

Измерения сопротивления изоляции проводов, кабелей, силового электрооборудования и аппаратов.

Изоляция различных электрических установок вследствие влияния окружающей среды, нагрева, механических воздействий в процессе эксплуатации достаточно легко подвергается изменению и повреждению, в результате чего ее изоляционные свойства снижаются. Поэтому за состоянием изоляции установок необходимо следить в течение всего времени эксплуатации.

Цель проведения измерений - проверка соответствия сопротивления изоляции установленным нормам.

Нормы определены в ПУЭ и ПТЭЭП (правила технической эксплуатации электроустановок потребителя).

Для электроустановок, напряжением до 1000 В допустимые значения сопротивления изоляции представлены в таблице.

Испытуемый элемент	Напряжение мегаомметра, В	Наименьшее допустимое значение сопротивления изоляции, МОм
Шины постоянного тока на щитах управления и в распределительных устройствах (при отсоединенных цепях)	500-1000	10
Цепи питания приводов выключателей и разъединителей *	500-1000	1
Цепи управления, защиты, автоматики и измерений,	500-1000	1
Вторичные цепи и элементы при питании от отдельного источника или через разделительный трансформатор, рассчитанные на рабочее напряжение 60 В и ниже **	500	0,5
Электропроводки, в том числе осветительные сети	1000	0,5
Распределительные устройства, щиты и токопроводы (шинопроводы)	500-1000	0,5
Кабели сечением 16 мм ² и выше, бронированные, электродные котлы, силовые трансформаторы	2500	0,5

* Измерение производится со всеми присоединенными аппаратами (катушки, провода, контакторы, пускатели, автоматические выключатели, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т.п.).

** Должны быть приняты меры для предотвращения повреждения устройств, в особенности микроэлектронных и полупроводниковых элементов.

Отсюда следует:

- 1) наименьшее сопротивление изоляции должно быть не ниже 0,5 МОм;
- 2) испытательные напряжения в интервале 500 В - 2,5 кВ

Периодичность. Измерение сопротивления изоляции электропроводок, в том числе и осветительных сетей, производится не реже 1 раза в 3 года, а для электропроводок в особо опасных помещениях и наружных установках стационарных, электроплит и лифтов - не реже 1 раза в год.

Применяемые приборы.

Для измерения сопротивления изоляции применяются мегаомметры генераторного типа или цифровые измерители с преобразователем напряжения.



Измеритель сопротивления изоляции и целостности электрических цепей «Метрел». Измерение сопротивления изоляции в диапазоне до 100 ГОм, с разрешением 0,01 Мом.

Вычисление коэффициентов абсорбции и поляризации, характеризующих **степень увлажненности и степень старения изоляции** соответственно. Проверка целостности проводников при испытательном токе 200 мА в диапазоне до 2 кОм, с разрешением 0,01 Ом. Проверка целостности проводников при испытательном токе 7 мА в диапазоне до 2 кОм, с разрешением 0,1 Ом. Измерение напряжения.

Прибор имеет режим непрерывного измерения сопротивления изоляции, в ходе которого вычисляются коэффициенты абсорбции и поляризации, позволяющие оценить степень увлажненности изоляции и выявить процессы старения. Широкий диапазон рабочих температур — от -20 °С до +40 °С.

Контроль точности результатов измерений обеспечивается ежегодной поверкой приборов в органах Госстандарта РФ. Приборы должны иметь действующие свидетельства о госповерке. Выполнение измерений прибором с просроченным сроком поверки не допускается.

Измерение сопротивления изоляции силового оборудования.

Значение сопротивления изоляции электрических машин и аппаратов в большой степени зависит от **температуры**. Замеры следует производить при температуре изоляции не ниже +5 °С кроме случаев, оговоренных специальными инструкциями. При более низких температурах, результаты измерения из-за нестабильного состояния влаги не отражают истинной характеристики изоляции. При существенных различиях между результатами измерений на месте монтажа и данным завода-изготовителя, обусловленных разностью температур, при которых проводились измерения, следует откорректировать эти результаты по указаниям изготовителя.

Степень **увлажненности изоляции** характеризуется **коэффициентом абсорбции**, равным отношению измеренного сопротивления изоляции через 60 секунд после приложения напряжения мегаомметра (R_{60}) к измеренному сопротивлению изоляции через 15 секунд (R_{15}), при этом:

$$K_{абс} = R_{60} / R_{15}$$

Коэффициент поляризации. Указывает способность заряженных частиц и диполей в диэлектрике перемещаться под действием электрического поля, что определяет степень старения изоляции. Коэффициент поляризации также должен значительно превышать единицу.

Коэффициент поляризации - это отношение измеренного сопротивления изоляции через 600 секунд после приложения напряжения мегаомметра R_{600} к измеренному сопротивлению изоляции через 60 секунд (R_{60})
 $K_{\text{поляр.}} = R_{600} / R_{60}$

Сопротивление изоляции **автоматических выключателей и УЗО** производится:

1. Между каждым выводом полюса и соединенными между собой противоположными выводами полюсов при разомкнутом состоянии выключателя или УЗО;

2. Между каждым разноименным полюсом и соединенными между собой оставшимися полюсами при замкнутом состоянии выключателя или УЗО;

3. Между всеми соединенными между собой полюсами и корпусом, обернутым металлической фольгой.

При этом для автоматических выключателей бытового или аналогичного назначения и УЗО при измерениях по пп. 1, 2 сопротивление изоляции должно быть не менее 2 МОм, по 3 – не менее 5 МОм.

Меры безопасности

Измерения сопротивления изоляции мегаомметром разрешается выполнять в электроустановках напряжением **выше 1000 В по наряду**, бригадой **не менее двух** человек, один из которых должен иметь группу по электробезопасности не ниже **IV**.

В электроустановках напряжением **до 1000 В** измерения выполняются по **распоряжению двумя** работниками, один из которых должен иметь группу по электробезопасности **не ниже III**.

В электроустановках **до 1000 В**, расположенных в помещениях, кроме особо опасных в отношении поражения электрическим током, работник, имеющий группу **III и право быть производителем работ**, может проводить измерения единолично.

Порядок проведения измерений.

При измерении сопротивления изоляции следует учитывать, что для присоединения мегаомметра к испытываемому объекту необходимо пользоваться гибкими проводами с изолирующими рукоятками на концах и ограничительными кольцами перед контактными щупами. Длина соединительных проводов должна быть минимальной исходя из условий проведения измерений, а сопротивление их изоляции не менее 10 МОм.

Измерения сопротивления изоляции мегаомметром должно осуществляться на отключенных токоведущих частях, с которых снят заряд путем предварительного их заземления. Заземление с токоведущих частей следует снимать только после подключения мегаомметра.

Измерения мегаомметрами проводятся в следующей последовательности:

- проверить отсутствие напряжения на испытываемом объекте;
- очистить изоляцию от пыли и грязи вблизи присоединения мегаомметра к испытываемому объекту;
- присоединить испытываемый объект к гнездам;
- выбрать выходное напряжение, соответствующее испытываемому объекту;

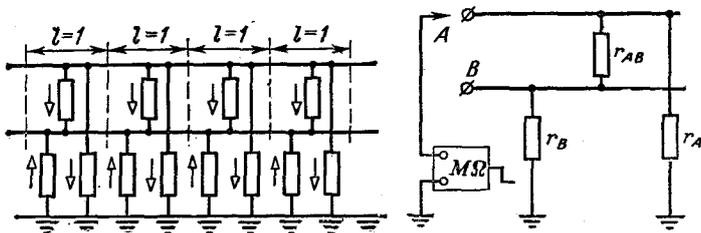
- для проведения измерений вращать рукоятку генератора со скоростью 120-140 оборотов в минуту (мегаомметра генераторного типа) или нажать кнопку пуска измерения (цифрового измерителя);
- снять показания мегаомметра.

Внимание! После каждого измерения необходимо снимать емкостной заряд путем кратковременного заземления частей испытываемого объекта, на которые подавалось выходное напряжение мегаомметра.

Результаты измерений оформляются протоколами.

Сопротивление изоляции электроустановок можно измерять при снятом напряжении и под напряжением.

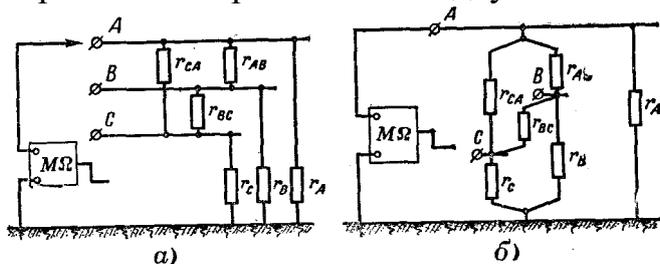
ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ УСТАНОВКИ НЕ НАХОДЯЩЕЙСЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ



Каждую электрическую сеть можно рассматривать состоящей из ряда последовательно соединенных участков единичной длины, а сопротивление изоляции — состоящим из ряда параллельно соединенных между собой сопротивлений изоляции единичных участков (рис.). Таким образом, электрическую сеть можно заменить эквивалентной схемой, в которой между проводами и между проводами и землей включены сосредоточенные сопротивления, эквивалентные сопротивлениям единичных участков (рис.).

Согласно (ПУЭ) сопротивление изоляции, при снятых плавких вставках, требуется измерять на участке между смежными предохранителями или за последним предохранителем между любым проводом и землей, а также между двумя любыми проводами.

Для измерения сопротивления изоляции установки, не находящейся под рабочим напряжением, приемники энергии отсоединяются (на рис. не показаны). Для измерения сопротивления r_A (изоляции провода A относительно земли) один зажим мегомметра присоединяется к испытываемому проводу, а другой его зажим к земле. При этом в результате измерения будет найдено эквивалентное сопротивление разветвления двух ветвей: одной

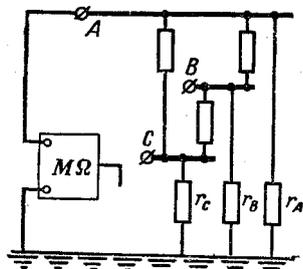


r_A и второй $r + r_{AB}$. Это найденное сопротивление r_{3A} будет или меньше сопротивления r_A или равно ему, если $r_B + r_{AB} = \infty$. В общем случае $r_{3A} \leq r_A$.

Измеряя аналогично сопротивление r_B между проводом B и землей и r_{AB} между проводами A и B , определим наименьшие значения сопротивлений r_B и r_{AB} .

Для измерения сопротивления изоляции провода A трехпроводной установки относительно земли один зажим мегомметра присоединяют к проводу A , а второй – к земле (рис.). В этом случае будет измерено эквивалентное сопротивление $r_{эА}$ двух параллельных ветвей, одной r_A и второй, состоящей из пяти сопротивлений. Как было показано, $r_{эА} \leq r_A$.

Измеряя аналогично сопротивления между проводом B и землей, между проводом C и землей и между проводами AB , BC и CA , можно определить наименьшие значения сопротивлений r_B , r_C , r_{AB} , r_{BC} и r_{CA} .



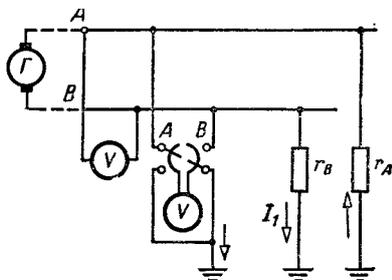
Если приемники энергии присоединены к электрической сети, то три провода установки будут соединены между собой малыми (по сравнению с сопротивлением изоляции) сопротивлениями приемников, и, следовательно, сопротивления изоляции проводов относительно земли r_A , r_B и r_C (рис.) соединены между собой параллельно. В этом случае имеет смысл производить измерение сопротивления изоляции между одним из проводов и землей, причем результат измерения следующий:

$$r_{из} = r_A r_B r_C / (r_A r_B + r_B r_C + r_C r_A)$$

Если при включенных приемниках энергии значение $r_{из}$ удовлетворяет требованию ПУЭ, то тем более она удовлетворит этим требованиям при отсоединенных приемниках энергии.

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ УСТАНОВКИ, НАХОДЯЩЕЙСЯ ПОД РАБОЧИМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Для измерения сопротивления изоляции установки, находящейся под рабочим напряжением U , измеряют вольтметром напряжение U , напряжение U_A между проводом A и землей и напряжение U_B между проводом B и землей (рис.).



Включив вольтметр между проводом A и землей (положение переключателя A) и обозначив r_V – сопротивление вольтметра, можно написать выражение тока, идущего через r_B – сопротивление изоляции провода B :

$$I_1 = \frac{U - U_A}{r_B} = \frac{U}{r_B + \frac{r_A r_V}{r_A + r_V}}$$

Включив вольтметр между проводом B и землей (положение переключателя B), можно написать выражения тока, идущего через r_A – сопротивление изоляции провода A :

$$I_A = \frac{U - U_B}{r_A} = \frac{U}{r_A + \frac{r_B r_V}{r_B + r_V}}$$

Решив совместно уравнения, найдем сопротивление

$$r_A = r_V (U - U_A - U_B) / U_B$$

и сопротивление

$$r_B = r_V (U - U_A - U_B) / U_A$$

Если сопротивление $r_A \gg r_V$, то при включении V на A , вольтметр будет соединен последовательно с сопротивлением r_B , которое можно определить по формуле:

$$R_B = R_V \left(\frac{U}{U_A} - 1 \right), \text{ что хорошо согласуется с предыдущей формулой.}$$

Аналогично, если $r_B \gg r_V$, то при подключении вольтметра к B , вольтметр будет соединен последовательно с сопротивлением r_A , значение которого $R_A = R_V \left(\frac{U}{U_B} - 1 \right)$ при R_V и $U - \text{const}$.

Таким образом, показания вольтметра, включенного между проводом и землей, при постоянном напряжении сети зависят только от сопротивления изоляции второго провода. Поэтому на шкале вольтметра можно нанести деления, дающие значения сопротивления.

Контроль за состоянием изоляции в двухпроводных сетях можно осуществить при помощи вольтметров (рис. 6-34). При нормальном состоянии изоляции каждый из вольтметров покажет напряжение, равное половине напряжения сети. Уменьшение сопротивления изоляции одного из проводов вызовет уменьшение показаний вольтметра, подключенного к этому проводу, и увеличение показаний второго вольтметра вследствие уменьшения эквивалентного сопротивления между зажимами первого вольтметра и распределения напряжения сети пропорционально сопротивлениям.

Для контроля за изоляцией в трехфазных сетях применяются три вольтметра (рис. 6-35). При исправной изоляции всех трех проводов вольтметры показывают одинаковые фазные напряжения. При уменьшении сопротивления изоляции одного из проводов, например первого, показание первого вольтметра уменьшается, так как уменьшится разность потенциалов между первым

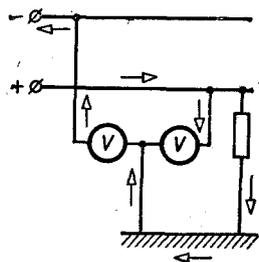


Рис. 6-34. Схема для контроля за состоянием изоляции двухпроводной сети.

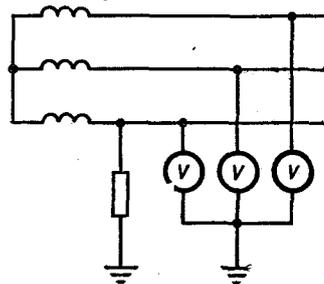


Рис. 6-35. Схема для контроля за состоянием изоляции трехфазной сети.

проводом и землей. В то же время показания других вольтметров возрастут. При уменьшении сопротивления изоляции первого провода до нуля показание первого вольтметра будет равно нулю, а второй и третий вольтметры покажут линейные напряжения.