

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

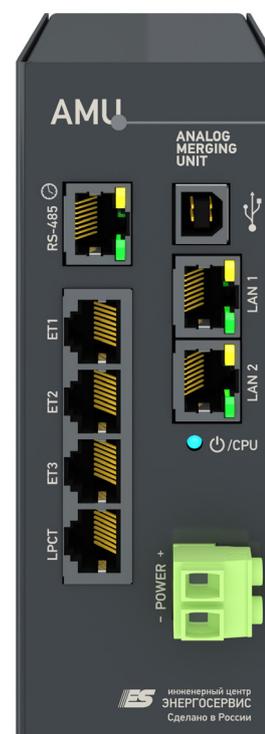


Рис. 1. Устройство сопряжения ENMU-A

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 низкоуровневыми 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.