

# ЦИФРОВЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА 6–20 КВ

**МОКЕЕВ А.В.**, заместитель генерального директора ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис», д.т.н.

В последние годы в электрических сетях все активнее идет процесс внедрения интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ) с поддержкой стандартов цифровой подстанции МЭК 61850. Наибольшее количество присоединений на подстанциях чаще всего приходится на присоединения 6–20 кВ. Основное направление исследований и разработок ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис» в последние годы связано с разработкой решений и ИЭУ для цифровой ячейки, сопоставимой по стоимости с обычными комплектным распределительными устройствами 6–20 кВ с традиционными микропроцессорными устройствами. При этом подстанции, оснащенные цифровыми ячейками, должны обладать более высоким уровнем надежности, обладать возможностью тестирования ячеек сразу после их сборки, должны обеспечивать возможность мониторинга и диагностики как отдельных компонентов ячеек, ячейки и распределительного устройства в целом.

Целесообразность перехода на технологии цифровой подстанции для КРУ нового поколения связана прежде всего с все возрастающим количеством медных проводов как внутри ячейки, так и между ячейками, многократным дублированием дискретных сигналов для нужд релейной защиты, телемеханики, оперативных блокировок и т.д. Все это при отсутствии диагностики указанных цепей приводит к снижению надежности и увеличению затрат при производстве и эксплуатации высоковольтных ячеек [1].

Многократное дублирование имеет место и при обработке аналоговых сигналов от измерительных трансформаторов тока и напряжения, так как различные микропроцессорные устройства защиты, автоматики и измерений производят преобразование одних и тех же аналоговых сигналов в цифровой код.

Исключение дублирования ввода аналоговых и дискретных сигналов может быть достигнуто с помощью реализации шины процесса соглас-

но МЭК 61850. Реализация шины подстанции дает возможность реализации так называемых горизонтальных связей между ИЭУ для обмена дискретной и аналоговой информацией с целью реализации надежной системы оперативных блокировок и более эффективных алгоритмов устройств защиты и автоматики.

Несмотря на очевидные преимущества интеллектуальных устройств основные сдерживающие факторы для их массового применения в распределительных устройствах 6–20 кВ связаны, прежде всего, с более высокой стоимостью ИЭУ по сравнению с традиционными микропроцессорными устройствами релейной защиты, автоматики, телемеханики и измерительными устройствами, а также в определенной степени их массогабаритными показателями. Но указанные недостатки характерны только для начального этапа внедрения ИЭУ, и в последнее время наметилась тенденция к снижению стоимости указанных

устройств, что позволяет более широко использовать ИЭУ в распределительных устройствах 6–20 кВ.

Так, применение многофункционального измерительного преобразователя ЭНИП-2 со встроенным коммутатором уже сейчас экономически целесообразно для автоматизации распределительных устройств 6–20 кВ, так как при этом отпадает необходимость в использовании сетевого оборудования Ethernet [2]. 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 распределительных устройств 6–20 кВ использование второго варианта позволяет обеспечить эффективное внедрение новых технологий согласно МЭК 61850. Дополнительный плюс такого решения в отличие от традиционного – возмож-

ность реализации кольцевой сети с резервированием.

Самый простой вариант реализации цифровой ячейки связан с применением двух интеллектуальных устройств с поддержкой шины подстанции: устройства РЗА и многофункционального измерительного преобразователя ЭНИП-2 [1]. Использование специальной модификации модуля дискретного ввода-вывода ЭНМВ позволяет в определенной степени сократить дублирование дискретных сигналов. Вместо ЭНИП-2 в перспективе возможно применение новой разработки ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис» – многофункционального устройства ESM, которое по отношению к ЭНИП-2 дополнительно выполняет функции коммерческого учета электроэнергии и расширенные измерения показателей качества электроэнергии.

Рассмотренный выше вариант цифровой ячейки не решает основные задачи по созданию высоковольтной ячейки нового поколения, исключая многократное дублирование дискретных и аналоговых сигналов и обеспечивая более высокий уровень функциональности и надежности. Для распределительных устройств 6–20 кВ полноценное применение шины процесса целесообразно лишь при использовании инновационных решений по первичным преобразователям тока и напряжения, а также по подсистеме дискретного ввода-вывода.

### ШИНА ПРОЦЕССА

Реализация шины процесса подразумевает полный отказ от использования медных проводов во вторичных измерительных и контрольных цепях и переход на передачу значений токов, напряжений, а также информации о состоянии оборудования в цифровом виде непосредственно от источников информации (первичные преобразователи тока и напряжения, коммутационные аппараты).

В высоковольтных ячейках 6–20 кВ, производимых отечественными производителями, в большинстве практических случаев в качестве первичных измерительных пре-

образователей используются традиционные электромагнитные измерительные трансформаторы тока и напряжения. Указанные первичные преобразователи в свое время разрабатывались под электромеханические устройства защиты и электроизмерительные приборы таким образом, чтобы обеспечивать последних не только информацией, но и энергией.

Для микропроцессорных устройств первичные преобразователи необходимы только как источник информации и при использовании традиционных электромагнитных измерительных трансформаторов приходится использовать специальные промежуточные входные преобразователи ток-напряжение и напряжение-напряжение, которые существенно влияют на габариты интеллектуальных устройств и на их стоимость.

За рубежом для микропроцессорных устройств релейной защиты активно применяются специально разработанные трансформаторы тока малой мощности со встроенным шунтом и с низкоуровневыми выходными напряжениями (Low Power Current Transformer, LPCT), датчики тока на основе катушки Роговского, емкостные или резистивные датчики напряжения [3]. Выходные напряжения указанных первичных преобразователей подбираются исходя из параметров аналоговых микросхем. Такое решение позволяет значительно снизить габаритные размеры как первичных преобразователей, так и устройств защиты и измерений.

Следующий шаг – использовать первичные преобразователи с цифровым выходом. Специально для цифровых ячеек 6–20 кВ специалистами ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис» разработана специальная модификация устройства сопряжения с шиной процесса ENMU-A (Analog Merging Unit), предназначенная для подключения к комбинированным преобразователям тока и напряжения с низкоуровневыми выходными сигналами (рис. 1). Это позволяет резко уменьшить габариты и устройства сопряжения ENMU-A (54×136×121 мм) по сравнению с модификацией данного устройства

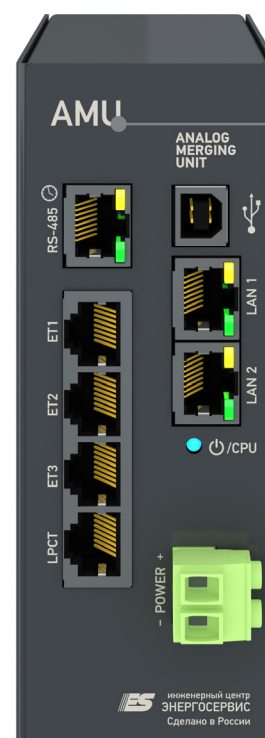


Рис. 1. Устройство сопряжения ENMU-A

для традиционных трансформаторов тока и напряжения [4].

Устройство сопряжения ENMU-A устанавливается непосредственно в месте установки 3-х комбинированных датчиков, образуя с ними трехфазный цифровой первичный измерительный преобразователь тока и напряжения. В устройстве сопряжения ENMU-A дополнительно предусматривается подключение датчика тока нулевой последовательности.

Устройство сопряжения ENMU-A содержит 2 или 4 порта Ethernet (витая пара 2×100BASE-TX) и обеспечивает передачу выборок тока и напряжения (sampled values) в соответствии с МЭК 61850-9-2LE. При использовании комбинированного преобразователя для внешней установки предусматривается использование оптических портов 100BASE-FX MM LC.

В высоковольтных ячейках 6–10 кВ применяется множественное дублирование ввода-вывода дискретных сигналов, при этом используется большое количество медных проводов, что приводит к снижению надежности. Дискретный ввод-вывод с использованием концевых выключателей, блок-



Рис. 2. Многофункциональное устройство ESM

контактов выключателей и т.д. используется в устройствах РЗА, телемеханики, устройств индикации состояния ячейки, для организации оперативных блокировок.

Для исключения множественного дублирования ввода-вывода дискретных сигналов и для повышения надежности цифровой ячейки разработано дискретное устройство сопряжения с шиной процесса ENMU-D, которое предусматривает использование бесконтактных датчиков вместо концевых выключателей и блок-контактов и переход на взаимодействия с блоком управления вакуумным выключателем с электромагнитной защелкой по цифровым интерфейсам [4].

Использование в распределительных устройствах бесконтактных датчиков положения вместо концевых выключателей и блок-контактов имеет неоспоримые преимущества, связанные отсутствием «дребезга» контактов и отсутствием необходимости пробоя оксидной пленки, сокращением количества контрольных проводов, уменьшением потребления оперативного тока, повышением надежности и возможностей по диагностике подсистемы ввода-вывода дискретной информации.

Применение специализированных устройств сопряжения с шиной процесса позволит повысить надежность, существенно сократить количество медных проводов в вы-

соковольтных ячейках, существенно упростить реализацию ИЭУ различного функционального назначения, уменьшить их габариты и вес, существенно снизить их стоимость.

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Специальная модификация устройства ЭНИП-2 (PMU), разработанная специалистами ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис» более двух лет назад, являлась первым устройством с поддержкой шины процесса [5].

В настоящее время специалистами ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис» завершаются работы по разработке нового многофункционального устройства ESM (рис. 2), которое в дополнении к возможностям ЭНИП-2 выполняет функции счетчика коммерческого учета электроэнергии, прибора измерения показателей качества электроэнергии.

Интеллектуальное электронное устройство ESM имеет 3 основные модификации: с аналоговыми входами (от измерительных трансформаторов тока и напряжения), с аналоговыми низкочастотными входами (от первичных преобразователей LPCT или датчиков тока на базе катушки Роговского и емкостных датчиков напряжения), с цифровыми входами согласно МЭК 61850-9-2LE.

Третья модификация ESM выгодно отличается от первых двух следующими особенностями: измерения параметров режима энергосистемы в полном диапазоне токов и напряжений, реализация синхронизированных векторных измерений.

Устройства ESM содержат 2 порта Ethernet для подключения к шине процесса и от 2 до 4 портов Ethernet для подключения к шине подстанции. Благодаря наличию в ESM встроенного сетевого коммутатора часть портов может быть использована для подключения к шине

подстанции других ИЭУ. Для индикации показаний ESM предназначен специальный модуль индикации ЭНМИ-6.

В настоящее время устройства релейной защиты и автоматики с одновременной поддержкой шины процесса и шины подстанции на напряжение 6–20 кВ имеются только у зарубежных производителей. Но ряд российских производителей активно ведут разработку подобных устройств, поэтому в ближайшей перспективе будет возможность использовать оборудование для цифровой ячейки только отечественных производителей.

Разрабатываемые решения по цифровой ячейке планируется использовать при модернизации высоковольтных ячеек РУ 6–20 кВ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Мокеев А.В., Подболотов И.В., Рафиков А.Б., Ульянов Д.Н. Цифровая ячейка // ИСУП. – 2014. – № 1. – С. 25–29.
2. Мокеев А.В. Многофункциональные измерительные преобразователи ЭНИП с поддержкой стандартов цифровой подстанции // Сборник материалов 10 науч.-техн. сем. «Современные информационные технологии передачи, диспетчерского контроля и управления в электроэнергетике». – Москва, 2012. – С. 76–79.
3. Minkner R., Schweitzer E.O. Low Power Voltage and Current Transducers for Protecting and Measuring Medium and High Voltage Systems // 26th Western Protective Relay Conference. – Washington, 1999.
4. Мокеев А.В. Интеллектуальные электронные устройства для цифровой подстанции // Сб. 7 Всерос. науч.-техн. конф. «Энергия белых ночей». – С. – Петербург, 2014. – С. 99–108.
5. Мокеев А.В. Интеллектуальные электронные устройства для активно-адаптивных сетей // Энергоэксперт. – 2012. – № 2. – С. 62–64.