

УДК 621.311

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
РЕЗИСТИВНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ
В СЕТИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС**

Мангул Д.И.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Булат В.А.

Опыт эксплуатации электрических сетей 6–10 кВ показывает, что им свойственна весьма высокая аварийность, и что значительная часть (до 90 %) нарушений нормальной работы этих сетей обусловлена повреждениями изоляции относительно земли, которые приводят к возникновению однофазных замыканий на землю (ОЗЗ).

В настоящее время в условиях постоянного ухудшения состояния изоляции электрооборудования систем электроснабжения собственных нужд ТЭС, изображенных на рисунке 1, из-за отсутствия средств на замену и качественное восстановление изношенного электрооборудования актуальность этой проблемы еще больше возрастает. Поскольку надёжные средства защиты от дуговых перенапряжений отсутствуют, то успешное решение проблемы может быть найдено только в оптимизации режимов нейтрали сетей собственных нужд в сочетании с различными схемными решениями.

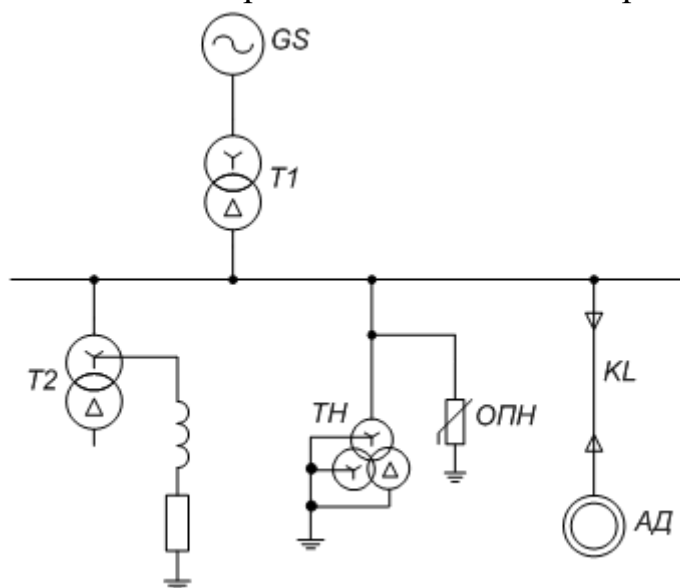


Рисунок 1 – Схема электроснабжения собственных нужд ТЭС

В настоящее время в сетях напряжением 6–10 кВ всё чаще применяется резистивное заземление нейтрали – заземление нейтрали через активное сопротивление (рисунок 2а). Возможны и варианты включения резистора, когда нейтраль заземляющего трансформатора наглухо присоединяется к контуру заземления, а резистор включается во вторичную обмотку, собранную в разомкнутый треугольник (рисунок 2б), либо используется однообмоточный трансформатор (фильтр нулевой последовательности) с соединением обмотки ВН в зигзаг (рисунок 2в).

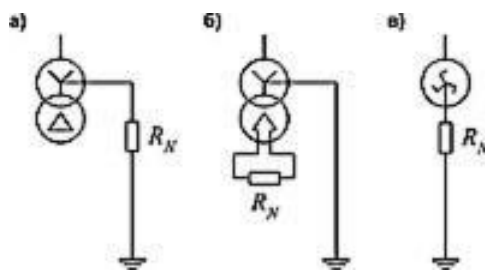


Рисунок 2 – Варианты включения резистора в нейтраль сети 6–10 кВ

При однофазных замыканиях на землю в сетях с заземлённой через резистор нейтралью во всех присоединениях протекают собственные ёмкостные токи, а в повреждённом присоединении, кроме того, протекает активный ток, создаваемый резистором. Это позволяет решить две важные задачи:

- селективно определить повреждённое присоединение (за счёт простых релейных защит, действующих на отключение или на сигнал) и незамедлительно принять меры по устранению повреждения;
- существенно ограничить уровень дуговых перенапряжений при ОЗЗ и исключить феррорезонансные процессы.

Применяются три варианта заземления нейтрали сетей 6–10 кВ через резистор:

- низкоомное,
- высокоомное
- комбинированное.

Низкоомное резистивное заземление нейтрали применяется в случаях, когда ОЗЗ должно быть селективно отключено в течение минимально возможного времени. При этом ток в нейтрали должен быть достаточным для работы релейной защиты на отключение. В этом случае преимущество сети с изолированной нейтралью полностью исчезает, так как при ОЗЗ потребитель теряет питание по данной линии. Однако такой режим необходим там, где при ОЗЗ может возникнуть опасность для людей при падении провода ЛЭП на землю – люди могут попасть под шаговое напряжение или напряжение прикосновения.

Низкоомное заземление нейтрали с возможностью отключения поврежденных участков сети целесообразно применять в тех сетях, где обеспечена необходимая степень резервирования и автоматизации распределительных электрических сетей, систем электроснабжения и технологических процессов. В чисто кабельных сетях с высокой степенью резервирования экономически и технически выгодно перейти от компенсированной системы заземления нейтрали (с применением ДГР) к нейтрали, заземлённой через низкоомный резистор, с отключением поврежденного присоединения без выдержки времени.

Высокоомное резистивное заземление нейтрали целесообразно применять в тех случаях, когда сеть должна иметь возможность длительной работы в режиме ОЗЗ до обнаружения места ОЗЗ. При этом ток в нейтрали должен быть

такой величины, чтобы исключить появление опасных дуговых перенапряжений и снижение электробезопасности, но быть достаточным для определения повреждённого присоединения и работы релейной защиты на сигнал.

Защита от внутренних перенапряжений, и в частности от феррорезонансных перенапряжений при неполнофазных режимах питания понижающих трансформаторов и электродвигателей, требует применения устройств, способных потребить энергию, запасённую элементами сети в их ёмкости и индуктивности. В зависимости от параметров сети эта энергия может составлять десятки кВт в течение нескольких десятков секунд. Таким устройством, решающим задачу комплексной защиты сети с изолированной нейтралью от всех видов внутренних перенапряжений, является устройство заземления нейтрали сети через высокоомное активное сопротивление. Величина такого сопротивления оптимизируется по признакам необходимости и достаточности. Для подавления феррорезонансных перенапряжений величина резистора должна быть не менее величины критического сопротивления для контура схемы замещения сети.

В сетях 10 кВ высокоомный резистор подключают к нейтрали одного из питающих трансформаторов, имеющих соединённую в «звезду» обмотку 10 кВ с выведенной нейтралью. В этом случае не требуется никаких изменений в работе устройств РЗА. Высокоомный резистор может быть собран из элементов, используемых в качестве шунтирующих резисторов на выключателях типа ВВН или ВВ 220 и 330 кВ. Сопротивление одного резистора 15 кОм, длительная мощность 1,5 кВт. Минимальное число последовательно включённых элементов четыре, а суммарное сопротивление такого резистора 60 кОм.

Для подключения высокоомного резистора к нейтрали сети 6–10 кВ необходим заземляющий трансформатор с соединением обмоток «звезда с выведенной нейтралью – треугольник» мощностью 40 кВА. Величина сопротивления резистора определяется исходя из ёмкости сети, а его мощность – из допустимого времени воздействия напряжения сети при однофазном замыкании на землю. Для устройств заземления нейтрали через высокоомное сопротивление предпочтительны проволочные резисторы, так как они допускают большие нагрузки и более надёжны в эксплуатации.

Для подключения заземляющего трансформатора с резистором в нейтрали необходима отдельная ячейка с собственными устройствами РЗА. Схема подключения устройства к сети с изолированной нейтралью приведена на рисунке 3.

Однако внедрение такой системы защиты возможно только в сетях, имеющих защитное отключение от однофазного замыкания на землю. Кроме того, заземление нейтрали с суммарным сопротивлением 100 Ом создаёт в сети 6 кВ активный ток 30 А в месте замыкания на землю. Это значительно больше, чем необходимо для подавления перенапряжений, и приводит к увеличению объёма разрушений в месте замыкания от дуги такой величины.

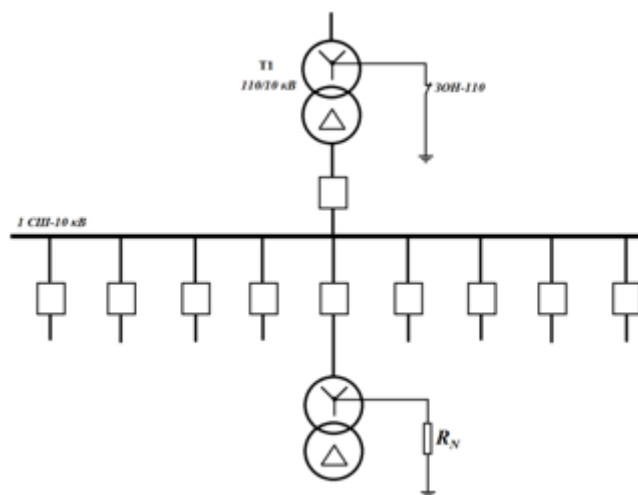


Рисунок 3 – Защита сети 10 кВ от перенапряжений подключением резистора к нейтрали сети

Эти недостатки исключены при заземлении нейтрали сети через высокоомный резистор, выбранный из величины ёмкости сети. Высокоомный резистор в нейтрали системы обеспечивает стекание заряда нулевой последовательности за время T между ближайшими замыканиями составляющее полупериод промышленной частоты ($T = 0,01$ с).

Резистор, выбранный из этого условия, создает в месте повреждения активную составляющую тока, равную ёмкостной. При чисто ёмкостной цепи замыкания на землю резистор, выбранный таким образом, увеличивает ток замыкания в $\sqrt{2}$ раз.

Важной особенностью применения высокоомного сопротивления в нейтрали по сравнению с компенсацией является то, что при уменьшении ёмкости сети постоянная времени стекания свободного заряда через выбранный по приведённым условиям резистор, уменьшается, и, следовательно, эффект ограничения перенапряжения не изменяется. Если же постоянная времени увеличивается, что бывает довольно редко, то в диапазоне изменения её на 20–30 % кратность перенапряжений достигает не более $2,5 U_{\phi}$.

После подключения к нейтрали резистора феррорезонансные явления практически прекращаются. Высокоомные резисторы, уменьшающие уровни перенапряжений и время их воздействия, необходимо устанавливать на ПС, питающих преимущественно воздушную сеть и не имеющих высокой степени резервирования.

Комбинированное заземление нейтрали осуществляется путём присоединения высокоомного резистора параллельно ДГР и позволяет снижать уровень перенапряжений при неточной настройке ДГР, а также способствует работе на сигнал релейных защит.

В заключение следует отметить, что режим заземления нейтрали в сети среднего напряжения должен выбираться в каждом конкретном случае с учётом следующих факторов:

- уровня ёмкостного тока сети;

- допустимого тока однофазного замыкания, исходя из разрушений в месте повреждения;
- безопасности персонала и посторонних лиц;
- допустимости отключения однофазных замыканий с позиций непрерывности технологического цикла;
- наличия резерва;
- типа и характеристик используемых защит.

Литература

1. Беляков, Н.Н. Исследование перенапряжений при дуговых замыканиях на землю в сетях 6 и 10 кВ с изолированной нейтралью / Н.Н. Беляков // Электричество. – 1957. – № 5. – С. 31–36.
2. Правила устройства электроустановок. – Минск: УП «ДИЭКОС», 2003. – 632 с.
3. Короткевич, М.А. Режимы нейтрали городской электрической сети / М.А. Короткевич, Д.Л. Жив. – Минск: БелНИИагроэнерго, 1997. – 68 с.
4. Сарин, Л.И. Опыт применения резистивного заземления нейтрали в электрических сетях 6–35 кВ / Л.И. Сарин, А.И. Ширковец, М.В. Ильиных // Энергетик. – 2009. – № 4. – С. 13–14.
5. Емельянов, Н.И. Актуальные вопросы применения резистивного и комбинированного заземления нейтрали в электрических сетях 6–35 кВ / Н.И. Емельянов, А.И. Ширковец // Энергоэксперт. – 2010. – № 2. – С. 44–50.