

ЭФФЕКТИВНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК. ДЛИННЫЙ ИЛИ КОРОТКИЙ ЗАЗЕМЛИТЕЛЬ?

А.С. Грибанов, директор, ООО «Бипрон»

В № 6 журнала «Территория «НЕФТЕГАЗ» за 2014 г. была опубликована статья «Способы повышения эффективности заземления электроустановок. Как избежать ошибок?». В этой статье мы рассматривали наиболее популярные способы повышения эффективности заземлителей за счет увеличения площади контакта с окружающим грунтом и уменьшения переходного сопротивления «электрод – грунт» путем засыпки вокруг электрода заземления различных минеральных заполнителей с высокой электропроводностью. Здесь мы хотим заострить внимание на выборе оптимальных размеров сечения и длине заземляющих электродов, т.к. при проектировании и строительстве объектов энергетического хозяйства заказчики регулярно сталкиваются с такого рода вопросами.

РАЗМЕР СЕЧЕНИЯ И ДЛИНА ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ

Известно, что увеличение диаметра или толщины электрода не дает существенного уменьшения сопротивления заземлителя несмотря на большую площадь контакта с землей. Например, при увеличении диаметра трубы длиной 3 м с 2 до 5 см ее сопротивление в однородном грунте с сопротивлением 100 Ом·м уменьшается лишь на 15%. Это следует также из формулы, по которой рассчитывается сопротивление растеканию традиционных вертикальных электродов: изменение диаметра мало влияет на сопротивление растеканию, т.к. значение диаметра входит в расчет под знаком логарифма. Увеличение же длины трубы, например, с 1 до 3 м при диаметре 5 см приводит к уменьшению сопротивления растеканию почти в 2,5 раза.

В 1940–1950-х гг. для большей эффективности контура заземления и сокращения его площади были предложены такие решения, как глубинные заземлители, устанавливаемые в предварительно пробуренные скважины глубиной свыше 10 м, и горизонтальные протяженные заземлители, укладываемые в траншеях. Использование таких способов

стало популярным в особенности при строительстве ПС или ВЛ на изолирующих основаниях, таких как вечная мерзлота, скальный грунт, сухой песок и т.п. Рассмотрим эти способы заземления немного подробнее.

ГЛУБИННЫЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

В реальных условиях земля имеет многослойное строение, однако для практических расчетов принято представлять землю в виде двухслойной структуры. Во многих случаях удельное сопротивление нижнего слоя ниже сопротивления верхнего слоя, поэтому принято считать, что использование глубинных заземлителей приводит к существенной экономии средств, труда и материалов. Однако здесь имеется много подводных камней.

Одной из основных проблем является погрешность вычислений, которая возникает при переходе от многослойной модели грунтов к двухслойной. Особенно это проявляется при проектировании электроустановок в районах Крайнего Севера. Известно, что геоэлектрическая структура вечномёрзлых грунтов не имеет четкой горизонтальной границы, что существенно влияет на результаты проектных изысканий и замеров со-

противления грунта. Исследования показывают, что погрешность между расчетными значениями сопротивления и фактическими может достигать 60%. В результате заказчик, будучи уверенным в достоверности представленной информации, в реальности получает значительные расходы при реализации проекта. Другой проблемой является то, что зависимость длины заземлителя от его электрического сопротивления в грунте также является не прямой, а логарифмической. На графике можно увидеть, что изменение сопротивления заземлителя не так значительно при увеличении его длины более 6 м, одновременно с этим существенно возрастают и трудозатраты на монтаж контура заземления.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ПРОТЯЖЕННЫЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

Вертикальные, особенно глубинные, заземлители могут обеспечивать хорошую проводимость за счет контакта с нижними слоями грунта, часто имеющими высокую проводимость. Однако во многих случаях сопротивление грунта в поверхностных слоях невелико, и при этом оказывается рациональным применение горизонтальных заземлителей, особенно

если нижние слои грунта обладают увеличенным сопротивлением.

В других случаях горизонтальные заземлители необходимы из-за отсутствия механизмов для монтажа вертикальных электродов в скальных, гравийных и других грунтах. Если же скальный грунт закрыт слоем земли, то выполнение горизонтального или «лучевого» заземлителя может оказаться менее трудоемким и сравнительно более дешевым, чем монтаж вертикальных электродов.

Лучевые заземлители часто применяются для молниезащиты, где важна хорошая проводимость заземлителя в летнее время, а именно тогда ее может обеспечить горизонтальный заземлитель, проложенный в торфяном или другом хорошо проводящем талом верхнем слое земли. То же относится и к сезонным электроустановкам, работающим в летнее время.

ИМПУЛЬСНЫЕ ТОКИ

Не менее важной характеристикой любого искусственного заземлителя является способность быстрой нейтрализации импульсных токов, возникающих при грозовых разрядах. Для учета этого в формулу для расчета сопротивления заземлителя вводится дополнительно импульсный коэффициент. При значительных по величине импульсах тока в грунте вблизи заземлителя возникают настолько большие напряженности электрического поля, что в отдельных участках земли происходит частичный искровой пробой. Согласно исследованиям, искровой пробой в средних по проводимости грунтах возникает при напряженности электрического поля $E = 3 \text{ кВ/см}$. В случае возникновения искрового пробоя шунтируется переходное сопротивление прилегающих участков грунта и уменьшается общее сопротивление заземления. Это явление приводит как бы к увеличению размеров заземлителя по сечению и уменьшению удельного сопротивления грунта. На практике более эффективными к воздействию импульсных токов являются короткие заземлители с большим поперечным сечением, чем протяженные заземлители из полосовой или круглой стали с минимально возможным сечением.

Кроме вышесказанного, любые заземлители из черной углеродистой стали, находясь в земле, подверга-



ются коррозии, причем в особо неблагоприятных условиях находятся заземлители рабочего заземления, через которые проходят рабочие токи постоянного направления. Часто срок службы может оказаться очень малым (3–8 лет). Опыт показывает, что целесообразно строить заземляющее устройство так, чтобы заземление работало без замены электродов не менее 15 лет. Это может быть достигнуто с помощью использования электролитического заземления, срок службы которого – более 30 лет.

Значительного увеличения срока службы заземлителей можно достичь, если использовать в качестве прослойки между основным грунтом и металлом электрода минеральный активатор грунта типа МАГ-2000. Исследования показывают, что в этом случае при стекании электрического тока с электрода в грунт процесс разрушения электрода от электролитической коррозии резко замедляется.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технические требования к заземлению, регламентированные в главе 1.7 ПУЭ, не могут с достаточной степенью точности учесть все региональные сезонные геоэлектрические и климатические изменения, особенности прокладки заземлителей или рельеф местности. Учитывая большие геометрические размеры протяженных заземлителей, выбор точных моделей грунтовых структур для них в принципе невозможен. Тра-

диционные модели грунтов в районах со сложными грунтовыми условиями приводят к значительным погрешностям и невозможности сопоставления расчетных и измеренных величин.

В случае с химическими электродами при использовании их совместно с активатором либо без него такая проблема попросту отсутствует, т.к. нет необходимости оценивать погрешность исходной информации за счет их небольшой длины. Расчет же параметров заземлителей носит оценочный характер, и его цель – указать наиболее опасные места появления недопустимых значений напряжений прикосновений, которые в дальнейшем следует проверить практическими измерениями. То же можно отнести и к высокой способности электролитического заземления нейтрализовать импульсные токи, возникающие при грозовых разрядах.



ООО «Бипрон»
141591, Московская обл.,
Солнечногорский р-н,
дер. Соколово
Тел./факс: +7 (495) 988-19-16
e-mail: market@bipron.com
www.bipron.com