

Автор:

Дорохин Е.Г.,

Филиал ОАО «СО ЕЭС»

«Региональное диспетчерское

управление энергосистемой

Кубани» (Кубанское РДУ),

г. Краснодар, Россия.

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ РЗА

Аннотация: в статье рассмотрены некоторые проблемы, связанные с эксплуатацией, как подстанций «нового поколения», так и объектов, на которых выполняется замена отдельных устройств РЗА на микропроцессорные. Предложены практические рекомендации по решению этих проблем.

Ключевые слова: подстанции нового поколения, микропроцессорные устройства РЗА, организация оперативного тока, оперативное обслуживание РЗА

В своей статье [5] И.М. Волошин обозначил некоторые проблемы, возникающие при реконструкции существующих подстанций и вводе в работу новых объектов, оснащенных микропроцессорными устройствами РЗА. В этой статье рассмотрены некоторые глобальные проблемы подстанций «нового поколения».

Как упоминалось в этой статье, в энергосистеме Кубани в настоящее время идет интенсивная реконструкция системообразующей сети 220/110 кВ как в связи с подготовкой к олимпийским играм 2014 года, так и с усилением электроснабжения других ответственных узлов. Идет замена основного оборудования старых подстанций, ввод новых подстанций, строительство и реконструкция линий электропередачи и связанный с этим ввод множества устройств РЗА.

В настоящее время в энергосистеме внедрено около 600 терминалов микропроцессорных защит только основной сети и ежегодно вводится до 100 новых. Количество же устройств в сети более низкого напряжения вообще поддается учету с трудом. К этому добавляется немалое количество микропроцессорных регистраторов аварийных событий и средств ОМП. Создана и отработана эффективная система оперативной передачи информации с РАС на объектах в Кубанское РДУ, Кубанское предприятие МЭС Юга и СРЗА ОАО Кубаньэнерго, причем эта система построена до того, как построена система АСУ на соответствующих объектах.

Микропроцессорные устройства РЗА, входящие в состав подстанций нового поколения, имеют ряд несомненных преимуществ по сравнению с традиционными электромеханическими устройствами РЗА. Но одновременно возникает ряд проблем, на которых мы остановимся ниже.

В ряде случаев применение нового оборудования, особенно зарубежного производства,

входит в конфликт с нормативными документами, действующими в настоящее время в России, да и в большинстве стран СНГ. Так, например, в [2] есть пункт 3.3.6, который гласит:

«После каждой проведенной операции включения или отключения разъединителей, отделителей, выключателей нагрузки, а также стационарных заземляющих ножей их действительное положение проверяется визуально. При этом каждая фаза коммутационного аппарата и заземляющие ножи проверяются отдельно независимо от фактического положения аппаратов других фаз (положения других заземляющих ножей) и наличия механических связей между ними»

Реально ли выполнение этих требований в современном КРУЭ? Естественно, нет. Даже если воспользоваться проверкой положения коммутационных аппаратов по положению элементов привода, в условиях существующей компоновки КРУЭ это требование практически невыполнимо.

Нет никаких оснований считать, что какая-нибудь из ведущих мировых электротехнических фирм при поставке продукции в Россию будет руководствоваться требованиями ПТЭ, основанными на опыте советских производителей подобной продукции.

Но, тем не менее, при разборе технологических нарушений в первую очередь принимаются требования существующих в России нормативных документов, и требования изготовителей принимаются во внимание только в тех случаях, когда наши нормативные документы это допускают.

Попробуем разобраться в особенностях применения современных устройств РЗА как отечественного, так и современного производства на вновь вводимых и реконструируемых объектах, проблемах их оперативного обслуживания и возможных конфликтах с требованиями существующих нормативных документов.

Сравнительно просто решаются проблемы на новых, строящихся с «нуля» объектах. Нормально построенный комплексный проект от организации заземления подстанции и опера-

тивного тока до автоматизированного рабочего места дежурного персонала и АРМ релейщика снимает ряд проблем. В том же случае, когда ведется реконструкция существующего объекта, пусть даже и комплексная с заменой всего оборудования, на месяцы, а то и на годы затягивается сосуществование старых элементов подстанции и вновь вводимых современных устройств РЗА.

Один из важнейших факторов – подготовка персонала. На новые объекты персонал набирается заново. То ли по возрасту (молодежь более подвижна и инициативна), то ли по складу характера (не каждый решится покинуть насиженное место и сменить место работы) эти люди легче осваивают новые устройства. Но при этом возникают проблемы другого характера: вновь набираемый персонал без опыта необходимо обучать не только работе с новой аппаратурой, но и общепринятым понятиям оперативной работы.

В том же случае, если вводятся новые устройства на старом объекте, где сложились не только хорошие традиции, но и старые стереотипы, у оперативного персонала появляются дополнительные проблемы. Особенно остры эти проблемы для тех объектов, где не предусматривается комплексная реконструкция, но вынужденно в связи с реконструкцией смежных объектов устанавливаются полуккомплекты защит двустороннего действия, аналогичные устанавливаемым на смежных подстанциях, попадающих под комплексную реконструкцию.

Рассмотрим некоторые из них.

Проблема № 1. Организация оперативного тока и поиск участков со сниженной изоляцией.

В соответствии с требованиями [1] сигнализация замыкания на землю или снижения изоляции в сети постоянного тока 220 В должна срабатывать при снижении изоляции на одном из полюсов до 20 кОм. В условиях эксплуатации сопротивление изоляции сети постоянного тока должно быть не ниже двукратного значения указанной установки устройства для контроля изоляции. Такое снижение изоляции долж-

но выявляться средствами оперативного контроля.

Эти требования оправданы и нормально решаемы в тех случаях, когда используются старые электромеханические УРЗА.

Рассмотрим повреждение изоляции, приведенное на рисунке 1

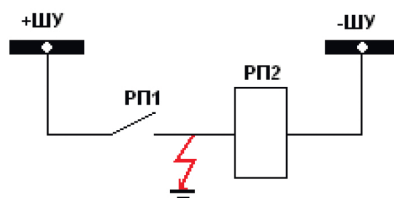


Рис. 1. Повреждение изоляции в электромеханическом устройстве РЗА.

Обмотки электромеханических реле, рассчитанные на напряжение 220 В, имеют сопротивление, не превышающее в большинстве случаев 10-15 кОм. Традиционные средства контроля изоляции эффективно распознают повреждение между контактом РП1 и обмоткой РП2. Это позволяет своевременно выявить и устранить повреждение.

Рассмотрим подобное событие на примере дискретного входа терминала микропроцессорной защиты, приведенное на рисунке 2

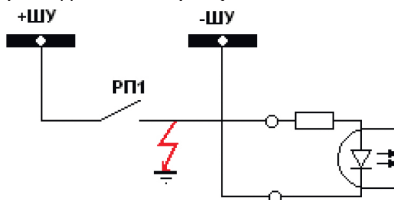


Рис. 2. Повреждение изоляции на входе МП УРЗА

Аналогом обмотки реле РП2 в этом случае является дискретный вход устройства, выполненный на оптронной развязке. Его сопротивление в общем случае существенно выше, чем у катушки электромеханического реле.

Так, например, в техническом описании терминала БЭ2704 производства НПП ЭКРА имеется следующая информация: мощность, потребляемая терминалом при подведении к нему номинальных значений тока и напряжения, не превышает 1,3 Вт (при $U_{ном} = 220$ В) по каждому дискретному входу.

Из этой информации следует, что сопротивление дискретного входа составляет около 37 кОм. То есть, замыкание на землю, закрытое входом терминала, не выявляется традиционными средствами сигнализации замыканий на землю, но может быть выявлено тщательным оперативным контролем.

Современные интеллектуальные устройства РЗА имеют дискретные входы со значительно более высоким сопротивлением, и в ряде случаев достоверно неопределенным. Так, например, оптронные дискретные входы аппаратуры GE для экономии энергии аккумуляторной батареи регулируют собственное входное сопротивление в зависимости от режима (меньше в момент замыкания входного контакта, больше при надежной цепи), и в любом случае превышает те значения, на которые должны реагировать традиционные устройства изоляции. Аналогичные решения встречаются и у других производителей РЗА мирового уровня. Можно или нет выявить замыкание на землю оперативными средствами, достоверно сказать нельзя. В результате при внезапном появлении повторного замыкания на землю может создаваться шунтирующая цепь, приводящая к ложному срабатыванию устройства (рисунк 3)

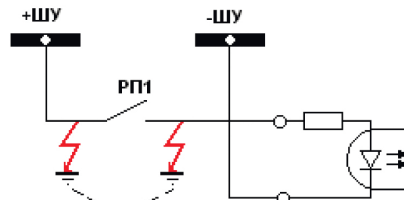


Рис. 3. Двойное повреждение изоляции на входе МП УРЗА

ограниченное применение, что указано уже в его преамбуле:

«Требованиями СТО следует руководствоваться при проведении аттестации систем оперативного постоянного тока (СОПТ), строительстве новых, комплексной реконструкции, модернизации систем оперативного постоянного тока и отдельных компонент СОПТ действующих подстанций, проектировании, поставках, монтаже, проведении пуско-наладочных работ, приемосдаточных испытаний и техническом обслуживании СОПТ, а также

при контроле всех стадий жизненного цикла СОПТ подстанций».

То есть, требования этого документа не обязательны при частичной реконструкции объектов с поэтапной заменой отдельных устройств РЗА. К тому же, ведомственный документ не является обязательным для других субъектов энергетики.

Частичное, но далеко не полное, решение проблемы, предлагает обсуждаемый в настоящее время проект еще одного документа [8]. В качестве одного из решений проблемы предлагается снижение входного сопротивления дискретных входов до 40 кОм путем шунтирования входных цепей резисторами. Есть все основания сомневаться в эффективности такого решения. Если предусмотренные требованиями [1] требования к контролю сопротивления изоляции позволяют достоверно выявить замыкание на землю за обмоткой реле, снижение сопротивления входной цепи дискретного входа до оговоренного значения даст необходимый результат только при использовании современных устройств контроля изоляции.

Проблема № 2. Повторная готовность РЗА после восстановления питания.

Проблема тесно связана с проблемой № 1. Традиционные электро-механические устройства РЗА восстанавливают свою работоспособность практически мгновенно после подачи питания оперативных цепей, в том числе, и после перерыва, связанного с поиском «земли». Современные МП УРЗА допускают кратковременное исчезновение оперативного тока на время, сопоставимое со временем отключением автомата при КЗ на смежном устройстве (кратковременная посадка напряжения), но несопоставимое со временем прерывания питания на время локализации «земли» традиционными средствами. Длительный (несколько секунд) перерыв питания равнозначен его отключению и повторному включению. При этом большинство устройств РЗА проводят автоматическое тестирование, составляющее у разных

устройств различных производителей от долей секунды до десятков секунд. В технических данных упомянутых выше терминалов БЭ-2704 прямо указано:

«Длительность однократных перерывов питания терминала, с последующим его восстановлением, в условиях отсутствия требований к срабатыванию терминала:

- до 150 мс без перезапуска терминала;
- свыше 150 мс с перезапуском терминала в течение не более 3 с.»

То есть, в этом случае достоверно известно, что снятие оперативного тока с основной защиты можно выполнять не ранее, чем через 3 секунды после восстановления питания резервной защиты.

У большинства других производителей такая информация в документации не указывается. «Контрольная закупка», то есть, пробное снятие оперативного тока с его последующим восстановлением на терминалах разного типа различных зарубежных производителей показало завершение тестирования за время от единиц до десятков секунд. В некоторых случаях производители и поставщики аппаратуры утверждают, что время восстановления работоспособности аппаратуры существенно ниже, чем время тестирования, но никаких официальных упоминаний в технической документации об этом нет. То есть, время восстановления работоспособности в общем случае является неопределенным.

Не решают в полной степени проблемы и современные селективные устройства контроля изоляции. Далеко не на всех объектах количество отдельных устройств РЗА укладывается в количество выводов УКИ, типовое решение – установка дополнительных распределительных щитов, откуда оперативный ток расходится по конечным устройствам.

В этом случае после локализации направления необходимо отключать питание отдельных устройств, при этом контроль за восстановлением изоляции выполняется с использованием тех же устройств контроля изоляции. Интеллектуальные УКИ, как и лю-

бые цифровые устройства, обладают заметной инерционностью. При поиске «земли» после отключения автомата присоединения с ухудшенной изоляцией они не сразу определяют восстановление изоляции. В общем случае на это уходит от нескольких секунд до нескольких минут. При поиске земли методом снятия питания без тщательно проработанной программы возможны случаи, когда питание с одной защиты присоединения будет снято до того, как восстановится питание второй, резервирующей защиты. Критерии, по которым определяется восстановление нормальной работы устройств РЗА после снятия питания оперативного тока (по заданному времени или по фактическому восстановлению нормальной работы) в настоящее время не определены. Требования же [6] о применении переносных датчиков – токовых клещей при поиске места замыкания на землю в СОПТ остаются пока декларацией о намерениях без признаков практического применения.

Проблема № 3. Объем и характер информации, принимаемой оперативным персоналом от устройств РЗА и передаваемой диспетчеру

Традиционные электро-механические устройства РЗА имеют ограниченное количество сигнальных элементов.

Так например, при отключении ВЛ 110 кВ, оснащенной основной защитой ДФЗ-201 и резервной защитой ЭПЗ-1636 с успешным или неуспешным АПВ или неисправности одного из компонентов РЗА оперативному персоналу необходимо зафиксировать до 30 сигнальных элементов. К ним относятся указательные реле, сигнальные лампы на панели, табло центральной сигнализации. При этом количество одновременно сработавших сигнальных элементов только в самых тяжелых случаях достигает 10. При этом наименование сигнала практически однозначно соответствует его значению. Аварийная сигнализация полностью ассоциируется со срабатыванием защиты или отдельных ее ступеней с действием на отключение. Так, например, звуковая сигнализация аварийного отключения в сочетании



с миганием зеленой лампы положения выключателя и срабатыванием указательного реле «1 зона ДЗ» в комплекте ДЗ-2 защиты ЭПЗ-1636 однозначно свидетельствует об аварийном отключении линии действием 1 ступени дистанционной защиты.

Количество сигнальных элементов (светодиодов, указательных реле, сигнальных ламп и табло) комплекса ШЭ2607 016 (автоматика управления выключателем и комплект ступенчатых резервных защит) и ШЭ2607 081 (основная защита линии) приближается к 50, а в том случае, если применяется основная быстродействующая защита с комплектом ступенчатых защит, заметно превышает и эту величину. Это не так существенно, так как принципиально новых добавлено всего лишь два сигнала: «Питание» (назначение несомненно и вопросов не вызывает) и «Контрольный выход», с которым оперативный персонал встречается крайне редко. Дополнительные проблемы доставляет двойное назначение светодиодной сигнализации шкафов ШЭ2607 016 (горит ровным светом – одно назначение сигнала, мигающим – другое). К тому же, некоторая информация выводится и на дисплей. В данном случае неоднократно зафиксированы недоразумения между оперативным персоналом объекта и диспетчером РДУ в части трактовки сигнализации. Так, например, один и тот же светодиод одной из модификации терминала БЭ2704 016, горящий ровным светом, обозначает срабатывание 1 ступени ТЗНП, горящий мигающим светом – отсутствие заводки пружины. Одновременно выдается сигнал срабатывания 2 ступени ДЗ от междуфазных КЗ.

Для релейщика разобраться в этой ситуации с анализом аварийных осциллограмм проблем не составляет, но диспетчер, в первую очередь, делает заключение о месте и характере повреждения по показаниям ОМП (при их наличии) и поведению защит. И решение должно приниматься за минуты, а в некоторых обстоятельствах – и за секунды.

Еще большие проблемы доставляют оперативному персоналу микропроцессорные устройства РЗА ведущих мировых производителей. Так, например, терминал D60 имеет следующие 6 основных светодиодов: IN SERVICE (В РАБОТЕ); TROUBLE (НЕИСПР); TEST MODE (РЕЖИМ ПРОВЕРКИ); TRIP (ОТКЛ); ALARM (СИГНЛЗ); PICKUP (ПУСК). В дополнение к ним – 8 светодиодов, расшифровывающих причину события (ток, напряжение, фаза и т.п.) и около 50 светодиодов, назначение которых задается при на-

ладке. Самая разнообразная информация может выводиться на дисплей. И это – только один терминал! Если же учесть, что у некоторых терминалов других фирм недостаток светодиодов компенсируется свободно конфигурируемой цветовой гаммой (красный, зеленый, желтый), разобраться оперативному персоналу во всей сигнализации, а тем более довести ее до диспетчера посредством телефонной связи довольно сложно.

Микропроцессорные устройства РЗА позволяют контролировать довольно много отдельных параметров сети и оборудования. Некоторые устройства РЗА выдают на дисплей жестко заданные параметры с возможностью перехода к просмотру других параметров. Так, например, популярный регулятор РНМ-1 производства ЗАО «РАДИУС-Автоматика» в режиме «Работа» выдает на дисплей информацию о текущем значении напряжения и напряжении поддержания. Это – основные значения, которые должен контролировать оперативный персонал. Переходить или не переходить в другие режимы с возможностью контроля других параметров определяется местными инструкциями с учетом квалификации персонала.

Более сложен порядок контроля тока небаланса дифференциальных защит шин.

Непосредственно перед операциями с шинными разъединителями на ОРУ-110 кВ и выше оперативный персонал обязан проконтролировать отсутствие тока небаланса в токовых цепях ДЗШ. На подстанциях «старого типа» это делается путем нажатия кнопки «Контроль небаланса» на панели ДЗШ и визуального контроля по прибору. На подстанциях «нового поколения» специальной кнопки «контроля» нет, поэтому оперативному персоналу данную информацию приходится «вытаскивать» из терминала путем нажатия в определенной последовательности кнопок на самом терминале. Далеко не на каждом объекте есть персонал соответствующей квалификации.

На терминалах с «гибкой» логикой данную проблему можно решить двумя способами:

- Запрограммировать данную функцию на любую резервную кнопку терминала и, по аналогии с ПС «старого типа», при нажатии кнопки контролировать ток небаланса по экрану терминала;
- В логике работы «дежурного режима» терминала задать все желаемые для контроля величины, в том числе и токи небаланса

Второй вариант наиболее предпочтитель-



**Дорохин Евгений
Георгиевич,**

Дата рождения 19.09.1951 г.
Закончил в 1975 году
электроэнергетический
факультет, специальность
«Автоматизация произ-
водства и распределения
электрической энергии»,
Харьковского политехни-
ческого института.
Начальник отдела эксплу-
атации релейной защиты
СРЗА Кубанского РДУ.

ный, т.к. предполагает сокращение операций с оперативными элементами.

На терминалах без «гибкой» логики, например фирмы «ЭКРА» решить данную проблему можно следующим способом: в меню терминала необходимо выбрать режим работы экрана «с запоминанием» и вывести на экран необходимые контролируемые токи небаланса. Единственный минус (а может и плюс) заключается в том, что в данном режиме в отличие от «дежурного режима» будет постоянно работать подсветка экрана. Над этим вопросом нужно поработать разработчикам аппаратуры.

Проблема № 4. Организация допусков к техническому обслуживанию УРЗА с применением АРМ релейщика

В соответствии с требованиями [4] работы в действующих электроустановках по техническому обслуживанию устройств РЗА со сложными внешними связями или требующие координации отдельных этапов работ, особенно охватывающих несколько объектов или связанных с большим объемом работ по сложной реконструкции устройств РЗА, выполняются, как правило, по программам. На все работы по техническому обслуживанию и испытаниям устройств РЗА действующих электроустановок оформляются оперативные заявки.

В связи с этим возникает вопрос: можно ли изменить уставку одной отдельно взятой ступени микропроцессорной защиты линии напряжением 110 – 500 кВ с АРМ релейщика без выполнения всего комплекса организационных мероприятий? Можно ли в этих условиях «залить» обновленное программное обеспечение в терминал? Ведь защита линии высокого напряжения вполне попадает под классификацию «устройство РЗА со сложными внешними связями». При личных контактах производители устройств РЗА утверждают, что никаких проблем при таких работах не возникает. А вот официальная информация в заводской технической документации в большинстве случаев отсутствует.

Перечень проблем и путей их решения можно продолжать довольно долго. Но все же, можно предварительно сделать некоторые общие выводы:

1. Необходимы срочные поправки в основные нормативные документы, определяющие порядок оперативного и технического обслуживания устройств РЗА и систем организации оперативного тока в современных

условиях ([1 – 4]). Естественно, единовременно документы не могут быть изменены, но совместным решением ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «СО ЕЭС», согласованным с Ростехнадзор, могут быть изданы разъяснения к применению существующих документов в современных условиях. Возможные изменения нормативных документов выходят за рамки журнальной статьи, но конкретные предложения автором разработаны и могут быть предоставлены заинтересованным сторонам.

2. Среди обязательных требований к производителям отечественных и поставщикам зарубежных устройств РЗА должны быть прописаны требования предоставления типовых инструкций по оперативному обслуживанию соответствующих устройств для двух уровней: оперативное обслуживание и диспетчерское управление.

3. Необходимо построение системы целевой подготовки оперативного и диспетчерского персонала различного уровня к обслуживанию современных устройств РЗА.

4. Система стандартов ОАО «ФСК ЕЭС» ([6 – 8]) должна быть дополнена требованием о необходимости комплексного подхода к проектам реконструкции объектов. Должна быть оговорена недопустимость замены устройств РЗА на микропроцессорные на действующих объектах без учета всего комплекса взаимодействий (электромагнитная совместимость, система организации оперативного тока, совместимость логики УРЗА с принятой логикой на смежных объектах).

Литература:

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации
2. Инструкции по переключениям в электроустановках. Утверждена приказом Минэнерго России № 266 от 30 июня 2003 года
3. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем СО 34.35.502-2005
4. Инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций СО 34.35.302-2006
5. Волошин И.М. Проблемы подстанций «Нового поколения». //Релейная защита и автоматизация № 2 2011
6. СТО 56947007-29.120.40.041-2010 Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС».
7. СТО 56947007-29.240.10.028-2009. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС».
8. Методические указания по инженерным расчетам сети оперативного постоянного тока для исключения неправильной работы дискретных входов терминалов, реле и катушек отключения/включения при повреждениях в цепях оперативного постоянного тока подстанций ЕНЭС (проект).