

Симаков Ю.П., Валькевич А.Н.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-35 кВ

Yu.A. Simakov, A.N. Valkevich

IMPROVEMENT OF THE RELIABILITY OF THE NETWORK OF 6-35 kV

УДК: 621.316.1.027

В статье рассматриваются проблемы, возникающие при эксплуатации электрических сетей 6-35 кВ Кыргызстана, основные недостатки применения дугогасящих реакторов, предложены мероприятия по повышению надёжности электрических сетей с изолированной нейтралью. Предлагается рассмотреть вопрос об изменении требований Правил Технической Эксплуатации Электрических Сетей (ПТЭ) в отношении эксплуатации дугогасящих реакторов в электрических сетях 6-35 кВ.

The problems of the operation of the network of 6-35 kV in Kyrgyzstan, the main shortcomings of the use of the arc suppression coil are considered. Actions on improving of the reliability of the network with the insulated neutral are offered. The issue about the change of rules for technical operation in respect of the operation of the arc suppression coil is offered for discussion.

В электрических сетях 6-35 кВ заземление нейтрали является одним из основных факторов, определяющих свойства сети при внутренних и грозовых перенапряжениях. Принятый способ заземления нейтрали должен в первую очередь обеспечивать наиболее быструю ликвидацию дуги замыкания на землю по возможности без нарушения электроснабжения потребителей.

Согласно принятым в России и Кыргызстане нормам [1], сети 6-35 кВ относятся к сетям с малыми токами замыкания на землю и должны работать или с изолированной, или заземлённой через дугогасящий реактор (ДГР) нейтралью. В соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ) компенсация емкостного тока замыкания на землю ДГР должна применяться при емкостных токах, превышающих следующие значения:

Номинальное напряжение сети, кВ...

6 10 15-20 35

Емкостный ток замыкания на землю,

А...30 20 15 10

Такие относительно небольшие емкостные токи характерны для электрических сетей, выполненных воздушными линиями электропередачи. При резонансной настройке дугогасящего реактора наблюдается ряд благоприятных условий протекания процессов при однофазных замыканиях.

Дугогасящие реакторы, сохраняя преимущества сетей с изолированной нейтралью, призваны улучшить условия работы электрооборудования при однофазных замыканиях на землю. Такое улучшение предполагается за счет существенного снижения скорости восстановления напряжения на поврежденной фазе после погасания дуги и уменьшения тока в месте замыкания на землю до уровня активной составляющей и высших гармоник.

Вследствие этого, происходит самопроизвольное погасание дуги, и следовательно, сокращение объемов разрушений, связанных с термическим действием заземляющей дуги, а также снижением кратности перенапряжений до безопасной величины, так как появляются пути для истечения на землю статических зарядов с емкости элементов сети здоровых фаз. Однако для достижения таких результатов степень расстройки катушки не должна превышать пределов $\pm 1 + 1,5\%$.

Согласно п. 5.11.10. [1] допускается настройка ДГР с перекомпенсацией, при которой реактивная составляющая тока замыкания на землю должна быть не более 5 А, а степень расстройки – не более 5 %. В сетях 35 кВ при емкостном токе замыкания на землю менее 15 А допускается степень расстройки не более 10 %. В электрических сетях 6-35 кВ большую опасность представляют дуговые перенапряжения, возникающие в сети при перемежающемся (неустойчивом) характере горения дуги в месте пробоя фазной изоляции на землю.

Многочисленные исследования в энергосистемах показали, что перенапряжения при дуговых замыканиях на землю в сети с изолированной нейтралью достигают величины $(3-3,2)U_{\phi}$ (U_{ϕ} – амплитуда фазного напряжения сети). Опасность дуговых перенапряжений при однофазных замыканиях на землю заключается в их достаточно долговременном воздействии на электрооборудование, т.к. согласно ПТЭ [1] в сетях с изолированной нейтралью или с компенсацией емкостных токов допускается работа воздушных или кабельных линий электропередач с однофазным замыканием на землю до устранения повреждения. Длительное воздействие дуговых перенапряжений делает невозможным применение в данном типе сетей нелинейных ограничителей перенапряжения, которые не способны выдержать трехкратные перенапряжения длительное время.

Как было отмечено выше, в сетях с большими емкостными токами замыкания на землю в случаях, регламентированных ПТЭ, должны устанавливаться дугогасящие реакторы. Защитное действие дугогасящего реактора эффективно проявляется при настройке в резонанс. В реальных сетях в момент возникновения дуги зачастую не удается обеспечить достаточную степень компенсации емкостного тока, а также идеальную симметрию. В результате в сетях с дугогасящим реактором со ступенчатым регулированием индуктивности кратности дуговых перенапряжений оказывается лишь незначительно ниже, чем в сетях с изолированной нейтралью. Например, при

расстройке в 10% восстанавливающееся напряжение на поврежденной фазе имеет характер биений. Огибающая напряжения достигает максимума, составляющего $1,26U_{\phi}$. В дальнейшем огибающая напряжения стремится к U_{ϕ} . Прочность изоляции к моменту максимума биений может восстановиться, но напряжение большее U_{ϕ} на большой фазе может вызвать повторный пробой изоляции. При расстройке более 25% кратность перенапряжений будет примерно такой же, как и в сетях с изолированной нейтралью. Дугогасящий реактор компенсирует только составляющую промышленной частоты тока однофазного замыкания, при наличии в сети источников высших гармоник последние могут содержаться в токе замыкания на землю и в некоторых случаях даже усиливаться.

Из всего разнообразия направлений работы по совершенствованию системы компенсации емкостных токов на землю в эксплуатации получили широкое распространение ДГР типа ЗРОМ со ступенчатым регулированием индуктивности катушки и плунжерные ДГР с плавным регулированием индуктивности. В первом случае регулирование осуществляется путем переключения ответвлений на рабочей обмотке ДГР. Шаг регулирования по току для таких аппаратов составляет не менее 10% от полного тока катушки. Переключение отпаек производится только вручную при полностью снятом напряжении. Следовательно, в современных условиях при использовании таких ступенчато регулируемых дугогасящих аппаратов возникновение значительных расстройок компенсации является неизбежным.

Во втором случае регулирование ДГК осуществляется за счет плавного изменения величины воздушного зазора между подвижными частями магнитопровода (плунжерами). Такие катушки обладают линейной намагничивающей характеристикой во всех режимах работы сети и эксплуатируются, как правило, в блоке с устройствами автоматической регулировки компенсации и обеспечивают скорость регулирования по току в пределах 0,25-2 А/с.

Сети 6-35 кВ характеризуются весьма высокой разветвленностью в схемах электроснабжения, что приводит к большим изменениям величин емкостного тока при эксплуатации. Поэтому реализацию требований ПТЭ по компенсации емкостных токов сложно осуществить. Кроме того, например, в Кыргызстане в настоящий момент отсутствует технический контроль за выполнением данных требований ПТЭ, что приводит к несоответствию мощности имеющихся дугогасящих реакторов параметрам сети. Данное обстоятельство может привести к значительной перекомпенсации или недокомпенсации емкостного тока в местах установки дугогасящих реакторов.

Следуя указаниям ПТЭ [1] в случаях изменения емкостных токов до величин ниже установленных значений дугогасящий реактор необходимо отключать. В этом случае величины емкостных токов на один комплект трансформаторов напряжения входят в диапазон 0,5-1,5 А, что приводит к повышенной

вероятности возникновения феррорезонансных процессов, что несёт за собой угрозу повреждения трансформаторов напряжения. Данное обстоятельство касается и сетей 6-35 кВ с изолированной нейтралью.

В 1996 году Раменским электротехническим заводом "Энергия" начат выпуск управляемых подмагничиванием дугогасящих реакторов типа РУОМ. Данные реакторы обеспечивают остаточный ток реактора в точке замыкания примерно 5% максимального тока реактора и время выхода на установившийся режим менее 0,02с [2]. Становится очевидным, что в условиях эксплуатации высокая точность настройки мало вероятна и восстанавливающееся напряжение на поврежденной фазе будет иметь характер биений и, следовательно, дуговые перенапряжения будут неизбежными.

Снижение перенапряжений в сети при расстройке дугогасящего реактора (а также при несимметричных режимах, сопровождающихся резонансными перенапряжениями) может быть достигнуто путем применения в нейтрале высокоомного резистора, включенного параллельно ДГР. Данная схема заземления нейтрали не имеет применения, она находится на стадии изучения.

Наличие высокоомного резистора приводит к прекращению биений напряжений на фазах после гашения дуги, которые наблюдаются в сетях с нейтралью, заземленной через ДГР. Применение высокоомного резистора приводит к прекращению пробоев в поврежденной фазе при пробивном напряжении U_{np} ослабленного места больше фазного ($U_{np} > U_{\phi}$). Максимальная кратность перенапряжений здесь определяется первым замыканием и не превышает $(2.2...2.4)U_{\phi}$. Применение высокоомного резистора в случае резонансной настройки приводит к некоторому увеличению числа повторных зажиганияй, но только для случая, когда $U_{np} < U_{\phi}$, а кратность перенапряжений здесь не превышает $(2.2...2.4)U_{\phi}$. Применение высокоомного резистора весьма благоприятно сказывается на снижении времени воздействия повышенных напряжений на изоляцию неповрежденной фаз даже в случае не резонансной настройки ДГР, что является несомненным достоинством такой схемы заземления нейтрали.

Наличие в нейтрале высокоомного резистора исключает возможность появления феррорезонанса, т.к. во-первых высокоомный резистор вносит в феррорезонансный контур, состоящий из емкости сети и индуктивности трансформатора напряжения, элемент затухания, а во-вторых приводит к прекращению биений напряжений на фазах после гашения дуги, которые наблюдаются в сетях с нейтралью, заземленной через ДГР.

Выводы

1. Наличие высокоомного резистора, подключенного параллельно ДГР, снижает величину перенапряжений при дуговых однофазных замыканиях на землю в сетях с компенсированной нейтралью, исключает возможность появления феррорезонансных явлений, тем самым защищает

от повреждения трансформаторы напряжения в сетях с компенсированной нейтралью.

2. Необходимо изменить требования ПТЭ к сетям с изолированной и компенсированной нейтралью с учётом возможности возникновения феррорезонансных явлений, ввести специальный пункт о возможности параллельного соединения ДГР и высокоомного активного резистора в нейтрале силового трансформатора, сформулировать мероприятия по защите трансформаторов напряжения от феррорезонансных явлений в электрических сетях 6-35 кВ.

Использованные источники

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Базылев Б.И., Брянцев А.М., Долгополов А.Г., Евдокунин Г.А., Лурье А.И., Таджибаев А. И. Дугогасящие реакторы с автоматической компенсацией емкостного тока замыкания на землю. Санкт-Петербург, 1999.
4. Зихерман М.Х. Повреждения трансформаторов напряжения при дуговых замыканиях на землю в сетях 6 – 10 кВ.- Электрические станции, 1978, № 11.