

***МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ
СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ***

Оглавление.

1.	Введение и область действия.	4
2.	Цель измерений сопротивления изоляции.	5
2.1	Электробезопасность человека.	5
2.2	Противопожарная безопасность.	7
2.3	Определение причин срабатывания УЗО.	7
3.	Производство работ по измерению сопротивления изоляции.	8
3.1	Меры электробезопасности.	8
3.2	Производство необходимых отключений.	8
3.3	Измерение сопротивления изоляции трансформаторов до 1000 Вольт.	9
3.4	Порядок измерений.	10
3.5	Оформление результатов измерения сопротивления изоляции.	11
4.	Примеры замеров сопротивления изоляции.	13
4.1	Замер сопротивления изоляции части электроустановок промышленного цеха.	13
4.2	Замер сопротивления изоляции электроустановок бытового городка.	15
5.	Приложение №1.	16
6.	Приложение №2.	17

Список иллюстраций.

Рисунок 1.	Схема измерения сопротивления изоляции ТЭНа.	5
Рисунок 2.	Ток утечки через дефектный электроприемник.	6
Рисунок 3.	Утечка тока на землю.	7
Рисунок 4.	Замер сопротивления изоляции без снятия нагрузки.	9
Рисунок 5.	Измерение на "низкой" стороне.	10
Рисунок 6.	Измерение на "высокой" стороне.	10
Рисунок 7.	Часть схемы промышленного цеха.	13
Рисунок 8.	Схема ЩБГ.	15

1.

2.

3. Введение и область действия.

Действие методики распространяется на электроустановки до 1000 Вольт, выполненные по стандарту TN-C или TN-C-S и принятые в эксплуатацию.

4. Цель измерений сопротивления изоляции.

Измерения сопротивления изоляции производятся для определения пригодности электроустановок и их элементов к эксплуатации. Результатом измерений является значение сопротивления между точками электроустановки, которое характеризует ток утечки, возникающий между этими точками при включении электроустановки под напряжение. Единицей измерения сопротивления изоляции является Ом и кратные ему величины: килоОм ($1 \text{ кОм} = 1000 \text{ Ом}$), мегаОм ($1 \text{ МОм} = 1000000 \text{ Ом}$).

Измерение сопротивления изоляции производятся мегомметрами различных конструкций. Принцип действия мегомметра заключается в измерении тока, протекающего через испытываемую электроустановку под действием пульсирующего постоянного напряжения. Это следует запомнить – мегомметр представляет собой источник напряжения, опасного для жизни!

Минимальное сопротивление изоляции, при котором допускается эксплуатация электрооборудования, составляет 500 кОм.

4.1 Электробезопасность человека.

Рассмотрим пример, демонстрирующий связь сопротивления изоляции и тока утечки, а также показывающий опасность эксплуатации электроустановок с пониженным сопротивлением изоляции. Предположим, имеется ТЭН, сопротивление изоляции которого измерено по нижеприведенной схеме (Рисунок 1). Отметим, что для измерения сопротивления изоляции безразлично, к какой именно клемме ТЭНа присоединять щуп мегомметра, так как сопротивление нагрузки по сравнению с сопротивлением изоляции весьма мало. Пусть мегомметр РА1 показал значение сопротивления изоляции, равное $R_{ИЗ} = 50 \text{ кОм}$.

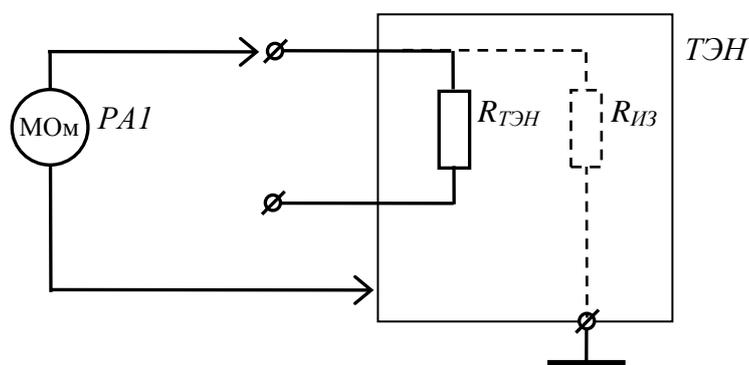


Рисунок 1. Схема измерения сопротивления изоляции ТЭНа.

Теперь включим ТЭН по схеме, которую демонстрирует Рисунок 2. ТЭН через сетевой шнур с вилкой (XP1) включен в розетку XS1, находящуюся под сетевым напряжением. Отметим, что ТЭН будет функционировать исправно.

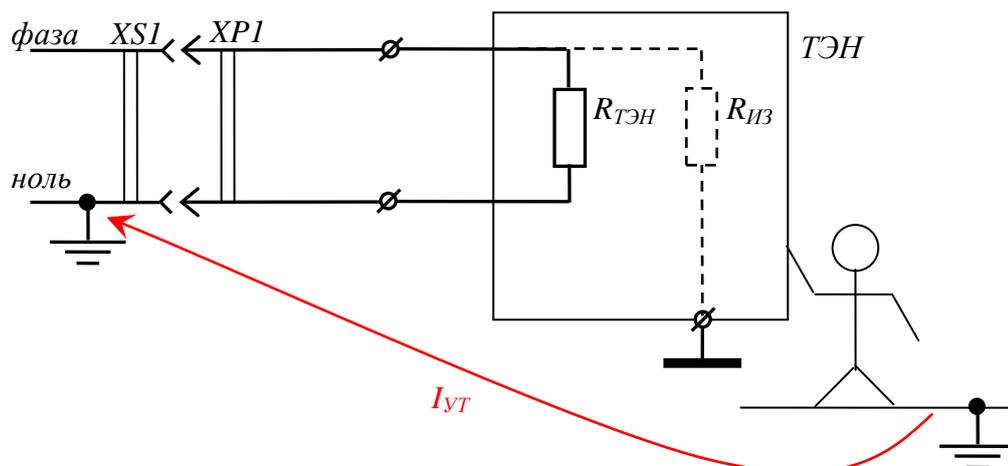


Рисунок 2. Ток утечки через дефектный электроприемник.

Теперь, если к корпусу аварийного электроприемника прикоснется человек, стоящий на земле (или на токопроводящем полу, связанном с землей), через его тело потечет ток утечки. Значение тока утечки¹:

$$I_{ут} = \frac{U_{\phi}}{R_{ИЗ} + R_{ч}}, \text{ где}$$

U_{ϕ} – фазное напряжение электроустановки;

$R_{ИЗ}$ – сопротивление изоляции электроприемника;

$R_{ч}$ – сопротивление тела человека, для расчетов по электробезопасности принимается

$R_{ч} = 1000 \text{ Ом}$.

Таким образом, для нашего примера значение тока утечки составит:

$$I_{ут} = \frac{U_{\phi}}{R_{ИЗ} + R_{ч}} = \frac{220}{50000 + 1000} = \frac{220}{51000} = 0,0043 \text{ Ампера, что выше тока ощущения и}$$

может представлять опасность для жизни.

¹ Приведена упрощенная формула, позволяющая получить максимальное значение тока утечки через сопротивление изоляции. Для получения точного результата следует учитывать, что сопротивление изоляции есть *распределенная* величина и пользоваться соответствующими формулами.

4.2 Противопожарная безопасность.

Ток утечки, стекающий в землю, способен вызвать не только поражение человека электрическим током, но и возгорание места контакта корпуса электроприемника с землей. Предположим, корпус ТЭНа из пункта 4.1 оказался заземлен Рисунок 3.

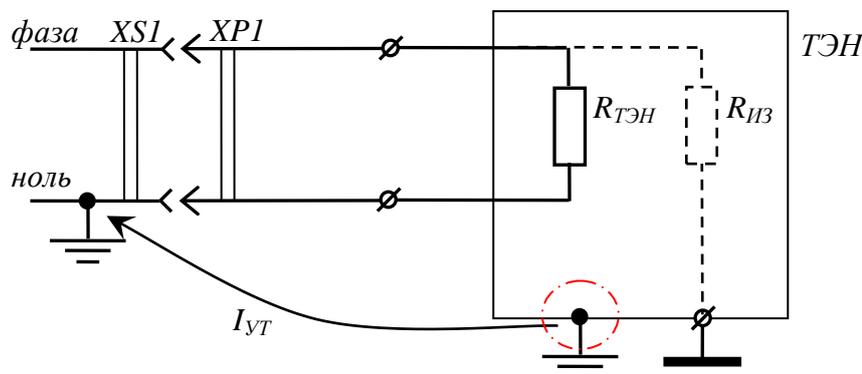


Рисунок 3. Утечка тока на землю.

В месте контакта корпуса с землей, вследствие протекания тока утечки, выделяется тепло. Если же *заземлитель*² оказывается и проводящим, и горючим (например, сырое дерево), то, при достаточном $I_{УТ}$, возможно возгорание. Место возможного возгорания на рисунке показано штрихпунктирной линией.

Пожарную опасность представляет собой не только падение сопротивления изоляции на землю, но и падение сопротивления изоляции между двумя проводами кабельной линии. Через пониженное межфазное сопротивление изоляции (в кабеле) протекает ток утечки, разогревая кабель дополнительно к разогреву его током нагрузки. Повышенный разогрев приводит к ускорению старения изоляции, что влечет за собой увеличение тока утечки – процесс протекает лавинообразно и заканчивается пожаром, если неисправность не была вовремя замечена и устранена.

4.3 Определение причин срабатывания УЗО.

Важным применением измерений сопротивления изоляции является определение части электроустановки, вызвавшей срабатывание УЗО. Следует отметить, что УЗО отключают аварийные части электроустановок при токах утечки, представляющих реальную опасность как по пожару, так и по поражению человека электрическим током.

Измерение сопротивления изоляции для определения причин срабатывания УЗО следует проводить в случаях, указанных в «Методике использования УЗО».

² Заземлитель – проводник, находящийся в соприкосновении с землей.

5. Производство работ по измерению сопротивления изоляции.

5.1 Меры электробезопасности.

- Измерение сопротивления изоляции проводятся по наряду либо распоряжению.
- Измерение сопротивления изоляции должно производиться бригадой не менее чем из двух электриков, имеющих квалификационную группу по электробезопасности не ниже третьей.
- Перед измерением сопротивления изоляции какого-либо элемента электроустановки он должен быть отключен от сети с выполнением всех мероприятий для обеспечения безопасности персонала при работах с полным снятием напряжения, за исключением наложения заземлений. Запрещено производить измерения сопротивления изоляции при частичном снятии напряжения.
- Все части электроустановки, на которых производятся измерения, следует считать находящимися под опасным для жизни напряжением и принимать все необходимые меры предосторожности. Запрещено выполнение любых других работ в частях электроустановки, на которых производится измерение сопротивления изоляции. Электротехнологический персонал должен быть удален из той части электроустановки, на которой производятся измерения.
- Следует помнить, что на частях электроустановки, подвергшихся воздействию мегомметра, может сохраняться опасный для жизни заряд. Перед прикосновением к таким частям следует разрядить их, а затем убедиться в отсутствии напряжения.

5.2 Производство необходимых отключений.

Перед началом измерений следует отключить от проверяемой части электроустановки все элементы, содержащие электронику, такие как: выпрямительные блоки сварочных трансформаторов, блоки питания электронной аппаратуры, реле контроля фаз, фото- и термореле, электронные счетчики. Повышенное (по отношению к питающей сети) напряжение может вывести их из строя.

Также перед началом измерений следует отключить от проверяемой части электроустановки все элементы, содержащие трансформаторы, так как их проверка имеет ряд особенностей и регламентируется пунктом 5.3.

Перед измерением сопротивления изоляции следует, при помощи коммутационной аппаратуры, разобрать проверяемую часть электроустановки на составные элементы и снять

нагрузки. В случае недоступности помещений, в которых располагаются части проверяемой электроустановки, в отдельных случаях допускается не снимать нагрузки. При этом замер сопротивления изоляции фазных и нулевых рабочих проводников производится только относительно РЕ-проводника. Между рабочим нулем и фазами, а также межфазные сопротивления (если не снята нагрузка) не измеряются – смотри Рисунок 4. Два замера (для фазы и для рабочего ноля) производятся на случай обрыва в цепи нагрузки.

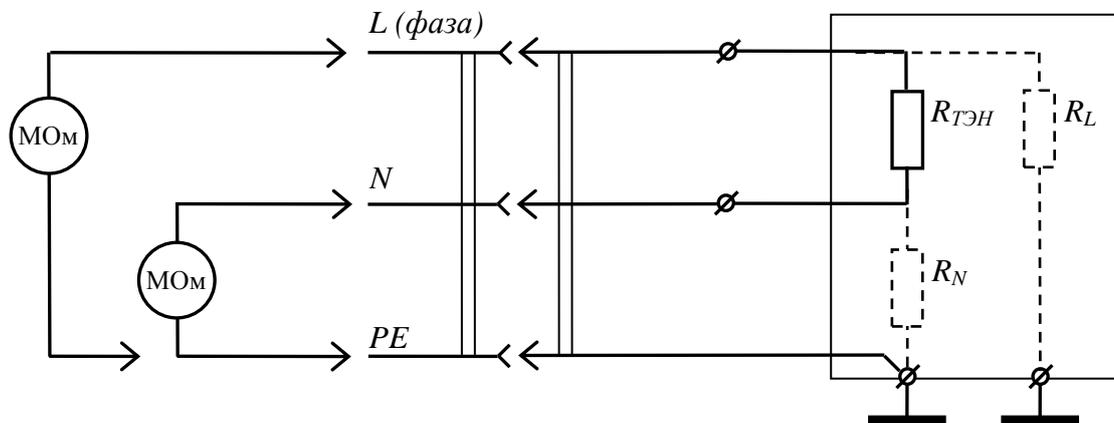


Рисунок 4. Замер сопротивления изоляции без снятия нагрузки.

Аналогично допускается (при эксплуатации) не отсоединять электродвигатели от питающего их кабеля и проверять сопротивление изоляции двигателя совместно с кабелем. В этом случае измеряются 3 сопротивления – для пар: фаза А – РЕ, фаза В – РЕ, фаза С – РЕ.

В том случае, если часть электроустановки, в которой производится замер, выполнена по системе TN-C-S, то перед замерами следует отсоединить рабочие нули нагрузок (кабелей) от общей ноль-клеммы. Если этого не сделать, сопротивление всех нулевых рабочих проводников окажется одинаковым – приблизительно равным сопротивлению изоляции проводника с наихудшими параметрами.

5.3 Измерение сопротивления изоляции трансформаторов до 1000 Вольт.

Запрещено испытание мегомметром маломощных (до 100 Вт) трансформаторов, предназначенных для питания электронных устройств (установленных в блоках питания любых электронных устройств).

При испытании трансформаторов следует замерять сопротивления изоляции с двух сторон (с «высокой» и с «низкой»):

- для однофазных трансформаторов – А-РЕ и N-РЕ;
- для трехфазных трансформаторов – А-РЕ, В-РЕ, С-РЕ.

Внимание! Перед измерением сопротивления изоляции обмоток трансформаторов все выводы других обмоток (кроме гальванически связанных с проверяемой) этого трансформатора обязательно должны быть закорочены на корпус устройства!

На трансформаторы не распространяется правило, регламентирующее величину напряжения мегомметра в зависимости от напряжения электроустановки – трансформаторы проверяются с двух – и с «низкой» и, с «высокой» сторон напряжением 500 Вольт.

Схемы измерений сопротивления изоляции однофазного трансформатора 220/36 демонстрируют Рисунок 5 и Рисунок 6.

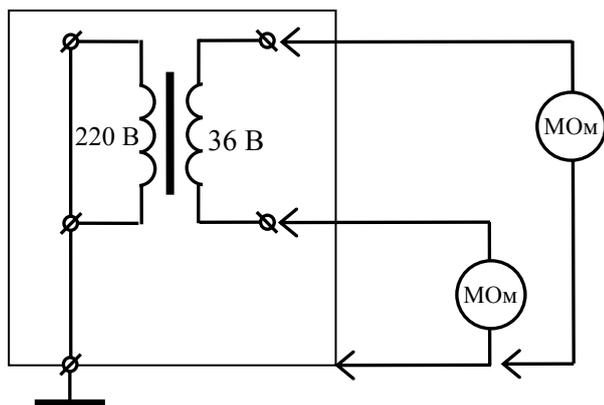


Рисунок 5. Измерение на "низкой" стороне.

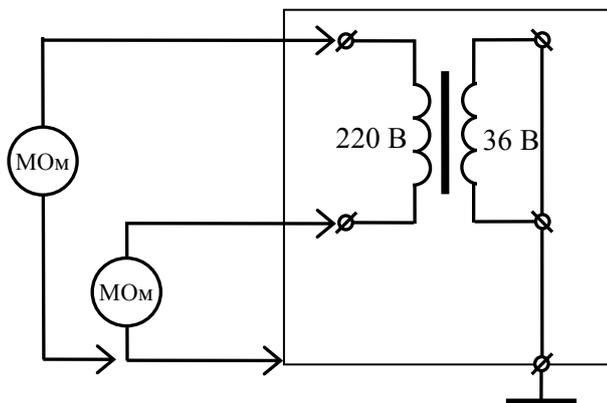


Рисунок 6. Измерение на "высокой" стороне.

5.4 Порядок измерений.

- Мегомметр следует располагать согласно инструкции по эксплуатации, как правило, горизонтально.
- Проверку сопротивления изоляции электроустановок 380/220 Вольт (при эксплуатации), за исключением ранее оговоренных случаев, следует проводить напряжением (мегомметром) 500 Вольт.

- Проверку сопротивления изоляции электроустановок малого напряжения (менее 50 Вольт) следует проводить напряжением (мегомметром) 100 Вольт. Не допускается испытание электроустановок до 50 Вольт включительно напряжением 500 Вольт!
- Скорость вращения ручки генератора мегомметра должна составлять 120-140 оборотов в минуту.
- Показания мегомметра считаются устоявшимися после 60 секунд приложения к испытываемой цепи напряжения мегомметра.
- Перед присоединением щупов прибора к измеряемой цепи следует двухполюсным фазоуказателем с неоновой лампой убедиться в отсутствии в ней напряжения.
- В том случае, если измерения производились на действующей электроустановке, то после проведения измерительных работ она должна быть приведена в исходное состояние, за исключением частей с пониженным сопротивлением изоляции. Части электроустановки с пониженным сопротивлением изоляции эксплуатировать запрещено.
- Части электроустановки, на которых измерения показали пониженное сопротивление изоляции, должны быть, в свою очередь, разобраны с тем, чтобы локализовать и устранить повреждение.

5.5 Оформление результатов измерения сопротивления изоляции.

По результатам измерений сопротивления изоляции составляется протокол, образец смотри в Приложение №1 и Приложение №2.

Исполнители работ заполняют графы, начиная с «Объект ...». Реквизиты заказчика работ, производителя работ, равно как и регистрационный номер и дату протокола проставляет лицо, уполномоченное на ведение соответствующей отчетности.

При заполнении протокола следует соблюдать следующие правила:

1. Проверку сопротивления изоляции электроустановок 380/220 Вольт (при эксплуатации) следует проводить напряжением (мегомметром) 500 Вольт.
2. Графа «Дата проверки ...» исполнителями не заполняется.
3. Столбец таблицы №4 (Норма по ПУЭ, МОм) для измерений, проводимых при эксплуатации электрооборудования, заполняется значением 0,5 МОма.
4. Столбцы таблицы №№ 5 – 14 заполняются значениями сопротивления изоляции, выраженными в МегаОмах. Ненужные при данном измерении ячейки этих столбцов заполняются прочерками. Нельзя оставлять ячейки пустыми.

5. Столбец № 15 («Примечание») заполняется: если все значения сопротивлений в столбцах №№ 5 – 14 больше или равны 0,5 МОма, то проставляется «Соответствует ПУЭ». Если же хоть одно сопротивление менее 0,5 МОма, то проставляется «Не соответствует ПУЭ».
6. Графа «Заключение ...» заполняется: если сопротивление всех проверенных частей «Соответствует ПУЭ», то проставляется «Сопротивление изоляции проверенных электроустановок соответствует ПУЭ»; иначе – «Сопротивление изоляции части (или всех) проверенных электроустановок не соответствует ПУЭ».

6. Примеры замеров сопротивления изоляции.

6.1 Замер сопротивления изоляции части электроустановок промышленного цеха.

Пусть требуется измерить сопротивление изоляции части электроустановки промышленного цеха, схему которой демонстрирует Рисунок 7.

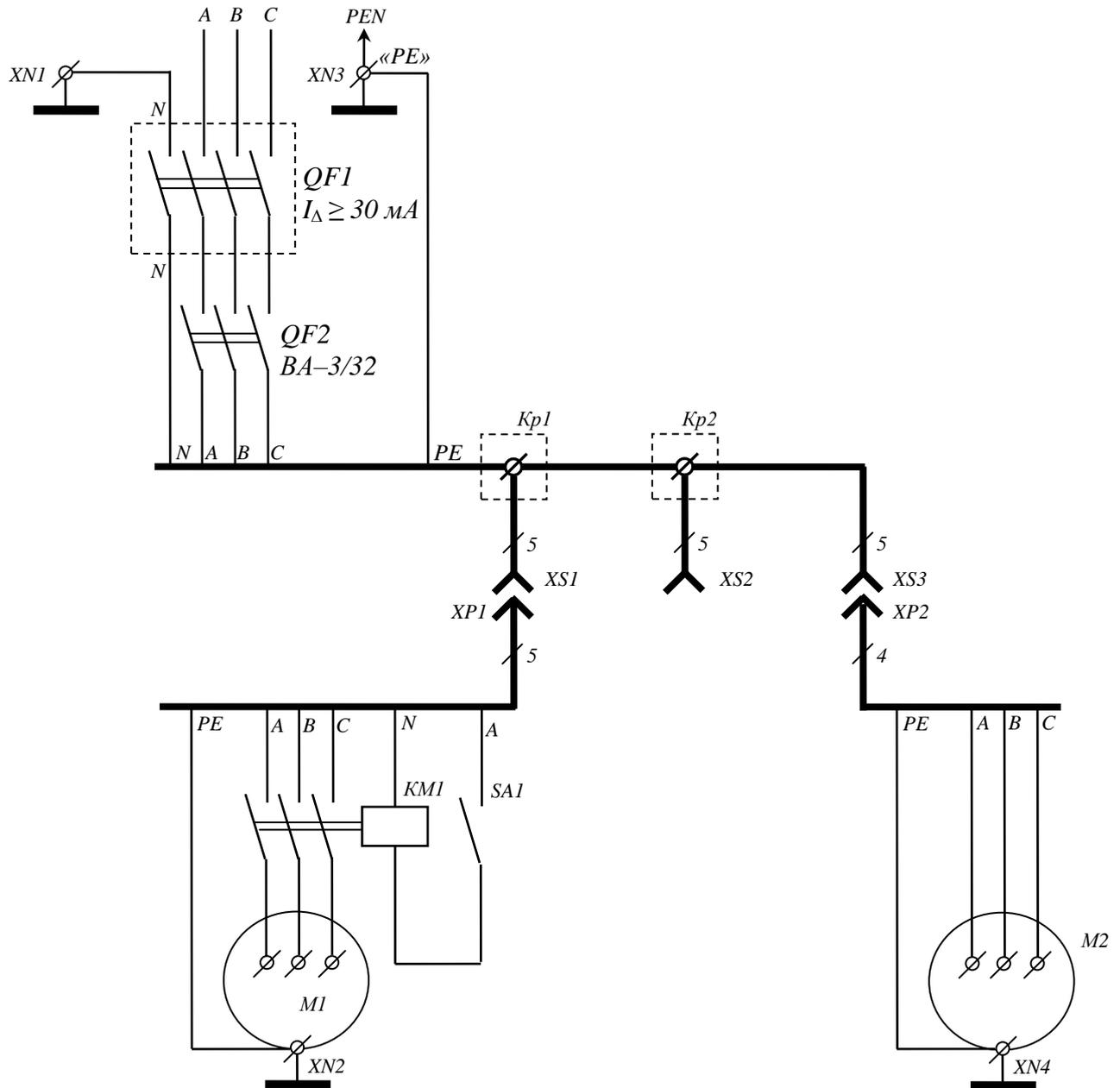


Рисунок 7. Часть схемы промышленного цеха.

На рисунке изображена часть схемы цеха, предназначенная для питания нескольких трехфазных станков. Через УЗО QF1, автоматический выключатель QF2 и клеммные коробки Кр1-Кр2 5-типровоным кабелем запитаны 5-тиконтактные розетки XS1-XS3. К розеткам при помощи вилок подключаются станки. На схеме XN1 и XN3 – болтовые соединения,

смонтированные на корпусе щита, а XN2 и XN4 смонтированы на корпусах соответствующих электроприемников.

Примерная последовательность действий для проведения измерений:

1. Удаляем электротехнологический персонал от проверяемой части электроустановки.
2. Местом замера выбираем щит, в котором расположены QF1 и QF2.
3. Выполняем технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ с полным снятием напряжения:
 - a. отключаем **весь щит**, в котором расположены QF1 и QF2, включая и питающий щит кабель;
 - b. вывешиваем табличку «Не включать, работают люди», принимаем меры к недопущению ошибочного включения;
 - c. проверяем отсутствие напряжения в щите.
4. Отключаем УЗО QF1 и ВА QF2 (отключать QF1 следует обязательно, так как требуется разорвать соединение рабочего ноля N с корпусом щита, и, соответственно, с РЕ-проводником);
5. Производим замеры сопротивлений: А–В, В–С, А–С, А–РЕ, В–РЕ, С–РЕ, А–N, В–N, С–N, N–РЕ. Перед очередным присоединением щупов мегомметра к проводникам обязательно разряжаем линии (это можно делать изолированным проводником или, например, двухламповой «контролькой»).
6. Заносим результаты измерений в протокол (смотри Приложение №1, запись №1).
7. Производим замер сопротивления изоляции электроприемника, обозначенного как M1:
 - a. местом измерений выбираем контакты пускателя KM1;
 - b. выключаем SA1;
 - c. производим замеры сопротивлений со стороны питающего кабеля: А–В, В–С, А–С, А–РЕ, В–РЕ, С–РЕ, А–N, В–N, С–N, N–РЕ.
 - d. производим замеры сопротивлений изоляции со стороны электродвигателя: А–РЕ, В–РЕ, С–РЕ.
 - e. заносим результаты измерений в протокол (смотри Приложение №1, записи №2 и №3).
8. Производим замер сопротивления изоляции электроприемника, обозначенного как M2:
 - a. местом измерений выбираем контакты розетки XP2;
 - b. производим замеры сопротивлений: А–РЕ, В–РЕ, С–РЕ. Если они окажутся неравными, то налицо обрыв в цепи питания двигателя;
 - c. заносим результаты измерений в протокол (смотри Приложение №1, запись №4).

6.2 Замер сопротивления изоляции электроустановок бытового городка.

Пусть требуется измерить сопротивление изоляции электроустановок бытового городка, состоящего, к примеру, из 12 бытовок. Городок питается от стандартного ЩБГ, схему которого демонстрирует Рисунок 8.

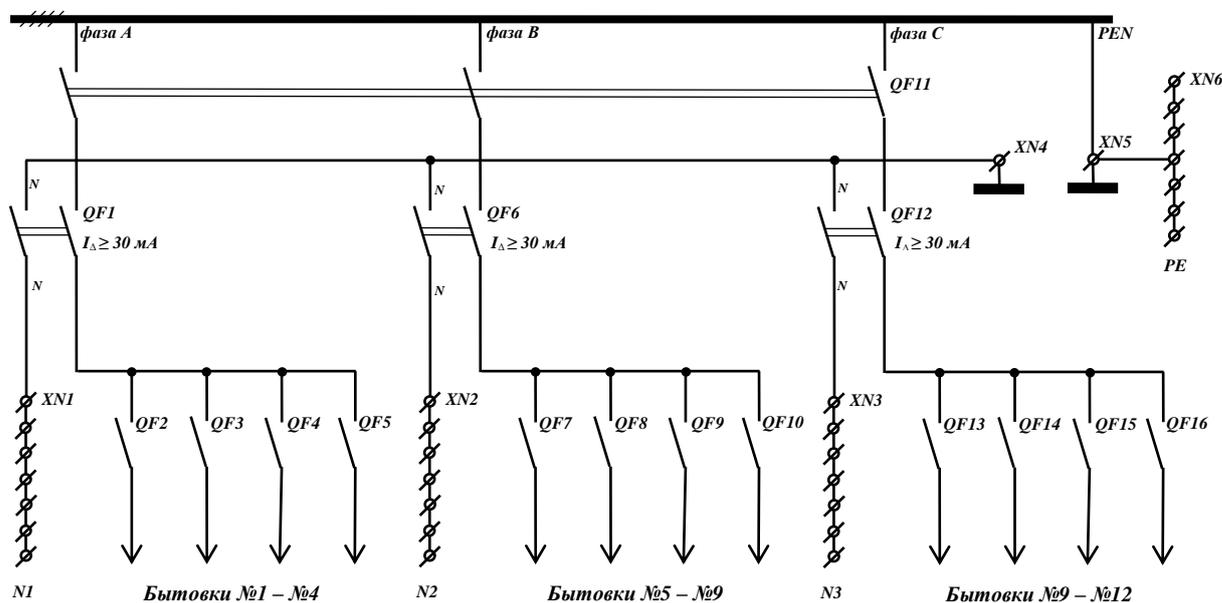


Рисунок 8. Схема ЩБГ.

Примерная последовательность действий для проведения измерений:

1. Удаляем людей от проверяемой части электроустановки.
2. Местом замера выбираем ЩБГ.
3. Выполняем технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ с полным снятием напряжения:
 - а. отключаем **весь щит бытового городка**, включая и питающий щит кабель;
 - б. вывешиваем табличку «Не включать, работают люди», принимаем меры к недопущению ошибочного включения;
 - с. проверяем отсутствие напряжения в ЩБГ.
4. Отключаем рубильник QF11 для того, чтобы сопротивление нагрузок не влияло на результаты измерений.
5. Производим замер сопротивления питающего ЩБГ кабеля: А–В, В–С, А–С, А–PEN, В–PEN, С–PEN. Результаты заносим в протокол – Приложение №2, запись 1.
6. Отключаем УЗО QF1, QF6 и QF12. Отключаем автоматические выключатели нагрузок.
7. Отсоединяем нулевые рабочие проводники нагрузок от ноль-клемм XN1, XN2 и XN3.

8. Для всех потребителей (бытовок) производим замер сопротивления изоляции: фаза – N, фаза – PE, N – PE. Результаты измерений заносим в протокол (смотри Приложение №2, записи 2 – 13).
9. В случае обнаружения пониженного сопротивления изоляции разбираем дефектную часть электроустановки на составные части и находим неисправный элемент (смотри Приложение №2, записи 14 – 15).

7. Приложение №1

Наименование организации: _____ Заказчик: _____

Лицензия № _____ Объект: учебный пример замера сопротивления изоляции части

Действительна до « _____ » _____ » 200 _____ г. *схемы промышленного цеха.*

Протокол № _____ от « _____ » _____ » 200 _____ г.
измерения сопротивления изоляции проводов, кабелей, аппаратов и обмоток электрических машин.

Измерения произведены мегомметром типа _____ напряжением 500 Вольт зав. № _____ дата проверки _____

Обозначения: А, В, С – фазные проводники, N – рабочий нулевой проводник, PE – защитный нулевой проводник, PEN – совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник.

Сопротивление изоляции в МОм (проставлены УСЛОВНЫЕ значения).

№ п/п	Испытуемый объект	Марка провода, кабеля, аппарата	Норма по ПУЭ, МОм	A-B	B-C	C-A	A-N (PEN)	B-N (PEN)	C-N (PEN)	A-PE	B-PE	C-PE	N-PE	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Шлейф 380 Вольт	КГ-5×4	0,5	52	48	50	53	51	49	50	61	45	51	Соотв. ПУЭ
2	Кабель питания станка М1	КГ-5×4	0,5	49	50	61	45	51	52	48	50	53	51	Соотв. ПУЭ
3	Электродвигатель М1	А2	0,5	–	–	–	–	–	–	65	65	65	–	Соотв. ПУЭ
4	Электродвигатель М2	АОЛ2	0,5	–	–	–	–	–	–	45	45	45	–	Соотв. ПУЭ

Заключение: Сопротивление изоляции проверенных электроустановок соответствует ПУЭ.

Исполнители:

бригадир
электрик
электрик

(должность)

Иванов А.А.
Петров В.В.
Сидоров С.С.

(подпись)

(Фамилия И.О.)

8. Приложение №2

Наименование организации: _____

Заказчик: _____

Лицензия № _____

Объект: учебный пример замера сопротивления изоляции

Действительна до « _____ » _____ » 200 _____ г.

электроустановок бытового городка.

Протокол № _____ от « _____ » _____ » 200 _____ г.
измерения сопротивления изоляции проводов, кабелей, аппаратов и обмоток электрических машин.

Измерения произведены мегомметром типа _____ напряжением 500 Вольт зав. № _____ дата проверки _____

Обозначения: А, В, С – фазные проводники, N – рабочий нулевой проводник, PE – защитный нулевой проводник, PEN – совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник.

Сопротивление изоляции в МОм (проставлены УСЛОВНЫЕ значения).

№ п/п	Испытуемый объект	Марка провода, кабеля, аппарата	Норма по ПУЭ, МОм	A-B	B-C	C-A	A-N (PEN)	B-N (PEN)	C-N (PEN)	A-PE	B-PE	C-PE	N-PE	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Кабель питания ЩБГ	АВВГ-4х6	0,5	45	51	52	48	50	53	-	-	-	-	Соотв. ПУЭ
2	Бытовка №1	АВВГ-3х2,5	0,5	-	-	-	45	-	-	48	-	-	50	Соотв. ПУЭ
3	Бытовка №2	АВВГ-3х2,5	0,5	-	-	-	12	-	-	10	-	-	11	Соотв. ПУЭ
4	Бытовка №3	АВВГ-3х2,5	0,5	-	-	-	22	-	-	18	-	-	25	Соотв. ПУЭ
5	Бытовка №4	АВВГ-3х2,5	0,5	-	-	-	17	-	-	24	-	-	16	Соотв. ПУЭ
6	Бытовка №5	АВВГ-3х2,5	0,5	-	-	-	-	24	-	-	12	-	14	Соотв. ПУЭ
7	Бытовка №6	АВВГ-3х2,5	0,5	-	-	-	-	27	-	-	25	-	28	Соотв. ПУЭ
8	Бытовка №7	АВВГ-3х2,5	0,5	-	-	-	-	5	-	-	7	-	7	Соотв. ПУЭ
9	Бытовка №8	АВВГ-3х2,5	0,5	-	-	-	-	14	-	-	18	-	0,2	Не соотв. ПУЭ
10	Бытовка №9	АВВГ-3х2,5	0,5	-	-	-	-	-	22	-	-	24	16	Соотв. ПУЭ
11	Бытовка №10	АВВГ-3х2,5	0,5	-	-	-	-	-	9	-	-	14	10	Соотв. ПУЭ
12	Бытовка №11	АВВГ-3х2,5	0,5	-	-	-	-	-	32	-	-	20	27	Соотв. ПУЭ
13	Бытовка №12	АВВГ-3х2,5	0,5	-	-	-	-	-	15	-	-	14	15	Соотв. ПУЭ
14	Кабель питания бытовки №8	АВВГ-3х2,5	0,5	-	-	-	-	-	24	-	-	20	21	Соотв. ПУЭ
15	Электронагреватель бытовки №8	КГ-3х1,5	0,5	-	-	-	-	-	0,2	-	-	0,2	0,2	Не соотв. ПУЭ

Заключение: Сопротивление изоляции проверенных электроустановок частично (запись 15) не соответствует ПУЭ.

Исполнители:

бригадир
электрик
электрик

Иванов А.А.
Петров В.В.
Сидоров С.С.

(должность)

(подпись)

(Фамилия И.О.)

