

Низковольтные коммутационные (силовые) аппараты для нужд электроэнергетики

Рябчицкий Максим Владимирович, к.т.н., член Institute of Electrical and Electronics Engineers, руководитель Учебного центра подразделения «Низковольтное оборудование» компании АББ в России (производитель силового оборудования и технологий для энергетики и автоматизации)

Нечаев Денис Николаевич, руководитель группы «Силовые автоматические выключатели» компании АББ в России

Кокорин Алексей Владимирович, к.т.н., аудитор в системе РИЭР, менеджер по группе изделий компании АББ в России

Представлены решения для ЩСН, ЩПТ, ШОТ¹, удовлетворяющие современным требованиям ОАО «Россети» к низковольтным коммутационным аппаратам в трансформаторных подстанциях.

***Ключевые слова:** воздушный автоматический выключатель, выключатель-разъединитель с предохранителями, надёжная работа электросетей, безопасность и контроль, инновационные и энергоэффективные продукты и решения*

По результатам исследования ОАО «Россети», потенциал энергосбережения данной компании составляет более 15%. Специалисты электросетевой организации определили три направления в области повышения энергоэффективности. Первое – создание интеллектуальной сети Smart Grid². На данный момент инновации внедряются на территориях Калужской и Белгородской областей, в городе Каспийске респ. Дагестан, в планах – Калининградская область.

Второе направление повышения энергоэффективности ОАО «Россети» – сокращение потерь. Согласно планам компании, к 2017 году потери электроэнергии должны быть сокращены на 11% по сравнению с 2012 г. (до величины 8,79%).

Третий приоритет – модернизация системы учёта. Сегодня 64% из существующих 22,5 млн. точек учёта устарели и не соответствуют современным требованиям повышения интеллектуализации сетей. [1]

Очевидно, что интеллектуальные и энергосберегающие технологии должны применяться на всех уровнях распределения энергии, начиная с низшего звена – низковольтного коммутационного оборудования, которое используется в системах питания собственных нужд (СН) и системах оперативного тока (СОПТ) трансформаторных подстанций (ТП или ПС).

Решения для системы питания собственных нужд (СН)

Система СН предназначена для питания потребителей подстанции первой категории (допускающих перерыв в электроснабжении на время срабатывания системы автоматического ввода резерва – АВР) и второй категории. Как правило, в подстанции используется щит собственных нужд, имеющий два и более независимых ввода. Каждый из вводов ЩСН подключается к выходу своего понижающего трансформатора

¹ ЩСН – щит собственных нужд; ЩПТ – щит постоянного тока; ШОТ – шкаф оперативного тока.

² Smart Grid – это электрические сети, которые удовлетворяют требованиям энергоэффективности и экономичного функционирования энергосистемы за счёт скоординированного управления и при помощи современных двухсторонних коммутаций между элементами электрических сетей, электростанциями, аккумулирующими источниками потребления. Определение IEEE (The Institute of Electrical and Electronic Engineers) – Института инженеров электротехники и электроники.

собственных нужд, вход трансформатора, в свою очередь, подключается к ячейке среднего напряжения. Для оперативного переключения вводов в случае исчезновения напряжения на одном из них используется АВР.

Также в качестве третьего независимого ввода питания собственных нужд подстанций иногда используется дизель-генераторная установка, рассчитанная как на полную загрузку СН, так и на часть её. Подробнее с видами и схемами трансформаторных подстанций можно ознакомиться в табл. 1.

*** табл. 1. Схемы трансформаторных подстанций ***

Функционально ЩСН состоит из шкафов ввода с автоматическими выключателями, шкафа секционирования (АВР) и шкафов распределения с автоматическими выключателями отходящих линий.

Для визуального контроля состояния основных устройств на дверях ЩСН установлены индикаторные лампы, показывающие состояние оборудования (например, красные – включено, зелёные – отключено, жёлтые – аварийное срабатывание автоматического выключателя). Проблема такого решения кроется том, что специалист должен находиться в непосредственной близости от НКУ³. Это не представляется возможным даже в масштабах небольшого города, не говоря о мегаполисах. Для своевременного отслеживания аварийных ситуаций и контроля состояния трансформаторных подстанций требуется оборудование, которое способно передавать эксплуатационные данные на единый диспетчерский пункт. Например, воздушный автоматический выключатель Emax2, оснащённый расцепителем Ekip Touch, способен фиксировать некоторые эксплуатационные характеристики аппарата:

- Дата, время, аварийный ток и тип сработавшей защиты – 30 последних срабатываний;
- Дата, время и тип операции последних 200 событий (например, замыкание/размыкание аппарата);
- Количество механических и электрических операций;
- Общее время работы;
- Износ контактов в процентах;
- Дата и время последнего проведённого техобслуживания.

Перечень основных данных о воздушных автоматических выключателях Emax 2, которые могут быть переданы по системам коммуникации и доступны непосредственно на самом аппарате, приведены в табл. 2.

Табл. 2. Возможности расцепителей воздушных автоматических выключателей Emax2

Статус аппарата	
Включён / Отключён / Сработал	АВ включён. Силовые контакты замкнуты. / АВ отключён. Силовые контакты разомкнуты. / АВ сработал. Силовые контакты разомкнуты.
Вкачен / В тестовом положении / Изолирован	АВ вкачен в корзину. Силовые и вторичные цепи подключены / АВ выкачен из фиксированной части. Силовые цепи отключены. Вторичные цепи подключены / АВ выкачен из фиксированной части. Силовые и вторичные цепи отключены
Любое предупреждение / Любая авария	Наличие одного из типов предупреждений: предаварийная сигнализация по функции L (повышенный уровень потребления в электроустановке, более 90%), батарея разряжена, провести ТО / Наличие по крайней мере одного из типов аварий: катушка

³ Низковольтное комплектное устройство

	срабатывания отсоединена, отсутствие сигналов датчиков тока и нейтрального полюса, отказ срабатывания, отсчёт времени до срабатывания функции L, превышение температуры, ошибка модуля номинального тока
Предаварийная сигнализация / Отсчёт времени срабатывания по функции L	Сигнализирует пользователю о повышенном уровне потребления в электроустановке. Сигнал передаётся в момент превышения 90% от II / Отсчёт времени до срабатывания функции L в соответствии с настройками расцепителя
Провести ТО	Предупреждение о необходимости проведения технического обслуживания АВ
Превышение температуры	Возникает при приближении температуры окружающей среды к пороговому максимальному значению, опасному для электронных компонентов расцепителя (>70°С)
Любое срабатывание	Сигнализация срабатывания автоматического выключателя, вызванного любым возможным способом
Срабатывание одной из функций / Срабатывание по внешней команде	Срабатывание АВ по одной из функций защиты: от перегрузки (L), короткого замыкания (I), замыкания на землю (G), к.з. с временной задержкой (S) / Срабатывание по внешней команде
Статистические данные	
Износ контактов	Индикатор износа контактов главной цепи. Позволяет прогнозировать срок замены аппарата
Количество отключений / срабатываний	Общее количество отключений. Позволяет оценить срок службы аппарата и спрогнозировать срок его замены / Количество отключений от сигналов защитного расцепителя
История срабатываний	Количество отключений АВ от сигналов защитного расцепителя
Общая информация о выключателе	Комплект данных об АВ (серийный номер, основные настройки, тип расцепителя и т.д.)
Ошибка настройки расцепителя	Ошибки, возникающие при настройке уставок защитных функций расцепителей
Измерения	
Действующие значения токов фаз и нейтрали, напряжения фазные и линейные, коэффициент мощности, частота, мощность полная по каждой фазе, энергия, коэффициент гармонических искажений.	

Дистанционный контроль во многих ситуациях обеспечивает значительное сокращение времени простоя. В случае короткого замыкания информация об аварии немедленно передаётся оператору, который принимает соответствующие меры. Кроме того, удалённый мониторинг позволяет оптимизировать работу энергосистемы.

Нередки ситуации, когда энергопотребление системы СН превышает установленные уровни. В таких случаях приходится оптимизировать потребление электроэнергии посредством отключения неприоритетных нагрузок. Специально для того, чтобы решить задачу автоматического управления электроустановкой, в Еmax 2 реализована функция *Ekip Power Controller*. Данная функция позволяет разделить всех потребителей на группы по степени важности, опираясь на список приоритетов, составленный пользователем. Таким образом, аппарат сам, в соответствии с заданными параметрами (день недели, окно времени в течение дня, максимальное время отключения и т.д.), будет решать, когда и какую нагрузку необходимо отключить, и на какой период времени. Команда управления

нагрузками может быть подана электрически: сигналом на реле вкл./откл. или привод аппарата, коммутирующего нагрузки, или через систему коммуникации.

Все выключатели Emax2 могут оснащаться модулями связи для интеграции в системы с протоколами Modbus TCP, Modbus RTU, Profinet, Profibus DP, Ethernet IP. Общий вид воздушного автоматического выключателя Emax2 приведён на рис. 1.



Рис. 1. Воздушные автоматические выключатели серии Emax2 в ЩСН.

Разработка компании АББ – единственный низковольтный воздушный автоматический выключатель, оснащаемый модулем коммуникации с интеграцией протокола в соответствии с МЭК 61850, благодаря которому появляется возможность быстро и без лишних преобразователей интегрировать аппарат в сети Smart Grid.

***Врезка 1

Стандарт МЭК 61850 – шаг к цифровой подстанции

Основное отличие МЭК 61850 от других стандартов – в нём регламентируются вопросы формализации описания схем подстанции, схем защиты, автоматики и измерений, конфигурации устройств. В стандарте предусматриваются возможности использования новых цифровых измерительных устройств вместо традиционных аналоговых измерителей.

конец врезки 1

Новые технологии, применяемые в воздушных выключателях Emax2, позволили оптимизировать производительность и повысить надёжность оборудования и, в то же время, сократить потребление энергии. Имея возможность эффективно и просто осуществлять контроль и управление электроустановками, выключатель Emax2 нашёл своё применение в проекте компаний ЗАО «Электронмаш» и ЗАО «РТСофт»: «Подстанция нового поколения», которая состоит из ячеек КРУ 35 кВ и КРУ 6(10) кВ, сухого трансформатора и щита собственных нужд 0,4 кВ (рис.2). Концепт-проект «Подстанция нового поколения», выполненный на основе анализа технических требований Заказчиков из разных отраслей промышленности и энергетики, был впервые продемонстрирован на электроэнергетическом форуме UPGrid 2013 «Электросетевой комплекс. Инновации. Развитие». Образец ЩСН, соответствует в числе прочего и всем требованиям ОАО «Россети». В щите установлены в качестве вводных и секционных автоматов интеллектуальные выключатели серии Emax2, датчики измерения температуры шин вводных автоматов, система защиты от проникновения к токоведущим частям шин,

контроллер, в котором реализован гибкий алгоритм АВР, позволяющий его подстраивать под текущий режим потребителей без изменения конфигурации.



Рис. 2. Внешний вид ЩСН «интеллектуальной» подстанции ЗАО «Электронмаш».

В России уже началось внедрение интеллектуальных сетей. Пилотной площадкой стал филиал МРСК Центра – «Белгородэнерго». На сегодняшний день все ПС 35-110кВ этой компании телемеханизированы и имеют телеуправление. Технология Smart Grid позволяет диспетчерам ежедневно использовать системы охранно-технологического видеонаблюдения энергообъектов и мониторинга окружающей среды.

На данный момент идёт реализация двух масштабных проектов «умных» городов в республике Татарстан – «Иннополис» и «СМАРТ сити», которые не обойдутся без необходимости использовать альтернативную энергетику. Новый силовой выключатель облегчит интеграцию в интеллектуальные сети ветрогенераторов и солнечных батарей, причём функция контроля синхронизации Emax2 даёт возможность сделать это без внешних дорогостоящих систем.

***Врезка 2

Применение интеллектуальных КТП позволяет:

➤ Значительно сократить время восстановления при авариях за счёт быстрого определения и оперативной передачи информации о повреждённом участке сети на единый диспетчерский пункт;

- Оптимизировать режимы работы сети и сократить потери электроэнергии за счёт применения автоматизированных систем регулирования напряжения с выходом на управление устройствами РПН трансформаторов;
 - Осуществлять постоянный мониторинг и управление качеством электроэнергии;
 - Повысить надёжность электроснабжения за счёт обеспечения контроля технического состояния электрооборудования и интеграции систем РЗА в структуру оперативно-технического и диспетчерского управления верхнего уровня.
- *** конец врезки 2***

Система оперативного постоянного тока

29 марта 2010 года был введён в действие стандарт ОАО «ФСК ЕЭС» «Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования». Ранее по СОПТ подобных нормативных документов не было.

Стандарт регламентирует, что СОПТ должна обеспечивать рабочее и резервное питание основных электроприёмников:

- релейной защиты и автоматики (РЗА);
- устройств управления и приводов высоковольтных выключателей;
- системы сигнализации;
- устройств противоаварийной автоматики;
- приборов коммерческого учёта электроэнергии;
- средств связи, обеспечивающих передачу сигналов РЗА;
- приводов автоматических вводных и секционных выключателей ЩСН-0,4 кВ.

Также СОПТ должна обеспечивать резервное питание:

- инверторов резервного питания АСУ ТП;
- светильников аварийного освещения помещений аккумуляторной батареи;
- общестанционного пункта управления;
- релейного щита;
- зарядного устройства;
- насосных;
- камер задвижек пожаротушения.

Состав СОПТ разделяется для ПС ФСК и МРСК и включает в свой состав одну или две аккумуляторные батареи (АБ), зарядные устройства и один или два щита постоянного тока. Также в состав СОПТ включаются шкафы распределения оперативного тока (ШРОТ), а также шкафы постоянного (оперативного) тока (ШПТ).

Структура главных цепей ШПТ может быть реализована на основе различных схем, например, приведённых на рис. 3 и рис. 4. Согласно пп. 9.1 и 9.2 действующего Стандарта [2], в них реализована двухуровневая система отключающих защитных аппаратов (а при применении дополнительных ШРОТ – трёхуровневая). Секции шины приводов (ШП) и шины управления (ШУ) питаются через индивидуальные электрические аппараты защиты. Зарядно-выпрямительное устройство (ЗВУ) подключено через вводные аппараты.

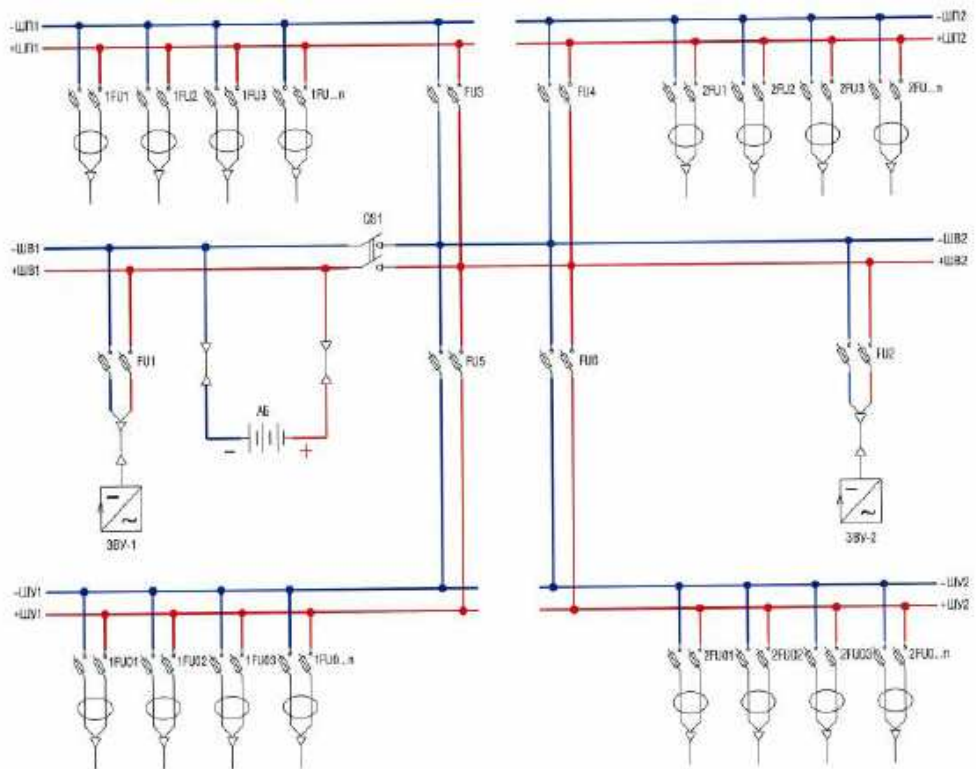


Рис. 3. Структура главных цепей ЩПТ. Схема 1.

Описание: в схеме имеется выключатель нагрузки, который отделяет одно ЗВУ от общей сети оперативного тока. Такая возможность используется для обслуживания аккумуляторной батареи без нарушения уровня напряжения у потребителя.

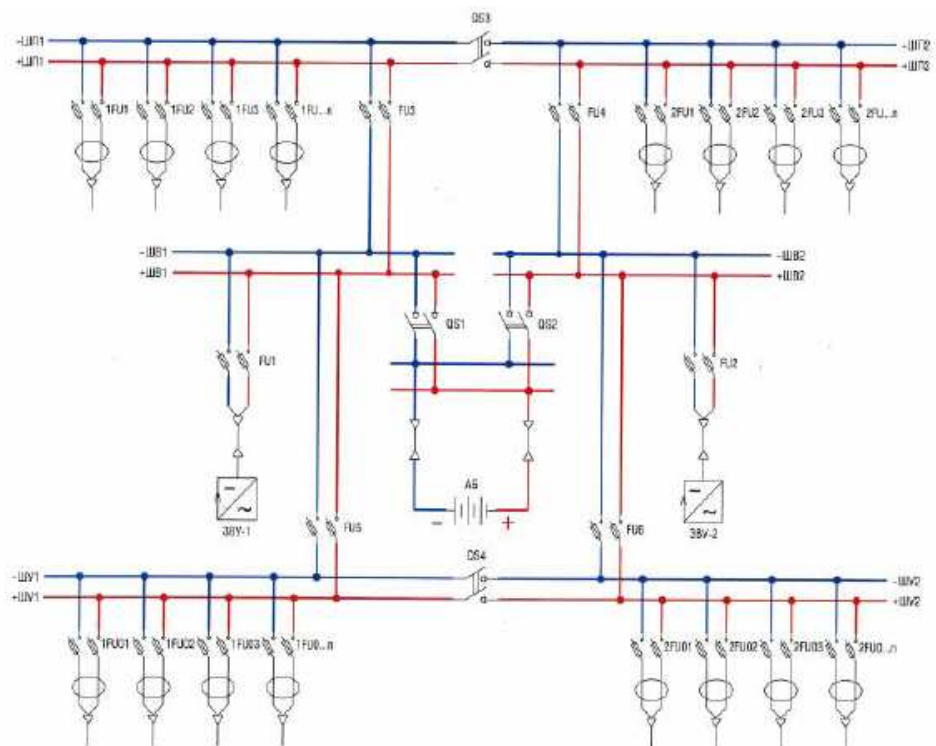


Рис. 4. Структура главных цепей ЩПТ. Схема 2.

Описание: в отличие от первого варианта, во второй схеме есть дополнительные секционные рубильники и аппараты для подключения АБ. Таким образом, для проведения ремонтных или профилактических работ можно оставить без питания любую из секций

шин постоянного тока. Кроме того, данное решение позволяет обслуживать батарею от любого из имеющихся зарядно-выпрямительных устройств без нарушения уровня напряжений других секций.

Стоит отметить, что важным требованием при реализации указанных схем является использование на верхних уровнях системы отключающих защитных аппаратов комбинированных коммутационно-защитных устройств с плавкими предохранителями. Применение автоматических выключателей допустимо лишь на нижних уровнях [2].

Сегодня к регламенту ОАО «ФСК ЕЭС» добавляется требование ОАО «Россети» о сокращении потерь. С этой точки зрения наиболее эффективным способом для НКУ является использование аппаратов, которые устанавливаются на силовых шинах.

Современные производители электротехнической продукции стараются по максимуму совершенствовать свои изделия с указанной точки зрения. Так, втычная система контактов, используемая в выключателях-разъединителях с предохранителями серии SlimLine XR, представляет собой результат многолетнего опыта и разработок специалистов компании АББ. Надёжность контактных соединений и снижение потерь достигается за счёт инновационной конструкции контактной системы, что в свою очередь способствует повышению контактного нажатия и уменьшает переходное сопротивление. В данном случае снижение потерь может достигать 20% за счёт более чем двукратного сокращения контактных соединений в шинной разводке.

За счёт сокращения потерь снижается тепловыделение внутри НКУ, что повышает надёжность работы оборудования и его срок службы. Использование втычных контактов на распределительных шинах создаёт также возможность простого и быстрого монтажа. Аппараты можно установить на шинную сборку в любой момент, даже когда шкафы и дополнительное оборудование уже установлены на объекте, что позволяет спланировать все монтажные работы независимо друг от друга.



Рис. 5. Эскиз ЩПТ с аппаратами SlimLine XR.

Существует более усовершенствованная версия аппаратов – SlimLine XR ITS. Такое устройство представляет собой выключатель-разъединитель со встроенными трансформаторами тока, датчиками напряжения и температуры. Данное оборудование осуществляет измерение всех параметров сети, включая энергопотребление и коэффициент мощности, что позволяет реализовать систему удалённого мониторинга системы.

В выключателях указанной выше серии обмен данными осуществляется через разъём FieldBus. При этом все компоненты, расположенные в распределительном щите, включая главный входной выключатель распределительного щита, осуществляют обмен информацией по единому протоколу ModBus. Все настройки блока ITS могут быть заданы с помощью мобильного ПК, подключаемого к каждому выключателю SlimLine XR ITS посредством USB кабеля.



Рис. 6. Аппараты SlimLine XR ITS.

В октябре 2013 года ОАО «Россети» приняло Положение о единой технической политике в электросетевом комплексе. Документ устанавливает типовые требования к созданию и модернизации объектов электросетевого комплекса. Рассмотренные в статье решения позволят удовлетворить все новые нормативы. Результатом реализации программы станет повышение надёжности и эффективности функционирования электросетевого комплекса при соблюдении промышленной и экологической безопасности.

Список литературы

1. Ежемесячное корпоративное издание ОАО «Россети» №3, декабрь 2013, 4 стр. Ссылка на электронный ресурс: http://www.rosseti.ru/press/gazeta/doc/RosSeti03_bloc.pdf.
2. СТО 56947007-29.120.40.041-2010. Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС».
3. Гусев Ю.П. Схемы подключения аккумуляторной батареи к щиту оперативного постоянного тока Энергоэксперт №1, 2011, С.38-44.
4. Диагностика электроустановок оперативного постоянного тока на подстанциях ОАО «Мосэнерго» / Балашов В.В., Гусев Ю.П., Поляков А.М., Фрещенко В.А. // Электрические станции, 2000. №8. С. 39-46.