

Типы применяемых заземлителей

Заземлитель представляет собой совокупность соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей и используемых в целях безопасности (защитное заземление), обеспечения нормальной работы электроустановок (рабочее заземление) и отвода в землю токов молнии или ограничения грозовых перенапряжений (заземление молниезащиты).

Заземлитель характеризуется следующими основными параметрами:

1. Минимальное сопротивление растеканию электрического тока.
2. Минимальное значение соотношения «цена/долговечность».

В свою очередь, первый параметр определяется следующими факторами:

- токопроводящими свойствами материала заземлителя, контактирующего с грунтом;
- площадью поверхности контакта заземлителя с грунтом;
- токопроводящими свойствами грунта, в который погружен заземлитель, характеризуемыми его удельным сопротивлением.

Важнейшим положением действующего с 1 марта стандарта ГОСТ 30331.10-2001 (МЭК 364-5-54-80) «Заземляющие устройства и защитные проводники», является следующее:

«Заземляющие устройства должны быть выбраны и смонтированы таким образом, чтобы значение сопротивления растеканию заземляющего устройства соответствовало требованиям обеспечения защиты и работы установки в течение периода эксплуатации».

Для достижения этого положения «материал и конструкция заземлителей должны быть устойчивыми к коррозии».

Материал заземлителей

Использование обычного проката черных металлов для устройства заземления приводит к быстрому (5 - 7 лет) возрастанию сопротивления заземлителя из-за непрерывного процесса коррозии стали в грунте. Дело в том, что продукты коррозии имеют рыхлую структуру и объем, в 3,5 раза превышающий первоначальный объем самой стали. Таким образом, возрастанию сопротивления заземлителя способствуют по меньшей мере два фактора:

- на поверхности стального элемента появляется рыхлая оболочка, снижающая контакт его с грунтом;
- давление, возникающее при увеличении в объеме продуктов коррозии железа, оттесняет грунт, окружающий заземлитель.

Поэтому такие заземлители недолговечны. Они не могут обеспечить защиту и нормальную работу установки в течение всего периода ее эксплуатации. В дальнейшем требуется их ремонт, равносильный устройству нового заземления.

При этом, естественно, нарушаются, а затем снова восстанавливаются уже сложившиеся элементы инфраструктуры и благоустройства территории.

В современных международных нормах заземлители из черных металлов вообще не рассматриваются.

В мировой практике для предотвращения коррозии в грунте используют либо нержавеющей материалы, либо эффективные токопроводящие, устойчивые к коррозии покрытия, покрывающие черные металлы, что предпочтительнее с точки зрения уменьшения соотношения «цена/долговечность».

При этом выявились два допустимых типа токопроводящих покрытий: медное, достигаемое нанесением электролитическим методом или цинковое, получаемое методом горячего оцинкования. Толщина покрытия составляет – в случае медного покрытия – 0,250 мм, а цинкового покрытия – 0,080 мм.

Широкое распространение в мире получили омедненные стальные заземлители. Медь в качестве электропроводящего покрытия стальных заземлителей пригодна для использования в большинстве случаев. Исключения составляют кислые грунтовые условия, а так же присутствие в грунтах нитратов и сульфатов. Необходимо также помнить о том, что соединение электродов, покрытых медью, с железосодержащими изделиями приводит к гальваническому повреждению последних.

Кроме этого, применение омедненных заземлителей ограничено для заземления оборудования, работающего в схемах с катодной защитой (например, стальные трубопроводы различного назначения).), ввиду собственного большого положительного потенциала меди, искажающего необходимый отрицательный потенциал катодной защиты, создаваемый внешним источником тока. Так, специалисты проектного института «Гипроспецгаз», Санкт-Петербург, разрабатывающие газотранспортные системы для российской компании «Газпром», категорически возражают против применения омедненных заземлителей для заземления оборудования, находящегося в контакте с трубой газопровода. Для этих целей институтом рекомендовано покрытие на основе цинка. Заземлители с цинковым покрытием, полученным например, горячим оцинкованием, не имеют подобных ограничений.

Применение стержней заземления с защитным цинковым покрытием согласуется со всеми действующими нормами (Таблица 1).

Таблица 1.
Требования норм по защите от коррозии

ПУЭ, 6-е изд. 2001 г.	ПУЭ, 7-е изд. 2002 г.	Стандарт МЭК IEC 61024-1
Сталь черная Сталь оцинк.	Сталь черная Сталь оцинк. Медь	- Сталь оцинк. Сталь омедн.

Заземлители из элементов с покрытием не только более долговечны и, как правило, обеспечивают жизнеспособность заземлителей в течение всего срока эксплуатации установки. Они также более эффективны в сравнении с обычным прокатом черных металлов. Их эффективность обусловлена повышенными электропроводящими свойствами применяемых покрытий.

Ввиду имеющего место эффекта распространения тока преимущественно по поверхности проводника, создание на его поверхности более электропроводящего слоя по сравнению с основным материалом проводника приведет к увеличению его электропроводности в целом. Так, нанесение медного или цинкового покрытий, имеющих большую электропроводность (меньшее удельное сопротивление) в сравнении со сталью, может увеличить проводимость стального стержня заземления, по нашим экспериментальным данным, в 5... 6 раз.

Это обстоятельство приводит к уменьшению сопротивления растеканию электрического тока заземлителя, что позволяет сократить число заземляющих электродов для достижения заданного значения сопротивления.

Виды заземлителей

Сопротивление грунтов имеет решающее значение при выборе способа устройства заземления.

Влияние на сопротивление грунтов оказывают:

Физический состав – в зависимости от вида грунтов сопротивление колеблется от нескольких до нескольких тысяч омометров (Ом м).

Влажность - повышенное содержание влажности в грунте может значительно снизить его сопротивление. Поэтому, с этой точки зрения, заземлитель должен быть установлен на достаточно большой глубине – на уровне грунтовых вод или уровне стабильной влажности.

Температура – изменение температуры грунтов оказывает влияние на их сопротивление. С понижением температуры грунта его удельное сопротивление возрастает. Чтобы избежать влияния температуры на сопротивление заземлителя его так же следует располагать на достаточно большой глубине.

Для достижения минимального сопротивления растеканию электрического тока наиболее эффективны более плотные и водонасыщенные слои, залегающие преимущественно ниже 10...15-ти метровых отметок. Поэтому более предпочтительным является применение глубинных заземлителей. Они создаются индустриальным способом и позволяют достичь заданное значение сопротивления при минимальном числе точек погружения, сохраняя это сопротивление стабильным в течение всего срока эксплуатации вне зависимости от сезонных влажностных и температурных колебаний.

Применяемые же еще часто традиционные методы заземления, например, забивка электродов из проката черных металлов на глубину 3 – 5 м (назовем их поверхностными) малоэффективны, нетехнологичны и связаны со значительными материальными и трудовыми затратами, вследствие большого числа точек погружения, необходимого для получения заданного сопротивления заземления.

В полной мере требованиям международных стандартов отвечают представленные на белорусском рынке заземлители предприятий-производителей Galmar (Польша), выпускающего омедненные стержни заземления и Betterman (Германия), поставляющего горячеоцинкованные заземлители.

Наибольшее распространение получили составные заземлители Galmar, состоящие из стальных омедненных стержней, последовательно наращиваемых один на другой посредством соединительных муфт с возможностью погружения на глубину порядка 20 м.

Впервые в Беларуси стержни заземления Galmar были использованы предприятием "ИГУР" по требованию заказчика при устройстве заземления Минского горуправления Белпромстройбанка. Затем – при заземлении диагностического оборудования (ядерно-магнитный резонатор и компьютерный томограф) Минской 7-й городской больницы. Здесь было выполнено два контура заземления сопротивлением по 2 Ом каждый.

Разработанный предприятием «ИГУР» заземлитель конструктивно схож с заземлителем Galmar, однако вместо медного покрытия используется цинковое покрытие, получаемое методом горячего оцинкования.

Вертикальный составной заземлитель

Заземлитель представляет собой стальной омедненный или оцинкованный стержень длиной 1,5 м и диаметром 14 - 16 мм. Стальной стержень обладает высокой устойчивостью к растяжению, что обеспечивает его погружение на большую глубину с помощью специального виброударного инструмента.

На концах стержня имеется резьба длиной 30 мм, позволяющая посредством соединительных муфт наращивать заземлитель в глубину, обеспечивая минимально возможное сопротивление растеканию тока.

Общий вид вертикального составного заземлителя

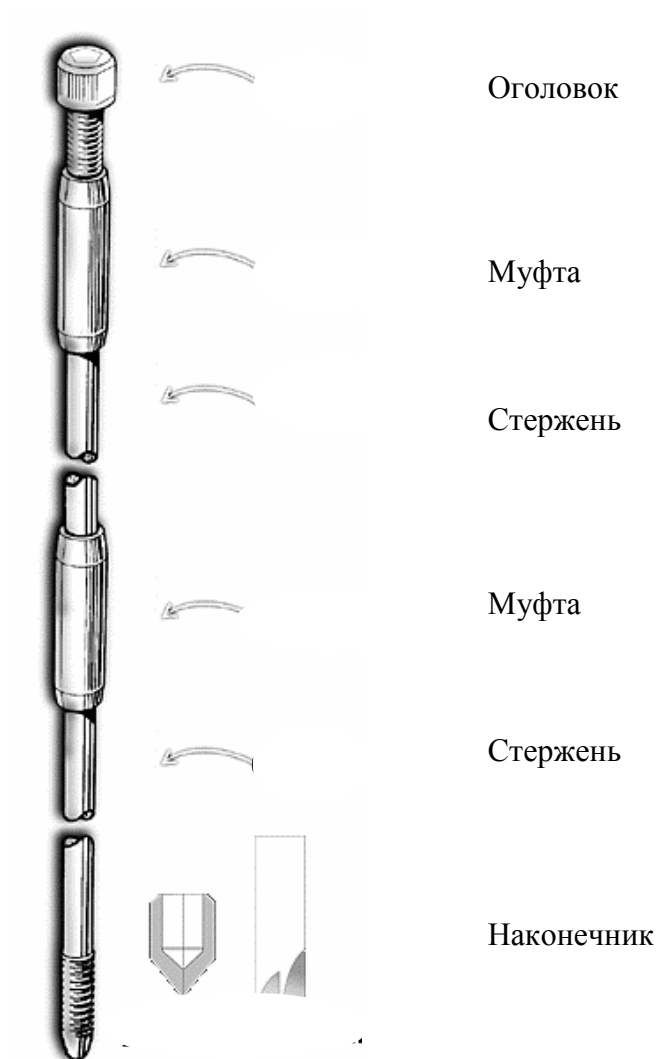


Рис. 1

Характеристика отдельных элементов заземлителей.

Муфта



Рис. 2

Соединение стержней обеспечивается с помощью муфты, изготовленной из латуни, устойчивой к грунтовой коррозии. Муфта выполнена так, чтобы стержни встречались на ее середине, а силы, возникающие во время погружения, передавались со стержня на стержень, а не через муфту. Кроме того, муфта предохраняет от коррозии резьбовые соединения стержней. Так, в начале резьбы в муфте устроены уплотняющие выступы таким образом, чтобы резьба на стержне пряталась в муфту, обеспечивая непроницаемость соединения для агрессивной среды. Дополнительно при монтаже используется специальная токопроводящая смазка, заполняющая все соединение, уменьшая его переходное сопротивление.

Имея больший диаметр по сравнению с диаметром стержня, муфта принимает на себя основную истирающую нагрузку от грунта во время погружения, сохраняя от повреждения защитное покрытие стержней. Кроме того, благодаря муфте значительно снижается поверхность бокового трения на сами стержни, что обеспечивает их погружение на большую глубину.

Способ соединения стержней с помощью подобных муфт является наиболее стойкой конструкцией против сил, возникающих во время погружения.

Другие конструкции соединения стержней между собой (вкручивание или вбивание одного стержня в другой) не обеспечивают стойкость соединения в процессе погружения на большую глубину.

Так, в конструкции соединения: «стержни, вбиваемые один в другой» (рис. 3),

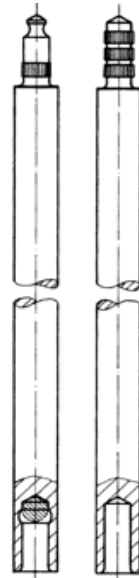


Рис. 3

предусмотрено жесткое (в натяг) соединение стержней. Стремление конструкторов обеспечить жесткий контакт между стержнями оборачивается серьезными проблемами во время погружения их на большую глубину. Во-первых, при погружении, сопровождаемом ударными динамическими воздействиями, один стержень распирает тонкие стенки другого, что приводит к слишком большому люфту в соединении и отсутствию непрерывного электроконтакта между стержнями. Во-вторых, погружение заземлителей на большую глубину в столь не однородной среде как грунт, практически всегда приводит к изгибу всего составного вертикального электрода, что неизбежно вызовет большие механические напряжения в элементах с уменьшенными сечениями, их искривление вплоть до разрушения, что можно наблюдать на рисунке 4, где показан внешний вид окончания стержня заземления после изъятия из грунта.

Оптимальная глубина погружения подобных заземлителей – не более 6 м.



Рис. 4

Оголовок

Выполнен из закаленной стали. Наворачивается на стержень через муфту. Позволяет использовать для погружения стержней виброударный инструмент, воспринимая основную ударную нагрузку. Его размеры подобраны таким образом, чтобы силы, действующие во время погружения, передавались с оголовка на стержень, а не через муфту.

Стальной наконечник

Наворачивается на первый погружаемый стержень и служит для облегчения погружения заземлителей в твердых грунтах.

Совокупность соединенных стержней образуют вертикальный электрод заземления. При необходимости электродов заземления может быть несколько. Располагать их следует на расстоянии, не меньшем глубины погружения. В реальных условиях при ограниченном пространстве для размещения электродов, как исключение, расстояние между ними может быть уменьшено, однако это приведет к перерасходу элементов заземлителя для достижения заданного сопротивления.

Отдельные электроды соединяются между собой и с заземляющим проводником с помощью горизонтальных круглых или плоских проводников посредством болтовых крестовых зажимов (см. *Рис. 5*) по ГОСТ 30331.10-2001, обеспечивающих электрический контакт, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 10434.

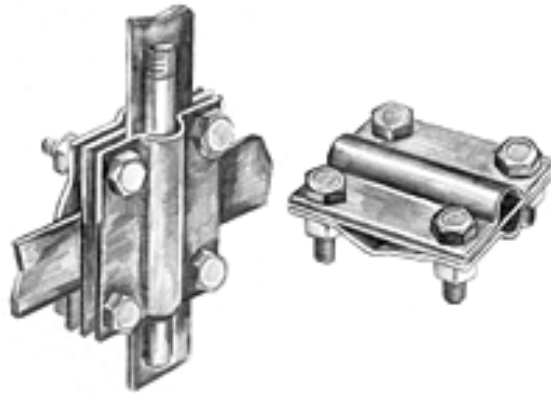


Рис. 5

В качестве плоского проводника применяется стальная полоса, оцинкованная горячим способом. Зажим может быть изготовлен из меди с латунной прокладкой, исключающей возникновение контактной коррозии между медью и цинком. В случае применения оцинкованных заземлителей используются сварка с последующей обработкой места сварки цинком в аэрозоли, либо оцинкованные зажимы.

Как отмечалось выше, важнейшим свойством заземлителей, имеющих более токопроводящий поверхностный слой и способных погружаться на значительную глубину, является возможность достижения заданного сопротивления заземления меньшим числом электродов на ограниченной площади.

Чтобы добиться того же сопротивления заземления при использовании коротких вертикальных заземлителей длиной 3 – 5 м (поверхностных), необходимо занять обширную площадь.

В условиях городской застройки глубинное заземление устраняет дополнительные затраты, связанные с демонтажом и восстановлением дорожного покрытия, тротуарной плитки и других элементов благоустройства.

Так, во время освоения технологии глубинного заземления в Республике Беларусь на ряде объектов была достигнута существенная экономия средств по сравнению с традиционными способами устройства заземления. Например, при устройстве контура заземления головной коммутационной станции СП ООО «МТС» (мобильные телесистемы) в г. Минске для достижения требуемого значения сопротивления 4 Ом, исходя из характеристик поверхностных слоев грунта, проектом было предусмотрено погружение 51 электрода глубиной 5 м. При этом поле заземления накладывалось на благоустроенную территорию, прилегающую к зданию станции, действующий фонтан и проезжую часть проспекта Ф. Скорины (ныне проспект Независимости) (рис. 6).

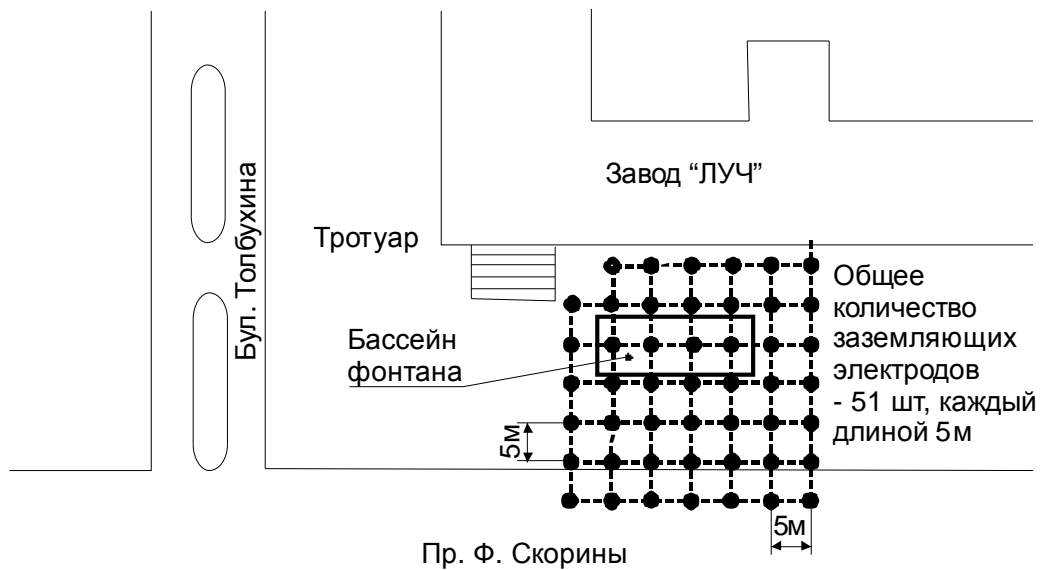


Рис. 6

С целью уменьшения затрат проектное решение было заменено на составной глубинный заземлитель.

При устройстве глубинного заземления фактически понадобилось три вертикальных электрода глубиной 21 м за счет использования благоприятных токоотводящих слоев грунтов, залегающих на большой глубине (рис. 7). Работы по устройству заземления были выполнены в зеленой зоне, прилегающей к зданию. Удалось полностью избежать затрат, связанных с демонтажом и восстановлением элементов благоустройства и проезжей части.

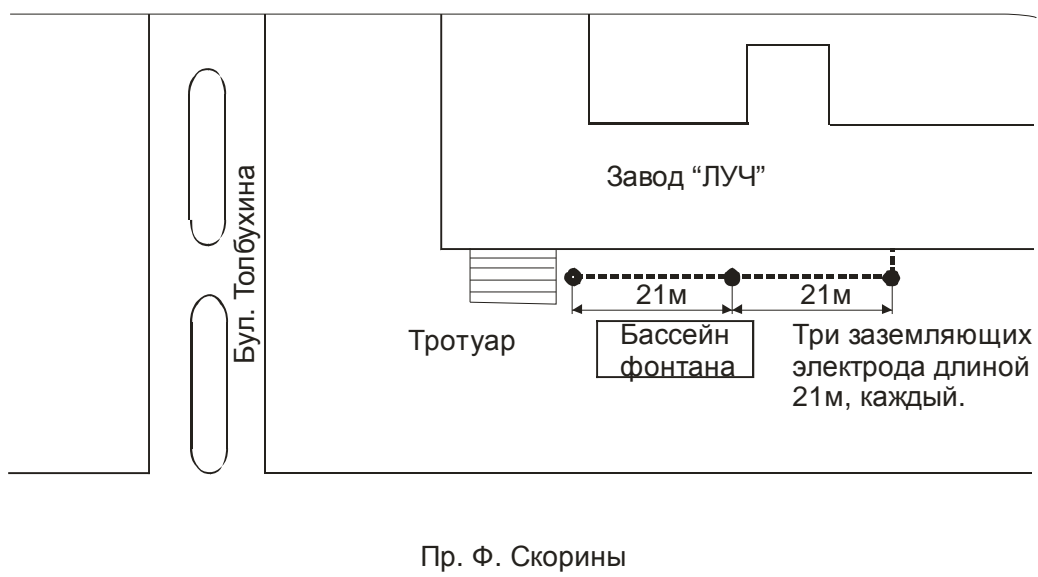


Рис. 7