

## Модульно-стержневое заземление опор ВЛ 0,4–110 кВ

Заземление ВЛ должно решать несколько задач: защищать людей при обрыве провода и других повреждениях на линии, повышать ее грозоупорность, обеспечивать надежную работу систем РЗА и безопасную эксплуатацию оборудования, размещенного на опорах [1]. Таким образом, заземляющее устройство (ЗУ), которое создается при сооружении ВЛ, – многофункциональная система, сопротивление которой растеканию тока в грунте должно соответствовать требованиям [1, 2] в течение десятков лет в любое время года при самых неблагоприятных условиях. Во многих случаях наиболее целесообразным вариантом становится ЗУ на базе модульно-стержневых заземлителей.

### Технологичная конструкция

Современные системы заземления с точки зрения конструкции и технологии монтажа проще, удобнее и менее затратны, чем традиционные конструкции на основе уголков или труб из черной стали. Всё чаще как при строительстве ВЛ, так и при модернизации и замене ЗУ в рамках ремонтных программ используются вертикальные электроды из наращиваемых стержней, которые с помощью втулок последовательно соединяются и погружаются с помощью отбойного молотка на необходимую и возможную по грунтовым условиям глубину – вплоть до 35 м. Такие модульно-стержневые системы заземления, изначально разработанные компанией ERICO (США), сегодня применяются во всем мире [3, 4].

ЗУ, погруженное в глубокие слои грунта – хорошо увлажненные, малопроницаемые для воздуха, без перепадов температуры – имеет наименьшее возможное, стабильное в любое время года сопротивление растеканию тока. Благодаря большой длине и соответственно глубине погружения обеспечивается максимальная площадь контакта вертикального электрода с грунтом.

Система заземления «ШИП» состоит из защищенных от коррозии стальных стержней диаметром 16 мм, длиной 1,5 или 1,2 м, переходных втулок с резьбой, обеспечивающих надежный электрический контакт стержней, конусного наконечника, облегчающего погружение электрода в грунт, и удароприемной головки. Заземлители и втулки «ШИП» прошли комплексные испытания на соответствие требованиям ГОСТ Р МЭК 62561.2-2014 [5] и рассчитаны на эксплуатацию в течение более 30 лет.

Глубинное модульно-стержневое заземление – технологичная, гибкая в использовании система, что особенно существенно, когда производство работ по заземлению опор ВЛ традиционными методами, с использованием землеройной техники на территориях, ограниченных по площади и насыщенных инженерными коммуникациями затруднено. Например, с использованием комплектов «ШИП» в одном из районов Карельского перешейка в неоднородном грунте с валунами на ограниченной площади 2 человека менее чем за 4 часа смонтировали ЗУ из двух электродов глубиной 8 и 12 м. При этом, согласно ТП 3602 [6] для сооружения 10-метровых заземлителей потребовалось бы проводить буровые работы.

### Защита от коррозии

Современные международные стандарты не рассматривают черные металлы как материал для заземляющих электродов, так как их применение экономически не оправдывает себя: они недолговечны и ненадежны. В результате постоянной коррозии на электроде нарастает рыхлая окисная оболочка, уменьшающая его контакт с грунтом, в результате чего его сопротивление быстро, за 5–7 лет, повышается.

Защиту стальных элементов ЗУ от коррозии обеспечивает покрытие, содержащее медь или цинк. Так, на стержнях и соединительных втулках «ШИП» с помощью термодиффузионного цинкования (ТДЦ) образуется равномерный защитный слой толщиной до 100 мкм со средней твердостью 4500 кг/мм<sup>2</sup>.

Суть метода состоит в том, что в среде, насыщенной порошкообразным цинком, под действием высокой температуры атомы цинка переходят в фазу пара и проникают в поверхность стального изделия. При этом образуется железоцинковый сплав (требования к качеству покрытия

установлены ГОСТ Р 9.316-2006 [7]). Благодаря ему коррозионная стойкость изделий составляет до 1500 часов в камере соляного тумана, а срок их службы даже в промышленной среде в 10–15 раз выше, чем у черных металлов и в 1,5–2 раза выше, чем у изделий после горячего цинкования.

ТДЦ-покрытие – это ровный слой, точно соответствующий профилю поверхности детали, включая резьбу, что обеспечивает прочное резьбовое соединение стержней при создании модульного электрода. Благодаря ему и применение герметизирующих технологий система заземления «ШИП» менее подвержена воздействию блуждающих токов, чем традиционные системы, и прослужит значительно дольше.

Принципиально важный момент для глубинных вертикальных заземлителей, которые с усилием забиваются в грунт, – прочность покрытия: снять его с детали можно только химическим травлением. Даже механическое воздействие не нарушает его целостность, не вызывает отслаивания и растрескивания. Кроме того, 2–3% алюминия, которые есть в составе, повышают стойкость деталей к воздействию кислотной или щелочной среды.

Важно также, что при сварке деталей ТДЦ-покрытие в зоне сварочного шва не выгорает и примыкает встык к сварочному шву.

Нужно также учитывать, что в отличие от стального стержня с цинковым покрытием, стержень с медным покрытием при нарушении целостности защитного слоя до стали разрушится за несколько лет, так как в месте повреждения начнется электрохимическая коррозия.

### **Опыт применения**

Системы глубинного модульно-стержневого заземления «ШИП» эксплуатируются на многих энергообъектах, включая линии электропередачи и подстанции. В хозяйстве электросетевых предприятий ПАО «Россети» эти ЗУ используются с 2016 г. Сегодня они установлены в разных регионах страны – от Калининграда до Дальнего Востока, кардинально отличающихся друг от друга по удельному сопротивлению грунтов и климатическими условиями.

Например, комплекты «ШИП-12» используются для заземления опор ВЛ 110–330 кВ «Янтарьэнерго» («Россети Янтарь»). Первые ЗУ, выполненные по этой технологии, появились здесь в 2020 г., а в настоящее время компания эксплуатирует уже несколько десятков таких устройств.

В Центральные электрические сети Хабаровских ЭС (АО «ДРСК») сооружение и эксплуатация ЗУ на базе комплектов «ШИП» показала, что технология удобна для использования на ТП 6–10 кВ и на опорах ЛЭП всех классов напряжения. При этом для сооружения ЗУ с нормативными значениями сопротивления требуется минимум трудозатрат и расходных материалов, не нужны земляные работы и спецтехника.

Опыт заземления высоковольтных опор в «Бурятэнерго» продемонстрировал низкие эксплуатационные затраты, удобство и технологичность монтажа, высокую скорость погружения вертикальных электродов при использовании модульно-стержневых заземлителей.

В «Тверьэнерго» также отметили преимущества монтажа: быстрое погружение модульно-стержневых электродов до достижения нормированного сопротивления растеканию тока при сокращении количества операций и исключении тяжелых физических работ. Энергокомпания рассматривает эту технологию как альтернативу традиционному способу заземления при планировании капитальных ремонтов ВЛ 35–110 кВ.

К аналогичным выводам пришли и специалисты МРСК Северо-Запада (ПАО «Россети Северо-Запад»). По заключению департамента технологического развития и инноваций, глубинное модульно-стержневое заземление «ШИП» позволяет добиться нужного сопротивления заземления даже в сложном грунте и независимо от сезонных колебаний.

Показательным стало применение глубинного заземления «ШИП» при ремонте ВЛ 110 кВ «Гомель–Индуктор», филиал «Россети ФСК ЕЭС» Новгородское ПМЭС. Для повышения грозоупорности линии, построенной в 1970-х гг., заземляющие устройства 41 опоры необходимо было усилить. Для этого использовались электроды «ШИП», которые забивались с помощью перфоратора на глубину от 15 до 24 м в грунт, удельное сопротивление которого на протяжении линии составляло от 500 до 2000 Ом\*м. Ремонтная программа была успешно выполнена в сжатые сроки силами 4 человек.

## **Выводы**

Применение глубинных модульно-штыревых заземлителей позволяет создать эффективное ЗУ при меньшем расходе металла и затрат на его доставку и при сокращении объема работ благодаря их технологичности и меньшему количеству устанавливаемых электродов. Высокая стойкость к коррозии увеличивает срок службы таких ЗУ до 30 лет и более, а возможность установки на глубину до 35 м обеспечивает внесезонное стабильное значение сопротивления. Заказчики отмечают также более низкую стоимость заземлителей «ШИП» по сравнению с сопоставимыми системами заземления.

Опыт электросетевых предприятий, входящих в ПАО «Россети», показал, что в различных климатических и грунтовых условиях глубинное модульно-штыревое заземление – рациональная альтернатива традиционному способу заземления опор ВЛ и других энергообъектов вертикальными электродами из углового проката.

## **Литература**

1. ГОСТ Р 58882-2020. Заземляющие устройства. Системы уравнивания потенциалов. Заземлители. Заземляющие проводники: Технические требования. М.: Стандартинформ, 2020.
2. Правила устройства электроустановок. 7-е изд.
3. Завистовский А. Стержневые системы заземления. Технология и рынок // Сети & бизнес. 2007. № 2(33).
4. Евдокимова О.Г. Анализ развития конструкций заземляющих устройств // Бюллетень результатов научных исследований. – СПб.: ПГУПС, 2012. – Вып. 2. – С. 50–58.
5. ГОСТ Р МЭК 62561.2-2014. Компоненты систем молниезащиты. Ч. 2. Требования к проводникам и заземляющим электродам
6. Заземляющие устройства опор ВЛ 35–750 кВ № 3602-тм: Типовой проект: Альбом I: Пояснительная записка и указания по проектированию. Л.: Энергосетьпроект, Северо-Западное отд., 1974.
7. ГОСТ Р 9.316-2006. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия термодиффузионные цинковые. Общие требования и методы контроля.