

УДК 621.3

Конструктивное исполнение элементов заземления зданий и сооружений

Дюров В.В.

Научный руководитель – ст. препод. ГАПАНЮК С.Г.

Различают молниезащитное, рабочее и защитное заземление. Молниезащитное заземление применяется для того, чтобы ток молнии, перекрывший изоляцию воздушной линии, отводился в землю через заземлители опор. Рабочее заземление обеспечивает нормальные условия работы электроустановок. Рабочее заземление предназначено для заземления отдельных частей установки, необходимое для эффективной работы. Задачей защитного заземления является защита от поражения током при повреждении изоляции. Таким образом, защитное заземление предотвращает появление опасного напряжения на тех металлических конструкциях, где его не ждут, но оно может появиться. На трансформаторных подстанциях функции молниезащитного, рабочего и защитного (с точки зрения техники безопасности) выполняет единое заземление. Поэтому оно должно быть выполнено так, чтобы избежать возможных обратных перекрытий изоляции и излишней работы релейной защиты при несоблюдении требований по магнитной совместимости.

Заземлители подразделяются на естественные: арматура фундаментов зданий, опор, трубопроводы, броня и оболочки кабелей, рельсовые пути и искусственные (специально закладываемые металлические конструкции).

Важными материалами искусственного заземлителя параметрами являются удельное электрическое сопротивление проводника (чем ниже сопротивление, тем эффективнее устройство), приемлемая цена и достаточная долговечность. Это значит, что материал должен обладать не только хорошей проводимостью, но и быть коррозионностойким. В таблице 7.13 [1] приведены минимальные размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле. Помимо этого, нормативные данные для выбора, расчета и монтажа системы заземления указаны в СТБ П ИЕС 62305-3-2006/2010 «Защита от атмосферного электричества. Часть 3. Физические повреждения зданий, сооружений и опасность для жизни».

При выборе материала искусственных заземлителей следует учитывать следующие параметры:

- рН грунта;
- уровень концентрации микроорганизмов и минеральных солей в почве;
- сопротивление заземлителя;
- срок эксплуатации системы заземления;
- площадь поверхности контакта заземлителя с грунтом (диаметр стержня).

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 не рассматриваются.

На сегодняшний день для исключения разрушения заземлителя используют медные проводники, нержавеющие материалы или токопроводящие коррозионностойкие покрытия,

нанесенные на черную сталь. Последний вариант является более дешевым и при этом весьма эффективным, поскольку переменный электрический ток растекается преимущественно по поверхности проводника. Нанесение на поверхность черного металла слоя с большей электропроводностью уменьшает сопротивление растеканию тока во всем проводнике. Например, покрытие черного металла цинком или медью, может увеличить проводниковые свойства стального заземляющего устройства до 6 раз.

1. Заземлители из нержавеющей стали.

Нержавеющая сталь имеет более высокое сопротивление окислению во многих естественных и искусственных средах по сравнению с «черной» сталью. Повышенное сопротивление окислению на открытом воздухе и в почве достигается, когда в сталь добавляют более 12% хрома. К минусам использования нержавеющей стали относится ее высокое удельное сопротивление ($0,1400 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$) по сравнению с чистой медью. Тем не менее, цена на нержавеющую сталь несравнимо ниже цены чистой электротехнической меди, а устойчивость к коррозии выше. Гарантийный срок эксплуатации системы из нержавеющей стали – 50 лет, фактический срок эксплуатации может превышать 100 лет, но всегда будет зависеть от конкретных условий среды, в которой она эксплуатируется.

2. Заземлители из оцинкованной стали.

Широкое распространение получило применение **оцинкованной стали**, которая является более дешевым материалом, чем нержавеющая сталь. Цинк обладает достаточно низким удельным сопротивлением ($0,059 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$). В паре цинк-сталь цинк является более электрохимически активным материалом, следовательно, начинает разрушаться раньше, чем стальная основа. При введении оцинкованного заземлителя в агрессивную среду, цинк будет постепенно растворяться, защищая черную сталь от коррозии. И даже глубокие царапины, образование которых возможно на поверхности электрода в процессе монтажа, не могут привести к быстрому появлению ржавчины. Срок службы данного изделия напрямую зависит от среды эксплуатации и составляет более 30 лет. Для увеличения срока эксплуатации систему заземления из оцинкованной стали производитель рекомендует применять в кислых и нейтральных средах с pH от 5 до 7 соответственно.

3. Омедненные заземлители.

Медь – цветной металл, главными отличительными характеристиками которого являются высокая электропроводимость, пластичность, коррозионная стойкость, хорошая обрабатываемость. Данный металл обладает очень низким удельным сопротивлением. Оно составляет всего $0,0175 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$. Единственными недостатками меди являются ее относительно высокая цена и низкая прочность по сравнению со сталью. Полностью медные стержни достаточно легко гнутся при погружении их в грунт. Для избежания этих проблем и увеличения его срока службы готового изделия, применяют медь в качестве высокопроводящего покрытия. Омедненная сталь получила широкое распространение на практике, как материал для изготовления заземлителей. Срок службы омедненной стали в качестве заземлителя превышает 35 лет.

Присутствие в нормах одновременно и оцинкованных, и омедненных стержней заземления не случайно и обусловлено возможностью выбора тех или иных материалов для разных геологических условий. Так, в стандарте СТБ П ИЕС 62305-3-2006/2010 отмечается, что медь не рекомендуется к использованию в кислых условиях из-за ее низкой коррозионной стойкости. Известно, что кислая среда характеризуется значением водородного показателя $\text{pH} \leq 7$. В этих грунтовых условиях в качестве покрытия стержней заземления необходимо выбирать цинк. По данным «Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по земледелию» в целом по республике средневзвешенное значение pH пахотных земель составляет 5,9 единиц. Кислые, слабокислые и близкие к нейтральным почвы со значением $\text{pH} \leq 7$ составляют 98,3%. **Следовательно, для грунтовых условий Беларуси необходимо применение оцинкованных заземлителей. Использование медных (омедненных) заземлителей недопустимо[2].**

4. Электролитическое заземление

В грунтах с большим удельным сопротивлением достаточно проблематично достичь необходимого значения сопротивления заземлителя. В связи с этим внедряется электролитическое заземление, которое предназначено для использования в вечномерзлых, каменистых или песчаных грунтах, имеющих высокое удельное сопротивление (от 300-500 Ом·м), без применения специальной техники и насыпного грунта. Также на объектах, где по каким-то причинам невозможен монтаж заземляющих электродов на глубину более 1 м, т.к. использование простых металлических электродов неэффективно из-за необходимости применять большое кол-во таких заземлителей (до 100). Достоинства применения электролитического заземления:

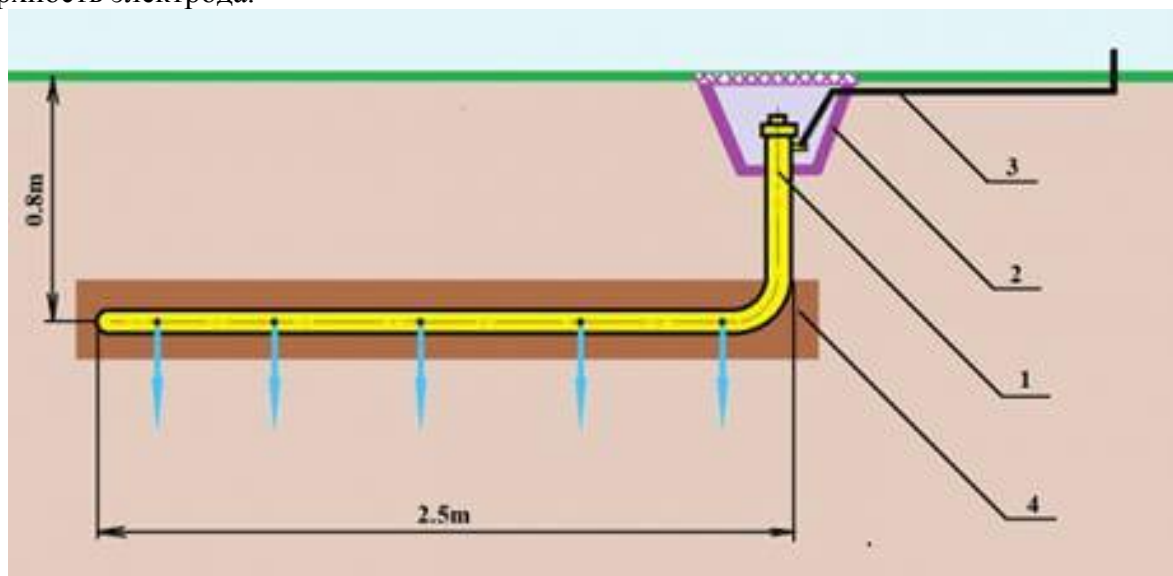
1. Электрод электролитического заземления обеспечивает сопротивление заземления до 12 раз меньше, чем обычный стальной электрод таких же размеров;

2. Специальная смесь минеральных солей не вызывает ускорения коррозии электрода, не превращается в электролит сразу всем объемом при повышенной влажности грунта (актуально в весенний период), что делает процесс выщелачивания равномерным и постоянным. Это способствует не просто сохранению концентрации электролита в грунте, а ее увеличению со временем, что способствует дополнительному уменьшению сопротивления заземления;

3. Срок службы такого электрода составляет не менее 50 лет;

4. Малая глубина монтажа электролитического заземления (0,7 м) делает такой заземлитель широко применимым.

Принцип действия электролитического заземлителя (рис. 1) заключается в следующем. Главный элемент электролитического заземления - полый электрод (труба) L-образной формы с перфорацией в горизонтальной части и заполненный специальной смесью минеральных солей. Эта смесь впитывает воду из окружающей среды, превращаясь в электролит, после чего проникает в грунт, повышая его электропроводность и понижая температуру замерзания. Обмен жидкостями осуществляется через перфорированную поверхность электрода.



1 – перфорированный электрод, заполненный электролитом; 2 – колодец для обслуживания; 3 – провод заземления; 4 – околоэлектродный заполнитель

Рисунок 1 – Электролитическое заземление

Обслуживание электрода состоит в периодическом (раз в несколько лет) открытии крышки электрода и визуальном определении количества солевой смеси внутри него. Если смесь полностью превратилась в электролит, то электрод заправляется: в него засыпается новый объем солей. Заправки электрода достаточно на минимальный срок службы – 10 лет.

Поэтому первый осмотр рекомендуется проводить не ранее этого срока. Следует учитывать, что из-за уменьшения температуры замерзания грунта около электрода образуется зона талика, которая может представлять опасность для фундамента рядом стоящего здания или дорожного покрытия. Зона талика на поверхности грунта представляет собой овал размером около 3 x 6 метров. В ходе проектных работ необходимо учитывать эту особенность и отдалять электроды от объектов, которые могут быть повреждены[3].

Литература

1. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учёт электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний = Электраўстаноўкі на напружанне да 750 кВ. Лініі электраперадачы паветраныя і токаправоды, прылады размеркавальныя і трансфарматарныя падстанцыі, устаноўкі электрасілавыя і акумулятарныя, электраўстаноўкі жылых і грамадскіх будынкаў. Правілы ўстройства і ахоўныя меры электрабяспекі. Улік электраэнергіі. Нормы прыёма-здатачных выпрабаванняў: ТКП 339-2011 (02230). – Взамен ПУЭ-6; введ. 23.08.2011. – Минск: Минэнерго, 2011. – 600 с.

2. Власов, А.А. Анализ эффективности использования искусственных заземлителей с применением различных материалов / А.А. Власов; науч. рук. С.Г. Гапанюк // Актуальные проблемы энергетики 2017 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет; сост. И.Н. Прокопеня, Т.А. Петровская; редак., комп. дизайн И.Н. Прокопеня. - Электрон. дан. - Минск: БНТУ, 2018. - С. 85-88.

3. Базелян, Э.М. Вопросы практической молниезащиты / Э.М. Базелян. – М. : ИМАГ, 2015. – 208 с.