

Новое поколение интеллектуальных электронных устройств для цифровой подстанции



В последние годы возрастает интерес со стороны предприятий электроэнергетической отрасли к внедрению технологий цифровой подстанции. В связи с этим перед российскими производителями стоит задача разработки и серийного производства интеллектуальных электронных устройств нового поколения, сопоставимых по стоимости с традиционными микропроцессорными устройствами.

ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис», г. Архангельск

В рамках работ по поддержке стандартов цифровой подстанции специалистами ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис» выполнены как модернизация серийно выпускаемых интеллектуальных электронных устройств ЭНИП-2 и ЭНИП-3 [1,2], так и разработка принципиально нового семейства устройств с поддержкой шины процесса и шины подстанции согласно МЭК 61850.

С 2013 года серийно производится новая модификация ЭНИП-2 (рис. 1) с одним портом Ethernet и поддержкой МЭК 61850-8-1 (MMS- и GOOSE-сообщения). При этом стоимость указанной модификации ЭНИП-2 соизмерима со стоимостью традиционных многофункциональных измерительных преобразователей телемеханики.

Завершаются работы по подготовке к серийному производству производству модификации ЭНИП-2 с двумя портами Ethernet (2 × 100BASE-TX или 2 × 100BASE-FX). При этом возможна как независимая работа портов, так и работа через встроенный сетевой коммутатор.

Использование модификации ЭНИП-2 со встроенным коммутатором перспективно для автоматизи-

зации подстанций 6–10 кВ, так как при этом отпадает необходимость в использовании сетевого оборудования Ethernet. Такой вариант обеспечит эффективный переход от использования промышленной сети RS-485 с протоколами Modbus, МЭК 60870-5-101 к более производительной сети на базе Ethernet и протокола МЭК 61850-8-1. При практически одинаковой стоимости двух рассмотренных выше решений по автоматизации подстанций 6–10 кВ использование второго варианта позволяет обеспечить эффективное внедрение на указанных подстанциях новых техноло-

гий согласно МЭК 61850. Дополнительным плюсом такого решения в отличие от традиционного является возможность реализации кольцевой сети с резервированием.

В устройствах синхронизированных векторных измерений (PMU, Phasor Measurement Unit) ЭНИП-3 воплощены схемотехнические решения, обеспечивающие высокую точность синхронизации внутренних часов реального времени (не хуже 1 мкс), применены многоканальные специализированные АЦП с одновременной выборкой, реализована поддержка протокола IEEE C37.118.2. Другая характерная особенность ЭНИП-3 связана с использованием специально разработанных алгоритмов обработки сигналов, обеспечивающих эффективную работу устройства в условиях интенсивных электромагнитных и электромеханических переходных процессов в энергосистеме. Одна из модификаций ЭНИП-3 разработана для работы с шиной процесса МЭК 61850-9-2LE.

Новые разработки интеллектуальных электронных устройств, выполненные специалистами ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис», ориентированы преимущественно

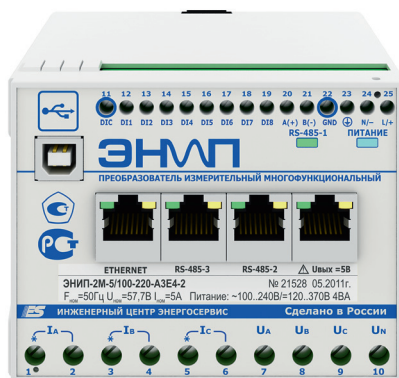
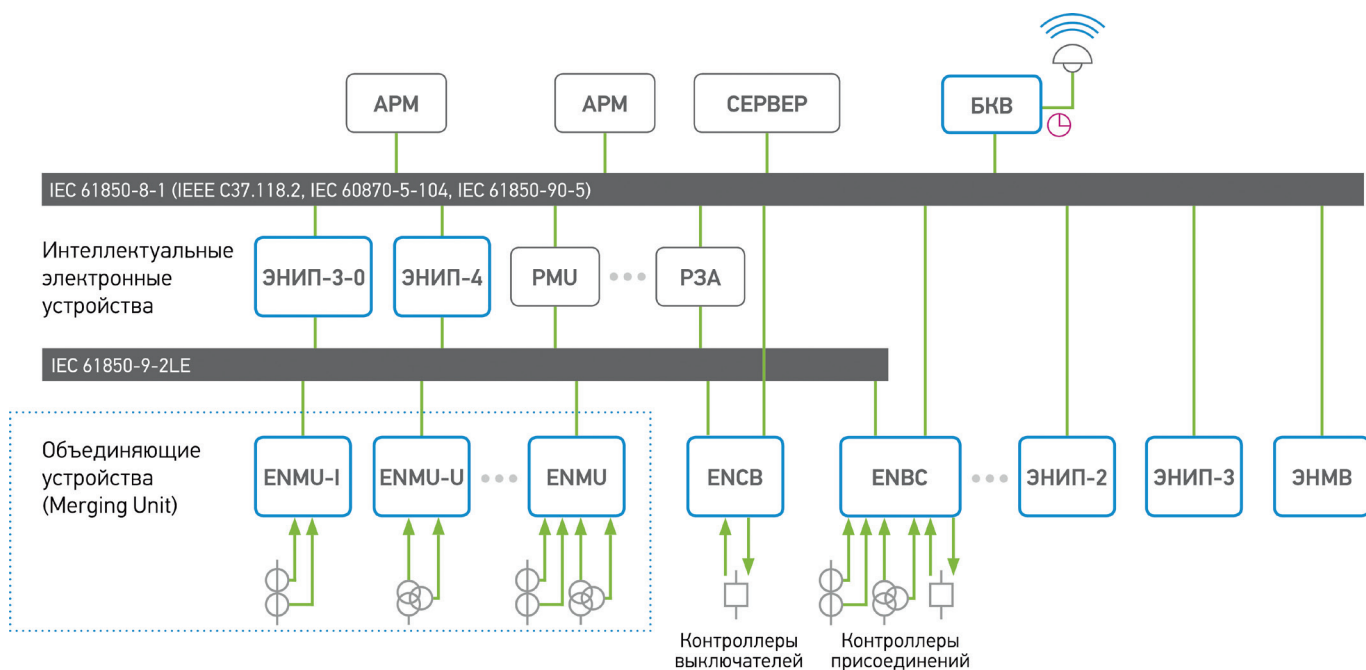


Рис. 1. Одна из новых модификаций ЭНИП-2



РЗА — устройства релейной защиты и автоматики
 РМУ — устройства синхронизированных векторных измерений

Рис. 2. ИЭУ для цифровой подстанции

венно на реализацию полных решений по цифровой подстанции, прежде всего шины процесса МЭК 61850-9-2LE.

На рис. 2 приведена структурная схема цифровой подстанции. Голубым цветом на схеме показаны устройства, производимые или разрабатываемые ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис».

В 2012 году специалистами ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис» разработан набор модулей для реализации различных интеллектуальных электронных устройств с поддержкой шины процесса МЭК 61850-9-2LE и шины подстанции МЭК 61850-8-1. Дополнительно обеспечена поддержка протоколов МЭК 60870-5-104, IEEE C37.118.2 и ведется работа по поддержке протокола МЭК 61850-90-5.

Основные модули: модуль тока для подключения к измерительной и релейной обмоткам трансформатора тока, модуль напряжения, процессорный модуль, модуль дискретного ввода/вывода, модуль питания. Модуль питания может быть подключен к одному или двум источникам постоянного и/или переменного оперативного тока.

Каждый модуль имеет несколько модификаций. Например, про-

цессорный модуль может включать одну или две процессорные платы (до двух микропроцессоров на каждой плате), каждая процессорная плата может включать различные комбинации портов Ethernet: 2 порта 100BASE-TX или 2 порта 100BASE-FX, один порт 100BASE-TX и один порт 100BASE-FX. Опционально процессорный модуль

может включать встроенный GPS-приемник и регистратор событий и процессов.

На структурной схеме (рис. 2) шина процесса и шина подстанции указаны условно. Может применяться различная топология сети и при необходимости использоваться разные протоколы резервирования (PRP или HSR).

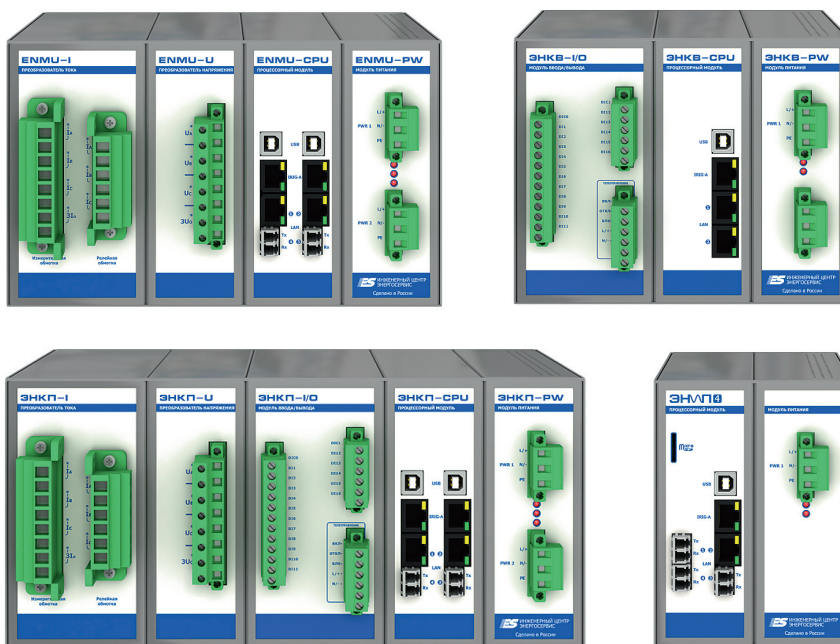


Рис. 3. ИЭУ с поддержкой шины процесса и шины подстанции

Необходимость в разработке различных модификаций модулей тока и модулей напряжения связана как с реализацией устройств сопряжения MU (Merging Unit), например, при применении оптических датчиков тока или датчиков тока с использованием тора Роговского, емкостных или резистивных датчиков напряжения, так и для реализации специальной разновидности устройств сопряжения – SAMU (Stand-Alone Merging Unit), подключаемых к традиционным трансформаторам тока и напряжения.

Если ENMU используется в качестве SAMU, то при его конфигурировании задаются следующие возможные режимы работы: формирование отдельных или совмещенного потоков данных от релейной и измерительной обмоток трансформатора тока для выборок тока (samples values) и для векторных измерений.

На базе перечисленных выше модулей разрабатываются следующие интеллектуальные электронные устройства:

- ▶ устройства сопряжения MU;
- ▶ устройства сопряжения SAMU, подключаемые к традиционным трансформаторам тока и напряжения;
- ▶ контроллер выключателя;
- ▶ контроллер присоединения;
- ▶ ИЭУ с поддержкой шины процесса IEC 61850-9-2LE и шины подстанции IEC 61850-8-1.

Основное внимание при разработке нового поколения интеллектуальных электронных устройств было уделено устройствам сопряжения ENMU и интеллектуальных электронных устройств с одновременной поддержкой шины процесса МЭК 61850-9-2LE и шины подстанции МЭК 61850-8-1.

Отличительной особенностью ENMU является реализация функций PCMU (Phasor Control and Measurement Unit). Обеспечена поддержка протокола IEEE C37.118.2 и ведутся работы по поддержке в ENMU протокола МЭК 61850-90-5. Это дает возможность использования ENMU в территориально-распределенных системах управления и измерений WAMPAS. В ENMU предусмотрена как одновременная передача данных по протоколам МЭК 61850-9-2LE

и IEEE C37.118.2 через один порт, так и через разные порты.

Многие схемотехнические решения и алгоритмы обработки сигналов, применяемые в новом поколении интеллектуальных электронных устройств, были апробированы на серийно производимых устройствах ЭНИП-2 и ЭНИП-3.

В 2012 году проведены всесторонние испытания ЭНИП-3 на соответствие стандарту IEEE C 37.118.1, а также испытания на цифро-аналого-физическом комплексе ОАО «НТЦ ЭЭС» [3].

Применение векторных измерений можно рассматривать как альтернативу samples values (МЭК 61850-9-2LE), так как для многих ИЭУ достаточно использование синхрофазоров (комплексных амплитуд) токов и напряжений основной гармоники для вычисления параметров режима энергосистемы. Дополнительно в ENMU обеспечивается измерение среднеквадратических значений токов и напряжений, а также эквивалентных углов между ними.

Разработанные в настоящее время модификации ENMU позволяют реализовать SAMU как с общим потоком данных частотой 4 кГц (80 выборок за период) согласно МЭК 61850-9-2LE от измерительной и релейной обмоток ИТТ, так и с двумя отдельными потоками соответственно от измерительной и релейной обмоток. Благодаря наличию в модуле ENMU-CPU двух портов Ethernet имеется возможность реализации протоколов резервирования.

Следует отметить, что разрабатываемые устройства предназначаются для применения не только в распределительных устройствах 110 кВ и выше, но и в распределительных устройствах 6–10 кВ. Габаритные размеры и вес устройств позволяют установить их в релейные отсеки высоковольтных ячейек.

К настоящему времени изготовлены опытные образцы устройств сопряжения ENMU, предназначенные для подключения к традиционным измерительным трансформаторам тока и напряжения, проведены испытания, ведется подготовка к серийному производству.

Аналогичная ситуация с устройствами синхронизированных вектор-

ных измерений ЭНИП-4. Устройства ЭНИП-4 представляют собой усовершенствованный вариант устройств ЭНИП-3-0. Принципиальное отличие связано с увеличением диапазонов работы по току и напряжению (полные диапазоны по току и напряжению в соответствии с МЭК 61850-9-2LE). Это дает возможность использовать данные от ЭНИП-4 в системах не только режимной, но и противоаварийной автоматики. Другие отличия связаны с увеличением портов Ethernet: два порта для поддержки шины процесса МЭК 61850-9-2LE и два порта для поддержки IEEE C37.118.2 и/или МЭК 61870-90-5, МЭК 60870-5-104.

Остальные из представленных на рис. 2 интеллектуальных электронных устройств с поддержкой шин процесса находятся в разработке. Контроллер выключателя ENCB разрабатывается на основе серийно производимых устройств дискретного ввода/вывода серии ЭНМВ.

Для распределительных устройств и подстанций 6–35 кВ с экономической точки зрения выгодно совмещение в одном устройстве функций смежных устройств, то есть применение многофункциональных устройств. На базе созданных специалистами ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис» модулей разрабатывается контроллер присоединения ENBC (Bay Controller), выполняющий дополнительно функции SAMU, PCMU и устройств релейной защиты и автоматики.

Данное устройство планируется использовать в совместном проекте с «ГК «Электроштит» – ТМ Самара» по цифровой ячейке. В разрабатываемой специальной модификации ENBC в модуле дискретного ввода/вывода предусмотрены цифровые интерфейсы для подключения бесконтактных датчиков положения в КРУ 6 (10) кВ и для сопряжения с блоком управления вакуумным выключателем.

В апреле 2013 года в НИУ МЭИ при поддержке ООО «Теквел» прошла первая сессия испытаний на совместимость оборудования по стандарту МЭК 61850. В ходе испытаний была установлена совместимость по МЭК 61850-9-2LE между ENMU и устройством релейной защиты TOP300 фирмы ИЦ «Бреслер» и счет-

чиком электроэнергии ARIS-EM фирмы «Прософт-Системы», между волоконно-оптическим трансформатором тока и напряжения ЗАО «Профотек» и ЭНИП-3-0, между многофункциональным измерительным преобразователем ЭНИП-2 и устройством релейной защиты TOP300 (ИЦ «Бреслер») по условиям стандарта МЭК 61850 в части передачи GOOSE сообщений, Atlan Designer (Pullnet Technologies SA) и ЭНИП-2

в части передачи данных конфигурации с использованием файлов в синтаксисе SCL.

Литература

1. *Мокеев А. В.* Интеллектуальные электронные устройства ЭНИП-2 с функциями синхронных измерений параметров режима электрической сети // Информатизация и системы управления в промышленности (ИСУП). – 2012. № 3. – С. 22–23.

2. *Мокеев А. В.* Продукция и решения ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис» для цифровой подстанции // Сб. 6-й Всерос. науч.-техн. конф. «Энергия белых ночей». – 2013. – С. 107–115.

3. *Жуков А. В.* Развитие технологий векторной регистрации параметров для противоаварийного и режимного управления электрическими режимами энергосистем / А. В. Жуков, А. Т. Демчук, Д. М. Дубинин // Тез. докл. XXI междунар. науч.-техн. конф. РЗА 2012. М.: ВВЦ, 2012. С. 232–245.

*А. В. Мокеев, зам. генерального директора, д. т. н.
ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис», г. Архангельск,
тел.: (8182) 64-6000,
e-mail: ed@ens.ru,
www.enip2.ru*