

О ВОЗМОЖНОСТИ ДОСТИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО КОНТАКТА ЗАЕМЛЯЕМОГО КОРПУСА ПЕРЕДВИЖНОЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ С ГРУНТОМ

В.И. Демин

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

В отдаленных районах при отсутствии стационарной системы электроснабжения питание потребителей электрической энергии осуществляется от передвижных электроустановок (ПЭУ).

Эксплуатация ПЭУ, как правило, осуществляется на открытом воздухе. В этом случае ПЭУ рассматриваются как наружные электроустановки (ЭУ). В соответствии с [1] в отношении опасности поражения людей электрическим током территория размещения наружных ЭУ приравнивается к особо опасным помещениям. Поэтому, обеспечение безопасной эксплуатации ПЭУ является актуальной задачей.

Основной защитной мерой от косвенного прикосновения в ПЭУ должно применяться защитное заземление, которое выполняется штатными стержневыми заземлителями (стержнями).

Опыт эксплуатации ПЭУ показывает, что наряду с имеющимися достоинствами штатные стержневые заземлители обладают рядом существенных недостатков:

1. Зависимость переходного сопротивления заземлитель-грунт, а значит и сопротивления растеканию электрического тока заземлителя, от структуры и влажности грунта.
2. Необходимость затраты значительных физических усилий при забивке и особенно при извлечении заземлителей из грунта.
3. Заземлители не предназначены для забивки в скальный массив.
4. Наличие повышенной опасности травмирования лица или головы исполнителя о верхний конец стержня при его забивке и извлечении.
5. Жесткие требования о запрещении раскачивания стержня при его забивке.
6. Возникающие деформации стержня после забивки в галечниковый или щебенистый грунт и необходимость дополнительного времени и усилий персонала на восстановление заземлителей.
7. Ограниченный ресурс заземлителей и устройств для их забивки и извлечения из грунта.
8. Низкая эффективность в грунтах с большим удельным сопротивлением и невозможность во многих случаях их применения в районах многолетней мерзлоты.

Для решения задачи повышения эффективности защитного заземления для ПЭУ в работе проведен анализ условий работы заземлителя в грунте, который показал, что основным электрическим параметром грунта является его удельное электрическое сопротивление (УЭС).

Анализ структуры грунтов показал, что его УЭС определяется целым рядом факторов, главнейшими из которых являются:

1. Количество токопроводящего компонента или иначе говоря, влажность грунта.
2. Удельное электрическое сопротивление естественного раствора (грунтовых вод), заполняющего поры и трещины грунта.
3. Строение токопроводящих путей, т.е. структура и текстура грунта.
4. Температура грунта.

Таким образом, современные представления о структуре и свойствах грунта позволяют характеризовать его как электролитическую гетерогенную систему, при взаимодействии с которой и осуществляется создание системы защитного заземления. В работе сделан вывод о возможности достижения электролитического контакта заземляемого объекта с грунтом.

Этот факт подтверждают известные конструкции переносных заземлителей, использующих электролитический контакт с грунтом. В общем случае они состоят из корпуса, заполняемого электролитом, токоввода, верхней пробки и пористой пробки дна заземлителя.

Специфика их возможного применения поставила ряд вопросов, связанных с определением оптимальной конструкции заземлителя электролитического типа, составом электролита, методикой применения такого заземлителя в различных почвенно-климатических условиях и т.д.

Ключевые слова: наружная электроустановка, передвижная электроустановка, косвенное прикосновение, защитное заземление, стержневой заземлитель, удельное электрическое сопротивление грунта, переносной заземлитель.

Для организации электроснабжения, особенно на удаленных от стационарных источников электрической энергии территориях, в различных отраслях экономики широко применяются передвижные электроустановки (ПЭУ), которые в соответствии с [1] обеспечивают потребители электрической энергией номинальным напряжением 380 В, как правило, с изолированной нейтралью.

В качестве основной меры защиты персонала от косвенного прикосновения в ПЭУ применяется защитное заземление [1].

Для выполнения защитного заземления ПЭУ применяются стержневые заземлители [2], конструкция которых показана на рисунке 1.

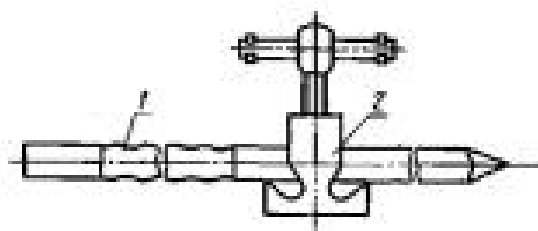


Рисунок 1- Конструкция стержневого заземлителя для ПЭУ:

1 - стержень; 2 – зажим.

Стержневой заземлитель представляет собой заостренный металлический стержень длиной 2 м и диаметром 15 мм. Для облегчения забивки стержня в грунт конец его заострен. На поверхности стержня имеются кольцеобразные

выточки для закрепления замка. Для забивки стержней в грунт имеется специальное приспособление, которое состоит из замка 1 и молота 2 (рисунок 2).

Замок своими разъемными частями накладывается на кольцеобразные выточки стержня и фиксируется поворотом рукоятки вниз. Стержень пропускается в отверстие молота и ударами молота по зажиму забивается в грунт.

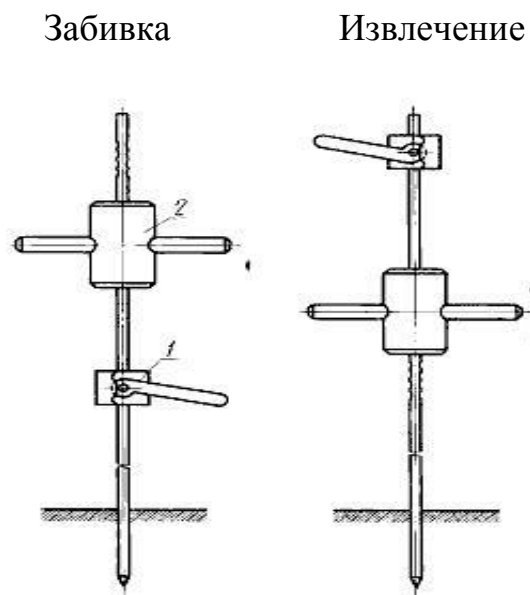


Рисунок 2 – Устройство для забивки стержня в грунт и извлечения стержня из грунта:

1 - замок; 2 – молот.

Для подсоединения проводов заземления к стержню необходимо надеть зажим 2 (рисунок 1) для крепления провода на стержень, пропустить концы проводов заземления в прорези зажима и с помощью болта, имеющегося на зажиме, обеспечить надежный контакт проводов заземления со стержнем.

Опыт эксплуатации ПЭУ показывает, что наряду с имеющимися достоинствами штатные стержневые заземлители обладают рядом существенных недостатков:

1. Зависимость переходного сопротивления заземлитель-грунт, а значит и сопротивления растеканию электрического тока заземлителя, от структуры и влажности грунта.

2. Необходимость затраты значительных физических усилий при забивке и особенно при извлечении заземлителей из грунта.

3. Заземлители не предназначены для забивки в скальный массив.

4. Наличие повышенной опасности травмирования лица или головы исполнителя о верхний конец стержня при его забивке и извлечении.

5. Жесткие требования о запрещении раскачивания стержня при его забивке.

6. Возникающие деформации стержня после забивки в галечниковый или щебенистый грунт и необходимость дополнительного времени и усилий персонала на восстановление заземлителей.

7. Ограниченный ресурс заземлителей и устройств для их забивки и извлечения из грунта, который в циклах (забивка-извлечение) составляет: 120 - в немерзлом глинистом или песчаном грунтах и 12 - в мерзлом глинистом или песчаном, а также в немерзлом гравийном или галечниковом грунтах и в связи с этим необходимость замены заземлителей с устройствами для их забивки и извлечения из грунта.

При выполнении заземляющего устройства ПЭУ с соблюдением требований к сопротивлению заземления его значение не должно превышать 25 Ом [1].

При использовании ПЭУ в районах с большим удельным сопротивлением земли (более 500 Ом·м) для соблюдения нормы сопротивления заземления рекомендуется применение искусственной обработки грунта с целью снижения его удельного сопротивления, если другие способы не могут быть применены или не дают необходимого эффекта.

В районах многолетней мерзлоты, кроме этого следует:

- 1) помещать заземлители в непромерзающие водоемы и талые зоны;
- 2) создавать искусственные талые зоны.

Если указанные мероприятия не позволяют выполнить требование по норме сопротивления заземления ПЭУ в 25 Ом, то в соответствии с [1] допускается его повышение в $0,002 \cdot \rho$ раз, где ρ - эквивалентное удельное

сопротивление земли, Ом·м. При этом увеличение должно быть не более десятикратного, т.е. не более 250 Ом.

Следовательно, снижение требований по норме сопротивления заземления ПЭУ вызвано тяжелыми условиями работы заземления в грунтах с большим удельным сопротивлением.

Таким образом, выполнение защитного заземления для ПЭУ во многих случаях вызывает определенные трудности, а в районах с большим удельным сопротивлением грунта даже невозможность его выполнения.

Для решения задачи повышения эффективности защитного заземления для ПЭУ необходимо провести анализ условий работы заземлителя в грунте.

Основным назначением заземлителя является обеспечение минимального переходного сопротивления между материалом заземлителя (металлом) и грунтом для надежного стекания тока замыкания в землю при пробое фазной изоляции электрической сети на корпус ПЭУ.

Основным электрическим параметром грунта является его удельное электрическое сопротивление ($УЭС$, ρ , Ом·м). У различных грунтов $УЭС$ изменяется в очень широких пределах - от тысячных долей у самородных металлов до многих миллиардов Ом·м у таких изоляторов как слюда, кварц, полевые шпаты.

Анализ структуры грунтов [3,4] показывает, что его $УЭС$ определяется целым рядом факторов, главнейшими из которых являются:

1. Количество токопроводящего компонента, или, иначе говоря, влажность грунта.
2. Удельное электрическое сопротивление естественного раствора (грунтовых вод), заполняющего поры и трещины грунта.
3. Строение токопроводящих путей, т.е. структура и текстура грунта.
4. Температура грунта.

Первый фактор предопределяет зависимость $УЭС$ грунта от его пустотности, т.е. пористости, трещиноватости и от степени заполнения пустот

подземными водами. Иными словами, чем больше пустотность и степень заполнения пустот влагой, тем меньше УЭС грунта.

Вторым фактором, как уже отмечалось, является УЭС естественного раствора, заполняющего поры и трещины. Химически чистая вода является диэлектриком. Однако в естественном состоянии, в силу того, что вода обладает большой диссоциирующей способностью (способностью разлагать молекулы растворенных в ней веществ на ионы, т.е. образовывать электролит), она всегда выступает как электролитический раствор. Из источника [3] известно, что УЭС раствора зависит от концентрации растворенного вещества. Чем выше концентрация водного раствора, тем меньше его УЭС. Например, при концентрации раствора 10 г/л УЭС составляет 0,6 - 0,7 Ом·м, а при 100 г/л - 0,07 - 0,1 Ом·м.

Следовательно, степень минерализации почвенной воды является одним из главных факторов снижающих и определяющих УЭС грунта. Причем химический состав солей существенного влияния на УЭС водного раствора не оказывает, так как УЭС водных растворов различных солей очень близки друг к другу. Из источника [3] известно, что хлористый натрий (NaCl) составляет 70 - 95% общего количества солей, содержащихся в пластовой воде. Поэтому пластовые воды можно принимать за растворы только одной соли - NaCl, считая, что его содержание равно общему содержанию всех солей.

Третьим фактором, определяющим УЭС грунта, является строение токопроводящих путей. Для прохождения электрического тока существенное значение имеет форма пор и трещин и их ориентированность в пространстве, т.е. особенности, которые определяются понятиями «структура» и «текстура». Для различных грунтов УЭС можно представить следующей формулой

$$\rho = P_{\Pi} \cdot \rho_{\text{В}}, \quad (1)$$

где P_{Π} - так называемый структурный коэффициент или параметр пористости - величина, определяющая особенности порового пространства;

$\rho_{\text{В}}$ - УЭС водного раствора, заполняющего поры грунта.

В первом приближении считают [4], что ток в грунтах распространяется в основном по связанной воде близ поверхности поровых каналов. При этом на значении и характере УЭС грунта сильно сказываются особенности этих схем каналов, площадь их стенок, минералогический состав стенок, диаметр каналов и т.п.

Наконец, последним из рассматриваемых основных факторов, определяющих УЭС грунтов, является их температура. С увеличением температуры возрастает подвижность ионов, переносящих электрические заряды, и поэтому уменьшается УЭС водного раствора, а, следовательно, и грунта. Это уменьшение довольно значительное - около 2% на 1°C повышения температуры. Температурный фактор при оценке УЭС грунта приобретает исключительное значение при температурах ниже нуля.

Если для положительных температур грунт рассматривается как система, состоящая из минерального скелета, воды и воздуха, то мерзлый грунт будет иметь добавочный компонент - лед. Соотношение содержания льда и воды определяется температурой, пористостью, концентрацией раствора, минеральным составом грунта и свободной поверхностью. Поэтому мерзлые грунты, как правило, обладают большим УЭС.

Разрез грунта [3,4] показывает, что отдельные твердые частицы грунта окружены гигроскопической водой, адсорбированной частицами грунта из водяных паров воздуха. Эта вода обволакивает частицы слоем различной толщины, в зависимости от их размеров, находится под молекулярным притяжением и может перемещаться только при переходе в парообразное состояние.

Поверх гигроскопической воды образуется относительно тонкий слой пленочной воды, удерживаемой в грунте также силами молекулярного притяжения. Эти силы меньше, чем для гигроскопической воды, но значительно больше силы тяжести частиц пленочной воды. Эта вода может передвигаться очень медленно только под влиянием молекулярных сил,

переходя от частиц с более толстой водяной пленкой к частицам с более тонкой.

Максимальное количество воды, удерживаемое грунтом (максимальная влажность грунта) в виде гигроскопической и пленочной воды, увеличивается с уменьшением размера частиц и возрастанием сил поверхностного натяжения. Выше уровня грунтовых вод наблюдается зона капиллярной воды, уровень которой тем выше, чем меньше размеры частиц грунта. Над капиллярной водой имеется зона с воздушными включениями. Осадки, просачиваясь в грунт, частично удерживаются как пленочная вода, а при наличии максимальной влагоемкости грунта устремляются к грунтовым водам в виде так называемой гравитационной воды.

Таким образом, современные представления о структуре и свойствах грунта позволяют характеризовать его как электролитическую гетерогенную систему, при взаимодействии с которой и осуществляется создание системы защитного заземления.

Анализ структуры грунта показывает, что возможно достижение электролитического контакта заземляемого объекта с грунтом.

Известны конструкции переносных заземлителей [5-9], использующих электролитический контакт с грунтом. В общем случае они состоят из корпуса, заполняемого электролитом, токоввода, верхней пробки и пористой пробки дна заземлителя.

Специфика их возможного применения поставила ряд вопросов, связанных с определением оптимальной конструкции заземлителя электролитического типа, составом электролита, методикой применения такого заземлителя в различных почвенно-климатических условиях и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – 7-е изд. – СПб.: Изд. ДЕАН, 2002. – 176 с.

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

3. Грунтоведение/Под общей ред. академика Е.М. Сергеева. – М.: Изд. МГУ, 1983. - 392 с.

4. Р. Дж. Хэнкс, Дж. Л. Ашкрофт. Прикладная физика почв/Влажность и температура почвы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 152 с.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

REFERENCES

1. Regulations for Electrical Installation (PUE). - 7th ed. - SPb.: Publishing. DEAN, 2002. - 176 p.
2. GOST 16556-1981. Interstate standard. Earthing for re-IG Petritskaya installations. General specifications. - M.: Standartinform, 2006.
3. Soil/Under the general editorship. Academician E.M. Sergeeva. - M.: Publishing House. Moscow State University, 1983. - 392 p.
4. RJ. Hanks, John. L. Ashcroft. Applied physics of soil / moisture and the soil-
ture. - L.: Gidrometeoizdat, 1985. - 152 p.
5. AS 1343476 USSR MKI H 01 R 4/66. Earthing/ R.A. Lyapunov, V.I. Demin, A.V. Varfolomeev (USSR). - № 4093186 / 24-07; appl. 23/04/86; publ. 10.07.87, Bul. № 37. - 2 p.: silt.
6. AS 1390670 USSR MKI H 01 R 4/66. A method of operating a portable earthing / E.S. Esin, V.A. Petrov, N.N. Sapiga, R.A. Lyapunov, V.I. Demin, A.S. Popov (USSR). - № 4096260; appl. 08/05/86; publ. 23.04.88. - 2 p.: silt.
7. AS 1582230 USSR MKI H 01 R 4/66. Surface electron-trolitichesky portable earthing / R.A. Lyapunov, A.V. Varfolomeev, V.I. Demin (USSR). - № 4375450 / 24-07; appl. 06/30/87; publ. 30.07.90, Bul. № 28. - 2 p.: silt.
8. Pat. 2092944 Russian Federation, IPC 6 H 01 R 4/66. Surface portable electrolytic earthing / R.A. Lyapunov, V.I. Demin, A.V. Varfolomeev.; applicant and patentee Kuban State. tehnol. Univ. - № 96111700/07; appl. 06/11/96; publ. 10.10.97, Bul. № 28. - 3 p.: silt.
9. Pat. 2096875 Russian Federation, IPC 6 H 01 R 4/66. A method of operating a portable electrolytic surface earthing/Demin V.I., Varfolomeev A.V., Lyapunov R.A., Detynchenko O.V.; applicant and patentee Demin V.I. - № 95118542/07; appl. 31.10.95; publ. 20.11.97, Bul. № 32. - 3 p.: silt.

*ABOUT THE POSSIBILITY OF REACHING THE ELECTRICAL CONTACT IS
GROUNDED CASE MOBILE ELECTRICAL THE GROUND*

V.I. DEMIN

Kuban State Technological University,

*2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: umanchanin@rambler.ru*

In remote areas without fixed power supply system power supply of consumers of electric energy is carried out by mobile electrical (PES).

Operation PES usually performed outdoors. In this case, the PES are treated as external electrical (ET). In accordance with [1] regarding the danger of electric shock to persons outside the territory of placing EC is equivalent to an especially dangerous premises. Therefore, to ensure safe operation of the PES is an urgent task.

The main protective measure against indirect contact in PES should apply protective earthing, which holds regular grounding rod (rod).

Operating experience PES shows that along with the existing advantages of regular grounding rods have a number of disadvantages:

1. The dependence of the transition resistance of the earth-soil, and thus spreading resistance earthing of electric current, the structure and soil moisture.
2. The need for cost considerable physical effort in the pile, and especially the extraction of earth from the ground.
3. Grounding is not intended for driving in the rock massif.
4. The presence of an elevated risk of injury face or head artist of the upper end of the rod in his driving and extracting.
5. Strict requirements on the Prohibition of the rocking rod in his pile.
6. The resulting deformation of the rod after plugging in the pebble or detrital ground and the need for additional time and effort for the restoration of earth personnel.
7. Limited resources of earth and devices for driving and extracting them from the ground.
8. Low efficiency in soils with high resistivity and impossible, in many cases the possibility of their application in areas of permafrost.

To solve the problem of increasing the efficiency of the protective earth to PES in the analysis of working conditions in the ground earthing, which revealed that the main electrical parameters of the soil is its electrical resistivity (SER).

Analysis of the structure of soils showed that its resistivity is determined by a number of factors, chief among which are:

1. The amount of the conductive component, or in other words, the humidity of soil.
2. The electrical resistivity of the natural solution (groundwater) that fills the pores and cracks of the soil.
3. The structure of the conductive paths, i.e. structure and texture of soil.
4. The temperature of the soil.

Thus, the current understanding of the structure and properties of the soil allow to characterize it as an electrolytic heterogeneous system, the interaction of which is carried out and to create a system of protective grounding.

The paper concluded that the possibility of achieving the object of grounded electrical contact with the ground.

This fact is confirmed by the known construction of portable earthing using an electrolytic contact with the ground. In general, they consist of a body, filled with electrolyte, the current lead, the top caps and bottom porous plug grounding.

The specifics of their possible application raised a number of issues related to the definition of the optimal design of the electrolytic grounding-type electrolyte composition, method of use of such grounding in different soil and climatic conditions, etc.

Keywords: outdoor installation, mobile installation, indirect contact, protective earthing, earthing rod, electrical resistivity of soil, portable earthing.