

Методика определения сопротивления заземляющего устройства

Назначение методики выполнения измерений.

Данная методика предназначена для производства измерения сопротивления заземляющего устройства при испытании электроустановок с целью оценки качества заземляющих устройств и сравнением измеренных величин с нормами (глава 1.7 ПУЭ).

Эти измерения необходимы для обеспечения устойчивой работы электрооборудования и защиты людей от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции.

Условия проведения измерений.

Измерение сопротивления заземляющего устройства проводится в атмосферных условиях близких к нормальным:

- температура окружающего воздуха от -25 до $+35$ С
- относительная влажность воздуха не более 90 %.

Примечание: измерения производятся в период наибольшего просыхания или промерзания грунта.

Метод измерения. Средства измерения.

Для измерения сопротивления растеканию тока заземляющих устройств (далее ЗУ) всех типов, проверки цепи между заземлителями и заземляемыми элементами используется измеритель сопротивления заземления **Ф4103-М1**. Диапазон измерения от 0 до 15000 Ом. Класс точности 4,0 на диапазоне 0—0,3 Ом и 2,5 на остальных диапазонах. Пределы допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 4\%$ на диапазоне 0—0,3 Ом и $\pm 2,5\%$ на остальных диапазонах от конечного значения диапазона измерения.

Для измерения сопротивления растеканию тока ЗУ потребителей электроэнергии на напряжении до 10 кВ и подстанций напряжением до 10 кВ используется измеритель сопротивления заземления **М416**. Диапазон измерения от 0 до 1000 Ом. Основная погрешность не превышает $\pm(5+(N/R_x-1))\%$ от измеряемой величины.

где: N - конечное значение диапазона, Ом,

R_x - измеряемое сопротивление, Ом.

Измерение сопротивления заземляющего устройства подстанции прибором Ф4103.

Измерение сопротивления производится без отсоединения грозозащитных тросов, оболочек отходящих кабелей и других естественных заземлителей.

Для подстанций с напряжением на стороне до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью по отдельности измеряется сопротивление ЗУ искусственного заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора, и сопротивление повторных заземлителей отходящих ВЛ -0,4 кВ. Далее измеряется общее сопротивление растеканию всех заземлителей (в т.ч. естественных и повторных заземлений нулевого провода каждой ВЛ) и общее сопротивление ЗУ подстанции со всеми присоединенными заземлителями. Для измерения сопротивления растеканию тока исследуемого заземлителя необходимо забить в землю два электрода, диаметр электродов должен быть не менее 5мм.

Принципиальные схемы измерений приведена на [рисунке 1](#). Направление разноса электродов выбирать так, чтобы соединительные провода не проходили вблизи металлоконструкций и параллельно трассе ЛЭП. При этом, расстояние между токовыми и потенциальными проводами должно быть не менее 1 м. Присоединение проводов к ЗУ выполнять на одной металлоконструкции, выбирая места подключения на расстоянии 0,2 - 0,4 м друг от друга. Токовый и потенциальный электроды следует располагать на одной линии по территории, свободной от линий электропередачи и других подземных коммуникаций. Расстояние от подстанции до токового и потенциального электродов выбираются в зависимости от размеров заземляющего устройства (ЗУ) и характерных особенностей территории вокруг подстанции.

Если заземлитель подстанции имеет небольшие размеры, а вокруг него имеется обширная площадь, свободная от ЛЭП и подземных коммуникаций, то расстояния до электродов выбираются следующим образом

$$L_{эТ} \geq 3Д \quad \text{и} \quad L_{эП} = 0,5L_{эТ}$$

где: Д - наибольший линейный размер РУ, характерный для данного типа заземлителя (для заземлителя в виде многоугольника - диагональ ЗУ, для глубинного заземлителя длина глубинного электрода, для лучевого заземлителя - длина луча)

При измерениях в качестве ПЭ и ТЭ применяют очищенные от краски и ржавчины стальные стержни или трубы диаметром до 50 мм. Электроды забиваются или завинчиваются в грунт на глубину 1,0 - 1,5 . Если необходимо, то ТЭ выполняется из нескольких параллельно соединенных электродов, размещенных по окружности, с расстоянием между ними 1,0 - 0,5 м. При выборе или сооружении ТЭ и ПЭ необходимо проверить соответствие их сопротивления данным [таблицы 1](#).

Измерение сопротивления заземлителя прибором М 416.

Измерение сопротивления производится без отсоединения грозозащитных тросов, оболочек отходящих кабелей и других естественных заземлителей. Принципиальные схемы измерений приведены на [рисунке 2](#).

Подготовка к выполнению измерений.

Перед началом проведения измерений необходимо:

- визуально проверить состояние заземляющего устройства;
- проверить на соответствие проекту (если таковой имеется);
- выбрать схему подключения прибора.

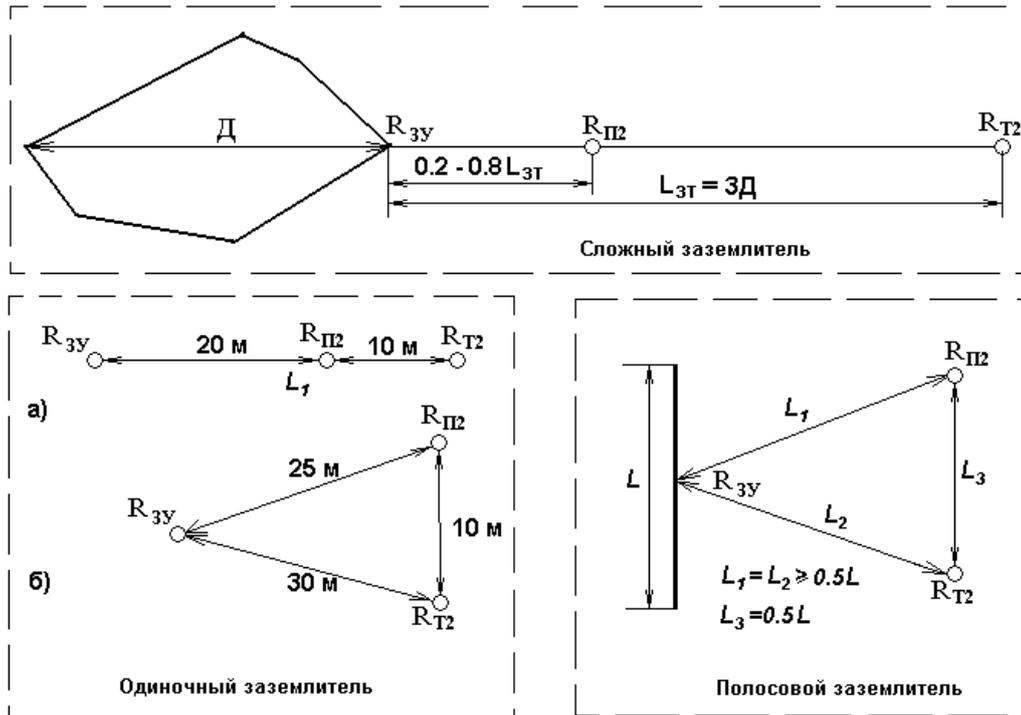
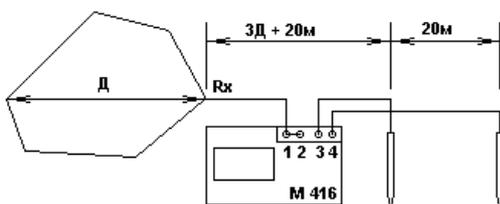


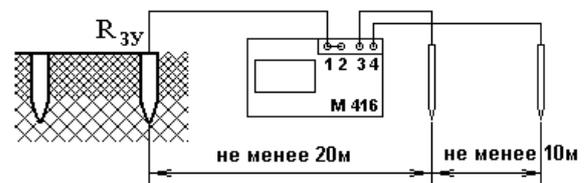
Рисунок 1

Таблица 1

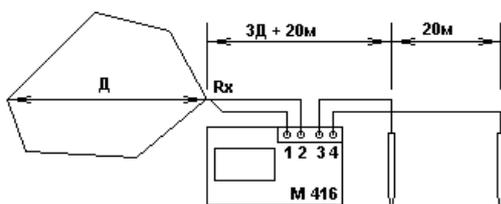
Диапазон измерений, Ом	Диапазон допустимых значений сопротивления электродов, КОм	
	потенциальных или их суммарное сопротивление	токовых или их суммарное сопротивление
0-0,3; 0-1	0-2	0-1
0 - 3; 0 - 10	0-6	0-3
0-30; 0-300; 0-1000 и остальные до 0-15000	0-12	0-6



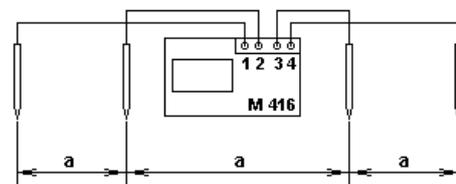
Измерение сложного ЗУ по трёхжакимной схеме.



Измерение простого ЗУ



Измерение сложного ЗУ по четырёхжакимной схеме



Измерение удельного сопротивления грунта

Рисунок 2.

Выполнение измерений.

Измерение сопротивления растеканию электрического тока заземлителей прибором Ф 4103 -М1.

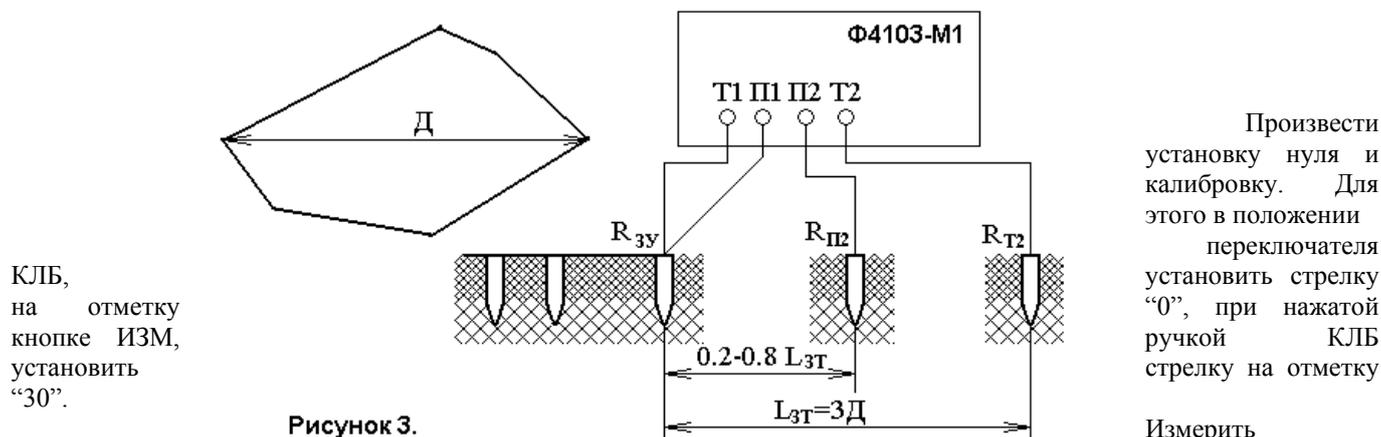
Проверить напряжение источника питания (при закороченных зажимах Т1, Т2, П1, П2, положении переключателей КЛБ и 0,3 в крайнем правом положении следует нажать кнопку ИЗМ - лампа КП не должна загораться).

Подключить провода от ПЭ и ЗУ соответственно к зажимам П2 и П1 (рисунок 3).

Проверить уровень помех. Для этого установить переключатели в положения ИЗМ 11 и 0,3 и нажать кнопку ИЗМ. Если лампа КПМ не загорается, то уровень помех допустимый и измерения можно проводить. Если лампа КПМ загорается, то уровень помех выше допустимого для диапазона 0-0,3 Ом и необходимо перейти на диапазон 0-1 Ом.

Если лампа не загорится, то можно проводить измерения на всех диапазонах, кроме 0-0,3 Ом.

Внимание: Запрещается подключать провода к зажимам Т1, Т2 и проводить измерения если лампа Кпм загорается на диапазоне 0-1 Ом.



схеме подключения. Для этого установить ориентировочно необходимый диапазон измерения, установит ноль, откалибровать прибор. При положении переключателя ИЗМ1 отсчитать значение сопротивления, и если оно выше допустимого по таблице 1 - уменьшить его.

Подключить прибор в схему измерения.

Установить необходимый диапазон измерения, затем произвести установку нуля и калибровку по п.4. Если при калибровке стрелка находится левее отметки "30" следует уменьшить сопротивление ТЭ.

8. Перевести переключатель "род работ" в положение ИЗМ 1 и отсчитать значение сопротивления. При колебаниях стрелки под воздействием помех, устранить их вращением ручки ПДС.

Если необходимо перейти на более высокий диапазон то установить переключатель "пределы" в нужное положение установить ноль, откалибровать измеритель, перевести переключатель "род работ" в положение ИЗМ 1 и произвести отсчет.

При переходе на более низкий диапазон отключить провода от зажимов Т1 и Т2, провести контроль помех и сопротивлений электродов, а затем измерение по п.п. 4-8.

Измерение сопротивления растеканию электрического тока заземлителей прибором М416.

1. установить прибор на ровной поверхности.

2. установить переключатель в положение КОНТРОЛЬ 5 Ом, нажать кнопку и вращением ручки РЕОХОРД добиться установления стрелки индикатора на нулевую отметку на шкале реохорда, при этом должно быть показание $5 \pm 0,3$ Ом.

3. для проведения измерения подключить измеряемый заземлитель по трех зажимной или четырех зажимной схеме.

4. установить переключатель в положение " $\times 1$ ".

5. нажать на кнопку и вращая ручку реохорд, добиться максимального приближения стрелки индикатора к нулю.

6. результат измерения равен произведению показания шкалы реохорда на множитель.

Если измеряемое сопротивление окажется больше 10 Ом, переключатель необходимо установить в положение $\times 5$, $\times 20$ или $\times 100$ и повторить измерение.

Определение удельного сопротивления грунта.

Данное измерение необходимо выполнять в тех случаях, когда неизвестно удельное сопротивление грунта на месте расположения заземления, а также для расчета нормы сопротивления заземляющего устройства.

При использовании этого способа измеряется среднее удельное сопротивление грунта на глубине, равной расстоянию *А* между забитыми стержнями.

На испытываемом участке земли по прямой линии забиваются четыре стержня на равном расстоянии *А* друг от друга (рисунок 2). Расстояние *А* может быть выбрано произвольно от 10 до 20 метров, но не менее чем в 5 раз больше глубины погружения электродов.

Удельное сопротивление грунта ρ определяется по формуле:

$$\rho = 2\pi R A$$

где: R — показания прибора, Ом;
 A — расстояние между стержнями, м.

Обработка и вычисление результатов измерений.

Наибольшее сопротивление заземлитель имеет, летом при наибольшем пересыхании земли или зимой при наибольшем промерзании. Если измерение сопротивления заземлителя $R_{изм}$ проводилось в эти периоды, то сопротивление заземлителей R_z вычисляют по формуле:

$$R_z = K_c R_{изм}$$

где: K_c — сезонный коэффициент сопротивления заземлителя (таблица 2).

Сезонный коэффициент K_c зависит не только от месяца, когда производятся измерения, но и от конкретных погодных условий, от характера грунта в месте проведения измерений.

Если измеренное сопротивление превышает норму, то следует проверить, все ли естественные заземлители подключены. Если и естественные заземлители не обеспечивают нужных показателей, то требуется измерить в разных местах электроустановки удельное сопротивление грунта. При удельном сопротивлении ρ грунта более 100 Ом/м допускается увеличивать указанные нормы в 0,01 раз, но не более десятикратного.

При проверке цепи между заземлителями и заземленными элементами значения сопротивления, полученные при измерениях, заносятся в рабочую тетрадь с последующей записью в протокол.

Оформление результатов измерений.

Результаты обработки и вычислений данных проведенные в разделе 6 данной методики заносятся в рабочую тетрадь, с последующим составлением протокола.

Требования к квалификации персонала.

Испытания производит специально обученный персонал электролаборатории в соответствии с требованиями правил техники безопасности

Требования к безопасности выполняемых работ.

Работа должна выполняться в соответствии с инструкцией по охране труда

Таблица 2

Поправочные коэффициенты к значению измеренного сопротивления заземлителя.

Тип заземлителя	Размеры заземлителя	t = 0.7-0.8 м			t = 0.5 м		
		K1	K2	K3	K1	K2	K3
Горизонтальная полоса	L= 5 м.	3,6	3,0	2,5	6,5	5,2	3,8
	L= 20 м.						
Заземляющая сетка или контур	S= 400 м*2	2,6	2,3	2,0	4,6	3,8	3,2
	S= 900 м*2	2,2	2,0	1,8	3,6	3,0	2,7
	S=3600 м*2	1,8	1,7	1,6	3,0	2,6	2,3
Заземляющая сетка или контур с вертикальными электродами длиной до 5 м.	S= 900 м*2 N > 10 шт.	1,6	1,5	1,4	2,1	1,9	1,8
	S= 3600 м*2 N > 15шт.	1,5	1,4	1,3	2,0	1,9	1,7
Одиночный вертикальный заземлитель	L= 2,5 м	2,00	1,75	1,50	3,8	3,00	2,30
	L= 3,5 м	1,60	1,40	1,30	2,0	1,90	1,60
	L= 5 м	1,30	1,23	1,15	1,6	1,45	1,30

где: **K1** - применяется, когда измерение производится при влажном грунте или моменту измерения предшествовало выпадение большого количества осадков,

K2 - когда измерение производится при грунте средней влажности или моменту измерения предшествовало небольшое количество осадков;

K3 - когда измерение производится при сухом грунте или моменту измерения предшествовало выпадение незначительного количества осадков.

t - глубина заложения в землю горизонтальной части заземлителя или верхней части вертикальных заземлителей;

L - длина горизонтальной полосы или вертикального заземлителя;

S - площадь заземляющей сетки или контура;

N - количество вертикальных электродов.