

Типовые решения по РЗА для линий электропередачи

Масштабное перевооружение в энергетике России требует создания нормативных документов по типизации защит для подстанционного и линейного оборудования. Актуальность данной проблемы состоит в том, что в настоящее время на рынке релейной защиты присутствуют различные варианты решений по компоновке защит на подстанции, выполненные по российской и зарубежной идеологии построения релейной защиты и автоматики (РЗА).

Проблеме разработки технической документации в последнее время уделяется значительное внимание. Появляются статьи, выступления на различных семинарах, конференциях, в которых речь в основном идет об удовлетворении нужд эксплуатации [1]. В то же время процент неправильной работы РЗА из-за ошибок проектирования, обусловленных в основном разнотипностью выполнения защит и их функциональными различиями, недопустимо высок [2]. Применение типовых решений при проектировании систем РЗА значительно уменьшит число таких ошибок, особенно при использовании защит на микропроцессорной элементной базе.

В последние годы ОАО «ФСК ЕЭС» проводятся работы по типизации и унификации защит, выпускаются стандарты организации по самым различным направлениям [3, 4].

Рекомендации по типовым техническим решениям

По заданию ФСК были разработаны рекомендации по типовым техническим решениям, которые должны стать базой для разработки типовых проектных решений, как ФСК, так и типовых решений для заводов-изготовителей РЗА и обеспечить совместимость защит различных производителей по функциональному насыщению.

Перечень проблем, которые необходимо решать при разработке типовых решений, заключается в обеспечении преемственности защит и совместимости их с защитами предыдущих поколений. В этом аспекте следует учитывать принципиальные идеологические различия, связанные с формированием выходных сигналов защит для линий с пофазным управлением выключателями.

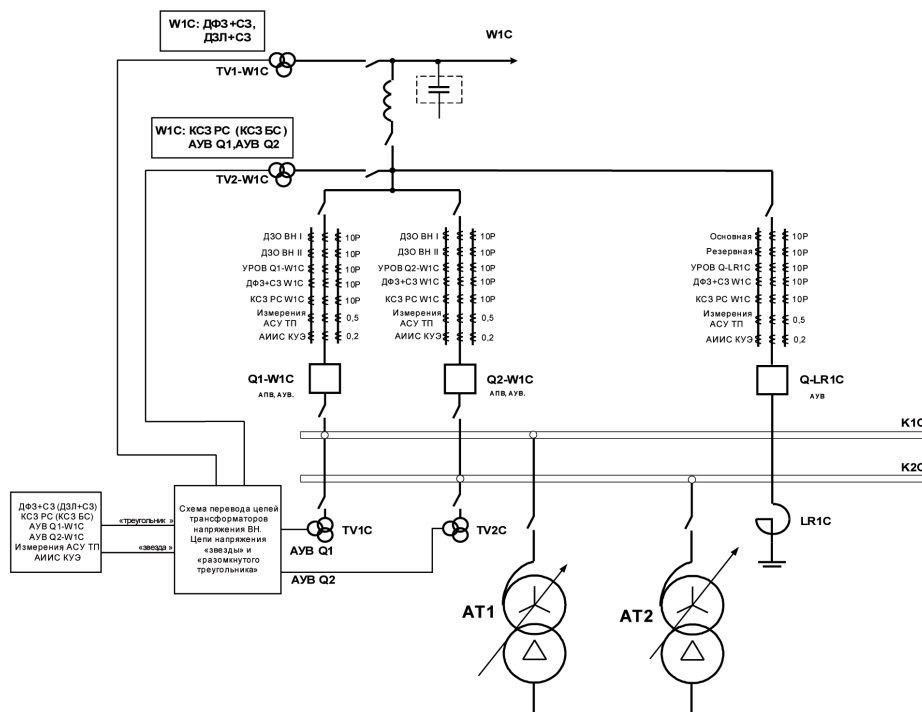


Рис. 1: Схема распределения комплектов защит и автоматики по измерительным ТТ и ТН

Важным требованием при формировании типовых решений является **распределение функций релейной защиты и автоматики (РЗА)** по устройствам, в том числе их совмещение в одном устройстве (основные защиты с абсолютной селективностью и резервные ступенчатые защиты). Такая интеграция в одном терминале всего комплекса защит присоединения помимо очевидного экономического эффекта содержит в

себе и ряд недостатков, связанных, прежде всего, с проблемами эксплуатации. В табл. 1 приведен пример компоновки в типовых технических решениях комплекса защит линий 220-750 кВ с пофазным управлением выключателями. Максимальное количество шкафов для защиты ЛЭП колеблется от шести для линий сверхвысокого напряжения до одного-двух для тупиковых линий или линий среднего напряжения.

| Номер шкафа | Наименование комплекта защит |
|-------------|--|
| Шкаф №1 | ДФЗ + СЗ |
| Шкаф №2 | ДЗЛ + СЗ |
| Шкаф №3 | Комплект защит и автоматики выключателя линии Q1 |
| Шкаф №4 | Комплект защит и автоматики выключателя линии Q2 |

Табл. 1: Пример компоновки шкафами РЗА подстанции с пофазным управлением выключателями

При формировании **требований по измерительным цепям тока и напряжения** в соответствии с [4] было учтено, что количество трансформаторов тока (ТТ), вторичных обмоток и их классы точности должны обеспечивать раздельное подключение устройств РЗА и систем измерений, а основные и резервные защиты каждого элемента сети должны включаться на разные вторичные обмотки ТТ, и должно быть обеспечено резервирование защит по цепям напряжения с возможностью перевода цепей на другой трансформатор напряжения (ТН).

Для выполнения требований стандарта по подключению защит к измерительным ТТ необходимо предусматривать от 2 до 5 кернов класса 10Р (5Р) – в зависимости от класса напряжения объекта, а также 2 керна более высокого класса точности для подключения АИИС КУЭ, измерений и АСУ

ТП. Одним из основных критериев при выборе первичного оборудования должно быть достаточное количество вторичных обмоток во встроенных ТТ выключателей для отдельного подключения комплектов защит (рис. 1). Интеграция защит в одном терминале и соответствующая их функциональная насыщенность частично снижают напряженность в этой части проекта.

На линиях сверхвысокого напряжения (500-750 кВ) рекомендовано применение двух ТН, а на линиях с пофазным управлением 220 кВ и 330 кВ допускается применение только одного ТН. Перевод цепей напряжения с одного ТН на другой может быть выполнен в ручном или автоматическом режимах. Автоматический перевод на исправный ТН выполняется практически мгновенно. Наблюдается современная тенденция подключения цепей напряжения от двух ТН к одному устройству РЗА.

При этом оно осуществляет контроль исправности всех цепей напряжения двух ТН и осуществляет автоматический выбор исправного.

Наиболее сложным случаем подключения цепей ТТ и ТН к защитам для линий 110-220 кВ является схема мостика проходной подстанции и касается защит с абсолютной селективностью. Здесь в защитах должна быть предусмотрена возможность перекрестного блокирования защит. Следует обратить внимание на подключение АУВ в полусторонней схеме для обеспечения селективной работы защиты от переключения фаз (рис. 2).

Функциональная насыщенность защит. Предъявляемые требования по надежности работы систем РЗА обеспечиваются не только надежной работой самих устройств РЗА, но и оптимально выбранным объемом их функций, грамотным выполнением проектных и других работ.

Требования по функциональности микропроцессорных защит (МПЗ), как правило, выполняются заводами-изготовителями, а отсутствие той или иной функциональной единицы может быть исполнено заводом-изготовителем без значительных финансовых и временных затрат.

В общем виде функциональность МПЗ включает в себя стандартный набор функций, который должен быть определен на этапе проектных работ. Внедрение КРУЭ и кабельных вставок на ЛЭП потребовало увеличения количества ступеней защит с относительной селективностью до пяти. Для дистанционной защиты (ДЗ) рекомендовано следующее распределение ступеней для линий напряжением 110-750 кВ:

- 1-я ступень ДЗ должна действовать на отключение при всех видах КЗ;
- 2-я – 3-я (четвертая) ступени ДЗ рекомендованы для защиты от К(2), К(3), К(1.1) и должны действовать на отключение трех фаз с установленными выдержками времени.

Для защиты кабельного участка линии (при наличии такового) должна быть предусмотрена отдельная ступень ДЗ (в типовом проекте рекомендована пятая) от всех видов КЗ с сокращенной зоной охвата, обеспечивающая требуемый коэффициент чувствительности для резервных защит при КЗ в конце кабельного участка. Ступень должна действовать на отключение

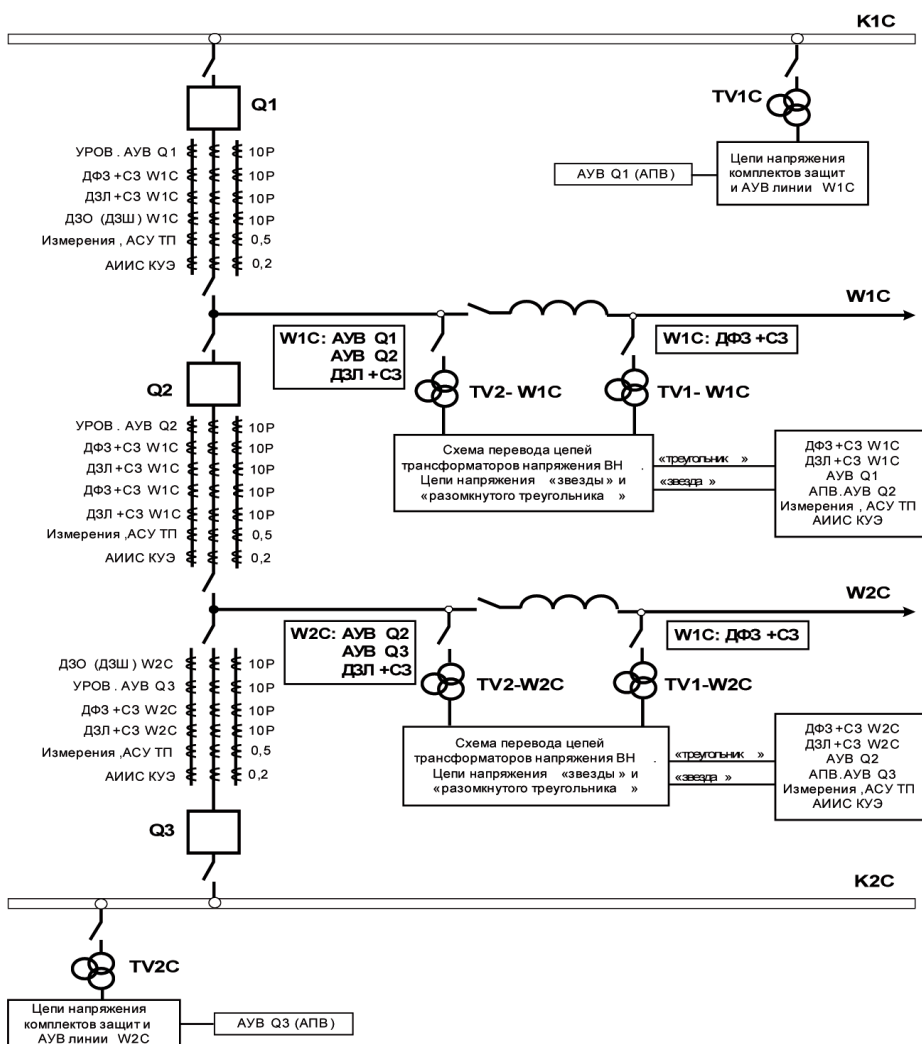


Рис. 2: Схема распределения комплектов защит и автоматики по измерительным ТТ и ТН для полусторонней схемы

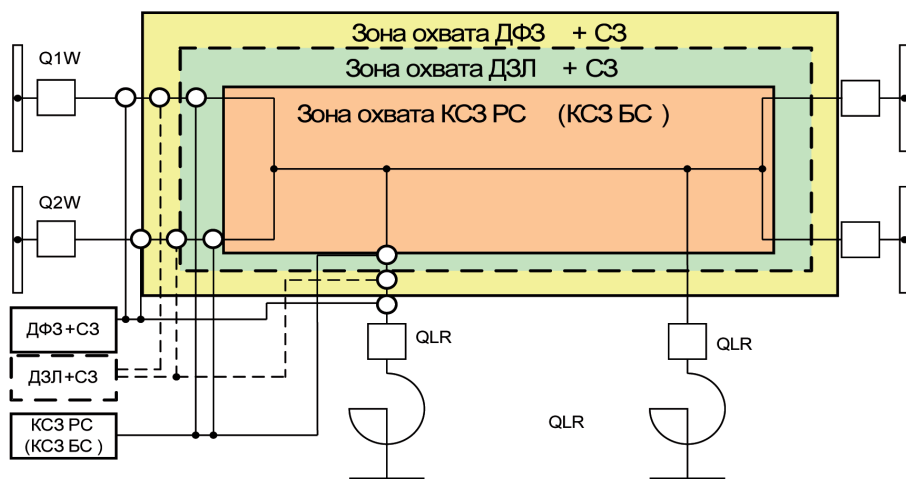


Рис. 3: Зоны охвата линейных защит

трех фаз с запретом АПВ и осуществлять передачу команды №1 (отключение трех фаз с запретом АПВ) на противоположный конец линии.

В технических решениях рекомендована реализация функции однофазного автоматического включения (ОАПВ) в комплектах релейной защиты и ее исключение из АУВ. Это обусловлено соображениями сохранения отечественной идеологии рервирования функции ОАПВ, а также ее взаимодействием с избирателем поврежденных фаз и выполнением адаптивного ОАПВ (функция контроль погасания дуги требуют информации о токах линии) [5,6].

На рис. 3 приведены зоны охвата линейных защит для случая подключения линии через два выключателя. При наличии реактора на линии он должен быть исключен из зоны действия линейных защит. Из особенностей выполнения защит с абсолютной селективностью отметим требования стандарта к дифференциальной защите линии (ДФЗ) при ее использовании на линиях с двумя выключателями на присоединение. В этом случае к ДФЗ должны быть подведены токи первого и второго выключателя с дальнейшей их раздельной обработкой каналов. Гальваническое суммирование токов недопустимо из-за возможной неселективной работы защиты при насыщении одного из измерительных ТТ линейного выключателя на фоне внешнего замыкания. При применении ДФЗ на линиях с реакторами допускается гальваническое суммирование токов одного из линейных выключателей с токами реактора.

Значительная часть стандарта посвящена вопросам **взаимодействия защит**

на подстанции, которые решают задачу по оптимизации количества межшкафных связей системы РЗА защищаемого энергообъекта. Например, внесение функции ОАПВ во все защиты резко увеличивает количество межшкафных связей из-за необходимости передачи информации о каждой отключенной фазе во все устройства подстанции. Достаточным решением в такой ситуации было бы иметь ОАПВ не более, чем в двух устройствах, а остальные защиты выдавали бы в них пусковые сигналы о срабатывании быстродействующих ступеней защит.

Концепция построения цифровой подстанции позволяет значительно сократить или вообще отказаться от медных межшкафных кабельных связей. Однако применение оптоволоконка для этих целей содержит в себе несколько недостатков: повреждение оптического кабеля требует

значительных временных и финансовых затрат на его восстановление, а выход из строя системы оперативного питания маршрутизаторов приводит к потере межкафных соединений. Учитывая это обстоятельство, рекомендуется дублировать передачу ответственных сигналов при помощи медных кабельных жил.

Задачи по применению системы оперативного постоянного тока, связи и др. в типовых решениях реализованы в соответствии с требованиями существующих нормативных документов [3,4], которые определяют перечень необходимого оборудования и предписывают алгоритм действий.

Выводы

1. Разработанные типовые технические решения являются базой для создания типовых проектных решений по части РЗА линий 10-750 кВ, должны использоваться производителями РЗА и проектными организациями для определения функциональной наполненности защит, разработки типовых решений по их применению, а также для определения перечня необходимого оборудования РЗА при новом строительстве и реконструкции.

Валерий Ефремов,
Efremov_va@ic-bresler.ru

Сергей Иванов;
ООО «Исследовательский центр
«Бреслер»;

Дмитрий Шабанов,
ОАО «ФСК ЕЭС»

Литература

- [1] Белотелов А.К., Орлов Ю.И. Об отраслевой нормативной и информационной документации по РЗА. «Релейщик», 2009 г., №01, с. 64-66.
- [2] Ябузаров М.Я., Пуляев В.И. Направления развития и совершенствования эксплуатации систем РЗА. Электрические сети России 2010. Материалы международной специализированной выставки.
- [3] Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования. Стандарт организации. Утвержден приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 29.02.2010 № 191
- [4] Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ. Стандарт организации. Утвержден приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 16.06.2006 № 187.
- [5] Стрелков В.М., Фокин Г.Г., Якубсон Г.Г. Основные принципы выполнения многофункционального устройства АПВ ВЛ 1150 кВ. В кн. «Перенапряжение, конструкции и радиопомехи в электропередачах 1150 кВ.» Сб. научных трудов ВНИИЭ. М.: Энергоатомиздат, 1984. с.61-66.
- [6] Ефремов В.А. Защиты абсолютной селективности серии «Бреслер». «Энерго-Info», 2008 г., №9 (21). с.70-73.