

УДК 620.9.001.5

ПРИБЛИЖЁННЫЕ ОЦЕНКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Перлин А.М., Соколов В.В.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Заземляющие устройства (ЗУ) современных объектов энергетики являются сложными инженерными сооружениями. Они должны обеспечивать нормальное функционирование всех систем, включая и цепи управления, измерения, а также безопасность персонала на территории. В процессе проектирования ЗУ точные расчеты производятся с помощью современных программ. Однако важную роль играют также приближенные оценки различных параметров, в первую очередь сопротивления ЗУ.

Сопротивление ЗУ является интегральным параметром системы электродов, образующих ЗУ. Реальные ЗУ имеют сложную структуру и состоят их десятков или сотен элементов. Для расчета сопротивления могут быть использованы различные алгоритмы. Наиболее простым является алгоритм расчета так называемого «эквипотенциального» ЗУ, в котором не учитывается падение напряжения на элементах при протекании тока короткого замыкания. Расчеты показывают, что для получения значения сопротивления ЗУ с погрешностью порядка 10 % необходимо знать параметры грунта на глубину около $4\sqrt{S}$ (S – площадь ЗУ).

В случае «неэквипотенциальных» ЗУ распределение потенциала по сетке ЗУ может целиком определяться параметрами сетки, особенно в случае подстанций мощных электростанций. При оценке возможного уровня погрешности нужно знать, что при расчете токов КЗ *сопротивление заземлителя не учитывается вообще*. В настоящее время во всех программах расчета ЗУ используется метод узловых потенциалов, а каждый элемент ЗУ в схеме замещения представлен своими сопротивлением и индуктивностью. Погрешность расчета напряжений прикосновения связана с погрешностью расчета падения напряжения по сетке ЗУ и, видимо, никак не меньше последней, т. е. 10 %.

Анализ импульсных воздействий на ЗУ производится в основном в связи с решением задач электромагнитной совместимости. Один из основных вопросов – возможность пробоя с сетки ЗУ на вторичные цепи. Но достаточно надежные оценки напряжений перекрытия по поверхности грунта, а также данные об электрической прочности цепей вторичной коммутации отсутствуют. Поэтому погрешность порядка 30 % при расчете импульсных воздействий на ЗУ является вполне удовлетворительной.

Под многослойным грунтом понимается грунт с горизонтальными границами раздела, внутри которых удельное сопротивление грунта в слое постоянно. Электрическое поле в земле в разных областях (в непосредственной близости от заземлителя и на расстояниях значительно больших) изменяется по разным законам. Поэтому определение ρ_3 (эквивалентное удельное сопротивление многослойной земли, которое может быть представлено как функция удельного сопротивления верхнего слоя и структуры многослойного грунта) является сложной задачей.

Процесс приведения многослойного грунта к однородному проводится в несколько этапов. Вначале следует максимально упростить структуру грунта и по возможности свести ее к трехслойной, а затем к двухслойной, как это изложено выше. Следующий этап состоит в замене двух нижних слоев с их удельными сопротивлениями на один слой с удельным приведенным сопротивлением. Погрешность приближенного метода, основанного на приведении многослойного грунта к однородному, не превышает 4 %.

Сопротивление заземления – наименее строго нормируемый параметр. Фиксированные значения сопротивлений заземления молниеотводов даны только в ПУЭ. Результаты же численных расчетов по приведённым методам помогают оценить затраты отчуждаемой площади и необходимое количество металла для устройства нормированных заземлителей на стадии проектирования, учитывая свойства как однослойных так и многослойных грунтов.

Литература

1. Колечицкий Е.С. Приближённые оценки сопротивления заземляющих устройств // Вестник Московского энергетического университета. – 2006. – № 4. – С. 58–62.
2. Колечицкий Е.С. Основы расчета заземляющих устройств. – М.: Издательство МЭИ, 2003.
3. Бургсдорф В.В., Якобс А.И. Заземляющие устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1987.