

УДК 621.316.99

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ, ПРИМЕНЕНИЕм НОВОГО МЕТОДА СНИЖЕНИЯ СЕЗОННЫХ КОЛЕБАНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Павлович*И.А., Барайшук**С.М., Скрипко***А.Н.

Аннотация

Показана возможность повышения надежности работы системы заземления. Проведен анализ зависимости удельного сопротивления грунта от влажности, на основе которого предложен состав для нормализации (уменьшения сезонности) удельного электрического сопротивления грунта. Проведен ряд натурных экспериментов по измерению значений сопротивлений заземляющих устройств экспериментальных контуров, после применения засыпки мест закладки элементов контура различными составами и внесением других типов грунтов и минералов.

Ключевые слова: сопротивление, контур заземления, гидрогель, графит, глубинный заземлитель, околоэлектродное пространство, коэффициент сезонности.

Введение

Для бесперебойной работы электроустановок необходимо надежное заземление, которое позволяет снизить риски поражения электрическим током обслуживающего персонала, а также защитить оборудование. Общеизвестно, что электрическое сопротивление контура заземления определяется множеством факторов, таких как пористость почвы, влажность почвы, глубина промерзания, содержание минеральных солей [1]. Эти параметры изменяются в течении года, поэтому для расчета контура заземления вводится так называемый коэффициент сезонности.

Целью данной работы является разработка метода снижения влияния сезонности на сопротивление заземляющих устройств.

Способы снижения коэффициента сезонности

Сопротивление растеканию тока заземляющего устройства зависит от типов грунта (песок, глина, известняк), размера и плотности частиц, влажности и температуры, а также химического состава грунта, наличия кислот, солей, щелочей в нем [1, 2]. Для сезонных влияний на удельное

* УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Республика Беларусь, г. Минск, e-mail: mrchesel20@gmail.com

** УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Республика Беларусь, г. Минск, e-mail: bear_s@rambler.ru

*** ООО "ТерраЦинк", Республика Беларусь, г. Минск, e-mail: skripko32@gmail.com

сопротивление грунта, в свою очередь, определяющими параметрами являются влажность и температура [3 - 4]. Можно сделать вывод, что повышение способности почвы удерживать воду с растворенными в ней минеральными веществами и солями в приэлектродном пространстве улучшает свойства заземляющего устройства.

Анализ, ранее исследованных зависимостей сопротивления почвы от влажности, описанных в частности в [5], хорошо согласуются с результатами полученными авторами и представленными на рисунке 1 и показывает, что стабилизация влажности грунта по величине 12-16 массовых процентов является оптимальной, дальнейшее увеличение влажности уже не приводит, к сколь либо значительному снижению сопротивления (рис. 1).

Одним из известных способов снижения влияния годовых изменений температуры на сопротивление ЗУ является применение глубинных заземлителей. К недостаткам данного метода можно отнести большую металлоемкость работ.

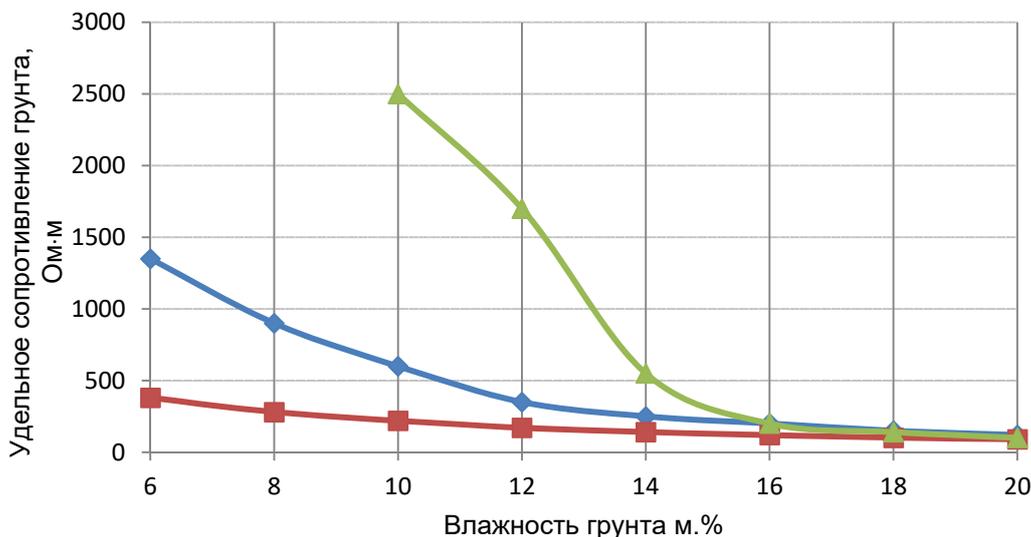


Рис. 1 – Зависимость удельного сопротивления растеканию тока различных грунтов от влажности, выраженной в массовых процентах.

Еще одним способом уменьшения сезонных колебаний сопротивления является использование электролитических электродов. Электролитический заземлитель представляет собой трубчатый электрод диаметром 50-110 мм и длиной от 3 м, изготовленный из нержавеющей стали с перфорацией на стенках. Электроды заполнены электролитом на основе минеральных солей [6–7]. Известные минеральные активаторы, выпускаемые в СНГ, представляют собой смесь ионообменной соли, модифицированной галогенидным активатором, и поверхностно-активного вещества. Недостатком таких заземлителей является использование в качестве электродного материала электродов из коррозионностойкой стали или цветных металлов [8]. Также этот способ способствует засолению

почвы и увеличению скорости разрушения металлоконструкций, находящихся в непосредственной близости от заземляющего устройства.

Экспериментальные исследования

В проводимых нами исследованиях была разработана грунтозаменяющая смесь на основе гидрогеля, бентонитовых глин, графита.

Использование гидрогелей обусловлено его способностью связывать воду в околоэлектродном пространстве, способствуя поддержанию стабильной влажности. Поддерживая одинаковую, в течение года, влажность почвы позволяет стабилизировать количество растворенных в почве минеральных солей, что положительно сказывается на сопротивлении растеканию электрического тока в почве.

На рисунке 2 приведены результаты измерений удельного сопротивления смеси грунта с гидролизированным полиакрилонитрилом в различных пропорциях.

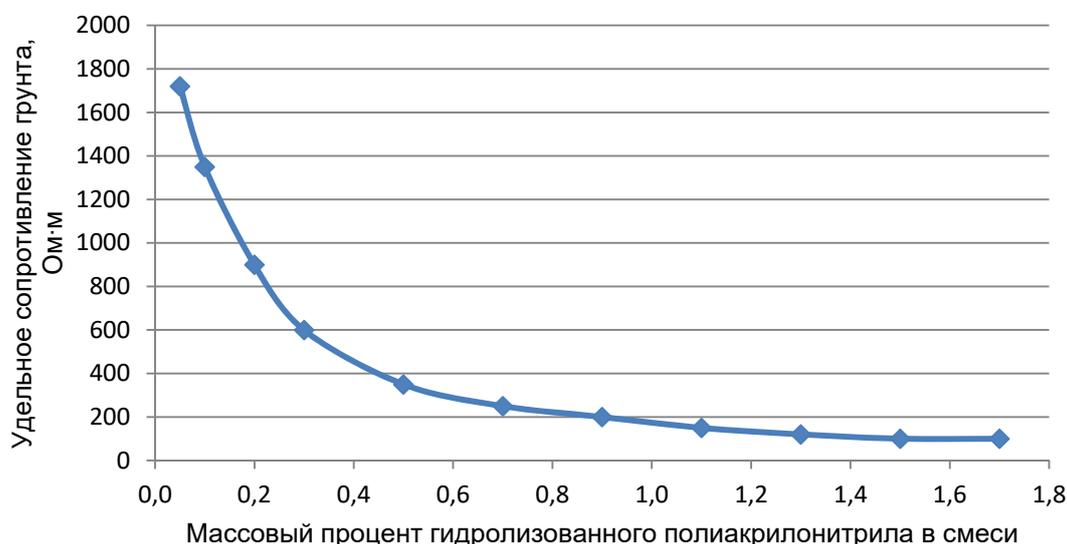


Рис. 2 – Зависимость удельного сопротивления грунта от процента введения геля на основе гидролизованного полиакрилонитрила.

Как видно из графика, представленного на рисунке 2, при внесении гидрогелей полученных набуханием гидролизованного полиакрилонитрила сухой массой более 1,3-1,5% от массы грунта происходит стабилизация влажности, и дальнейшее увеличение концентрации не приводит к уменьшению удельного сопротивления грунта, что косвенно указывает на получение оптимальной влажности грунта.

Использование графита в данной смеси необходимо для того, что бы компенсировать снижение проводимости в смесях, при достижении температуры кристаллизации воды. Проводимые экспериментальные и натурные исследования выявили, что при использовании графитного порошка позволяет сохранить сопротивление смеси на достаточно низком уровне, даже при отрицательных температурах (рис. 3).

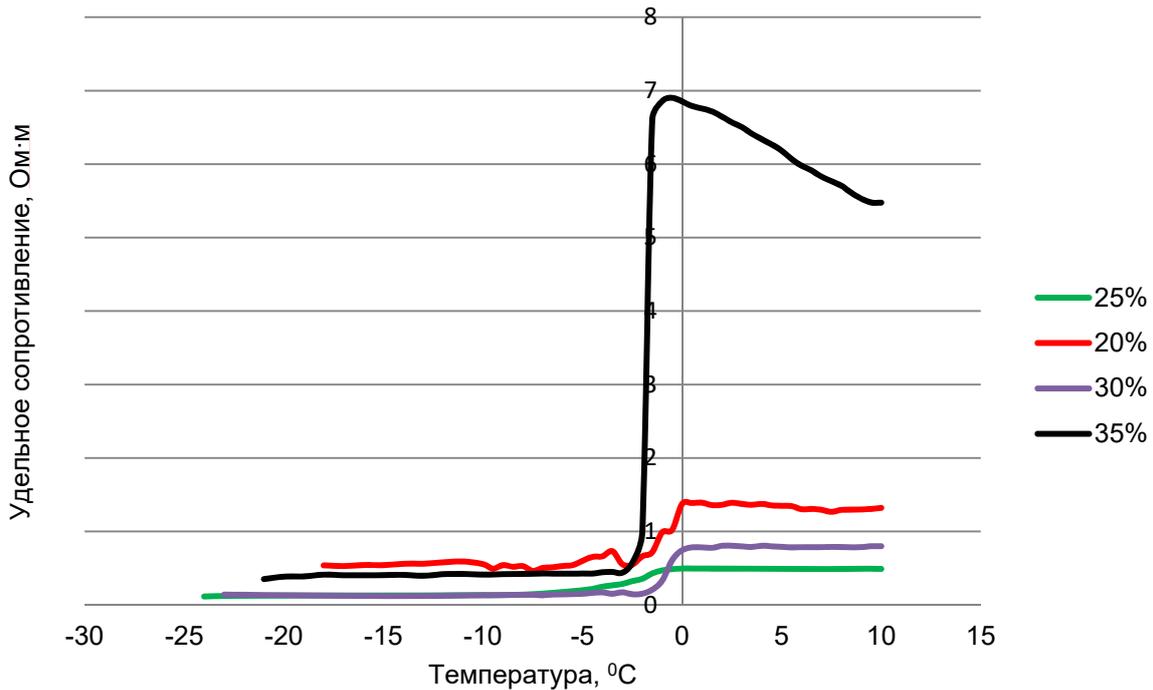


Рис. 3 – Зависимости удельного сопротивления смеси от температуры при различной влажности.

Для проведения натуральных экспериментов были смонтированы заземляющие устройства, которые представляют собой два вертикальных электрода из обычной черной стали диаметром 12 мм и длиной 2 м. Эти вертикальные электроды были соединены горизонтальной полосой 4x40мм длиной 4 м. В околоэлектродном объеме грунта экспериментального контура при монтаже проведена замена грунта на смесь. Систематические измерения контрольного и экспериментального заземляющего устройства проводились четырехпроводным способом измерителем ИС – 10, согласно методике, предложенным производителем.

Результаты экспериментальных исследований сопротивления контрольного и экспериментального контура, приведены на рисунке 4. Из полученных данных можно сделать вывод о том, что наименьшее значение сопротивления имеет ЗУ, околоэлектродное пространство которого обработано экспериментальной смесью для снижения сопротивления растеканию ЗУ. Результаты исследований, показывают, что сопротивление контура заземления изменяется незначительно, это говорит о том, что влияние коэффициента сезонности так же уменьшилось. Стоит отметить и общее снижение сопротивления такого контура, относительно контрольного.

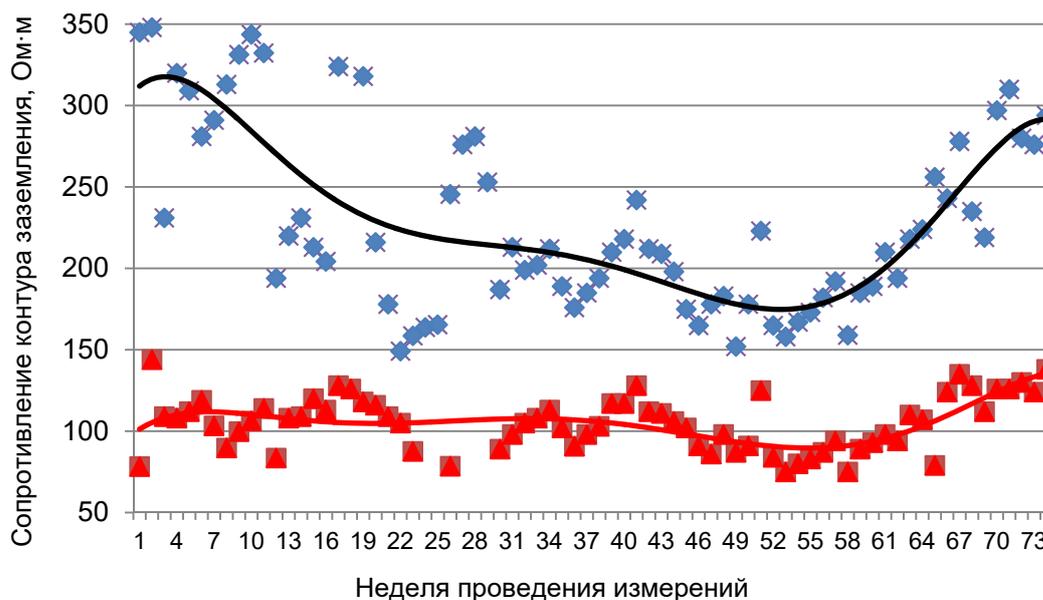


Рис. 4 – Значения сопротивления растеканию тока контрольного (синие маркеры и линия) и экспериментального (красные маркеры и линия) контура, измеряемые каждые 10 дней, начиная с сентября.

Как видно из графика, применение гидрогеля позволяет не только уменьшить колебания сопротивления растеканию ЗУ, но и уменьшить сопротивление ЗУ в сравнении с контрольным контуром. Применение предложенной добавки так же снижает температуру замерзания грунта на 4-6 °С, что дает возможность использовать более высокие средние многолетние низшие температуры при определении климатической зоны площадки месторасположения проектируемого электрооборудования, и уменьшать коэффициенты сезонности при интерпретации натуральных измерений. Проведенные исследования показали, что влияние на снижение электрического сопротивления можно разделить на 2 фактора: изменение коэффициента сезонности и уменьшение удельного сопротивления грунта в околоэлектродном пространстве, что позволяет внести корректировки в расчеты сопротивления заземлителя при применении смесей при монтаже ЗУ. Очевидно, что эффективность такой замены тем выше, чем больше разница удельного электрического сопротивления грунта и смеси, а так же чем большее количество грунта заменено в околоэлектродном пространстве. Однако ранее проведенные исследования [6] показали, что существует относительно небольшой оптимальный объем (~10 см в радиусе вокруг электродов) когда такая замена максимально эффективна и дальнейшее увеличение объема заменяемого грунта теряет эффективность по экспоненциальному закону.

Это обеспечит максимально продолжительное предупреждение промерзания грунта в осенне-зимний период, что является одним из факторов для качественной работы заземляющего устройства.

Заключение

Применение грунтозамещающей смеси позволяет снизить влияние сезонных колебаний температур, что позволяет контуру заземления стабильно выполнять свои функции, что благоприятно сказывается на стабильности и надежности энергетических систем. Снижение влияния внешних факторов на сопротивление заземляющего устройства, позволит более рационально подходить к расходованию материалов и снижению трудозатрат а так же обеспечивает повышение надежности заземления и электроустановок в целом. Разработанный нами способ снижения коэффициента сезонности применением грунтозамещающей смеси в околоэлектродном пространстве позволяет использовать обычную черную сталь [8, 9].

Литература

1. Трифунович Дж., Костич М. Анализ влияния несовершенного контакта между заземлителями и окружающим грунтом на электрические свойства контуров заземления //Электротехника. 2014. Т. 96. №. 3. с. 255-265.
2. Веденеева Л.М., Чудинов А.В. Исследование влияния основных свойств грунта на сопротивление заземляющих устройств // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2017. Т. 16, № 1. с. 89-100.
3. IEEE Std 142-2007 Рекомендованная практика IEEE для заземления промышленных и коммерческих энергосистем. Утв. 7 июня 2007. 225 с.
4. J. He, R. Zeng, Y. Gao, Y. Tu, W. Sun, J. Zou, et al. Сезонное влияние на безопасность системы заземления подстанции IEEE Trans Power Delivery, 18 (3) (июль 2003 г.)
5. P.A. Ferre, J.D. Redman, D.L. Rudolph, and R.G. Kachanoski, "The dependence of the electrical conductivity measured by time domain reflectometry on the water content of a sand", Water Resour. Res., 1998.
6. С.М. Барайшук, И.А. Павлович, М.Х. Муродов, Х. Абдулхаев, А.Н. Скрипко Снижение сопротивления заземляющих устройств применением обработки грунта неагрессивными к материалу заземлителя стабилизирующими влажностью добавками // Агропанорама. 2021. №5(147).с. 28 –33.
7. Носкова С.В. Сопротивление Электролитического заземлителя Особенности расчета // Новости ЭлектроТехники. 2020 № 1 (121). 2 (122). с. 72-77.
8. Драко М.А. Коррозия заземлителей электроустановок // Энергетическая стратегия, 2019, № 6 (69), с. 44–48.
9. Грибанов А.Н. Бипрон заземление электроустановок //Экспозиция Нефть Газ. 2016. №4. с. 72-75.