

УДК 621.316.3

РАСЧЕТЫ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Бочков А.С., Соколов В.В.

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

Заземлители или заземляющие устройства (ЗУ) являются обязательным элементом каждой электроустановки. Без ЗУ нормальное функционирование установки невозможно. При этом в понятие нормального функционирования включают целый комплекс вопросов.

С течением времени и развитием техники изменяются и требования к ЗУ. Основное изменение состоит в том, что кроме обязательных функций обеспечения безопасности персонала появилось требование к электромагнитной совместимости. Оно, по существу, означает обеспечение нормальной работы измерительных, информационных и других устройств, работающих с использованием микропроцессоров, ЭВМ и т.п.

В настоящей работе изложены основные требования к заземляющим устройствам, содержащиеся в нормативных документах [1-4], однако основное внимание уделено основам расчета ЗУ. Изложен общий метод расчета. Приведены примеры расчета простейших заземлителей.

Также приведен подход к расчету режимов работы ЗУ при воздействии импульсов тока (тока молнии или тока короткого замыкания на территории подстанции в первые моменты времени и т.д.). Показано, что при воздействии импульсов тока сопротивление заземлителя может значительно возрастать. Обсуждаются другие эффекты, возникающие при воздействии импульсов тока.

Заземляющие устройства являются обязательной частью практически любой электроустановки. Обычные электроустановки не могут нормально функционировать без ЗУ.

Что же такое заземляющее устройство? Правила устройства электроустановок ПУЭ [1] дает на этот вопрос следующий ответ: ЗУ называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников. Собственно заземлитель представляет собой проводник (электрод) или совокупность металлических соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей.

Характеристики заземляющего устройства должны отвечать требованиям электробезопасности обслуживающего персонала [4] и обеспечивать в нормальных и аварийных условиях следующие эксплуатационные функции электроустановки:

- действие релейных защит от замыкания на землю;
- действие защит от перенапряжений;
- отвод в грунт токов молнии;
- отвод рабочих токов (токов несимметрии и т.д.);
- защиту изоляции низковольтных цепей и оборудования;
- снижение электромагнитных влияний на вторичные цепи;
- защиту подземного оборудования и коммуникаций от токовых перегрузок;
- стабилизацию потенциалов относительно земли и защиту от статического электричества;
- обеспечения взрыво- и пожаробезопасности.

Основными параметрами, характеризующими состояние заземляющего устройства, являются:

- сопротивление (для электроустановок подстанций, электростанций и опор воздушных линий);
- напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю;

– напряжение прикосновения (для электроустановок выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью, кроме опор воздушных линий).

Защитным заземлением называется заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности. Защитное заземление следует выполнять преднамеренным электрическим соединением металлических частей электроустановок с «землей» или ее эквивалентом.

Рабочим заземлением называется заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки.

Для обеспечения безопасной работы персонала в электроустановках значение стационарного сопротивления заземления нормируется. В электроустановках выше 1000 В, работающих с заземленной нейтралью, где ток однофазного короткого замыкания превышает 0,5 кА, сопротивление защитного заземления должно быть не более 0,5 Ом.

В электроустановках напряжением до 1000 В, работающих с заземленной нейтралью, сопротивление заземления, к которому присоединены нейтрали генераторов и трансформаторов мощностью более 100 кВА, должно быть не более 4 Ом. При мощности генераторов и трансформаторов 100 кВА и менее – не более 10 Ом.

В электроустановках до 1000 В, работающих с заземленной нейтралью, сопротивление заземления подсчитывается по формуле:

$$R \leq 125 / I, \quad (1)$$

В электроустановках выше 1000 В с незаземленной нейтралью – по формуле:

$$R \leq 250 / I. \quad (2)$$

где R – наибольшее при учете сезонных колебаний сопротивление заземления, Ом;
 I – полный ток замыкания на землю в установках без аппаратов, компенсирующих емкостный ток замыкания на землю, А.

Расчет простейших заземлителей

Цель расчета: определить число и длину вертикальных заземлителей (стержней), длину горизонтальных элементов и разместить заземлитель на плане электроустановки.

Общий алгоритм расчета сложных заземляющих устройств

При близком расположении электродов друг от друга сопротивление каждого из них повышается, что объясняется взаимным экранированием электродов. Дело в том, что при стекании тока с одиночного электрода вокруг него образуются равномерно расположенные линии тока.

В сложном заземлителе эта равномерность нарушается, потому что линии тока одного электрода вытесняют линии тока соседнего электрода.

В результате сопротивление каждого электрода возрастает с уменьшением расстояния между электродами.

Коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления электрода в сложном заземлителе вследствие их взаимного экранирования, называется коэффициентом использования заземлителя. Он зависит от конструктивного выполнения заземлителя и, как правило, меньше единицы.

Расчет сопротивления заземлителей при импульсных токах

Процессы в земле при протекании импульсных токов по заземлителю отличаются большой сложностью из-за затухания поля в земле, вызванного скин-эффектом. Кроме того, при кратковременных воздействиях магнитное поле не успевает проникнуть внутрь проводников заземлителя, следствием чего является

некоторое снижение их индуктивности по сравнению с воздействиями токов промышленной частоты. По этим причинам строгий расчет процесса стекания импульсного тока в землю проводится методами электродинамики и является весьма сложным. Однако для инженерной практики разработаны достаточно простые приближенные методы.

В случае прохождения через заземлитель импульсных токов, возникающих при грозе, в формулы для расчета сопротивления заземлителя следует ввести дополнительно импульсный коэффициент.

Заключение

В данной работе были рассмотрены заземлители или заземляющие устройства. Были изложены основные требования к заземлителям, однако основное внимание было уделено основам расчета ЗУ. В работе изложен общий алгоритм расчета простейших и сложных заземляющих устройств.

Также был приведен подход к расчету режимов работы ЗУ при воздействии импульсов тока (тока молнии или тока короткого замыкания на территории подстанции в первые моменты времени и т.д.). Рассмотрены другие эффекты, возникающие при воздействии импульсов тока.

Литература

1 Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / Минэнерго СССР. - 6-е изд. перераб. и доп. с изменениями - М.: ЗАО Энергосервис, 1998.

2 ГОСТ Р 50571.10-96. Государственный стандарт Российской Федерации Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники.

3 ГОСТ 12.1.038 - 82. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов. Госстандарт СССР.

4 Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок. РД 153-34.0-20.525-00. СПО ОРГРЭС, Москва, 2000.

5 Бургсдорф В.В. и Якобе А.И. Заземляющие устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1987.

6 Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. М. Энергоатомиздат, 1984.

7 Колечицкий Е.С. Расчет электрических полей устройств высокого на пряжения. М.: Энергоатомиздат, 1983.