Министерство высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан.

Ташкентский государственный технический университет им. Абу Райхана Беруни

Методические указания к лабораторной работе

«Измерение сопротивления защитного заземления электроустановок»

Ташкент 2006

Методические указания к лабораторной работе «Измерение сопротивления защитного заземления электроустановок»
Сост.:Каримова В.М., Хасанова О.Т., Йулдош Ш.Й.
Ташкент Таш.ГТУ, 2006. 12с.

Данная работа включает в себя методику выполнения лабораторной работы, которая рассчитана на предварительную домашнюю подготовку студентов-бакалавров всех направлений.

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Печатается по решению научно- методического совета ТашГТУ

Рецензенты: Сиддиков И. доц. ТашГТУ
Урманов И.Р. доц. ТАДИ

Лабораторная работа

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Целью данной работы является ознакомление с требованиями, предъявляемыми к защитному заземлению электроустановок, изучение методов и приборов измерения сопротивления защитного заземления.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

При пробое изоляции электрических машин, аппаратов и других электроустановок, их элементы, нормально не. находящиеся под напряжением, оказываются под напряжением, что представляет большую опасность для обслуживающего персонала и является причиной возникновения пожаров и взрывов. Действительно, токи утечки могут протекать по оборудованию и конструкциям здания - сооружения, не предназначенным для этой цели. В них всегда могут быть места плохих контактов или искровые промежутки, соприкасающиеся .со сгораемыми материалами и конструкциями.

Плохие контакты или искровые промежутки обусловливают местные нагревы или искрения, в результате чего не исключается возможность возникновения пожара или взрыва.

Поэтому все современные электроустановки должны быть оборудованы заземляющими устройствами в соответствии с ПУЭ, ПТЭ и Правилами устройства заземлений в электрических установках. Цель защитного заземления - снизить до безопасной величины напряжение относительно земли на металлических частях электрического оборудования, нормально не находящихся под напряжением, но оказавшихся под таковым вследствие нарушения изоляции.

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлителем называется металлический проводник или группа проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей.

Заземляющими проводниками называются металлические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановок с заземлителем.

Сопротивление защитного заземления представляет собой сумму сопротивления заземлителя относительно земли и сопротивления заземляющих проводников. Сопротивление заземлителя относительно земли (или сопротивление растеканию) r_3 определяется как отношение напряжения на заземлителе относительно земли U_3 к току I_3, протекающему через заземлитель в землю

$$r_3 = U_3/I_3 \qquad (1)$$

Принцип действия защитного заземления заключается в том, что между заземляемым корпусом оборудования и землей создается металлическое соединение большой проводимости, вследствие чего ток, проходящий через включенное параллельно этому соединению тело человека, становится неопасным для жизни.

Основным фактором, определяющим сопротивление заземлителя, является удельное сопротивление земли (грунта). Поэтому проектированию заземляющих устройств должно предшествовать измерение удельного сопротивления грунта на тех участках земли, где предполагается разместить заземлители. Измерение удельного сопротивления грунта производится также для выявления способов улучшения эксплуатируемых заземлителей (доведение сопротивления заземлителя до требуемого по нормам). Удельное сопротивление грунта может быть подсчитано по формуле:

$$\rho = 2\pi a r \ \textit{ом см}, \qquad (2)$$

где r - сопротивление растеканию электрода, полученное путем замера, в ом;

а - расстояние между электродами, см.

Так как на удельное сопротивление грунта влияют влажность, количество осадков и т. п., то величина удельного сопротивления грунта, подсчитанная по формуле (2), должна быть умножена на поправочный коэффициент:

$$\rho^1 = \rho \ K_{макс} \ \textit{ом см}, \qquad (3)$$

где $K_{макс}$ - повышающий коэффициент, в разных климатических зонах имеет разное значение.

По средней полосе республики для горизонтальных поверхностных заземлителей он принимается равным 1,4 - 1,8, а для трубчатых

заземлителей - 1,2 - 1,4.

На основании ПУЭ и ПТЭ необходимо ежегодно проверять состояние наружной части заземляющих проводников и сопротивление защитного заземления, причем сопротивление заземляющих защитных устройств в электроустановках напряжением до 1000 в как с изолированной, так и с глухозаземленной нейтралью не должно быть более 4 *ом*.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

Применяемые приборы

Для контроля заземляющих устройств чаще всего применяются измерители заземления. Измеритель заземления предназначен для измерения сопротивления растеканию заземлителей и удельного сопротивления грунта.

Источником питания служит встроенный в прибор генератор постоянного тока *Г* с ручным приводом (рис. 1). На валу генератора смонтированы два синхронных коммутатора (прерыватель $П_р$ и выпрямитель $В_п$), преобразовывающие постоянный ток в переменный для внешней цепи и, наоборот, переменный ток в постоянный для цепей непосредственного измерения.

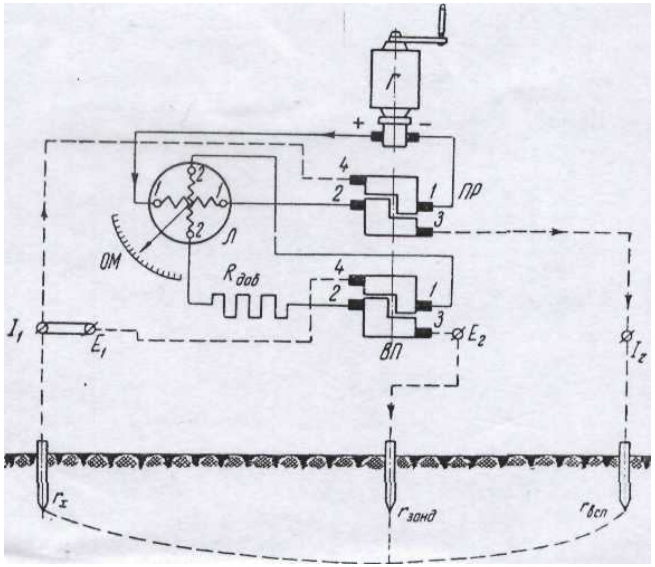

Рис. 1. Упрощенная схема измерителя заземления МС—08 при измерении методом зондирования.

Таким образом, во внешней цепи через землю протекает переменный ток, исключающий искажения из-за явлений поляризации и электролиза, а в измерительных цепях прибора протекает постоянный ток, позволяющий применить весьма чувствительную магнитоэлектрическую систему измерения. В приборе применен магнитоэлектрический логометр-омметр *Л*. Одна рамка логометра *1-1* включена в цепь тока через прерыватель как амперметр, а другая рамка *2-2*-как вольтметр к зажимам E_1 и E_2 (к испытуемому заземлителю и зонду $Г_{зонд}$) через выпрямитель. Для уменьшения погрешности последовательно с рамкой *2-2* включено добавочное сопротивление $R_{доб}$. - 150 000 *ом*. На рис.1 сплошными линиями показаны цепи постоянного тока, а пунктирными-цепи переменного тока.

Постоянный ток генератора-индуктора, пройдя через рамку *1-1* логометра, попадает в коммутаторный прерыватель $П_р$, откуда после преобразования в переменный ток поступает через вспомогательный заземлитель в землю и через испытуемый заземлитель возвращается обратно в прерыватель.

Переменное напряжение между испытуемым заземлителем и зондом прежде чем быть приложенным к рамке *2-2* логометра, при помощи коммутаторного выпрямителя $В_п$ преобразуется в постоянное напряжение.

Из теории магнитоэлектрического логометра известно, что при такой схеме включения он будет показывать величину, пропорциональную U / I , т. е. величину, пропорциональную сопротивлению заземления. Вследствие этого шкала прибора проградуирована в *ом*ах и величина измеряемого сопротивления может быть отсчитана непосредственно без всяких вычислений.

Прерыватель и выпрямитель, насаженные на ось якоря генератора и вращающиеся с ним синхронно, в конструктивном отношении ничем друг от друга не отличаются. Каждый из них состоит из двух изолированных друг от друга фасонных полуцилиндров, к которым прижимаются четыре неподвижные щетки. Две из них - *3* и *4* всегда имеют контакт только со своими полуцилиндрами, в то время как две другие - *1* и *2* через каждые пол-оборота переходят с одного полуцилиндра па другой. Если к щеткам *1* и *2* подвести постоянный

ток, то со щеток *3* и *4* будет сниматься переменный ток прямоугольной формы. Если к щеткам *3* и *4* подвести переменный ток, то со щеток *1* а *2* будет сниматься пульсирующий постоянный ток.

Блуждающие переменные токи в земле не оказывают влияния на точность измерения благодаря вращающемуся коммутатору, за исключением случаев, когда скорость вращения ручки такова, что частота преобразованного переменного тока близка к частоте блуждающих токов. Блуждающие переменные токи будут вызывать колебания стрелки измерителя. Для исключения влияния достаточно изменить скорость вращения генератора в ту или иную сторону, добиваясь спокойного отклонения стрелки. При этом скорость вращения рукоятки не должна выходить из пределов 90 - 150 *об/мин*. Постоянный блуждающий ток не попадает в измерительные цепи, так как он преобразуется коммутатором в переменный ток, не влияющий на магнитоэлектрический логометр. Наличие блуждающих токов обнаруживается при неподвижном генераторе. В этом случае постоянный блуждающий ток будет отклонять стрелку, а переменный блуждающий ток вызовет ее дрожание.

Рассматриваемый прибор имеет три предела измерения: от 0 до 1000 *ом*, от 0 до 100 *ом* и от 0 до 10 *ом* с рабочей частью шкалы соответственно от 10 до 1000 *ом*, от 1 до 100 *ом* и от 0,1 до 10 *ом*.
Эти пределы измерения достигаются шунтированием рамки токовой обмотки *1-1* сопротивлением различной величины путем изменения положения переключателя пределов измерения *4* с надписью «Делить на...» (см рис. 2). Наибольшая погрешность показаний на рабочей шкале составляет 10% от измеряемой величины.

Необходимая чувствительность измерения достигается, если сопротивление вспомогательного заземлителя для предела 1000 *ом* не превышает 1000 *ом*, соответственно, для предела 100 *ом* - 500 *ом* и для предела 10 *ом* - 250 *ом*. Сопротивление потенциального зонда $Г_{зонд}$. во всех случаях .не должно превосходить 1000 *ом*. Прибор имеет четыре зажима (см. рис, 1 и 2): два токовых I_1 и I_2 и два потенциальных E_1 и E_2. К зажимам I_1 и E_2 присоединяют испытуемый заземлитель, к зажиму E_2 - зонд и к зажиму I_2 – вспомогательный заземлитель.

Порядок проведения работы

Измерение сопротивления растеканию заземляющих устройств.

1.Для производства измерения сопротивления растеканию исследуемого заземлителя необходимо вспомогательный и потенциальный (зонд) заземлителя расположить от испытуемого на расстояниях, указанных на рис. 2. В качестве вспомогательного заземлителя и зонда могут быть приняты стальные стержни диаметром не менее 0,5 см или стальные трубки любого диаметра, забиваемые в грунт .на глубину не менее 0,5 м.

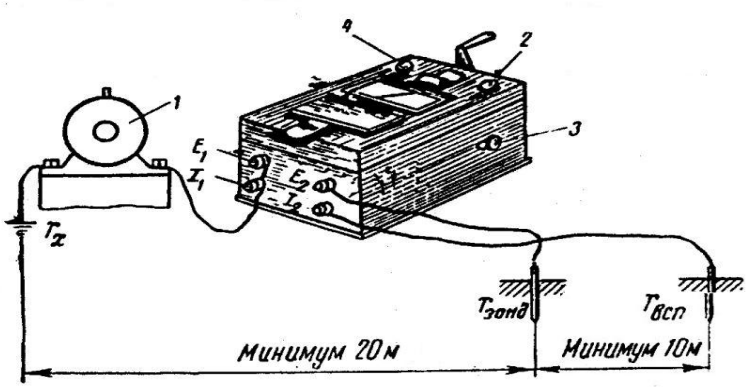

Рис. 2 Принципиальная схема включения измерителя заземления типа МС-08
1-электродвигатель; 2-переключатель «регулировка - измерение» ; 3-реостат; 4-переключатель пределов

2. Измеритель МС-08 присоединить к испытуемому заземлению, зонду и вспомогательному заземлению по схеме, изображённой на рис. 2. Все соединения выполнить гибким проводом с хорошей и исправной изоляцией сечением 1,5 - 2,5 $мм^2$. Провода могут быть протянуты непосредственно по земле.

Переключатель «регулировка-измерение» (рис. 2, поз.2) поставить в положение «регулировка» для компенсации сопротивления зонда. Вращая генератор со скоростью 2 *об/сек*, одновременно поворачивают рукоятку реостата (рис. 2, поз.3) до совмещения стрелки прибора с красной отметкой шкалы. В этом положении рукоятка реостата должна оставаться до конца измерения.

Если поворотам рукоятки реостата .стрелка прибора не устанавливается на красную отметку шкалы, то это указывает на чрезмерно высокое сопротивление зонда. В этом случае его следует снизить, например, заглублением электрода в землю, забивкой дополнительного электрода.

Закончив регулировку, необходимо переключатель снова поставить в положение «измерение», а переключатель пределов измерения в положение «Делить на 1». Вращая ручку генератора со скоростью около 2 *об/сек,* отсчитывают по показанию стрелки на шкале сопротивление заземления (в *ом*ах). Если результат измерения составляет меньше 100 *ом*, то для получения более точного результата переключатель пределов измерения следует перевести в положение «Делить на 10», при этом отсчитанное значение на шкале надо разделить на 10, чтобы получить измеряемое сопротивление в *ом*ах.

Наконец, если результат измерения будет составлять меньше 10 *ом*, переключатель следует перевести в положение «Делить на 100», при этом отсчитанное значение на шкале должно быть разделено на 100.

5. Если при измерении стрелка устанавливается недостаточно уверенно, то это указывает на чрезмерно высокое сопротивление заземления вспомогательного заземлителя. Для проверки его величины следует поменять местами провода на зажимах I_1 и I_2 и повторить измерение, в этом случае прибор покажет сопротивление заземления вспомогательного заземлителя. Если его величина превышает приведенные значения, необходимо ее снизить, после чего произвести основной замер. Снижение сопротивления вспомогательного заземлителя можно достичь, либо увеличив его диаметр до 1 *см*, либо забив на большую глубину.

6. При обнаружении блуждающих переменных токов при измерении следует изменить число оборотов генератора в ту или другую сторону, добиваясь спокойного отклонения стрелки.

7. Если измеряемое сопротивление мало (единицы *ом*а), во избежание ошибок, вносимых падением напряжения в проводе, соединяющим прибор с испытуемым заземлителем, перемычку между зажимами E_1 и I_1 следует разомкнуть, а зажимы соединить с испытуемым заземлением отдельными проводами. Измерения производят два-три раза, принимая среднее из них.

8. На основания пунктов 1-7 произвести измерение сопротивления растекания тока заземляющего устройства: электродвигатель-магистраль заземления – заземлитель; пускатель – магистраль заземления – заземлитель и т.д. Результаты измерений в табл. 1. внести в протокол и сделать выводы о состоянии заземляющего устройства.

Таблица 1

Наименование заземляющего оборудования	Сопротивление, Ом		Вывод
	Замеренное	Допускаемое	
	МС-08 и М-416		
Электродвигатель	0,5 0,6 0,6	4 4 4	Соответствует нормам
Пускатель	0,4 0,5 0,5	4 4 4	

Измерение удельного сопротивления грунта

1. На испытуемом участке в землю по прямой линии забить четыре электрода на расстоянии *a* друг от друга (см. рис. 3). Глубина забивки электродов должна составлять $^1/_{20}$ от расстояния между электродами. Измеритель заземления МС-07 зажимами I_1 I_2 подсоединить к крайним электродам, а зажимы E_1 E_2 подсоединить к соответствующим внутренним электродам (перемычка между зажимами I_1 E_1 размыкается).

2. Перед замером производится установка стрелки прибора на красную отметку при положении переключателя «регулировка-измерение» на «регулировка» точно так же, как это было описано выше для компенсации сопротивления зонда. Затем переключатель переводится в положение «изменение» и производится замер. Прибор в этом случае показывает (в *ом*ах) отношение разности потенциалов между внутренними электродами к величине общего тока, протекающего в земле между двумя внешними электродами. Если показания прибора (в *ом*ах) обозначить r, а расстояние (в *см*) между соседними *a*, то согласно формуле (9) удельное сопротивление грунта (в *ом*ах) будет

$$\rho = 2 \pi a r$$

При учете поправочного коэффициента $K_{макс}$ окончательно получаем

$$\rho^1 = \rho\, K_{макс}$$

3. Из полученных результатов удельного сопротивления грунта сделать выводы о мероприятиях при устройстве заземлителя.

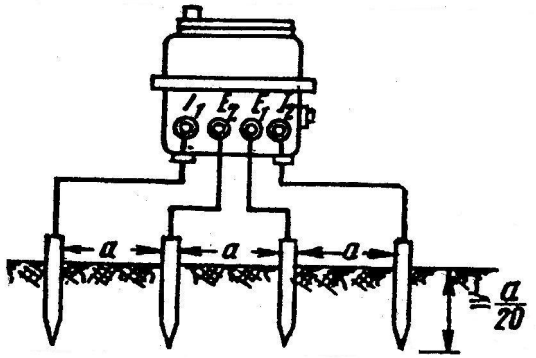

Рис.3 Схема включения прибора МС-08 для измерения удельного сопротивления грунта

4.Оформить отчёт.

Содержание отчёта

Отчёт должен иметь.

1. Элементарную схему измерения сопротивлений растеканию тока заземлителей с помощью измерителя МС-08
2. Результаты измерений и вычислений сопротивлений растеканию тока вертикальных стержневых электродов сводятся в таблицу 2

Таблица 2

№ п-п	Объект и измерения (заземлитель или заземляющее устройство) и его назначение	Результаты измерения	Сопро-тивление по норме	Результаты измерений удельного сопротивле-ния грунта

3. Вывод

Литература

1.Охрана труда в электроустановках / Под ред. Б.А. Князевского-М.Энергоатомиздат,1983
2.Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках.- М. Энергоатомиздат. 1984
3.Охрана труда в энергосистемах А.А Воронина, Н.Ф. Щебенко М.: Энергия. 1973
4.Правила устройства электроустановок, М.: ДЕАН., 2004
5. Правила устройства электроустановок, Электрическое освещение. Ээлектрооборудование специальных установок М.: ДЕАН, 2002
6. Правила технической эксплуатации и правила техники безопасности при эксплуатации электропотребителей А.Г. Саиджоджаев, Т.М. Кадыров, О.М. Бурхонходжаев, Б.А. Абдуллаев под общей ред. Б.М. Тешабаева, А.Г. Солиева. ТашУз Гос Энергонадзор., 2005
7. Правила устройства электроустановок (Электроускуналарни тузилиш қоидалари), Тошкент ДИ УзГосЭнергонадзор., 2005
8. www.кедtи. ru

Редактор Ахметжанова Г.М.