

УДК 621.3

### Цифровые подстанции

Бондарева А.С.

Научный руководитель – ассистент ЮРШО Е.Л.

Новые технологии производства современных систем управления перешли из стадии научных исследований и экспериментов в стадию практического использования. Разработаны и внедряются современные коммуникационные стандарты обмена информацией. Широко применяются цифровые устройства защиты и автоматики. Произошло существенное развитие аппаратных и программных средств систем управления. Появление новых международных стандартов и развитие современных информационных технологий открывает возможности инновационных подходов к решению задач автоматизации и управления энергообъектами, позволяя создать подстанцию нового типа – цифровую подстанцию (ЦПС). Отличительными характеристиками ЦПС являются: наличие встроенных в первичное оборудование интеллектуальных микропроцессорных устройств, применение локальных вычислительных сетей для коммуникаций, цифровой способ доступа к информации, её передаче и обработке, автоматизация работы подстанции и процессов управления ею.

Термин «Цифровая подстанция» до сих пор трактуется по-разному разными специалистами в области систем автоматизации и управления. Для того чтобы разобраться, какие технологии и стандарты относятся к цифровой подстанции, проследим историю развития систем АСУ ТП и РЗА. Внедрение систем автоматизации началось с появления систем телемеханики. Устройства телемеханики позволяли собирать аналоговые и дискретные сигналы с использованием модулей УСО и измерительных преобразователей. На базе систем телемеханики развивались первые АСУ ТП электрических подстанций и электростанций. АСУ ТП позволяли не только собирать информацию, но и производить её обработку, а также представлять информацию в удобном для пользователя интерфейсе. С появлением первых микропроцессорных релейных защит информация от этих устройств также стала интегрироваться в системы АСУ ТП. Постепенно количество устройств с цифровыми интерфейсами увеличивалось (противоаварийная автоматика, системы мониторинга силового оборудования, системы мониторинга щита постоянного тока и собственных нужд и т.д.). Вся эта информация от устройств нижнего уровня интегрировалась в АСУ ТП по цифровым интерфейсам. Несмотря на повсеместное использование цифровых технологий для построения систем автоматизации, такие подстанции не являются в полной мере цифровыми, так как вся исходная информация, включая состояния блок-контактов, напряжения и токи, передаётся в виде аналоговых сигналов от распределительного устройства в оперативный пункт управления, где оцифровывается отдельно каждым устройством нижнего уровня. Например, одно и то же напряжение параллельно подаётся на все устройства нижнего уровня, которые преобразовывают его в цифровой вид и передают в АСУ ТП. На традиционных подстанциях различные подсистемы используют различные коммуникационные стандарты (протоколы) и информационные модели. Для функций защиты, измерения, учёта, контроля качества выполняются индивидуальные системы измерений и информационного взаимодействия, что значительно увеличивает как сложность реализации системы автоматизации на подстанции, так и её стоимость.

Цифровая подстанция укомплектована интеллектуальным вторичным оборудованием, разработанном с применением международного стандарта МЭК 61850 [1]. Обмен информацией между вторичными устройствами и измерительным первичным оборудованием осуществляется по протоколу МЭК 61850-9-2LE (по «шине процесса»), в свою очередь вторичные устройства (IED - Intelligent Electronic Device) с верхним уровнем управления подстанцией по протоколу МЭК 61850-8-1 (по «шине станции»). — На

подстанции установлены высоковольтные цифровые измерительные оптические трансформаторы тока и напряжения, многофункциональные приборы измерений и учета, релейная защита и автоматика зарубежных и российских компаний, система синхронизации, система отображения и управления подстанцией (SCADA). Коммуникационная среда подстанции, обеспечивающая информационный обмен по «станционной шине» и «шине процесса», между всем вторичным и первичным измерительным оборудованием (локальная сеть), выполнена с использованием активного коммуникационного оборудования, объединенного волоконно-оптическими кабелями.

Цели создания цифровой подстанции:

- 1) Унификация информационных протоколов обмена данными.
- 2) Обеспечение интероперабельности устройств.
- 3) Сокращение кабельного хозяйства.
- 4) Обеспечение наблюдаемости каналов сбора, передачи информации и управления.
- 5) Снижение метрологических потерь во вторичных цепях.
- 5) Упрощение способов тиражирования первичной информации.
- 6) Упрощение механизмов поверки устройств.
- 7) Унификация механизмов конфигурирования подстанции.
- 8) Формирование единой системы диагностики устройств вторичной коммутации.

Переход к выполнению удаленной функциональной диагностики.

- 9) Обеспечение информационной безопасности энергообъекта.

- 10) Переход к необслуживаемым подстанциям.

#### **Стандарт МЭК-61850**

МЭК-61850 – стандарт «Коммуникационные сети и системы подстанций», описывающий свод правил для организации событийного протокола передачи данных.

МЭК-61850 задумывался как универсальный стандарт, который позволит упорядочить разрозненные решения различных производителей устройств релейной защиты и систем передачи данных, применяемых на подстанциях.

Внедрение автоматизированных систем управления подстанциями представляет собой сложную задачу, плохо поддающуюся унификации. Появление новых международных стандартов и информационных технологий открывает возможности современных подходов к решению этой проблемы, позволяя создать подстанцию нового типа – цифровую. Широкие перспективы в этом направлении открывают группы стандартов МЭК 61850 (сети и системы связи на подстанциях).

Основной особенностью и отличием стандарта МЭК 61850 является то, что в нем регламентируются не только вопросы передачи информации между отдельными устройствами, но и вопросы формализации описания схем подстанции и защиты, автоматике и измерений, конфигурации устройств. В стандарте предусматриваются возможности использования новых цифровых измерительных устройств вместо традиционных аналоговых измерителей (трансформаторов тока и напряжения). Информационные технологии позволяют перейти к автоматизированному проектированию цифровых подстанций, управляемых цифровыми интегрированными системами. Все информационные связи на таких подстанциях выполняются цифровыми, образующими единую шину процесса. Это дает возможность быстрого прямого обмена информацией между устройствами, что дает возможность сокращения количества кабельных связей, сокращения числа микропроцессорных устройств и более компактного их расположения.

#### **Современные оптические измерительные трансформаторы**

Серийные высоковольтные оптические измерительные трансформаторы (ОТТ) и преобразователи тока (ОПТ) уже несколько лет как появились на рынке, открыв новую эру учета электроэнергии в электроэнергетике и промышленности, причем как для переменных, так и для постоянных или импульсных токов.

Энергетикам и потребителям в связи с этим предстоит осмыслить и использовать в долгосрочной перспективе новые и непривычные для себя понятия из области волновой и

геометрической оптики, волоконно-оптической техники и оптоэлектроники, цифровой обработки сигналов и данных.

Вся измерительная техника в ближайшем будущем станет работать по принципу оптической передачи информации».

Сегодня в России поставкой зарубежных изделий указанного вида и разработкой собственных занимается несколько организаций. Возможно, лидирующее положение в области собственных разработок принадлежит московской фирме ООО «Уникальные Волоконные Приборы» (ООО «УВП», «UFD«Ltd.), которая недавно анонсировала промышленный выпуск собственного ОТТ на напряжение 110 – 220 кВ и ток 100 – 4 000 А.

Кнастоящему времени терминология по устройствам рассматриваемого вида еще окончательно не установилась. В литературе встречаются различные наименования: «оптические», «магнитооптические», «оптоэлектронные», «оптоволоконные», «волоконно-оптические», «оптико-электрические» и другие подобные определения данных трансформаторов, преобразователей или датчиков тока. Строго говоря, указанные устройства не являются в традиционном смысле трансформаторами тока (масштабными преобразователями), а относятся скорее к виду передающих преобразователей, преобразующих переменный или постоянный ток большого масштаба в соответствующий ему измерительный сигнал иного рода и/или вида (например, унифицированный сигнал тока или напряжения, код, цифровой результат и т. п.).

### Выключатель-разъединитель (DCB)

Совершенствование выключателей привело к значительному снижению потребности в обслуживании и повышению надежности. Период между работами по обслуживанию, когда требуется снимать напряжение с первичной цепи, у современных элегазовых выключателей составляет 15 и более лет. В то же время периодичность обслуживания и надежность разъединителей с контактами, расположенными в открытом воздухе, не подверглись существенному улучшению.

Оборудование создавалось в тесном сотрудничестве с одним из крупных Заказчиков АББ. ВР совмещает функции выключателя и разъединителя в одном устройстве, уменьшая тем самым площадь, занимаемую ПС и увеличивая ее эксплуатационную готовность (рис.1). Первый ВР был установлен в 2000 году и сегодня ВР доступны на классы напряжения от 72,5 до 550 кВ.

В ВР главные контакты дугогасительной камеры также обеспечивают функцию разъединителя, когда они находятся в открытом положении. Конструкция контактной системы такая же, как и в обычном выключателе, без каких-либо дополнительных контактов

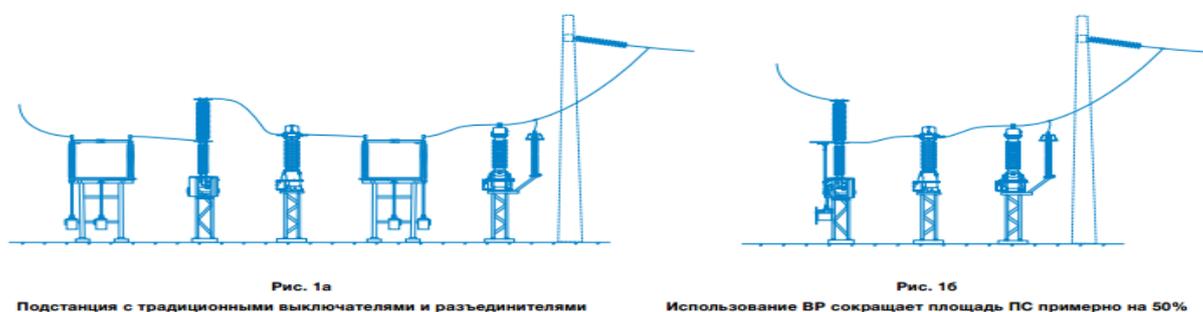


Рисунок 1 – Конструкция выключателей-разъединителей

или связей. ВР поставляются с полимерными изоляторами. Эти изоляторы обладают гидрофобными свойствами, т.е. вода на поверхности не растекается, а образует капли. Как результат они имеют превосходные характеристики в загрязненных средах, токи утечки через выключатель в отключенном положении минимальны. Применение ВР значительно снижает потребность в обслуживании открытого распределительного устройства подстанции и

минимизирует риск отказов из-за загрязнений. Благодаря замене комбинации отдельностоящих выключателя и разъединителя, выключателем-разъединителем, значительно повышается эксплуатационная готовность ПС. ВР соответствует требованиям стандартов, как на выключатели, так и на разъединители. Стандарт, разработанный специально на выключатели-разъединители, был выпущен МЭК в 2005 году. Важной частью этого стандарта являются комбинированные функциональные испытания. Эти испытания подтверждают, что свойства ВР как разъединителя выполняются в течение всего срока службы, несмотря на износ контактов и загрязнение продуктами разложения, образовавшимися в процессе горения дуги. Это обеспечивается выполнением сначала коммутационных и механических испытаний, а затем подтверждением соответствующих изоляционных характеристик аппарата. ВР изготавливаются на классы напряжения от 72,5 кВ до 550 кВ. Около 900 трехполюсных комплектов было установлено, либо уже заказано.

**Выключатель-разъединитель (DCB) с оптическим трансформатором тока (FOCS)**

В выключателях-разъединителях, оснащенных датчиком FOCS, совмещены три функции: измерение, коммутация и отделение. FOCS – это волоконно-оптический датчик тока, который заменяет стандартные трансформаторы тока, используемые для измерения тока. Интеграция датчика FOCS с высоковольтным выключателем-разъединителем предоставляет следующие преимущества:

- Эффективность работы при коротком замыкании превышает промышленные стандарты в два раза

- Более короткий срок монтажа; принцип "Подключай и пользуйся"

- Один FOCS способен заменить большое количество обмоток ТТ, что упрощает разработку и проектирование подстанций

- Меньше воздействия на окружающую среду;

- "Умная" защита и управление благодаря интеллектуальному интерфейсу промышленной шины;

- Выключатель-разъединитель (DCB) совмещает в одном устройстве функции выключателя и функции разъединителя.

#### **Области применения**

Интеллектуальные сети согласно стандарту IEC 61850-9-2L

Коммутация высоковольтных линий, трансформаторов, реакторов и емкостных нагрузок

Удобен для применения на промышленных предприятиях благодаря компактности и высокой надежности

Принцип работы выключателя-разъединителя (DCB) с оптическим трансформатором тока (FOCS) показан графически на рисунке 5 и 6.

#### **Создание подстанции в Беларуси**

С 23 по 27 января 2017 года специалисты РУП «Белэнергосетьпроект» в составе делегации ГПО «Белэнерго» посетили Францию (г. Лилль, г. Амьен, г. Париж) с целью изучения опыта создания и эксплуатации цифровых подстанций.

В ходе поездки делегаты посетили выставочный центр «цифровая подстанция» компании RTE (Франция), действующую цифровую подстанцию 225/90/20 кВ Blois («Блоко», г. Амьен), а также провели встречи с руководством и специалистами компании GeneralElectricGridSolution (далее – GE).

Справочно: Компания RTE (Réseaud'Électricité) работает в области передачи электрической энергии на высоком (90 и 225 кВ) и сверх высоком (400 кВ) напряжении. Специалисты компании отвечают за эксплуатацию, техническое обслуживание и развитие системы высоковольтной передачи электрической энергии во Франции.

Подстанция 225/90/20 кВ «Блоко» (Blois) – пример успешно внедренной технологии «цифровой подстанции», которая включает в себя не только оцифровку информации, но множество новых приложений по анализу и использованию данной информации.

Реконструкция подстанции велась с 2013 по 2016 год. В качестве основного изготовителя первичного и вторичного электрооборудования была определена компания Alstom (входит в состав компании GeneralElectric).

На подстанции «Блоко»:

- выполнена реконструкция ОРУ 225 кВ и силовых трансформаторов;
- установлены 3 трансформатора 225/90 кВ мощностью 100 МВ·А, 7 линий электропередачи на напряжение 225 кВ, несколько линий на напряжении 90 кВ;
- применены оптические трансформаторы тока и низконагрузочные трансформаторы напряжения, разъединители с возможностью контроля действующего момента на валу, системы мониторинга высоковольтных элегазовых выключателей и силовых трансформаторов и др.
- релейная защита и автоматика элементов ОРУ 225 кВ и силовых трансформаторов выполнена с использованием устройств сопряжения с объектом (MergingUnit), установленных на ОРУ (вблизи от оборудования).

Полученный опыт создания и эксплуатации будет использован при реализации проекта реконструкции высоковольтной подстанции 330 кВ «Могилев», а также при реализации других проектов по строительству и реконструкции электроэнергетических объектов в Республике Беларусь. Первая "цифровая подстанция" в Беларуси (г.Гомель, ПС 110кВ "Приречная"). Вся подстанция находится уже в работе.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современная цифровая подстанция это определенно качественно новый шаг к будущему энергетики. Переход к необслуживаемым подстанциям это то, к чему необходимо стремиться для безопасности обслуживающего персонала, экономии и бережливости в современном мире.

### Литература

- 1 Аношин, А.О. Протоколы связи в электроэнергетике. Предпосылки для создания стандарта МЭК 61850/ А.О. Аношин, А.В. Головин // Новости электротехники. – 2012 - №3. – С. 20-23.
- 2 Аношин, А. О. Стандарт МЭК 61580. Структура документа /Аношин, А.В. Головин // Новости электротехники. – 2012 - №4. – С. 18-20.
- 3 Дэвинс, Д. Г. Энергия / Д. Г. Дэвинс. – М :Энергоатомиздат, 1985. – 360