

*АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЕРЕНОСНЫХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ
ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ТИПА*

В.И. ДЕМИН, Л.А. ПАШИНЯН, Л.В. ЛАВРИНЕНКО

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: umanchanin@rambler.ru*

Основным элементом устройств защитного заземления, определяющим эффективность их действия, является сам заземлитель, который прежде всего должен удовлетворять определенным требованиям по величине сопротивления растеканию электрического тока. К заземлителям, используемым в устройствах защитного заземления передвижных электроустановок (ПЭУ), предъявляется ряд специфических требований, которые вытекают из особенностей их эксплуатации, связанных с частой сменой места расположения и возможностью эксплуатации в различных почвенно-климатических условиях. В работе проведены экспериментальные исследования поверхностных переносных заземлителей электролитического типа (ППЗЭЛТ), направленные на выявление и определение степени влияния различных факторов на величину сопротивления растеканию электрического тока с заземлителей. Результаты экспериментальных испытаний образцов ППЗЭЛТ показали, что их применение позволит повысить эффективность эксплуатации ПЭУ, а соответственно электробезопасность, за счет сокращения в 3-4 раза трудозатрат на установку и снятие заземляющих устройств при сохранении требуемой величины их сопротивления растеканию электрического тока.

Ключевые слова: поверхностный переносной заземлитель электролитического типа, передвижная электроустановка, защитное заземление.

На основе анализа структуры и свойств грунта в [1] сделан вывод о возможности достижения электролитического контакта заземляемого объекта с грунтом.

В [2] проведен достаточно глубокий анализ конструктивных особенностей известных электролитических заземлителей [3-8].

Основным элементом устройств защитного заземления, определяющим эффективность их действия, является сам заземлитель, который прежде всего должен удовлетворять определенным требованиям по величине сопротивления растеканию электрического тока.

К заземлителям, используемым в устройствах защитного заземления передвижных электроустановок (ПЭУ), предъявляется ряд специфических требований, которые вытекают из особенностей их эксплуатации, связанных с

частой сменой места расположения и возможностью эксплуатации в различных почвенно-климатических условиях.

Поэтому, в ПЭУ наибольшее значение приобретает конструктивное исполнение заземлителя: его масса, габариты, удобство установки и снятия, время на установку и снятие, а также пригодность для многократного использования.

Учитывая особенности эксплуатации заземлителей в ПЭУ, программа и методика испытаний ППЗЭЛТ должна предусматривать сравнительную оценку их основных технических и эксплуатационных характеристик с аналогичными характеристиками штатных заземлителей по ГОСТ 16556-81 [9].

Особое внимание должно быть уделено выявлению и определению степени влияния различных факторов на величину сопротивления растеканию электрического тока с ППЗЭЛТ.

К таким факторам отнесены:

- способ установки заземлителя на поверхность грунта;
- температурно - влажностный режим поверхностного слоя почвы;
- наличие или отсутствие электролита в заземлителе;
- использование в качестве электролита водопроводной воды;
- влияние тока замыкания, протекающего через заземлитель, на величину его сопротивления растеканию;
- влияние тока молнии на состояние заземлителей электролитического типа.

Сравнительная оценка характеристик штатных заземлителей ПЭУ по ГОСТ 16556-81 и ППЗЭЛТ сводится к сравнению массо-габаритных показателей, времени установки и снятия, величин сопротивления растеканию электрического тока.

В ходе экспериментальных исследований должна быть выявлена возможность обеспечения требуемой величины сопротивления растеканию в течение определенного промежутка времени без пополнения электролита.

Предварительные результаты испытаний образцов ППЗЭЛТ показали их возможность длительное время сохранять величину сопротивления растеканию соизмеримую с сопротивлением растеканию стержневых заземлителей по ГОСТ 16556-81 даже при однократной заправке электролитом в количестве 1 л на заземлитель на сухом суглинке.

В соответствии с основными положениями программы и методики проведения экспериментальных исследований были проведены испытания ППЗЭЛТ.

Испытания проводились на опытных и макетных образцах ППЗЭЛТ с диаметром поверхности пористого дна 230 мм и 152 мм и штатном стержневом заземлителе Ш-1 диаметром 16 мм в трех почвенно-климатических зонах (Восточная Сибирь, Европейская часть, Краснодарский край) в весенне-летне-осенний периоды года.

Результаты испытаний опытных образцов ППЗЭЛТ в Восточной Сибири представлены линейными диаграммами на рисунках 1,2,3. Испытаниям подвергались два образца из опытной партии с диаметром пористого дна 230 мм, которые устанавливались на сильно увлажненную естественным образом поверхность грунта на расстоянии 1 м друг от друга. Измерения сопротивления растеканию заземлителей проводились без заливки в них электролита (воды).

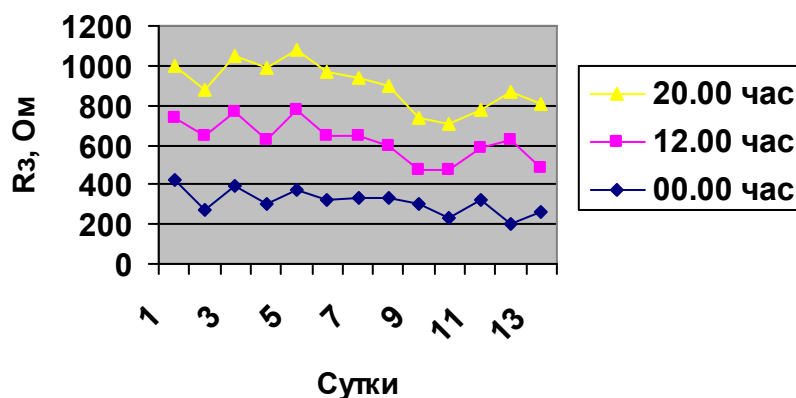


Рисунок 1 – Линейные диаграммы изменения сопротивления ППЗЭЛТ-1

В качестве контрольного электрода использовался штатный заземлитель, который погружался между ППЗЭЛТ на глубину 100 мм. Измерения сопротивления растеканию заземлителей в течение тринадцати суток проводились три раза в сутки и на основании этих измерений для трех фиксированных моментов времени за тринадцатисуточный цикл испытаний построены линейные диаграммы для ППЗЭЛТ-1 (рисунок 1), ППЗЭЛТ-2 (рисунок 2) и стержневого заземлителя Ш-1 (рисунок 3).

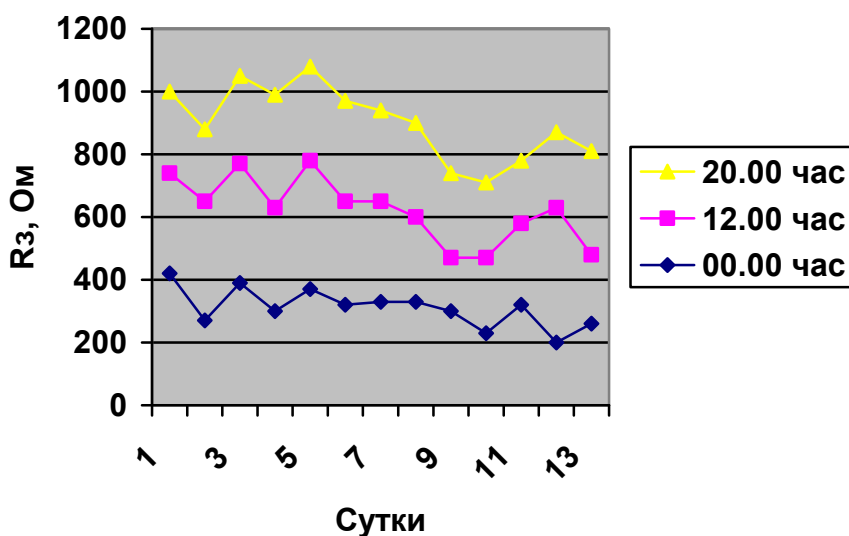


Рисунок 2 – Линейные диаграммы изменения сопротивления ППЗЭЛТ-2

Диаграммы показывают примерно одинаковый характер изменения сопротивления растеканию в процессе испытаний. Небольшие различия в абсолютных значениях величин сопротивления растеканию ППЗЭЛТ-1 и ППЗЭЛТ-2 могут быть вызваны особенностями контакта пористого дна с грунтом и некоторыми отличиями в его структуре.

Сопротивление растеканию стержневого заземлителя, сохраняя общий характер изменения, по абсолютному значению в 1,5-2 раза превышает сопротивление растеканию ППЗЭЛТ.

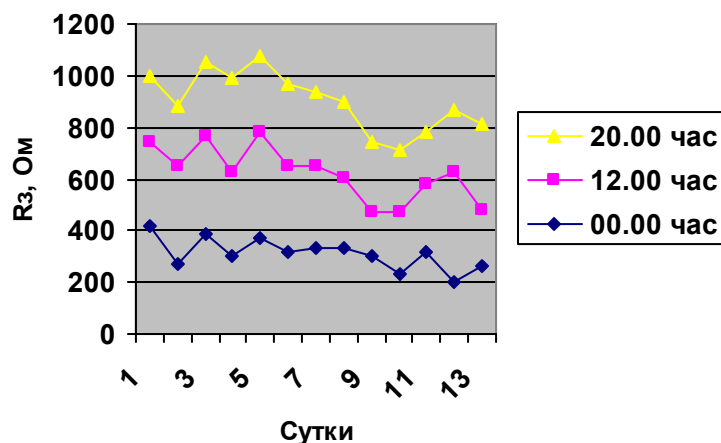


Рисунок 3 – Линейные диаграммы изменения сопротивления Ш-1

Результаты испытаний подтверждают возможность использования ППЗЭЛТ в определенных условиях, при повышенной влажности грунта, без заливки электролита.

После подсыхания грунта в эти же ППЗЭЛТ-1 и ППЗЭЛТ-2 была залита водопроводная вода.

Результаты измерений сопротивления растеканию этих ППЗЭЛТ, представленные на линейных диаграммах (рисунки 4 и 5), свидетельствуют о том, что использование обычной водопроводной воды может снизить сопротивление растеканию в 2-2,5 раза.

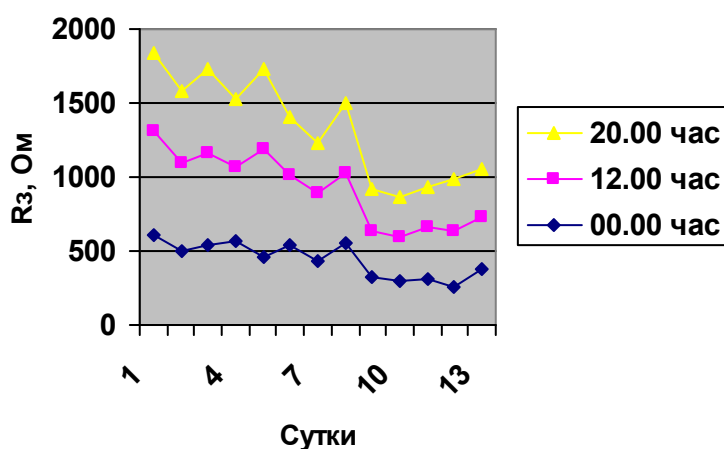


Рисунок 4 – Линейные диаграммы изменения сопротивления ППЗЭЛТ-1 с использованием водопроводной воды

Отличие в электропроводности естественной влаги почвы и водопроводной воды, в данном случае, может быть объяснено концентрацией растворенных в воде солей. Так как естественная влага почвы образовалась в результате атмосферных осадков (дождь, снег), то концентрация в ней солей, излучающих электропроводность, будет меньше, чем в водопроводной воде.

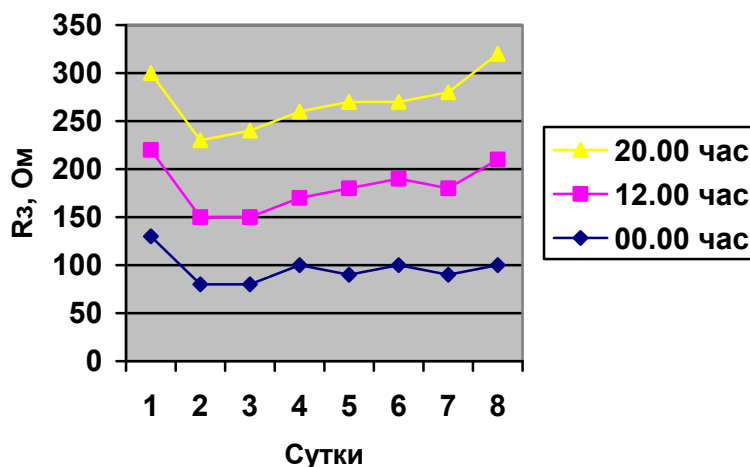


Рисунок 5 – Линейные диаграммы изменения сопротивления ППЗЭЛТ-2 с использованием водопроводной воды

Использование сильно концентрированного раствора соли (20% раствор NaCl в воде) приводит к еще более резкому (почти на порядок) снижению сопротивления растеканию заземлителей электролитического типа, что подтверждается данными испытаний, представленными на линейных диаграммах (рисунки 6 и 7).

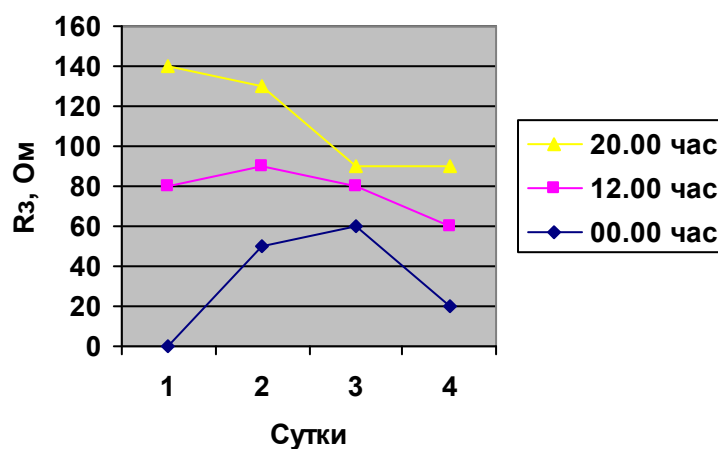


Рисунок 6 – Линейные диаграммы изменения сопротивления ППЗЭЛТ-1 с использованием 20% водного раствора NaCl

Испытания с использованием раствора NaCl проводились в течение четырех суток при температуре окружающего воздуха от 0°C до -10°C. В конце срока выпал снег.

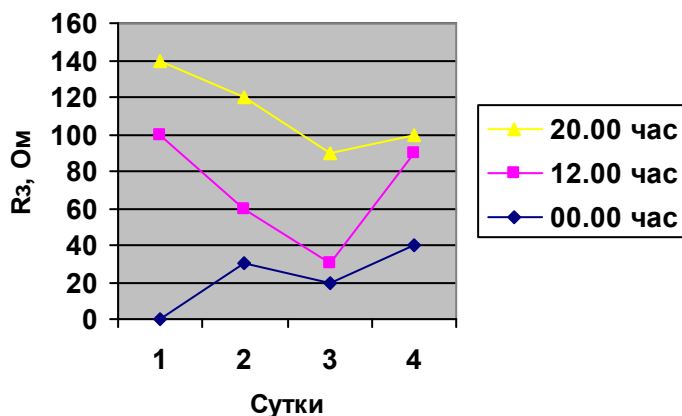


Рисунок 7 – Линейные диаграммы изменения сопротивления ППЗЭЛТ-2 с использованием 20% водного раствора NaCl

Приведенные результаты серии испытаний свидетельствуют о том, что основная техническая характеристика - сопротивление растеканию ППЗЭЛТ может быть управляема концентрацией и количеством применяемого электролита (водного раствора соли). Кроме того, для получения нормируемой величины сопротивления растеканию заземляющего устройства без существенного увеличения затрат времени, в зависимости от почвенно-климатических условий, количество заземлителей в заземляющем устройстве ПЭУ может быть изменено (увеличено или уменьшено).

Следующим важным фактором, воздействие которого на ППЗЭЛТ проверялось в процессе испытаний, является влияние тока замыкания, протекающего через заземлитель, на величину сопротивления растеканию.

По результатам испытаний построена линейная диаграмма (рисунок 8). В качестве объекта испытания использовался макетный образец ППЗЭЛТ с диаметром пористого дна 152 мм. Заземлитель, залитый водой, устанавливался на слегка уплотненный сухой грунт (чернозем). На 159 минуте у заземлителя вода оставалась только в порах дна. На 180 минуте через заземлитель начали пропускать ток величиной 1 А.

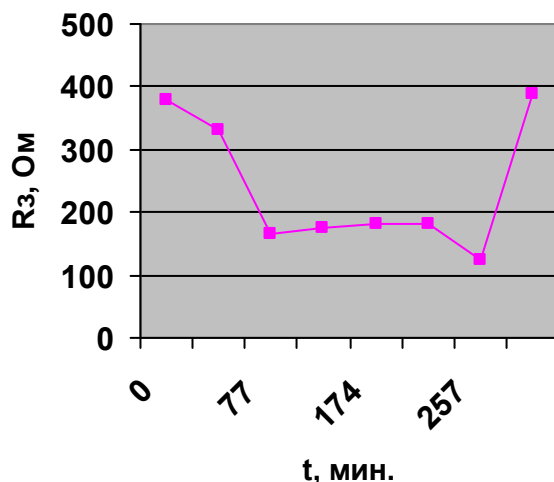


Рисунок 8 – Линейная диаграмма изменения сопротивления растеканию ППЗЭЛТ при протекании через него тока замыкания

Протекание тока привело вначале к уменьшению сопротивления растеканию (в течение 77 мин.), а затем к его росту. Уменьшение сопротивления растеканию в процессе протекания электрического тока через заземлитель и растекание его в грунте обусловлено осмотическими процессами в грунте под действием электрического поля, создаваемого током растекания, и является положительным моментом, улучшающим технические характеристики заземлителя электролитического типа. Резкое увеличение сопротивления растеканию на 257 минуте испытаний связано с тепловым действием электрического тока, что привело к подсушиванию места контакта пористого дна заземлителя с грунтом, ввиду отсутствия поступления воды из резервуара заземлителя.

Через заземляющие устройства ПЭУ всегда протекает ток утечки величиной от единиц до нескольких десятков миллиампер, обусловленный несовершенством изоляции. Протекание этого тока через заземлители электролитического типа благотворно сказывается на процессе их функционирования при наличии электролита (воды) в резервуаре заземлителя. В то же время можно предположить, что протекание аналогичного тока через штатные заземлители ПЭУ приведет к ухудшению их характеристик из-за

подсушивания грунта, прилегающего к заглубленному стержню, и увеличению его сопротивления.

Для определения стойкости конструкции ППЗЭЛТ к воздействию импульсных токов молнии и проверке стабильности величины сопротивления растеканию заземлителя после воздействия тока молнии, были проведены несколько серий разрядов высоковольтным импульсом от генератора импульсных напряжений на заземлитель из опытной партии, установленный на грунт.

Характеристика грунта в месте установки заземлителя - влажный суглинок покрытый растительностью с удельным электрическим сопротивлением 20-40 Ом. Испытательная установка - генератор импульсных напряжений с параметрами $U_m = 1300$ кВ, $I_m = 25$ кА.

Результаты высоковольтных испытаний отражены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты испытаний ППЗЭЛТ

Порядковый номер высоковольтного испытания	Сопротивление растеканию электрического тока, Ом		Примечание
	перед разрядом	после разряда	
1	35	35	
2	40	50	поднят для осмотра
3	45	42	
4	65	60	перенесен в другое место

В процессе испытаний установлено:

1. Отсутствие механических повреждений заземлителя и его смещения.
2. Воздействие на заземлитель высоковольтным импульсом тока практически не оказывает влияния на его сопротивление растеканию переменного электрического тока промышленной частоты.

Таким образом, результаты экспериментальных испытаний образцов ППЗЭЛТ показали, что их применение позволит повысить эффективность эксплуатации ПЭУ, а соответственно электробезопасность, за счет сокращения в 3-4 раза трудозатрат на установку и снятие заземляющих устройств при <http://ntk.kubstu.ru/file/1157>

сохранении требуемой величины их сопротивления растеканию электрического тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демин В.И. О возможности достижения электролитического контакта заземляемого корпуса передвижной электроустановки с грунтом [Электронный ресурс] // Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич. журн. 2015. № 6. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/485>.

2. Демин В.И., Пашинян Л.А. Анализ конструктивных особенностей электролитических заземлителей // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков, 2015, № 3. – с. 44 - 48.

3. А.с. 1343476 СССР, МКИ Н 01 R 4/66. Заземлитель/Р.А. Ляпунов, В.И. Демин, А.В. Варфоломеев (СССР). - № 4093186/24-07; заявл. 23.04.86; опубл. 07.10.87, Бюл. № 37. - 2 с.: ил.

4. А.с. 1390670 СССР, МКИ Н 01 R 4/66. Способ эксплуатации переносного заземлителя/ Е.С. Есин, В.А. Петров, Н.Н. Сапига, Р.А. Ляпунов, В.И. Демин, А.С. Попов (СССР). - № 4096260; заявл. 05.08.86; опубл. 23.04.88. - 2 с.: ил.

5. А.с. 1429205 СССР, МКИ Н 01 R 4/66, Н 02 В 1/16. Способ эксплуатации переносного заземлителя/Р.А. Ляпунов, Е.С. Есин, В.И. Демин, А.В. Варфоломеев, О.М. Толощук, В.А. Петров, Н.Н. (СССР). - № 4206832; заявл. 09.03.87; опубл. 07.10.88, Бюл. № 37. - 2 с.: ил.

6. А.с. 1582230 СССР, МКИ Н 01 R 4/66. Поверхностный переносной электролитический заземлитель/Р.А. Ляпунов, А.В. Варфоломеев, В.И. Демин (СССР). - № 4375450/24-07; заявл. 30.06.87; опубл. 30.07.90, Бюл. № 28. - 2 с.: ил.

7. Пат. 2092944 Российская Федерация, МПК 6 Н 01 R 4/66. Поверхностный переносной электролитический заземлитель/Ляпунов Р.А., Демин В.И., Варфоломеев А.В.; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. технол. ун-т. - № 96111700/07; заявл. 11.06.96; опубл. 10.10.97, Бюл. № 28. - 3 с.: ил.

8. Пат. 2096875 Российская Федерация, МПК 6 Н 01 R 4/66. Способ эксплуатации поверхностного переносного электролитического заземлителя/ Демин В.И., Варфоломеев А.В., Ляпунов Р.А., Детынченко О.В.; заявитель и патентообладатель Демин В.И. - № 95118542/07; заявл. 31.10.95; опубл. 20.11.97, Бюл. № 32. - 3 с.: ил.

9. ГОСТ 16556-1981. Межгосударственный стандарт. Заземлители для передвижных электроустановок. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2006. 4 с.

REFERENCES

1. Demin V.I. O vozmozhnosti dostizheniya elektroliticheskogo kontakta zazemlyаемого korpUSA peredvizhnoy elektroustanovki s gruntom [Elektronnyy resurs] // Nauchnye trudy KubGTU: elektron. setevoy politematich. zhurn. 2015. № 6. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/485>.

2. Demin V.I., Pashinyan L.A. Analiz konstruktivnykh osobennostey elektroliticheskikh zazemliteley// Vestnik Assotsiatsii burovnykh podryadchikov, 2015, № 3. – s. 44 - 48.

3. A.s. 1343476 SSSR, MKI N 01 R 4/66. Zazemlitel/R.A. Lyapunov, V.I. Demin, A.V. Varfolomeev (SSSR). - № 4093186/24-07; zayavl. 23.04.86; opubl. 07.10.87, Byul. № 37. - 2 s.: il.

4. A.s. 1390670 SSSR, MKI N 01 R 4/66. Sposob ekspluatatsii perenosnogo zazemlitelya/ E.S. Esin, V.A. Petrov, N.N. Sapiga, R.A. Lyapunov, V.I. Demin, A.S. Popov (SSSR). - № 4096260; zayavl. 05.08.86; opubl. 23.04.88. - 2 s.: il.

5. A.s. 1429205 SSSR, MKI N 01 R 4/66, N 02 V 1/16. Sposob ekspluatatsii perenosnogo zazemlitelya/R.A. Lyapunov, E.S. Esin, V.I. Demin, A.V. Varfolomeev, O.M. Toloshchuk, V.A. Petrov, N.N. (SSSR). - № 4206832; zayavl. 09.03.87; opubl. 07.10.88, Byul. № 37. - 2 s.: il.

6. A.s. 1582230 SSSR, MKI N 01 R 4/66. Poverkhnostnyy perenosnoy elektroliticheskiy zazemlitel/R.A. Lyapunov, A.V. Varfolomeev, V.I. Demin (SSSR). - № 4375450/24-07; zayavl. 30.06.87; opubl. 30.07.90, Byul. № 28. - 2 s.: il.

7. Pat. 2092944 Rossiyskaya Federatsiya, MPK 6 N 01 R 4/66. Poverkhnostnyy perenosnoy elektroliticheskiy zazemlitel/Lyapunov R.A., Demin V.I., Varfolomeev A.V.; zayavitel i patentoobladatel Kubanskiy gos. tekhnol. un-t. - № 96111700/07; zayavl. 11.06.96; opubl. 10.10.97, Byul. № 28. - 3 s.: il.

8. Pat. 2096875 Rossiyskaya Federatsiya, MPK 6 N 01 R 4/66. Sposob ekspluatatsii poverkhnostnogo perenosnogo elektroliticheskogo zazemlatelya/ Demin V.I., Varfolomeev A.V., Lyapunov R.A., Detynchenko O.V.; zayavitel i patentoobladatel Demin V.I. - № 95118542/07; zayavl. 31.10.95; opubl. 20.11.97, Byul. № 32. - 3 s.: il.

9. GOST 16556-1981. Mezhhgosudarstvennyy standart. Zazemliteli dlya peredvizhnykh elektroustanovok. Obshchie tekhnicheskie usloviya. – M.: Standartinform, 2006. 4 s.

ANALYSIS OF RESULTS OF PILOT STUDIES OF SUPERFICIAL FIGURATIVE GROUNDING CONDUCTORS OF ELECTROLYTIC TYPE

V.I. DEMIN, L.A. PASHINYAN, L.V. LAVRINENKO

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: umanchanin@rambler.ru*

The basic element of devices of protective grounding determining efficiency of their action is the grounding conductor which first of all shall meet certain requirements for the size of resistance to spreading of electric current. A number of specific requirements which follow from the features of their operation connected with frequent change of the location and a possibility of operation in various soil climatic conditions is imposed to the grounding conductors used in devices of protective grounding of portable electroinstallations (PEU). In work the pilot studies of superficial figurative grounding conductors of electrolytic type (PPZELT) directed to identification and determination of extent of influence of various factors at a size of resistance to spreading of electric current from grounding conductors are conducted. Results of experimental testing of samples of PPZELT have shown that their application will allow to increase efficiency of operation of PEU, and respectively electrical safety, due to reducing by 3-4 times of labor costs on installation and removal of the grounding devices when preserving required size of their resistance to spreading of electric current.

Key words: superficial portable grounding conductor of electrolytic type, portable electroinstallation, protective grounding.