

УДК 621.3

### Резистивно-заземленная нейтраль электрических сетей

Караник А. А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент ГУБАНОВИЧ А. Г.

В настоящее время в сетях напряжением 6/10/35 кВ всё чаще применяется резистивное заземление нейтрали – заземление нейтрали через активное сопротивление.

При однофазных замыканиях на землю (далее ОЗЗ) 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.

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 нейтралью, 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 киловатт 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 35 кВ высокоомный резистор подключают к нейтрали одного из питающих трансформаторов, имеющих соединённую в «звезду» обмотку 35 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 включенных 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. Комплектация резистора может быть выполнена из единичных бетэловых резисторов типа РШ-2 (сопротивление 200 и 300 Ом) или из резисторов типа РНВ-6/10 (сопротивление 500 или 1000 Ом). Однако для устройств заземления нейтрали через высокоомное сопротивление предпочтительнее проволочные резисторы, так как они допускают большие нагрузки и более надёжны в эксплуатации.

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  $2,5U_{\phi}$ . 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.

Выбор типа резистора для заземления нейтрали производится по трём основным критериям:

- резистор должен обеспечивать снижение уровня дуговых перенапряжений;
- сопротивление резистора в нейтрали должно гарантировать протекание активного тока в повреждённом присоединении, достаточного для действия релейных защит на сигнал или отключение повреждённого присоединения;
- при заземлении нейтрали через резистор должны соблюдаться условия электробезопасности для людей при ОЗЗ на подстанциях и распределительных пунктах с учётом существующего нормирования величины допустимого напряжения прикосновения.

### Литература

1. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей / М. А. Короткевич. – Минск : Вышэйшая школа, 2014.
2. Защита электрических сетей 6–35 кВ от влияния перенапряжений / под ред. Ф. Х. Халилова, Г. А. Евдокунина, А. И. Таджикибаева. – СПб. : Энергоатомиздат, 2002.