

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В.Г. Шухова»**

Кафедра «Электроэнергетика и автоматика»

Лабораторная работа № 4

Дисциплина: «Эксплуатация систем
электрооборудования»

Тема: «Проверки и испытания
сопротивления изоляции»

Выполнил: студент гр. _____

Проверил: доцент Д.А.Прасол

Лабораторная работа № 4

Проверки и испытания сопротивления изоляции

Цель работы: изучить методику и приборы для измерения сопротивления изоляции; выполнить проверку и провести измерение сопротивления изоляции элементов электроустановок различными приборами.

Основные понятия и определения

Данная методика предназначена для производства измерений сопротивления изоляции электропроводок, электрооборудования (комплектных низковольтных устройств: ВРУ, щитков этажных и квартирных, и др.), а также изолирующих полов и стен при испытаниях электроустановок зданий и сооружений с целью оценки качества изоляции элементов электроустановок и сравнения ее сопротивления с нормами таблицы 37 Приложения 3.1 ПТЭЭП и таблицей 6.1 стандарта ГОСТ Р 50571.16-2019. В соответствии с этими нормативными документами норма сопротивления изоляции большинства цепей электроустановок должна быть не менее 0,5 МОм.

Измерения сопротивления изоляции должны производиться согласно методикам используемых приборов, а также п. 6.4.3.3 ГОСТ Р 50571.16-2019.

Сопротивление изоляции должно быть измерено:

- между токоведущими проводниками;
- между токоведущими проводниками и защитным проводником, присоединенным к заземляющему устройству.

Когда это целесообразно, при выполнении этого измерения проводники, находящиеся под напряжением, могут быть соединены между собой. На практике может оказаться необходимым выполнить это измерение в процессе монтажа электроустановки до подключения оборудования.

Если цепь содержит оборудование, которое может повлиять на результат, измерение должно выполняться только между токоведущими проводниками, соединенными между собой, и землей.

Измерения должны производиться при отсоединенных электроприборах, при снятых предохранителях, вывернутых лампах и т.д.

Если цепь имеет электронные приборы, то должно быть сделано только измерение сопротивления изоляции между фазными и нейтральными проводниками, соединенными вместе, и землей.

Эта мера предосторожности необходима, т.к. выполнение испытаний без соединения токоведущих проводников может вызвать повреждение электронных приборов.

Сопротивление изоляции, измеренное при испытательном напряжении, указанном в таблице 6.1 ГОСТ Р 50571.16-2019, считается удовлетворительным, если главный распределительный щит и каждая распределительная цепь, испытанная отдельно со всеми ее присоединенными конечными цепями, но с отсоединенными электроприемниками, имеют сопротивление изоляции не менее соответствующего значения, приведенного в таблице 6.1.

Для улучшения условий измерения нейтральный проводник должен быть отключен от главного заземляющего зажима [главной заземляющей шины (ГЗШ)].

В системах TN-C измерение следует выполнять между токоведущими проводниками и PEN-проводником.

Значения сопротивления изоляции обычно значительно превышают указанные в таблице 6.1. Если значения, полученные при измерениях, указывают на очевидные значительные расхождения между цепями, необходимо выполнить дальнейшие исследования для установления причин.

При измерении параметров изоляции электрооборудования следует учитывать требования табл. 6 (п. 6.2), 22 (п. 22.1), 28 (п. 28.1) Приложения 3 ПТЭЭП.

Методы измерений

Прибор М 4100

Наиболее распространенными типами мегомметров является: М 4100/1-5 на напряжение 100-250-500-1000-2500 В. Приборы являются 2-х предельными переносными, имеют встроенный генератор переменного тока с ручным приводом, выпрямитель и логометрический измеритель. Номинальным является вращение рукоятки привода прибора с частотой 120 об/мин.

На валу якоря генератора размещен центробежный регулятор, обеспечивающий постоянство напряжения при увеличении частоты вращения выше номинальной.

Для измерений сопротивления изоляции цепей электроустановок следует применять модификации мегомметров М 4100/4 и М 4100/3, с рабочей частью шкал: предела «кОм»: 0-1000 кОм, предела «МОм»: 0-200 и 0-100 МОм.

При измерении на пределе «кОм» необходимо имеющейся на приборе переключкой соединить зажимы «Л» и «I», а измеряемое сопротивление подсоединить к зажимам «I» и «кОм».

При измерении сопротивления изоляции на пределе «МОм» измеряемое сопротивление подключается к «Л» и «I».

Для подготовки прибора к работе и для контроля исправности необходимо:

- Вынуть прибор из футляра и установить горизонтально на твердое основание;
- При вращении ручки генератора стрелка должна установиться на отметке «0» шкалы «МОм»;
- Поставить переключку на зажимы «Л» и «I». При вращении ручки генератора стрелка должна установиться на отметке «0» шкалы «МОм».

Если отклонение стрелки от указанных отметок превышает расстояние, соответствующее основной погрешности, то прибор считается неисправным и должен быть исключен из производства измерений. Поверхность крышки между зажимами необходимо содержать чистой, так как загрязнение ее может привести

к дополнительной погрешности.

Порядок работы с прибором М 4100:

- подключение прибора осуществить по схеме измерения в зависимости от величины измеряемого сопротивления изоляции;
- вращая ручку генератора со скоростью 120 об/мин, произвести отсчет на соответствующей шкале.

Для измерений сопротивлений изоляции могут также применяться мегомметры типов М-1102/1, М-4121, М-503М и другие, имеющие напряжение генераторов 500 – 1000 В, класс точности не менее 4.

Определение погрешности измерений мегомметром М 4100.

Замеренное прибором значение всегда отличается от ее действительного значения, т.е. всегда есть какая-то погрешность измерений.

Степень приближения измеренного значения к действительному характеризует относительная погрешность, определяемая следующим выражением:

$$\gamma_{н.в.} = \frac{\gamma_g \cdot A_n}{A}, \text{ где}$$

$\gamma_{н.в.}$ – наибольшая возможная относительная погрешность измерения;

γ_g – класс точности прибора (допустимое стандартное значение приведенной погрешности);

A_n – верхний предел измерения прибора;

A – измеренная величина.

Дополнительная погрешность при отклонении прибора от рабочего горизонтального положения в пределах 10 градусов учитывается в величине наибольшей относительной погрешности измерения $\gamma_{н.в.}$, т.е. погрешность измерения удваивается.

Основная погрешность прибора М-4100/3-4 определяется выражением:

$$\gamma_{н.в.} = \pm [1 + (N/R_x - 1)]\%, \text{ где}$$

N – верхний предел измерения прибора, кОм (МОм);

R_x – измеренное сопротивление изоляции, кОм (МОм).

Для других типов мегомметров в формулу должен быть поставлен класс точности, взятый из их паспортных данных.

За сопротивление изоляции принимается 60-секундное значение R_{60} , зафиксированное по шкале мегомметра, причем отсчет времени надо производить после достижения номинальной частоты вращения генератора.

Для присоединения мегомметра к испытываемому объекту необходимо иметь гибкие провода с изолирующими ручками и ограничительными кольцами на концах. Длина проводов должна быть, возможно, меньшей, мегомметр следует располагать ближе к объекту измерения. Сопротивление изоляции проводов мегомметра должно быть не менее 10 МОм.

Прибор ЭСО202/2-Г

При проведении испытаний электрооборудования производится измерение сопротивления изоляции, как однофазной электросети, так и трехфазной электросети. Измерения производятся в распределительных щитах, причем проверяются линии вводных и всех групповых автоматических выключателей. Измерения выполняются мегомметром ЭСО202/2-Г (рис. 1).

Мегомметр или мегаомметр (от мега..., ом и ...метр), прибор для измерения очень больших (свыше 10^5 Ом) электрических сопротивлений. Мегаомметры применяются для измерения сопротивления изоляции электрических проводов, кабелей, разъёмов, трансформаторов, обмоток электрических машин и других устройств, а также для измерения поверхностных и объёмных сопротивлений изоляционных материалов.

При измерении с помощью мегаомметра сопротивления электрической изоляции следует учитывать температуру и влажность окружающего воздуха, от значения которых результат измерения зависит в большой степени.

Мегаомметры ЭСО202/2-Г (рис. 1) соответствуют ГОСТ Р МЭК 61010-2-034-2018 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 2-034. Частные требования к оборудованию для измерения сопротивления изоляции и испытательному оборудованию для проверки электрической прочности».

Мегаомметры также соответствуют группе 3 по ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия», но с расширенным значением рабочих температур от минус 30 °С до плюс 50 °С.

Класс точности мегаомметров ЭСО202/2-Г, выраженный в виде относительной погрешности по ГОСТ 8.401-80 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Классы точности средств измерений. Общие требования» равны $\pm 15\%$ от измеряемого значения.

Пределы допускаемых значений дополнительной погрешности мегаомметров ЭСО202/2-Г, вызванной протеканием в измерительной цепи токов промышленной частоты 50 мкА для ЭСО202/1-Г и 500 мкА для ЭСО202/2-Г, не должны превышать пределов основной относительной погрешности.

В комплекте с прибором поставляются шнуры, предназначенные для подключения мегаомметров ЭСО202/2-Г или других типов с рабочим напряжением до 2500 В и допускающих штекерное подключение к измеряемому объекту.

Пример подключения мегаомметра к объекту измерения (R_x) приведен на рис. 2.

Проводником соединить клемму «Э» мегаомметра с корпусом объекта измерения при наличии утечки с измеряемого объекта на корпус.



Рис. 1. Прибор для измерения сопротивления изоляции – Мегаомметр ЭСО202

При измерении сопротивления изоляции объекта относительно земли клемму

«Э» с кожухом не соединять.

Длина шнуров и проводника – 1,5 м.

Рабочее напряжение – 2,5 кВ.

Масса комплекта шнуров – 0,3 кг.

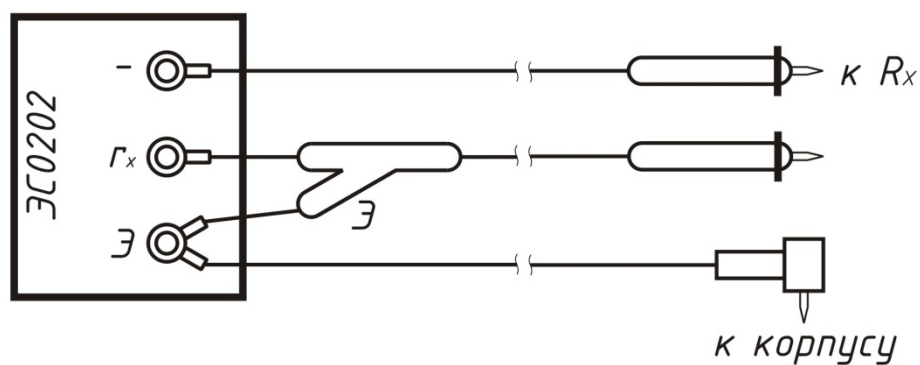


Рис. 2. Схема подключения мегаомметра к объекту измерения

Измерения сопротивления изоляции проводятся отдельно для однофазной электросети и для трехфазной электросети.

Схема проведения испытаний в однофазной электросети представлена на рис. 3.

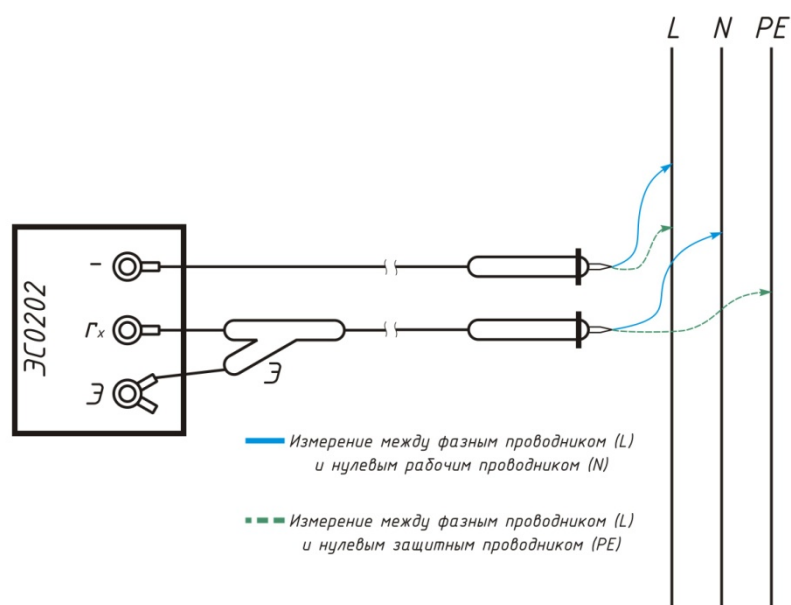


Рис. 3. Схема измерения сопротивления изоляции в однофазной электросети

Схема проведения измерений сопротивления изоляции в трехфазной электросети представлена на рис. 4.

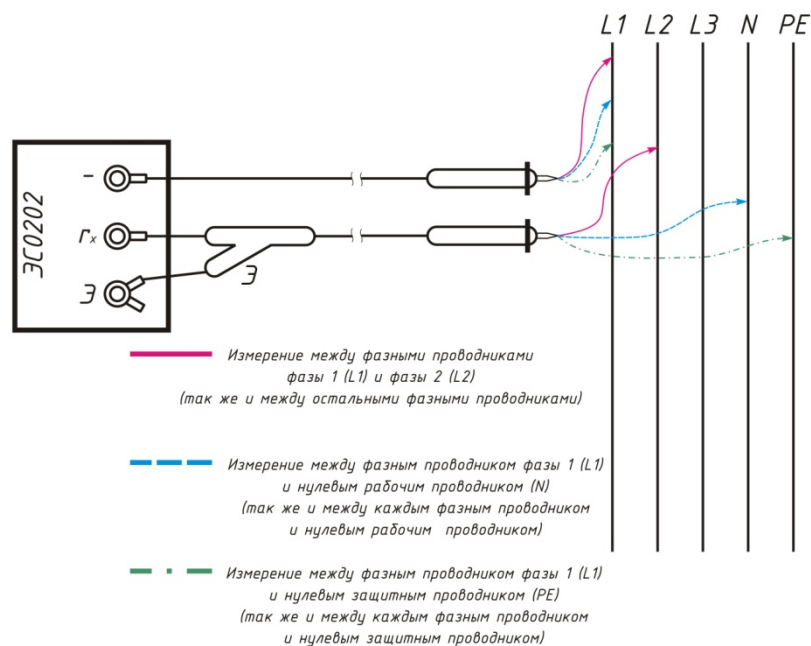


Рис. 4. Схема измерения сопротивления изоляции в трехфазной электросети

Порядок работы с приборами ЭСО-202, ЭСО-202/2-Г:

- Установить переключатель измерительных напряжений в нужное положение, а переключатель диапазонов в положение «I».
- При вращении рукоятки генератора или при нажатой кнопке «СЕТЬ» (в случае питания от сети), начинает светиться индикатор «ВН», что свидетельствует о наличии выходного напряжения на клеммах прибора.
- Убедившись в отсутствии напряжения на объекте, подключите объект к гнездам «г х». При необходимости экранирования, для уменьшения влияния токов утечки, экран объекта подсоединить к гнезду «Э».
- Для проведения измерений вращать рукоятку генератора с частотой (120-140) оборотов в минуту или держать нажатой кнопку «СЕТЬ», при питании от сети.
- После установления стрелочного указателя, сделайте отсчет значения измеренного сопротивления. При необходимости перейдите на другой диапазон.
- По окончании измерений установите переключатели мегомметра в среднее положение.

Методика расчета погрешности мегомметра ЭСО202/2-Г в рабочих условиях применения. Измеренное прибором значение всегда отличается от

действительного значения, то есть всегда имеется погрешность.

Настоящая методика предназначена для расчета максимально возможного значения погрешности мегомметра, учитывающего все факторы, влияющие на погрешность измерений.

Относительная погрешность (δ) измерения в общем случае вычисляется по формуле:

$$\delta = \sqrt{\delta_0^2 + \sum_{n=1}^n \delta_{cn}^2}, \text{ где}$$

δ_0 – предел допускаемого значения основной относительной погрешности;

δ_{cn} – предел допускаемого значения дополнительной погрешности от n-го воздействующего фактора.

Перед проведением измерений необходимо по возможности уменьшить количество факторов, вызывающих дополнительную погрешность (установить мегомметр практически горизонтально, вдали от мощных силовых трансформаторов).

Безопасные приемы работы

К работе с мегомметром по измерению сопротивления изоляции электроустановок зданий допускаются лица электротехнического персонала, обученные и аттестованные на основании «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» и ПТЭЭП, знающие настоящую методику, паспорт прибора и схему электроустановки, обеспеченные инструментом и индивидуальными средствами защиты и спецодеждой.

Перед работой должны быть оформлены организационные и выполнены технические мероприятия, согласно требований раздела 3 «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

Измерения производятся звеном из двух специалистов с группами по электробезопасности не ниже III-ей. Работа оформляется распоряжением (заданием).

Перед началом измерений необходимо изучить электроустановку здания и убедиться в отсутствии напряжения на испытуемом объекте, принять меры препятствующие допуску на испытуемый объект лиц не участвующих в испытаниях, при необходимости выставить наблюдающего. Произвести отключение электроприборов, снять предохранители, отключить аппараты (автоматические выключатели, переключатели), отсоединить электронные схемы и электронные приборы, электрические части электроустановки с пониженной изоляцией или пониженным испытательным напряжением. Однако выключатели электроосвещения квартир должны быть включены.

Во всех доступных местах проверить чистоту изоляции элементов электроустановки.

После измерения необходимо снять накопленный заряд, для чего рекомендуется не снимать сразу провод мегомметра. После чего наложить заземление.

Запрещается выполнять работы в дождь и при повышенной влажности в помещениях электроустановки.

Лица, допустившие нарушения «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» и ПТЭЭП, а также искажившие достоверность и точность измерения, несут ответственность в соответствии с законодательством.

Оформление результатов измерений

Согласно требованиям ГОСТ Р 50571.16-2019 (МЭК 60364-6:2016) для регистрации и обработки результатов измерений и испытаний, должен вестись пронумерованный и прошнурованный рабочий журнал. По результатам измерений составляется протокол испытаний сопротивления изоляции частей и элементов электроустановки. Каждая серия измерений сопротивления изоляции частей и элементов электроустановки, выполненная одним прибором, заносится в отдельный протокол.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами М 4100, ЭСО202/2-Г, 1851 IN, С.А 6115 N.
2. Изучить методики измерения сопротивления изоляции частей и элементов электроустановок приборами М 4100, ЭСО202/2-Г, 1851 IN, С.А 6115 N.
3. Провести измерения сопротивления изоляции заданных частей и элементов электроустановок (объектов) приборами ЭСО202/2-Г, 1851 IN, С.А 6115 N.
4. Заполнить протоколы измерений.
5. Определить нормируемые значения сопротивлений изоляции заданных частей и элементов электроустановок (объектов).
6. Сравнить полученные результаты с нормативными значениями.
7. Представить в табличном виде нормативные значения сопротивлений изоляции частей и элементов электроустановок.
8. Сделать заключение (вывод) по проделанной работе.
9. Предоставить список литературы, использованной в процессе выполнения лабораторной работы.

Структура отчета

Отчет выполненной лабораторной работы должен содержать следующие обязательные разделы:

- Содержание.
- Введение (цель работы и постановка задачи).

Основная часть:

- Описание приборов М 4100, ЭСО202/2-Г, 1851 IN, С.А 6115 N.
- Методики измерения сопротивления изоляции частей и элементов электроустановок.
- Протоколы измерений.

- Нормативные значения сопротивлений изоляции различных частей и элементов электроустановок.
- Заключение (выводы по работе).
- Список литературы (ГОСТ Р 7.0.100-2018).

Измерение сопротивления изоляции

Измерения проведены «__» _____ 20__ г.

Прибор: _____

Метрологические данные: _____

Обозначения: L₁, L₂, L₃ – фазные проводники; N – нулевой рабочий проводник;
PE – нулевой защитный проводник.

| № п/п | Наименование цепи, установки или токоприемника | Сопротивление изоляции, МОм | | | | | | | | | | Заключение |
|----------|--|-----------------------------|-------|-------|------|------|------|-----------|-----------|-----------|------|------------|
| | | L1-L2 | L1-L3 | L2-L3 | L1-N | L2-N | L3-N | L1- PE | L2- PE | L3- PE | N-PE | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Норма: _____

Общее заключение: _____

Измерения проводили: _____

Протокол проверил: _____

«__» _____ 20__ г.

Измерение сопротивления изоляции однофазной электросети

Измерения проведены «__» _____ 20__ г.

Прибор: _____

Метрологические данные: _____

Обозначения: L – фазные проводники; N – нулевой рабочий проводник; PE – нулевой защитный проводник.

| № п/п | Наименование цепи, установки или токоприемника | Группа | Сопротивление изоляции, МОм | | Заключение |
|----------|--|--------|--------------------------------|------|------------|
| | | | L-N | L-PE | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Норма: _____

Общее заключение: _____

Измерения проводили: _____

Протокол проверил: _____

«__» _____ 20__ г.

Библиографический список

1. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий [Электронный ресурс] / Н. К. Полуянович. - Москва: Лань, 2012. - 400 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2767>.

2. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования : учеб. пособие / Н. А. Акимова, Н. Ф. Котеленец, Н. И. Сентюрихин. - 4-е изд., стер. - Москва : Академия, 2006. - 295 с.

3. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Москва: ЭНАС, 2013. – 280 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/38582>.

4. ПУЭ, изд. 7-е: общие правила; передача электроэнергии; распределительные устройства и подстанции; электрическое освещение; электрооборудование специальных установок [Электронный ресурс]: — Электрон. дан. — М. : ЭНАС, 2013. — 560 с. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38572 (24.12.2017).