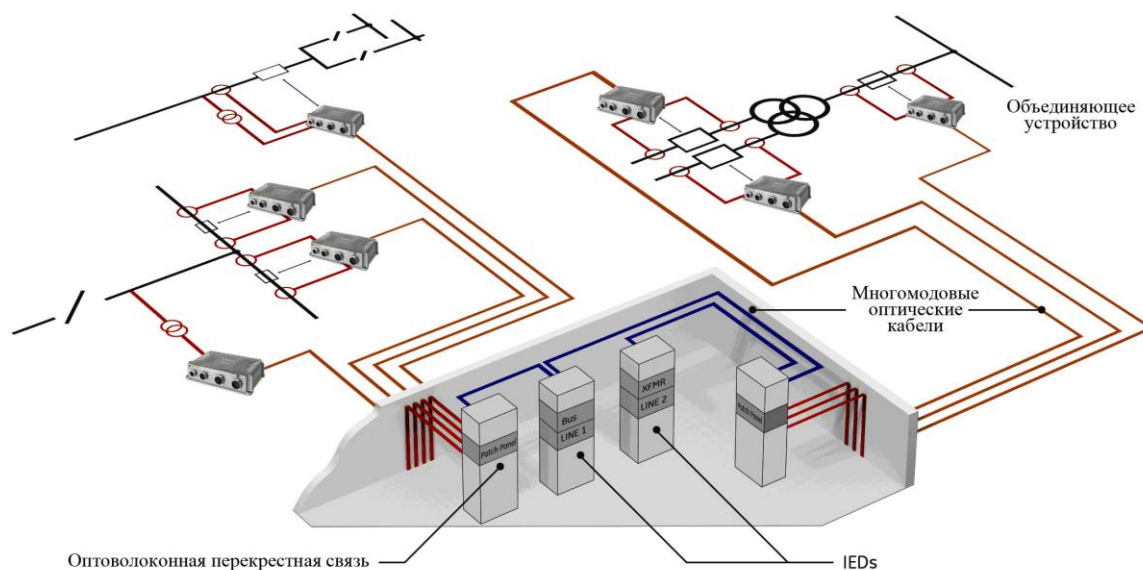


Рис. 4: Архитектура Шины процесса Точка-Точка

Установка состоит из 4 Объединяющих устройств, устанавливаемых снаружи на ОРУ. На рис. 5 показано место установки Брика 1 (BRICK) на металлической конструкции ОРУ и все первичное оборудование, с которым будут связываться эти Объединяющие устройства.

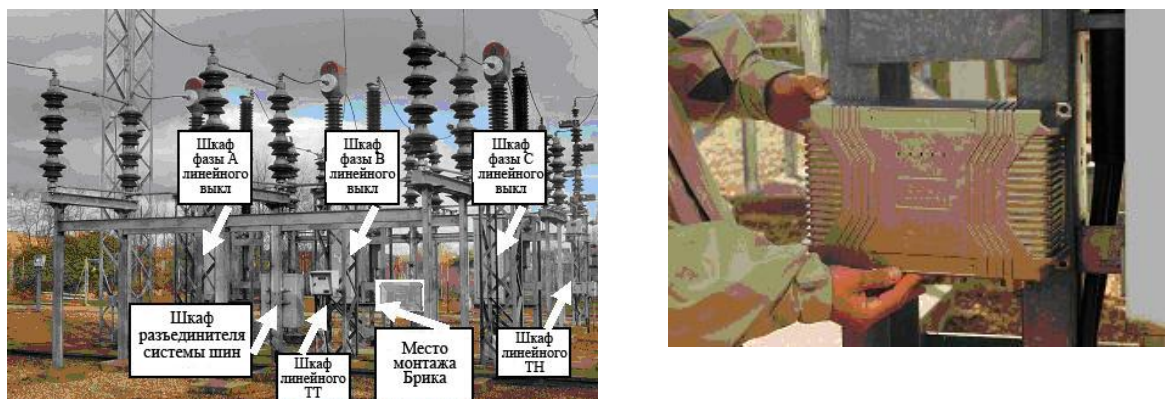


Рис. 5: 132 кВ Линия Вилеча на подстанции Бенавенте

1.2 Реализация проекта

Выгода от практической архитектуры шины точка-точка видны при проектировании, установке и эксплуатации систем защиты и автоматики. Стандартизированные компоненты, медные выводы, установленные на объединяющих устройствах на первичном оборудовании ОРУ, а также прямая архитектура упрощают поставку, инжиниринг, проектирование, создание, ввод в эксплуатацию, эксплуатацию и техническое обслуживание. Реализация этого пилотного проекта ясно демонстрирует эти преимущества. Первая часть проекта была реализована в несколько простых шагов, приведенных ниже.

Обследование подстанции: Обследование подстанции было проведено с целью определить места установки объединяющих устройств и измерить длину необходимых оптических и медных кабелей. Объединяющие устройства и устройства защиты были выбраны в соответствии с требованиями применения, а кабели были заказаны по результатам проведенного обследования.

Настройка системы: Данная система защиты и управления, основанная на шине процессов, очень проста в настройке. Фактически нет разницы по сравнению с текущей практикой настройки устройств защиты, не считая дополнительного шага ранжирования Вх/Вых на соответствующие объединяющие устройства. Каждое объединяющее устройство ранжируется, используя его серийный номер, номер цифрового ядра и код заказа. Этот процесс интуитивно понятен и прямолинеен, поэтому нет абсолютно никакой необходимости в специальных знаниях шины процессов МЭК 61850, чтобы его осуществить. Настройка остальных функций устройств защиты остается точно такой же, как и сейчас. Более важно то, что нет необходимости в каком-либо специальном ПО, чтобы настроить систему с шиной процессов; можно использовать существующие ПО устройств защиты.

Приемо-сдаточные заводские испытания (ПСИ): Представленная здесь система защиты и управления проходит приемо-сдаточные испытания не на объекте, а приемо-сдаточные заводские испытания (ПСИ). Система с шиной процессов, состоящая из заранее подсоединенных кабелей, объединяющих устройств и уже сконфигурированных панелей релейной защиты, поставляется, как полностью испытанное устройство. Это перемещает максимальное количество проектирования и производства в контролируемую среду, а не на объект. Вся система шины процессов была собрана на заводе так, как она будет установлена на месте и тщательно проверена.

Монтаж и ввод в эксплуатацию: Этап установки и ввода в эксплуатацию пилотного проекта был проведен в сентябре 2009 года и включал в себя следующие задачи:

- Монтаж объединяющих устройств на ОРУ в заранее определенных местах
- Создание и проверка медных соединений с первичным оборудованием, используя заранее подключенные кабели

- Прокладка и подключение наружных оптоволоконных кабелей между объединяющими устройствами и диспетчерским пунктом
- Подача питания на всю систему и проверка того, что устройства защиты и объединяющие устройства не выдают никаких ошибок.
- Ввод всей системы в работу и проверка того, что измерения, переданные шиной процессов, соответствуют измерениям традиционной системы.



Рис. 6: ПСИ на заводе GE в Бильбао-Испания

Необходимо отметить, что для этого пилотного проекта необходим монтаж объединяющих устройств и создание медных соединений, так как это модернизация. Однако, для нового строительства или современных установок объединяющие устройства могут быть частью первичного оборудования. Это означает, что объединяющие устройства будут поставляться установленными и подключенными к первичному оборудованию, что значительно уменьшит количество работ на объекте.



Рис. 7: Подключение и первичные испытания

1.3 Опыт эксплуатации

Система с шиной процесса проработала без сбоев более одного года и остается в работе с рабочими параметрами соответствующими традиционной системе. Было много внешних КЗ и система с шиной процесса определяла условия повреждения очень близко к тому, как это делала традиционная система, что подробно описано в [4]. Объединяющие устройства, установленные на конструкциях ОРУ, хорошо работали при различных условиях окружающей среды и электромагнитной обстановки. Журналы внутренней диагностики в объединяющих устройствах записали внутренние температуры, уровень полученных и переданных сигналов с различными диагностическими условиями такими, как потеря оперативного постоянного тока, перезагрузка процессора, проблемы АЦП, проблемы в выходных цепях, проблема с питанием контактных входов и любые проблемы со связью.

Окружающая среда: Подстанция Бенавенте находится в работе более 20 лет и была выбрана для пилотного проекта по шине процессов, так как на ней происходит большое количество замыканий на линиях 132 кВ, подключенных к ней, особенно в летний сезон из-за большого количества гроз и птиц (аистов), которые строят свои гнезда на опорах ЛЭП.



Рис. 8: Гнезда на линиях и загрязнения

Короткие замыкания и другие события: С сентября 2009 года по июль 2010 года на линии Вилеча (145 кВ) всего произошло 10 замыканий, из которых 9 были однофазными замыканиями на землю, а 1 двухфазным замыканием на землю.

При всех замыканиях защита работала правильно. На рис. 9 приведена осциллограмма работы защиты.

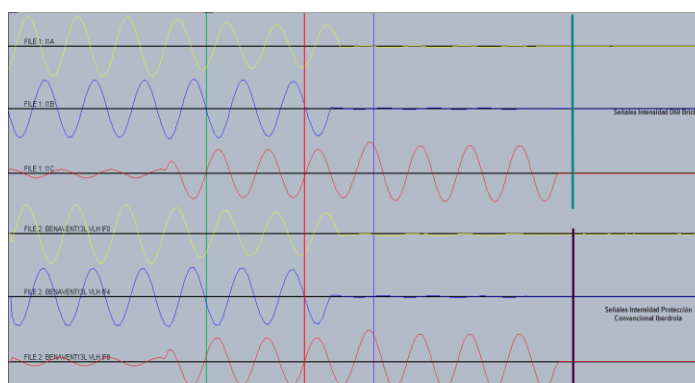


Рис. 9: Токи замыкания во время замыкания фазы С на землю. Три верхних тока относятся к устройству шины процессов, а другие три к традиционному цифровому устройству защиты

Делая более детальный анализ работы, на рис. 10 мы провели сравнение токов в фазе С.

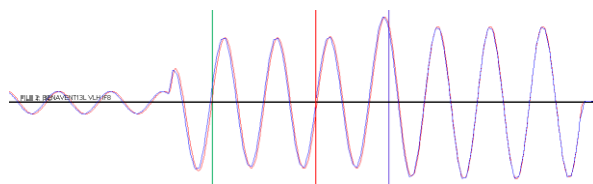


Рис. 10: Сравнение токов замыкания (с Рисунка 9) системы шины процессов (красная) и традиционной системы (синяя)

Работа защиты трансформатора также была верной. При более 15 зарегистрированных устройством внешних КЗ не было ложных срабатываний. На рис. 11 приведено типовое поведение защит во время однофазного замыкания на землю фазы В на линии Вилеча.

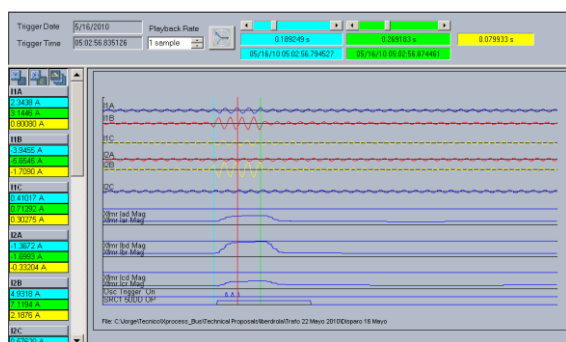


Рис. 11: Осциллограмма с устройства защиты трансформатора

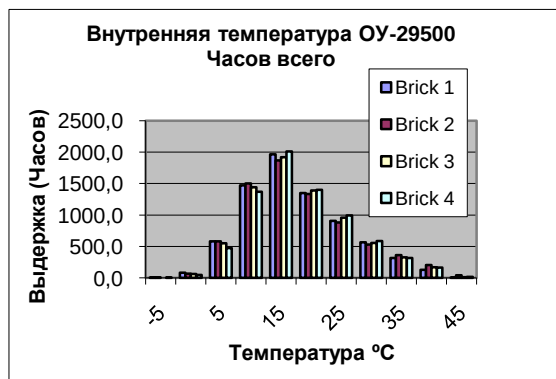


Рис. 12: Гистограмма внутренней температуры объединяющего устройства

2 ВЫВОДЫ

В статье описаны новые подходы в реализации шины процессов МЭК 61850-9-2, которые позволяют использовать эту технологию без необходимости менять схемы первичного оборудования, а также отчеты о пилотном проекте на линии 132 кВ и трансформаторе.

Использование архитектуры двухточечной передачи для шины процессов помогает решить ключевые технические проблемы такие, как совместное использование данных и синхронизация дискретизации аналоговых сигналов. На выделенной оптоволоконной связи трафик Ethernet полностью детерминированный. Второй и третий этапы проекта будут включать в себя подключение Ethernet свитчей, чтобы сравнить производительность с двухточечной архитектурой.

Единственными преимуществами подключения устройств защиты и управления с использованием оптоволоконного кабеля является отказ от традиционных плат Вх/Вых и значительное уменьшение медных кабелей в релейном шкафу. Вместо нескольких плат Вх/Вых с десятками медных соединений, новое поколение устройств содержит одну плату связи с несколькими оптическими портами. Кроме уменьшения стоимости проектирования, производства, монтажа и ввода в эксплуатацию, также обеспечиваются преимущества при эксплуатации устройств. Используя эту концепцию, релейным шкафам в диспетчерском пункте не понадобятся тысячи медных кабелей и тысячи клемм. Эти соединения могут быть заменены несколькими оптоволоконными кабелями и программным ранжированием цифровых сигналов.

В статье представлена устойчивая к ошибкам архитектура шины процессов для распределенной защиты, измерения и управления. В частности решение:

- Выделяет медные соединения, как основной фактор стоимости и трудозатрат и заменяет медные соединения устройств защиты и управления на ОРУ и в диспетчерском пункте оптоволоконной связью.
- Представляет объединяющие устройства, которые решают такие практические проблемы, как наружную прокладку оптоволоконной линии и подключение в тяжелых условиях,

герметизация, ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание и возможность расширения.

- Использование объединяющих устройств, предназначенных для объединения всех точек измерения и управления в заданном месте ОРУ, используя общее устройство и работая со стандартной структурой Вх/Вых: входы состояния, дискретные выходные команды, преобразователи и датчики, а также измерительные трансформаторы.
- Повышает надежность путем использования новой концепции резервирования и оптимизированной архитектуры связи.
- Убирает проблемы с информационной безопасностью путем использования немаршрутизируемой схемы связи.
- Убирает необходимость в дополнительном ПО для настройки шины процессов.
- Обеспечивает долгосрочные преимущества при техническом обслуживании, так как вместо сотен медных кабелей, обычно проложенных в кабельных каналах через ОРУ, используется несколько помехозащищенных оптоволоконных кабелей с фабрично установленными разъемами.

Работа, представленная в этой статье, отражает текущий уровень развития всей системы, охватывающей все основные типы защит. Основной целью на этапе проектирования была разработка систем, которые могут обеспечить реальную выгоду для конечного пользователя с точки зрения уменьшения стоимости, уменьшения длительности создания проекта и упрощения системной архитектуры.

Будущая работа на представленной системе может включать реализацию интерфейса с Нетрадиционными Измерительными Трансформаторами (НИТ), после того, как увеличится признание НИТов рынком и будет установлено больше таких аппаратов. Следующие шаги проекта будут включать в себя также подключение «бриков» к устройствам других производителей и развитие устройств с Удаленными цифровыми входами/выходами с целью отдельного подключения к коммутационной аппаратуре (разъединители, выключатели) и передачи данных в диспетчерский пункт по оптоволоконным кабелям.

Авторы верят, что представленная система предлагает особые возможности для применения на высоковольтных подстанциях из-за ее высокой помехоустойчивости подходящей для наиболее тяжелых условий окружающей среды таких, как непосредственное воздействие пыли, солнца, высокой температуры, вибрации и электромагнитных полей. Прочные Объединяющие устройства, являющиеся электронными устройствами, предназначенными для сбора сигналов, могут рассматриваться как часть первичного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

Стандарты:

- [1] IEC International Standard “Communication networks and systems in substations – Part 9-2: Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Sampled values over ISO/IEC 8802-3”, (IEC Reference number IEC/TR 61850-9-2:2004(E), IEC, Geneva, Switzerland).

Статьи с конференций (опубликованные):

- [2] M. Adamiak, B. Kasztenny, J. Mazereeuw, D. McGinn, S. Hodder “Considerations for Process Bus deployment in real-world protection and control systems: a business analysis” presented at 42 CIGRE Session, Paris, August 24-29, 2008, paper B5-102.
- [3] B. Kasztenny, D. Finney, M. Adamiak, E. Udren, J. Whatley, J. Burger, “Unanswered Questions about IEC 61850 - What needs to happen to realize the vision?” (Proceedings of the 31st Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, WA, 2005).
- [4] M. Adamiak, D. McGinn, V. Muthukrishnan, “Designing Copper Wiring Out of High Voltage Substations: A Practical Solution and Actual Installation” (Proceeding of 63rd Annual Georgia Tech Protective Relaying Conference, Atlanta, USA, 2009).
- [5] J. Castellanos, I. Ojanguren, I. Garces, R. Hunt, J. Cardenas, M. Zamalloa, J. Garcia, A. Gallastegui, M. Yubero, E. Otaola, “IEC61850 9-2 Process Bus: Application in a real multivendor substation”. CIGRE Paris, 2010.