

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСКУЭ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Статья является продолжением материала, опубликованного в предыдущем номере журнала (№ 5, 2017). Процесс проектирования АСКУЭ объектов электроэнергетики регламентирован значительным количеством нормативных документов, которые зачастую содержат противоречащие требования. В статье приводится краткое описание особенностей, которые необходимо учитывать при проектировании АСКУЭ на подстанциях 35–750 кВ Белорусской энергосистемы.

Часть 2



В.В. ГОРОВОЙ,
заместитель начальника отдела
учета и качества электроэнергии –
заведующий группой АСКУЭ
РУП «Белэнергосетьпроект»

Организация вторичных цепей и электропитания

При определении мер по защите измерительных цепей от несанкционированного доступа необходимо руководствоваться следующими требованиями ТКП 339-2011 [1]:

- все соединения вторичных цепей трансформаторов тока (ТТ) и напряжения (ТН), а также испытательных блоков, сборок зажимов и измерительных клемм, в которых соединяются цепи учета, должны быть опломбированы энергоснабжающей организацией (п. 4.2.4.8);
- ТН всех уровней напряжения должны защищаться со стороны высшего напряжения соответствующими предохранителями или защитными коммутационными аппаратами, оборудованными системой сигнализации при их срабатывании (п. 4.2.4.9);
- в электропроводке к расчетным счетчикам не допускаются пайки и промежуточные соединения (п. 4.2.5.5);
- на подстанциях (ПС) потребителей конструкция решеток и дверей камер должна обеспечивать возможность их опломбирования (п. 4.2.4.11).

Защита от несанкционированного доступа в части измерительных цепей, счетчиков электроэнергии (СЭ) и устройств контроля показателей качества электроэнергии (УКПКЭ) согласно п. 18.7.2 СТП 33243.01.216-16 [2] предусматривает следующее:

– все промежуточные клеммы должны пломбироваться;

– СЭ и УКПКЭ должны подключаться к вторичным цепям ТТ и ТН через специальные зажимы (испытательные колодки, блоки), обеспечивающие безопасное отключение цепей тока при замене и обслуживании средств учета электроэнергии, а также их опломбирование;

– конструкция защитных коммутационных аппаратов (КА) должна обеспечивать возможность их опломбирования.

Иными словами, в измерительных цепях не должно быть разрывов, а если таковые есть, то они должны пломбироваться.

В шкафах АСКУЭ, как правило, данные требования соблюдаются. Особое внимание надо уделять цепям в ячейках 6/10 кВ и щитках учета, так как в них могут присутствовать промежуточные клеммники, автоматические выключатели (АВ) и другие КА без возможности опломбирования.

Актуальность данных мер подтверждается опытом. В России, где требования к пломбировке в измерительных цепях строго соблюдаются, заметно снизилось безучетное потребление электроэнергии потребителями всех уровней и повысилась достоверность учета за счет исключения ошибочных действий персонала. Кроме того, пломба препятствует несанкционированному съему крышки испытательного блока, отключению АВ, других КА в цепях напряжения и др.

При организации измерительных цепей особое внимание надо уделять СЭ не-

посредственного включения. Это связано с тем, что клеммная коробка СЭ позволяет подключать кабель сечением 25–35 мм². В случаях, когда расключение силового кабеля в условиях ограниченного пространства шкафа проблематично, а применение промежуточных силовых клеммников при расчетном учете электроэнергии запрещено, лучше применять СЭ трансформаторного включения. Обоснование такого подхода приводится в [1]:

- при нагрузках до 100 А разрешается применять счетчики трансформаторного включения в случае ограниченных возможностей подключения силового кабеля к счетчику или его прокладки к шкафу (щитку) счетчиков. При этом необходимо учитывать параметры кабеля (п. 4.2.3.8);
- в электропроводке к расчетным счетчикам не допускаются пайки и промежуточные соединения (п. 4.2.5.5). Вопросы резервирования СЭ исчерпывающе описаны в [2] и [1];
- установку основного и дублирующего счетчиков следует предусматривать:
 - для межгосударственных ЛЭП 35 кВ и выше;
 - для вновь строящихся межсистемных линий 110 кВ и выше;
 - для действующих межсистемных линий 110 кВ и выше с годовым перетоком электроэнергии 100 тыс. МВт·ч;



- для ЛЭП 35 кВ и выше, по которым рассчитывают баланс электроэнергии по структурным подразделениям (п. 18.2.2 [2]);
- для межгосударственных и межсистемных ЛЭП устанавливается по два расчетных счетчика (основной и дублирующий), учитывающих электроэнергию по двум направлениям (п. 4.2.2.1 [1]);
- для межгосударственных ЛЭП всех классов напряжений выше 10 кВ и для линий межсистемных перетоков 110–750 кВ с годовым перетоком более 100 тыс. МВт·ч на каждом конце линии должны устанавливаться два расчетных счетчика активной электроэнергии – основной и дублирующий (п. 4.2.2.3 [1]).

Иными словами, основной и дублирующий СЭ устанавливаются на линии расчетного учета и наиболее нагруженные линии технического учета. Это позволяет демонтировать один из СЭ для проведения регламентных работ и поверки. Кроме того, дублирующий СЭ обеспечивает устойчивость в случае отказа или сбоя основного.

Резервирование цепей напряжения организуется за счет ручных переключателей, без использования автоматики. Этим обеспечивается точная идентификация составляющих измерительных комплексов (ИК): СЭ, ТН, ТТ и их вторичных цепей.

В случае резервирования цепей напряжения необходимо отслеживать суммарную нагрузку на основной и резервный ТН. Поэтому номинальные мощности ТН и параметры догрузочных резисторов подбирают так, чтобы в случае минимальной и максимальной нагрузки выполнялось требование ГОСТ 1983-2001 [3]: ТН находится в классе точности в случае, если мощность вторичной нагрузки ($S_{2нагр}$) находится в диапазоне $0,25 \cdot S_{2номТН} \leq S_{2нагр} \leq 1,0 \cdot S_{2номТН}$.

Резервное питание оборудования АСКУЭ должно обеспечиваться в соответствии со следующими требованиями:

- первичным источником электропитания компонентов АСКУЭ, включая средства представления информации, должна быть трехфазная сеть переменного тока напряжением 380/220 В и частотой 50 Гц бесперебойного питания (п. 6.24.1 [4]);
- должна предусматриваться система гарантированного бесперебойного питания АСКУЭ и всех ее элементов (включая СЭ). На необслуживаемых

энергообъектах допускается применять решения, обеспечивающие гарантированное бесперебойное питание на время переключения схемы аварийного ввода резерва (АВР) в щите собственных нужд (ЩСН) (п. 18.4.7 [2]).

Существенной особенностью в данном случае будет определение характеристик источника бесперебойного питания (ИБП). На всех ПС установлен ЩСН со схемой АВР, который в определенной степени является ИБП. Но время переключения схемы АВР в ЩСН может находиться в диапазоне 1–11 с, поэтому активное и сетевое оборудование может выйти в режим перезагрузки. Для обеспечения бесперебойного питания такого оборудования требуется аккумуляторная батарея или источник питания с накопителем энергии.

Нагрузки другого рода – резервное питание СЭ, некоторых типов УКПКЭ – нечувствительны к перерывам питания, и их можно запитывать непосредственно от ЩСН. Такой подход позволяет использовать аккумуляторные батареи меньшей емкости и, соответственно, более дешевые. Однако при этом следует учитывать, что ИБП с батареями малой емкости зачастую выдают несинусоидальный сигнал, что приводит к сокращению срока службы подключенного оборудования.

Недостатком ИБП является необходимость регулярной (каждые 2–5 лет, реже – 10 лет) замены аккумуляторных батарей. Для сокращения эксплуатационных затрат важно ограничивать количество замен. Выходом является использование общеподстанционного ИБП постоянного тока или энергоаккумуляторов на базе конденсаторов, позволяющих сохранить электропитание на время переключения АВР.

Решения в информационной части

Все информационные системы на ПС (АСУ ТП, РЗА, АСКУЭ, охранная сигнализация и др.) тесно связаны между собой, поэтому взлом или сбой в одной из них может влиять на функционирование смежных систем. Это обуславливает необходимость защиты от несанкционированного доступа для всех систем, в том числе АСКУЭ. Основной акцент, в силу ограничения физического доступа на ПС, необходимо делать на предотвращении удаленного доступа

и повышении устойчивости к внешним атакам. Для этого применяются специализированные роутеры (маршрутизаторы), аппаратные межсетевые экраны, коммутаторы уровней L2/L3.

Сетевое оборудование как минимум должно поддерживать управление по протоколу SNMP v.3, HTTPS-соединение, IPSec VPN, контроль доступа (AAA – аутентификация, авторизация и контроль прав доступа) для удаленного безопасного конфигурирования, DHCP, возможность защиты от атак (DoS, «переполнение буфера», нарушение RFC, аномалии, подмена адреса и др.).

Кроме того, должен быть настроен контроль доступа к портам по MAC-адресам, присвоен уникальный (отличный от номера по умолчанию) номер native VLAN, выключены неиспользуемые порты. Про такие настройки писалось неоднократно, но применяются они далеко не всегда.

Не менее важна и критически значима для сохранения работоспособности информационных систем (соответственно, и ПС) защита от внешних воздействий – грозовых импульсов и перенапряжений, создаваемых силовым оборудованием. Необходимо отметить, что молниеотводы и системы заземления на ПС снижают риск возникновения импульсных перенапряжений, но исключить их не могут.

Вследствие этого все технические средства АСКУЭ должны удовлетворять требованиям [5]. Важно учитывать, что зарубежное оборудование проверяется на соответствие МЭК 61850-3, требования которого несколько менее жесткие, чем в [5].

Поскольку перенапряжения возникают в проводниках, необходимо предусматривать:

- модули защиты кабелей связи (Ethernet, RS-485) от перенапряжений;
- заземление экранов кабелей связи;
- защиту линий питания оборудования от перенапряжений.

При этом надо учитывать следующее:

- количество модулей защиты на информационной линии ограничивается величиной активного сопротивления модулей;

– для заземления экранов линий RS-485 надо применять специальный зажим, иначе эффективность заземления со временем падает (то есть приращение зажимов обязательно);

– при заземлении экранов линий Ethernet надо применять специальный разъем, позволяющий обеспечивать надежное заземление корпуса устройства;

– предпочтительно использовать диэлектрические оптические кабели (без использования PoE, без металлической брони);

– если в кабеле связи есть резервные жилы, то их также надо защищать;

– при защите линий питания надо учитывать их длину, способ прокладки (внутри или вне зданий) и наличие защиты в центре питания (ЩСН, ШРОТ и др.). Предпочтение лучше отдавать комбинированным модулям класса II+III или I+II+III;

– перенапряжения возникают в проводниках не только наружной, но и внутренней прокладки, в том числе проложенных между шкафами в одном здании.

Основными особенностями проектирования сегмента локальной вычислительной сети АСКУЭ является необходимость обеспечения резервирования и информационной совместимости.

В соответствии с п. 18.2.3 [2] СЭ должны иметь «не менее двух цифровых интерфейсов для организации основного и резервного каналов опроса для ответственных присоединений». Как правило, это присоединения номинального напряжения 110 кВ и выше, а также линии расчетного учета.

При резервировании линий Ethernet недостаточно выбрать соответствующую технологию только для АСКУЭ, необходимо также учесть возможности и настройки существующего оборудования и оборудования, проектируемого в смежных разделах. Конкретная технология – поддержка кольцевых топологий, технологии LAC (Link Aggregation Channel), поддержка виртуальных устройств и др. – выбирается на этапе формирования технических требований к оборудованию.

Для обеспечения информационной совместимости необходимо учитывать возможность обмена данными между следующими парами абонентов:

- СЭ и УСПД;
- УСПД и центр сбора и обработки данных (ЦСОД);
- СЭ и ЦСОД;
- системы АСКУЭ и АСУ ТП/ТМ.

При этом совместимость СЭ/УСПД и УСПД/ЦСОД не означает совместимости СЭ/ЦСОД. Следовательно, важно учитывать протоколы обмена. Кроме того, в ряде устройств различные версии протокола оказываются несовместимыми, что необходимо принимать во внимание при реконструкции и расширении существующих объектов.

При использовании каналов RS-485 по одной линии должны опрашиваться устройства одного типа и одной версии протокола.

Задания на изготовление шкафов АСКУЭ

При разработке документации на шкафы со средствами измерений следует учитывать нижеуказанные требования:

- высота от пола до коробки зажимов счетчиков должна быть в пределах 0,8–1,7 м (п. 4.2.5.2 [1]);
- необходимо предусматривать вертикально расположенные от цоколя счетчика прямолинейные участки проводов длиной не менее 120 мм (п. 4.2.5.7 [1]);
- установку счетчиков электроэнергии на присоединениях 35 кВ и выше, УСПД и другого оборудования АСКУЭ следует выполнять в отдельных шкафах. Шкафы с оборудованием АСКУЭ должны иметь возможность защиты от несанкционированного доступа (п. 18.4.11 [2]).

Как следствие, при соблюдении требований [1] в шкафу можно разместить не более 6 СЭ.

Благодаря отсутствию строгих норм становится возможным дополнительно разместить в шкафу СЭ два УКПКЭ (QCD1, 2). Данная возможность нереализуема при использовании испытательных блоков вместо испытательных коробок.

При изготовлении шкафов для СЭ следует предусматривать возможность беспрепятственного доступа к испытательным коробкам (блокам), а для шкафов с телекоммуникационным оборудованием – эффективный размер шкафа, радиусы изгибов и места ввода внешних кабелей. Игнорирование этих параметров может привести к надлому кабелей. Между тем производителями шкафов указанные требования соблюдаются лишь частично. Вследствие этого РУП «Белэнергосетьпроект» разрабатывает задания на изготовление шкафов самостоятельно. В результате удалось решить еще одну проблему, которую игнорировали многие поставщики оборудования, – применение оборудования с единым диапазоном эксплуатационных температур. В частности, зачастую температурный диапазон блоков питания был ниже требуемого по условиям размещения.

Определение границы балансового разграничения

Требование о нанесении границы балансового разграничения (ГБР) на чертеже или определении ее в проекте иногда содержится в технических условиях или заданиях на проектирование. Данное требование выполнимо при реконструкции и новом строительстве ПС по заказу энергосистемы.

При новом строительстве ПС по заказам сторонних потребителей права собственности, как правило, не определены. Соответственно, указать ГБР не представляется возможным.

Закключение

Проектирование АСКУЭ на ПС 35–750 кВ Белорусской энергосистемы требует знаний и навыков в части силового и измерительного оборудования, вторичных цепей, телекоммуникаций, программного обеспечения и, в определенной мере, конструирования низковольтных комплектных устройств.

Список литературы

1. *Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний: ТКП 339-2011. – Введ. 01.12.2011. – Минск: Министерство энергетики Республики Беларусь: РУП «БЕЛТЭИ», 2011. – 601 с.*
2. *Подстанции электрические напряжением 35 кВ и выше. Нормы технологического проектирования: СТП 33243.01.216-16. – Введ. 15.02.2016. – Минск: ГПО «Белэнерго»: РУП «Белэнергосетьпроект», 2016.*
3. *Трансформаторы напряжения. Общие технические условия: ГОСТ 1983-2001. – Введ. 01.03.2003. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь. – 48 с.*
4. *Автоматизированные системы контроля и учета электрической энергии. Общие технические требования: СТБ 2096-2010. – Введ. 01.01.2011. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь: НИИ средств автоматизации, 2010.*
5. *Методические указания по защите вторичных цепей электрических станций и подстанций напряжением 35–750 кВ от электромагнитных влияний и грозовых воздействий: СТП 09110.47.104-08. – Введ. 17.09.2010. – Минск: ГПО «Белэнерго»: БелЭСР, 2010. – 64 с.*