

УДК 621.31

РЕЖИМЫ НЕЙТРАЛИ

Левашевич Е.П.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Мороз Р.Р.

Проблема влияния земли на работу электрических сетей и различного электрооборудования, а также на их электробезопасность обусловлена тем, что земля является проводником электрического тока. Провода электрической сети имеют сопротивление $Z = R_{\text{сиз}} - jX_{\text{с}}$. Активная составляющая этого сопротивления (сопротивление изоляции) намного больше емкостной, поэтому этой составляющей при расчёте электрических сетей обычно пренебрегают.

По распределённым ёмкостям фазных проводников по отношению к земле протекают токи. Эти токи имеют максимальное значение в начале линии и линейно уменьшаются к её концу. Величина их зависит от суммарной длины проводников в сети (суммарной ёмкости гальванически связанных проводников относительно земли) и составляет для неразветвлённых сетей 6...10 кВ единицы ампер, а для сильно разветвлённых сетей – до ста и более ампер. Ёмкостные токи всегда значительно меньше токов нагрузки электрических сетей, поэтому их влияние на нагрузку не учитывается.

Замыкание на землю токоведущих частей электрических установок является преобладающим видом повреждения в сетях всех напряжений. В распределительных сетях 6...35 кВ эти повреждения составляют не менее 75 % от общего числа повреждений. В сетях 110 и 220 кВ однофазные повреждения изоляции составляют соответственно 80 и 90%.

Степень опасности замыканий на землю в основном зависит от состояния нейтрали сети, которое имеет непосредственное отношение к проблеме борьбы с авариями и, следовательно, к надёжности обеспечения потребителей электроэнергией.

Нейтраль – это точка в сети, потенциал которой относительно земли при её нормальном режиме работы равен нулю. В зависимости от того, как соединена нейтраль с землёй, возможны следующие виды режима нейтрали:

- 1) изолированная нейтраль;
- 2) компенсированная нейтраль;
- 3) нейтраль, заземлённая через высокоомный резистор;
- 4) глухозаземлённая нейтраль;
- 5) эффективно заземлённая нейтраль.

Выбор режима нейтрали электрических сетей является результатом учёта многих технико-экономических факторов. При этом главными из них являются электробезопасность, требуемая степень надёжности, экономичность и возможность дальнейшего развития сетей.

1. Сети с изолированной нейтралью

В этих сетях нейтраль изолирована от земли. К ней могут быть подключены обладающие большим сопротивлением приборы измерения, сигнализации и защиты, которые не сказываются на особенностях влияния земли на сеть, рассмотренных выше. Повреждения, возникающие в сети (пробой изоляции и замыкание провода на землю), приводят к появлению электрической дуги. При большом токе предельные перенапряжения возникают редко, их длительность не более 2–3 с, поэтому горение дуги быстро прекращается.

При малом токе дуга горит неустойчиво. Она раздувается за счёт тепловых потоков воздуха и после одного или нескольких зажиганий гаснет. Восстанавливается электрическая прочность изоляции и сеть восстанавливает свою нормальную работу. Этот режим является расчётным для сетей с изолированной нейтралью. Фазная изоляция выполняется с запасом,

обеспечивающим нормальную работу при увеличении фазного напряжения до линейного и при перенапряжениях, обусловленных дугой.

2. Сети с компенсированной нейтралью

Компенсация (уменьшение) емкостных токов замыкания на землю позволяет расширить область применения режима изолированной нейтрали для разветвлённых сетей, в которых ток однофазных замыканий на землю больше допустимого. Это повышает надёжность таких сетей, так как позволяет не отключать сразу же электроустановки при однофазных пробоях изоляции.

В сетях с изолированной нейтралью, где ток однофазного замыкания в допустимых пределах, но близок к ним, указанная компенсация повышает надёжность сети за счёт значительного уменьшения $I_{зз}$.

Компенсация емкостных токов замыкания на землю производится с помощью специальных катушек индуктивности, имеющих значительное индуктивное сопротивление (соизмеримое с X_c сети), подключаемых между нейтралью сети и землёй (заземляющим устройством). Так как получаемое в результате уменьшение тока $I_{зз}$ способствует более быстрому погасанию дуги в месте пробоя изоляции, такие катушки получили название дугогасительных реакторов (ДГР).

3. Сети с резистивным заземлением нейтрали

Заземление нейтрали через высокоомный (более 100 Ом) резистор заключается в подключении специального активного сопротивления в нейтраль электросети (между нейтралью и заземляющим устройством).

При нормальной работе в идеальном случае напряжение нейтрали равно нулю, тока в резисторе нет. Если учесть неидеальность реальных сетей, то на нейтрали почти всегда будет напряжение смещения и через резистор будет всегда протекать небольшой ток.

Заземление нейтрали через резистор имеет несомненные достоинства, подтверждённые практикой и опытом: снижается минимум в 1,5...2 раза уровень дуговых перенапряжений при однофазных замыканиях; снижается вероятность пробоя изоляции и повышается срок её службы.

Резистивное заземление нейтрали обеспечивает более простое выполнение чувствительной и селективной релейной защиты от однофазных замыканий на землю.

4. Сети с глухозаземлённой нейтралью

Глухозаземлённая нейтраль – это нейтраль генератора или трансформатора, присоединённая непосредственно к заземляющему устройству. Любое соединение фазы с землёй является коротким замыканием через землю и нейтраль трансформатора. Ток в месте заземления ограничен только относительно небольшими сопротивлениями источников питания и элементов сети, включая землю, и поэтому является током КЗ, который практически не зависит от величины сопротивления изоляции и ёмкости проводов относительно земли.

5. Сети с эффективно заземлённой нейтралью

Электрическая сеть с эффективно заземлённой нейтралью – трёхфазная электрическая сеть напряжением выше 1 000 В. Для уменьшения токов однофазных КЗ в этих сетях используется разземление нейтрали части трансформаторов в сети, а также включение в нейтраль дополнительных сопротивлений (активных и реактивных).