



УДК 621.315

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРРОЗИЙНОЙ АКТИВНОСТИ ГРУНТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ



METHODS FOR DETERMINING CORROSIVE ACTIVITY OF SOILS IN DESIGN OF POWER SUPPLY SYSTEMS

Зарубина Софья Александровна
кандидат технических наук, доцент,
Кубанский государственный
технологический университет
ZarubinaSofya@gmail.com

Целяев Никита Сергеевич
студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Кокоулин Иван Александрович
студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Бабенко Геннадий Владимирович
кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры информатики
и вычислительной техники,
Кубанский государственный
технологический университет

Аннотация. При проектировании протяженных металлических сооружений с целью их защиты от электрокоррозии блуждающим переменным током должны быть предусмотрены различные виды защит в зависимости от коррозионной активности грунта. Затраты на различные виды защит существенно отличаются, а потому точное измерение удельного сопротивления грунта имеет важное значение. Методы определения коррозионной активности почвы можно разделить на полевые, лабораторно-полевые и лабораторные. Приведенные в статье методы дают возможность определения коррозионной активности грунтов в любое время года и при любой погоде с учетом технических возможностей организации, выполняющей эти работы.

Ключевые слова: система, метод, электроснабжение, коррозионная активность, грунт, проектирование.

Zarubina Sofya Alexandrovna
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Kuban state technological university
ZarubinaSofya@gmail.com

Tselyaev Nikita Sergeevich
Student,
Kuban state technological university

Kokoulin Ivan Alexandrovich
Student,
Kuban state technological university

Babenko Gennady Vladimirovich
Candidate of physical
and mathematical sciences,
Associate Professor of informatics
and computer engineering department,
Kuban state technological university

Annotation. When designing long metal structures in order to protect them from electrocorrosion by stray alternating current, various types of protection should be provided depending on the corrosive activity of the soil. The costs of various types of protection vary significantly, and therefore the accurate measurement of soil resistivity is important. Methods for determining soil corrosion activity can be divided into field, laboratory and field. The methods presented in the article make it possible to determine the corrosive activity of soils at any time of the year and at any time, taking into account the technical capabilities of the organization performing these works.

Keywords: system, method, power supply, corrosion activity, soil, design.

При проектировании систем электроснабжения промышленных объектов, систем теплоснабжения, водоснабжения и газоснабжения долгое время считалось, что наличие блуждающих токов промышленной частоты или знакопеременных токов (за исключением токов большой плотности) не требует специальных мер защиты трубопроводов и оболочек магистральных кабелей от их влияния [1]. Считалось, что опасным является влияние блуждающих постоянных токов от железных дорог, электрифицированных по системе постоянного тока, от системы электроснабжения городского трамвая, от мощных объектов цветной и черной металлургии и от ряда объектов электрохимической промышленности, использующих мощные выпрямительные установки для получения металла и продуктов электрохимии, например хлора [3].

Эксплуатация магистральных трубопроводов газоснабжения и нефтехимической промышленности, объектов коммунального хозяйства, кабельных линий электроснабжения и связи выявила, что протяженные объекты под воздействием блуждающих токов промышленной частоты интенсивно разрушаются и требуют специальных мер защиты. Творческий коллектив ученых Московской академии



коммунального хозяйства дал обоснованную теорию воздействия переменного тока на протяженные металлические конструкции и разработал «Инструкцию по защите от коррозии подземных стальных трубопроводов, расположенных в зоне действия рельсового электротранспорта на переменном токе» [3].

Согласно инструкции [2], «Правил защиты подземных металлических сооружений от коррозии» СН266-63, «Строительных норм и правил» СНиП 42-80, СНиП 2.05.06-8, ГОСТ 16149-70 при проектировании протяженных металлических сооружений с целью их защиты от электрокоррозии блуждающим переменным током должны быть предусмотрены различные виды защит в зависимости от коррозионной активности грунта в зоне заложения протяженной металлической конструкции или металлического сооружения. Так, при удельном сопротивлении грунта не выше 60 Ом·м в зонах знакопеременного и переменного тока промышленной частоты ГОСТ 16149-70 рекомендует использовать для защиты трубопроводов и металлических сооружений поляризованные протекторы, а при удельном сопротивлении выше 60 Ом·м рекомендуется катодная защита трубопроводов.

Затраты на указанные виды защит существенно отличаются, а потому точное измерение удельного сопротивления грунта в зоне расположения протяженных конструкций и сооружений имеет важное значение.

Методы определения коррозионной активности почвы можно разделить на полевые, лабораторно-полевые и лабораторные.

Полевые – позволяют определять коррозионную активность грунтов непосредственно на трассе, путем выполнения на месте необходимых измерений и занесения результатов в протоколы. Естественно предположить, что такой подход возможен тогда и там, где есть соответствующие климатические условия. Эти методы не требуют больших затрат времени и получили наиболее широкое распространение.

Лабораторно-полевые – предполагают отбор образцов грунтов вдоль трассы трубопроводов или кабелей с обработкой образцов в передвижной лаборатории.

Лабораторные – требуют отбора почв на трассе в выбранных точках с последующим испытанием образцов в стационарных условиях.

Полевой метод определения удельного электрического сопротивления грунта чаще всего применяется в теплое время года с целью получения необходимых данных для расчета эффективной электрозащиты подземных сооружений, для выбора конструкции и расчета анодного заземления в катодной защите трубопровода или кабеля, для расчета сопротивления контуров заземления трансформаторных подстанций или других сооружений. На трассе проектируемых объектов удельное электрическое сопротивление грунта измеряют по всей длине через 100–500 м. На действующих магистральных трубопроводах и кабельных линиях измерения производят через 100–200 метров вдоль трассы на расстоянии 3–4 метра от нее.

Измерение удельного электрического сопротивления грунта рекомендуется производить с помощью симметричной четырёхэлектродной установки. Данным методом определяется кажущееся сопротивление почвы в общем слое до глубины заложения трубопровода или кабеля. Для измерения над объектом забиваем в грунт четыре электрода на одной линии. Крайние электроды называются питающими, два средних – потенциальными. Расстояние между питающими электродами должно быть больше $2h$ и меньше $4r$, где h – глубина прокладки подземного сооружения. Наличие источника постоянного тока в виде аккумуляторной батареи на 80 В, многопредельных миллиамперметра и милливольтметра позволяет определить удельное сопротивление грунта по показаниям приборов как:

$$\rho = \frac{\Delta V \cdot 2\pi \cdot a}{I},$$

где ΔV – разность потенциалов между средними стержнями, мВ; a – расстояние между электродами, м; I – величина тока между питающими (крайними) стержнями от аккумуляторной батареи, мА.

Глубина погружения электродов в грунт обычно составляет $1/20$ величины a .

Представленный метод определения удельного сопротивления грунта с помощью амперметра и вольтметра прост, но имеет тот существенный недостаток, что не позволяет получить точные результаты измерений в зонах блуждающих постоянных и переменных токов.

Полевые измерения в зонах блуждающих токов по четырёхэлектродному методу с помощью измерителей заземления типа МС-08 или М-416 дают более точные результаты. Как показывает опыт, удовлетворительные результаты измерений вблизи электрифицированных железных дорог по системе переменного тока можно получить в зоне, удаленной от полотна железной дороги на расстояние 100–200 метров, при малых обратных токах в рельсовых путях или при полном отсутствии поездов на участке контактной сети электрифицированного пути. Схема измерения удельного сопротивления грунта с помощью приборов МС-08 и М-416 и подключение приборов показаны на рисунке 1.

Значение удельного электрического сопротивления ρ , Ом·м, находится по формуле:

$$\rho = 2\pi \cdot a \cdot R,$$

где R – сопротивление цепи, измеренное прибором, Ом; a – расстояние между электродами, м.

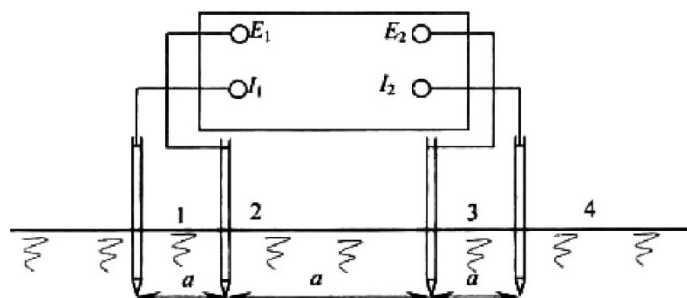


Рисунок 1 – Схема измерения удельного электрического сопротивления грунта приборами МС-08 и М-416

В вычисленное значение удельного электрического сопротивления должна быть внесена поправка, учитывающая сезонные изменения влажности и температуры. Приведенные значения коэффициентов не применимы к вечномерзлым и скалистым грунтам. Большинство территорий Восточной Сибири ранее считалось районами вечной мерзлоты, но в результате промышленного и сельскохозяйственного освоения их мерзлота отступила. Поэтому коэффициенты k_{min} и k_{max} приведенные в таблице 1, применимы практически ко всем районам Восточной Сибири. Коэффициент k_{min} характеризует коррозионную активность, а коэффициент k_{max} должен учитываться при расчете сопротивления растекания тока с анодного заземлителя, при проектировании протекторных защит протяженных конструкций, отдельных сооружений или установок.

Таблица 1 – Значение коэффициентов k_{max} и k_{min}

Месяц года	Европейская часть России и Сибири	
	k_{max}	k_{min}
Январь	1,46	0,83
Февраль	1,59	0,91
Март	1,75	1,00
Апрель	1,46	0,83
Май	1,34	0,77
Июнь	1,13	0,64
Июль	1,00	0,57
Август	1,13	0,64
Сентябрь	1,03	0,58
Октябрь	1,16	0,67
Ноябрь	1,34	0,77
Декабрь	1,30	0,74

Измеренная величина ρ при определении коррозионной активности грунта должна быть уменьшена с учетом коэффициента k_{min} или увеличена с учетом коэффициент k_{max} при определении сопротивления грунта растеканию тока в протекторной защите сооружений:

$$\rho_{min} = k_{min} \cdot \rho_{изм},$$

$$\rho_{max} = k_{max} \cdot \rho_{изм}.$$

Большинство почв зоны Восточной Сибири имеет удельное электрическое сопротивление в пределах 1–100 Ом·м. Между удельным электрическим сопротивлением почвы и опасностью коррозии в определенных границах существует прямая зависимость: чем меньше ρ , тем выше возможность коррозии.

Коррозионная активность грунтов по отношению к углеродистой стали в зависимости от их удельного сопротивления может быть классифицирована как: низкая – при ρ свыше 100 (Ом·м); средняя – при ρ свыше 20 до 100 (Ом·м); повышенная – при ρ свыше 10 до 20 (Ом·м); высокая – при ρ свыше 5 до 10 (Ом·м); весьма высокая – при ρ до 5 (Ом·м).

Лабораторно-полевой метод определения коррозионной активности грунтов в неблагоприятных погодных условиях более предпочтителен, нежели полевой. Сущность его заключается в определении изменения массы стального образца под действием протекающего постоянного тока напряжением 6 В.



Прибор для определения коррозионной активности (рис. 2) состоит из жестяной банки вместимостью 0,5–0,7 литра с диаметром 8 и высотой около 12 см. В банку насыпается подготовленная почва, в которую помещается трубка из углеродистой стали, взвешенная на технических весах с точностью до 0,1 г. Диаметр трубки 19 мм, длина 10 см, масса около 165 г. Трубка изолируется от банки с помощью резиновой пробки, как указано на рисунке 3.

Для отбора образцов почвы в выбранных точках роется шурф на глубину заложения трубопровода или кабеля. Из шурфа берутся три пробы грунта общей массой около 2 кг, причем 70 % грунта – со дна шурфа и по 15 % – из двух мест по разрезу шурфа. Пробы смешивают, сушат при температуре не выше 100 °С, а если почва с большим содержанием органических соединений, температура сушки должна быть не выше 70 °С. Высушенную почву измельчают, просеивают через сито с отверстиями 0,5–1 мм, насыпают в банку с установленной трубкой и увлажняют до насыщения. Вода для увлажнения – дистиллированная или кипяченая. Насыщение определяют по небольшому избытку воды на поверхности почвы.

Заполнив пространство между трубкой и банкой увлажненной почвой (на 1–2 см шире края банки), включают постоянный ток на 24 часа, путем подключения к банке отрицательного полюса, и к образцу – положительного полюса от источника постоянного тока напряжением 6 В, как показано на рисунке 3.

Через 24 часа установка разбирается, стальная трубка очищается от продуктов коррозии катодным травлением в 8 %-ном растворе гидроксида натрия при силе тока 2–3 А, промывается дистиллированной водой, сушится и взвешивается с погрешностью не более 0,1 г. По результатам измерений делается заключение о коррозионной активности почвы.

Потеря массы образца до 1 г соответствует низкой коррозионной активности почвы; потеря массы от 1 до 2 г – средняя активность; потеря в 2–3 г – повышенная активность; от 3 до 4 г – высокая активность; свыше 4 г – весьма высокая активность почвы.

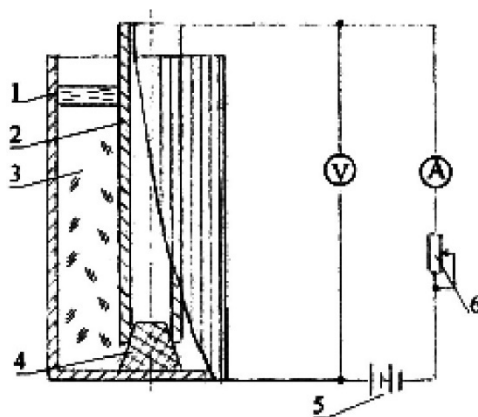


Рисунок 2 – Схема лабораторно-полевой установки для определения коррозионной активности почвы:
1 – банка; 2 – стальная трубка; 3 – почва из шурфа; 4 – пробка;
5 – источник постоянного тока; 6 – реостат для регулировки тока

Чисто лабораторный метод определения коррозионной активности грунта – это определение плотности тока, соответствующей разности потенциалов 0,5 В, в цепи между стальными пластинами в сосуде с испытуемым грунтом.

Для этого способа определения р пробы грунта отбирают так же, как и в лабораторно-полевом методе. Пробу грунта и два стальных электрода помещают в фарфоровый стакан емкостью 1 л (рис. 3).

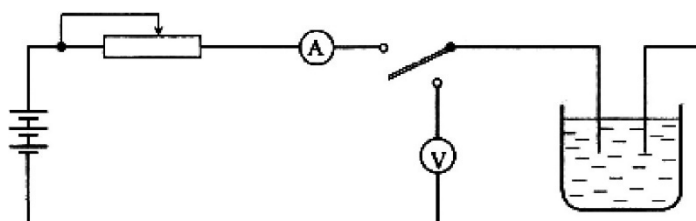


Рисунок 3 – Лабораторная установка для определения коррозионной активности грунта по поляризационным кривым

Электроды в лабораторной установке представляют стальные прямоугольные пластины 25×25 мм с припаянными проводниками. Со стороны припаянных проводников пластина изолируется по всей площади битумной мастикой.



Рабочая сторона пластины хорошо зачищается наждачной шкуркой и обезжиривается ацетоном. Электроды помещаются в сосуд с грунтом неизолрованными сторонами друг к другу и подключаются к источнику постоянного тока, как указано на рисунке 3. В момент разрыва цепи при различных плотностях тока измеряется разность потенциалов между электродами. Исходя из полученных данных строится диаграмма в координатах «разность потенциалов – плотность тока», из которой определяется плотность поляризующего тока, соответствующая разности потенциалов 0,5 В [3].

Коррозионная активность грунта по отношению к углеродистой стали в зависимости от среднего значения плотности поляризующего тока (i_{cp}) будет считаться: низкая – 5 ср в mA/cm^2 до 0,05; средняя – 8 ср выше 0,05 до 0,2; повышенная – 8 ср выше 0,2 до 0,3; высокая – 5 ср выше 0,3 до 0,4; весьма высокая – 5 ср выше 0,4.

Приведенные методы дают возможность определения коррозионной активности грунтов в любое время года и при любой погоде, но с учетом технических возможностей организации, выполняющей эти работы [3].

Литература

1. Проектирование системы электроснабжения электрических железных дорог / Б.А. Бескова, Б.Е. Геронимуса, В.Н. Давыдова [и др.] / под общ. ред. Л.М. Перцовского. – М. : Трансжелдориздат, 1963. – 471 с.
2. Инструкция по защите от коррозии подземных стальных трубопроводов, расположенных в зоне действия рельсового электротранспорта на переменном токе. – М. : Изд-во литературы по строительству, 1972.
3. Емцев А.Н. Монтаж и эксплуатация кабельных линий : учебное пособие / А.Н. Емцев, С.А. Васильева. – Братск : ГОУ ВПО «БрГУ», 2008. – 110 с.

References

1. Design of the electrical supply system for the electric railroads / B.A. Beskova, B.E. Geronimus, V.N. Davydov [et al.] / Under general ed. of L.M. Pertsovsky. – M. : Transgeldorizdat, 1963. – 471 p.
2. Instructions on corrosion protection of underground steel pipelines located in the zone of action of rail electric transport on alternating current. – M. : Literature on Construction, 1972.
3. Emtsev A.N. Installation and Operation of Cable Lines : a training manual / A.N. Emtsev, S.A. Vasilyeva. – Bratsk : GOU VPO «BrSU», 2008. – 110 p.