



Методика измерения сопротивления постоянному току с применением **микромиллиомметра ИКС-1А**



Методика проведения измерений

Рекомендуется внимательно изучить перед началом эксплуатации.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	3
2. СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	4
3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ	4
4. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ.....	5
5. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОСТОЯННОМУ ТОКУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	10
6. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	30
7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ	30
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	32

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика измерения сопротивления постоянному току электрооборудования на напряжение до 35 кВ с применением микромиллиомметра ИКС-1А (далее Методика) определяет порядок подготовки электрооборудования к измерениям и проведения измерений токопроводящих частей электрооборудования постоянному току, требования к охране труда при проведении измерений и оформлению результатов измерений.

В Методике приведены рекомендуемые схемы измерений, а также основные дефекты электрооборудования, выявляемые с применением настоящей Методики.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Проводящая часть – часть, которая может проводить электрический ток.

Токоведущая часть – проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник (но не PEN-проводник).

Заземлитель – проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

Заземляющий проводник – проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

Заземляющее устройство – совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Измерение (величины) – процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны величине.

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия. *Примечание: в настоящей Методике термин «прибор», «измерительный прибор» используется применительно к микромиллиомметру ИКС-1А.*

Электрооборудование – совокупность электротехнических изделий, используемых для производства, преобразования, передачи, распределения, накопления или потребления электроэнергии. *Примечание: в настоящей Методике термин «электрооборудование» относится к объектам измерения силовые трансформаторы, электродвигатели, генераторы, выключатели.*

Устройство ПБВ – устройство, предназначенное для изменения соединений ответвлений обмоток при невозбужденном трансформаторе.

Устройство РПН – устройство регулирования, предназначенное для регулирования напряжения без перерыва нагрузки и без отключения обмоток трансформатора от сети.

2. СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГОСТ – межгосударственный стандарт;

К – обозначение категории контроля: при капитальном ремонте на субъекте электроэнергетики;

П – обозначение категории контроля: при вводе в эксплуатацию нового электрооборудования и электрооборудования, прошедшего восстановительный или капитальный ремонт и реконструкцию на специализированном ремонтном предприятии;

ПО – программное обеспечение;

ПБВ - переключение без возбуждения;

РПН - устройство регулирования напряжения под нагрузкой.

3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения, выполняемые с целью подтверждения соответствия технического состояния требованиям нормативных документов, выполняются персоналом электролаборатории, имеющей свидетельство о регистрации в органах Ростехнадзора. В области регистрации должен быть указан вид испытаний «Измерение сопротивления постоянному току электрооборудования напряжением до 35 кВ включительно».

В тех случаях, когда выдача протокола испытаний не требуется, (проведение контрольных измерений в процессе выполнения ремонтных или наладочных работ) измерения могут выполняться ремонтным персоналом, ознакомленным с руководством по эксплуатации на прибор ИКС-1А и требованиями настоящей Методики.

Измерительный прибор должен иметь действующее свидетельство о поверке.

Перед проведением измерений персоналу надлежит:

– ознакомиться с технической документацией на испытываемое оборудование, обратить особое внимание на схему электрического соединения токоведущих частей (шин, обмоток и т.п.), конструктивные особенности их исполнения, требования действующих нормативных документов и заводской документации к испытываемому оборудованию;

– ознакомиться (при наличии) с результатами предыдущих испытаний и измерений испытуемого объекта, в том числе, полученными иными методами, результаты которых взаимосвязаны с результатами измерения сопротивления постоянному току;

– ознакомиться с руководством по эксплуатации на измерительный прибор ИКС-1А и настоящей Методикой;

- проверить комплектацию измерительного прибора ИКС-1А и ее соответствие проводимым измерениям;
- проверить отсутствие видимых повреждений корпуса прибора ИКС-1А, измерительных проводов;
- проверить уровень заряда измерительного прибора ИКС-1А.

Непосредственно перед проведением измерений необходимо проверить климатические условия проведения измерений (температуру, влажность) и их соответствие рабочим условиям прибора и требованиям Методики при проведении измерений.

Результаты измерений надлежит регистрировать в рабочем журнале результатов измерений или специальном ПО для последующей обработки и формирования протокола измерений (технического отчета).

Подлежащее измерениям электрооборудование и рабочее место должны быть подготовлены в соответствии с действующими правилами охраны труда при работе в электроустановках.

4. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

Для проведения измерений сопротивления постоянному току электрооборудования применяются измерительные приборы и инструменты, материалы, приспособления.

4.1. Измерительное оборудование

Применяемое измерительное оборудование делится на основное и вспомогательное.

Основное измерительное оборудование. К основному оборудованию относится микромилиомметр ИКС-1А, предназначенный для измерения сопротивления постоянному току. Основные технические характеристики ИКС-1А указаны в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики микромилиомметра ИКС-1А

№	Наименование	Значение
1	Диапазон измеряемого электрического сопротивления, Ом	0 – 200
2	Диапазоны измерений, Ом	0 – 0,01
	<i>Примечание: предел измерения</i>	0,01 – 1
	<i>устанавливается вручную или выбирается</i>	1,00 – 10
	<i>автоматически</i>	10 – 200

3	Измерительный ток, мА	10 – 1200
4	Значение измерительного тока для разных пределов измерений, мА: 0 – 0,01 Ом 0,01 – 1 Ом 1,0 – 10 Ом 10 – 200 Ом	1200 1200 100 10
5	Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения в диапазоне (0 – 0,01) Ом, %	$\pm (0,1+0,02(10/R-1))$ <i>Примечание: R – измеренное значение сопротивления, мОм</i>
6	Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения в диапазонах (0,01 – 1); (1 – 10); (10 – 200) Ом, %	$\pm 0,1$
7	Время установления рабочего режима, с	не более 2
8	Интервал времени между измерениями, с	не менее 3





Микромиллиомметр ИКС-1А предназначен для эксплуатации в следующих условиях:



- температура окружающей среды от минус 20 до плюс 55 °С;
- относительная влажность воздуха 90% при 30 °С;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;
- напряженность электрического поля частотой 50 Гц до 5 кВ/м;
- напряженность магнитного поля частотой 50 Гц до 400 А/м.

Прибор ИКС-1А применяется в базовой или расширенной комплектации «Энергетик» (см. табл. 2).

Таблица 2. Комплектация прибора ИКС-1А

Наименование	Базовая комплектация	Комплектация «Энергетик»	Изображение
Прибор ИКС-1А	Да	Да <i>с расширенным функционалом *</i>	

Комплект (2 шт.) измерительных проводов длиной 1,5 м с зажимами типа «крокодил» с шириной охвата до 25 мм. (арт. 2005)	Да	Нет (по заказу)	
Комплект (2 шт.) измерительных проводов длиной 3 м с зажимами типа «крокодил» и шириной охвата до 40 мм (арт. 2003)	Нет (по заказу)	Да	
Провод USB для подключения к блоку питания или ПК	Да	Да	
Блок питания с USB-выходом	Да	Да	
Сумка для переноски	Да	Да	
<i>Дополнительная комплектация</i>			
<i>Комплект (2 шт.) измерительных проводов длиной 3 м с разделенными токовыми зажимами типа «крокодил» и потенциальными щупами, (арт. 2001)</i>	<i>По заказу</i>	<i>По заказу</i>	
<i>Комплект (2 шт.) измерительных проводов длиной 1,5 м с двухконтактными итыревыми щупами (арт. 2002)</i>	<i>По заказу</i>	<i>По заказу</i>	

Комплект (2 шт.) измерительных проводов длиной 3 м с подпружиненным штыревым щупом (арт. 2004)	По заказу	По заказу	
Комплект (2 шт.) измерительных проводов длиной 12 м с зажимами типа крокодил и шириной охвата до 40 мм (арт. 2006)	По заказу	По заказу	

* – дополнительный режим измерения объектов с большой индуктивностью.

Базовая комплектация ИКС-1А применяется для измерения сопротивления низко индуктивных и индуктивных цепей с постоянной времени до 80 мс.

В расширенной комплектации «Энергетик» прибор ИКС-1А имеет дополнительный режим «АВТО ИНД», применяемый для измерения сопротивления обмоток силовых трансформаторов мощностью до 1000 кВА и электрических машин, обладающих высокой индуктивностью.

Внешний вид прибора ИКС-1А показан на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид и органы управления прибора ИКС-1А: 1 – разъем USB для подключения к ПК или блоку питания; 2 – светодиод индикации заряда аккумулятора; 3 – гнездо типа «банан» 4 мм для подключения токовых зондов; 4 – гнездо типа «банан» 4 мм для подключения потенциальных зондов; 5 – графический монохромный индикатор разрешением 128x64; 6 – кнопки «Пуск» и «Предел».

Принципиальная схема подключения прибора ИКС-1А к объекту измерения приведена на рис. 2, а также на лицевой панели прибора.

Четырехпроводная схема используется для снижения погрешности измерения из-за влияния сопротивления измерительных проводов.

Измерительный ток в цепи объекта измерения задается встроенным источником стабилизированного постоянного тока прибора (клеммы и токовые цепи, обозначенные голубым цветом и символами «I+», «I-»). Создаваемое измерительным током падение напряжения на объекте R_x через потенциальные цепи (клеммы и токовые цепи, обозначенные черным цветом и символами «U+», «U-») поступает в измерительный прибор, где результат измерения определяется как:

$$R_x = U_{\text{изм}} / I_{\text{изм}}, \quad (1)$$

где, $U_{\text{изм}}$ – падение напряжения, В; $I_{\text{изм}}$ – измерительный ток, А.

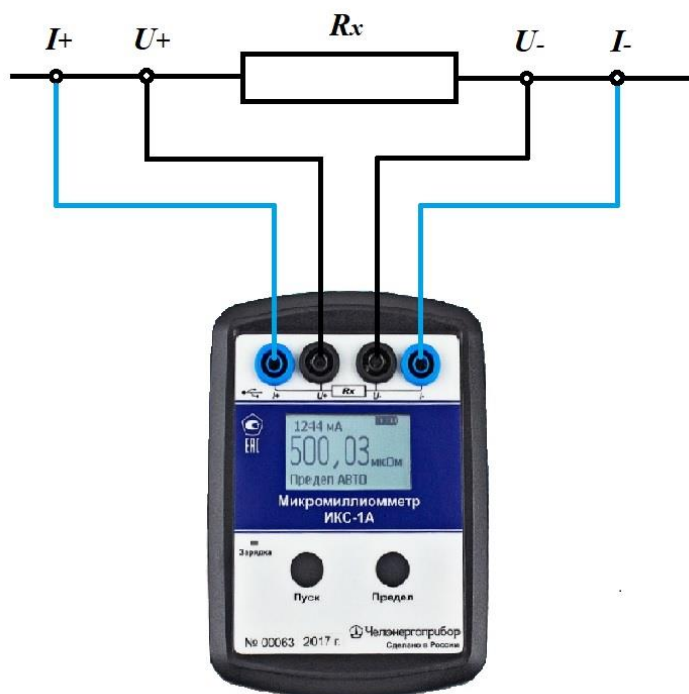


Рис. 2. Принципиальная схема измерения сопротивления постоянному току прибором ИКС-1А по четырехпроводной схеме

Комплектация прибора ИКС-1А определяется на основании потребности пользователя, которая может быть дополнена измерительными проводами, указанными в табл. 2. Особенности применения различных типов проводов приведены в разделе 5 настоящей Методики.

Следует отметить, что измерительные провода имеют цветовую маркировку, соответствующую цветам разъемов прибора, что необходимо учитывать при сборке измерительных схем во избежание внесения дополнительных погрешностей в результат измерения.

Вспомогательное измерительное оборудование. К вспомогательному оборудованию относятся измеритель климатической температуры и влажности,

предназначенный для регистрации условий окружающей среды при проведении измерений.

4.2. Инструменты, материалы и приспособления

При организации измерений требуются средство для очистки загрязнений (растворитель бензин нефрас С2-80/120 или иной, допустимый для применения на данном электрооборудовании); ветошь и щетка с металлическим ворсом.

5. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОСТОЯННОМУ ТОКУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

5.1. Высоковольтные выключатели

Измерение сопротивления постоянному току токоведущего контура высоковольтного выключателя проводится с целью контроля состояния контактов выключателя, а также, при их наличии, сопротивления шунтирующих резисторов дугогасительных устройств и обмоток электромагнитов управления.

Примечание: Согласно рекомендациям [13] при измерении токоведущего контура выключателей рекомендовано применять ток не менее 100 А или, согласно требованиям [16, п.9.4.2], не менее 50 А, но не более номинального тока выключателя. Так, при наличии окисных пленок на главных контактах выключателей, переходное сопротивление в области малых токов (много меньше номинального тока выключателя) может носить нелинейный характер, что приводит к ложноотрицательным результатам. Соответственно, при получении неудовлетворительных результатов измерений прибором ИКС-1А в ряде случаев рекомендуется проведение дополнительных уточняющих измерений прибором, рассчитанным на измерительный ток 30 - 100 А (например, ИКС-30А или ИКС-200А)

При проведении измерений сопротивления постоянному току применяется базовая комплектация прибора ИКС-1А. В зависимости от условий работ и измеряемого оборудования рекомендуется дополнить комплектацию прибора следующими комплектами проводов: арт.2003, арт.2004 или арт.2006.

Порядок проведения измерений сопротивления постоянному току высоковольтных выключателей указан в табл. 3.

Таблица 3. Порядок проведения измерений высоковольтных выключателей

№	Название этапа	Примечание
ШАГ 1	Отсоединить шины и кабели от выводов выключателя	Допускается не отсоединять шины и кабели от выводов выключателя, если есть техническая возможность отделить их видимыми разрывами от остальной части электрической схемы и обеспечить безопасность работ, при этом шины, присоединенные к выключателю, не должны быть заземлены.
	При наличии в цепи выключателя трансформаторов тока, их вторичные обмотки должны быть замкнуты накоротко или присоединены к штатной нагрузке во избежание появления на них высокого напряжения при подаче постоянного тока в первичные цепи выключателя	
ШАГ 2	Очистить от загрязнений места установки зажимов или щупов измерительных проводов для обеспечения надежного контакта	-
ШАГ 3	Измерить и записать параметры окружающей среды: температура, влажность, давление	-
ШАГ 4	Присоединить измерительные провода к прибору в соответствии с цветовой маркировкой	Перед проведением дальнейших работ рекомендуется проверить целостность проводов путем замыкания их на короткий металлический проводник и запуска измерения
ШАГ 5	Собрать схему измерения переходного сопротивления контактов выключателя согласно рис. 3	
ШАГ 6	Включить выключатель для замыкания контактов токоведущего контура	
ШАГ 7	Поочередно выполнить измерение сопротивления токоведущего контура полюса выключателя. Записать измеренное значение	Последовательность действий с прибором: – включить прибор нажав кнопку «Пуск»; – последовательным нажатием кнопки «Предел» выбрать предел измерения или режим «АВТО»; – кратковременно нажать кнопку «Пуск» для запуска измерения
ШАГ 8	Повторить измерение сопротивления токоведущего контура на остальных фазах выключателя	Повторите последовательность действий шаг 7
ШАГ 9	Разобрать измерительную схему	-

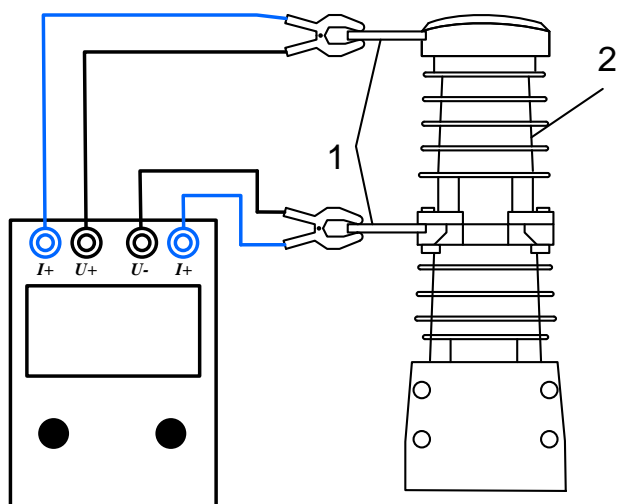


Рис. 3. Принципиальная схема подключения измерительного прибора к выводам выключателя.

1 – выводы полюса выключателя; 2 – дугогасительная камера с подвижными контактами.

Измеренные значения должны соответствовать требованиям завода-изготовителя к данному типу выключателя и/или требованиям нормативно-технической документации (см. табл. 4).

Таблица 4. Значения сопротивлений токоведущего контура контактной системы масляных и электромагнитных выключателей напряжением 6 – 35 кВ [11]

Тип выключателя	Номинальный ток, А	Сопротивление контактов, мкОм, не более
ВПМ-10	630	78
	1000	72
МГ-10, МГ-20	5000	300*
	6000	Нет данных
МГГ-10	3150	18; 240*
	4000	14; 240*
	5000	12; 240*
ВМ-14, ВМ-16	200	350
	600	150
	1000, 1250	100
ВМ-22, ВМ-23	600	150
	1000, 1500	100
ВМГ-133	600	100
	1000	75
ВМГ-10	630	75
	1000	70
ВПМП-10	630	78
	1000	72
ВМПЭ-10	630	50
	1000	40
	1600	30

ВМПП-10	630	55
	1000	45
	1600	32
ВМП-10, ВМП-10П	600	55
	1000	40
	1500	30
ВММ-10	630	85
ВК-10, ВКЭ-10	630	50/45**
	1000	45/40**
	1600	25
ВЭ-10, ВЭС-6	1600	30
	2000-2500	20
	3200-3600	15
С-35	630	310
	3200	60
МКП-35	1000	250
ВТ-35, ВТД-35	630	550
ВМПЭ-10	3150	10
ВММ-10	400	55
ВКЭ-М-10	1600	25

* Сопротивление дугогасительных контактов.

** В числителе указаны данные для выключателей на номинальный ток отключения 20 кА, в знаменателе - на 31,5 кА.

5.2. Контактные соединения шин

Измерения переходных сопротивлений контактных соединений шин электроустановок выполняются прибором ИКС-1А в базовой комплектации. В зависимости от условий измерений (размеры шин, расположение оборудования) базовую комплектацию прибора ИКС-1А можно дополнить следующими комплектами проводов: арт. 2003, арт. 2004, арт. 2006 (см. табл. 2).

В соответствии с требованиями [10] измерение переходного сопротивления контактных соединений производят выборочно на 2 – 3 % соединений. Контактные соединения на ток более 1000 А рекомендуется проверять в полном объеме.

Сопротивление на участке шины (0,7 – 0,8 м) в месте контактного соединения не должно превышать падения напряжения или сопротивления участка шин той же длины более чем в 1,2 раза.

Для опрессованных соединений измерение переходного сопротивления производят выборочно для 3 – 5 % соединений. Сопротивление на участке соединения не должно превышать сопротивления на участке провода той же длины более чем в 1,2 раза.

Порядок проведения измерений контактных соединений шин указан в табл. 5.

Таблица 5. Порядок проведения измерений контактных соединений шин

№	Название этапа	Примечание
ШАГ 1	Очистить от загрязнений и, при необходимости, от защитных покрытий места контакта измерительных проводов на шинах электрооборудования	-
ШАГ 2	Измерить и записать параметры окружающей среды: температура, влажность, давление	-
ШАГ 3	Присоединить измерительные провода к прибору в соответствии с цветовой маркировкой	Перед проведением дальнейших работ рекомендуется проверить целостность проводов путем замыкания их на короткий металлический проводник и запуска процесса измерения
ШАГ 4	Собрать схему измерения переходного сопротивления контактов выключателя согласно рис. 4	
ШАГ 5	Выполнить измерение сопротивления контактного соединения. Записать измеренное значение	Последовательность действий с прибором: – включить прибор нажав кнопку «Пуск»; – последовательным нажатием кнопки «Предел» выбрать предел измерения или режим «АВТО»; – кратковременно нажать кнопку «Пуск» для запуска измерения
ШАГ 6	Разобрать измерительную схему	-

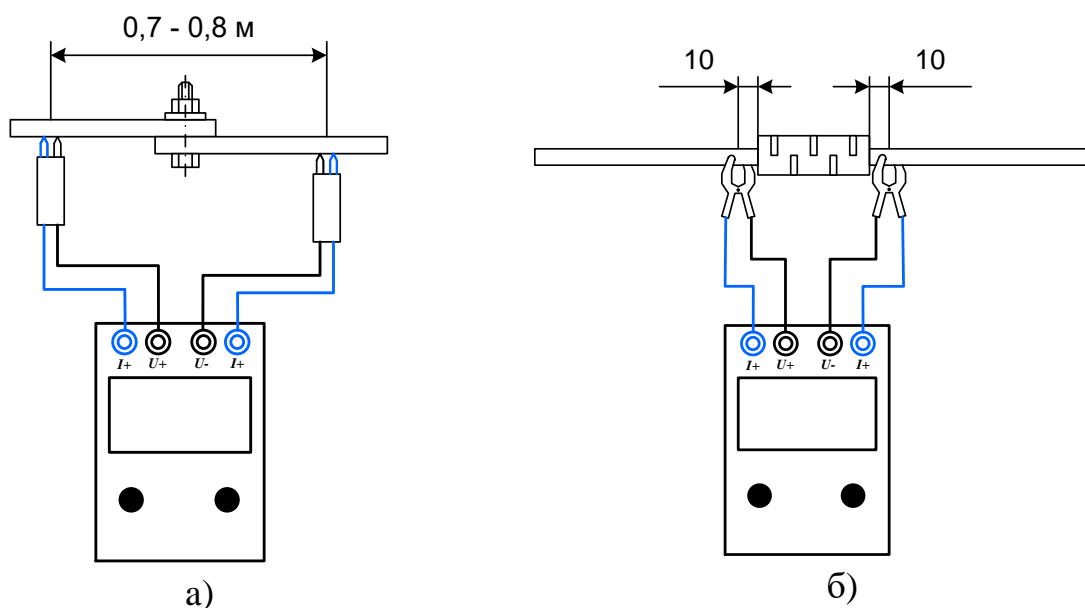


Рис. 4. Схема измерения сопротивления контактных соединений шин:
 а) болтовое контактное соединение; б) опрессованное контактное соединение

5.3. Заземляющие устройства (сопротивление металlosвязи)

Измерения переходных сопротивлений заземляющих устройств выполняются прибором ИКС-1А в базовой комплектации. Для проведения измерений рекомендуется дополнить комплектацию прибора проводами с подпружиненным измерительным щупом арт. 2004 (см. табл. 2), позволяющими прокалывать лакокрасочное покрытие и избегать необходимости зачистки контактных поверхностей.

Измерения сопротивления металlosвязи электрооборудования с заземляющим устройством выполняется в объеме комплексного обследования заземляющих устройств с периодичностью не реже 1 раза в 12 лет, а также внепланово после ремонта или реконструкции заземляющих устройств. Ведомственными стандартами и нормами может предусматриваться иная периодичность измерения сопротивления металlosвязи.

Присоединение проводящих частей электрооборудования к заземляющим спускам выполняется сваркой или болтовыми соединениями. При выполнении соединения сваркой оно должно быть защищено от коррозии.

Сварные соединения перед измерением подвергаются осмотру и простукиванию молотком.

Порядок проведения измерений заземляющих устройств (сопротивления металlosвязи) указан в табл. 6.

Таблица 6. Порядок проведения измерений заземляющих устройств

№	Название этапа	Примечание
ШАГ 1	Очистить от загрязнений и, при необходимости, от защитных покрытий места контакта измерительных проводов на заземляющих проводниках и корпусе заземляемого оборудования	-
ШАГ 2	Измерить и записать параметры окружающей среды: температура, влажность, давление	
ШАГ 3	Присоединить измерительные провода к прибору в соответствии с цветовой маркировкой	Перед проведением дальнейших работ рекомендуется проверить целостность проводов путем замыкания их на короткий металлический проводник и запуска процесса измерения
ШАГ 4	Собрать схему измерения переходного сопротивления контактов выключателя согласно рис. 5	
ШАГ 5	Выполнить измерение сопротивления металlosвязи. Записать измеренное значение	Последовательность действий с прибором: – включить прибор нажав кнопку «Пуск»;

		<ul style="list-style-type: none"> – последовательным нажатием кнопки «Предел» выбрать предел измерения или режим «АВТО»; – кратковременно нажать кнопку «Пуск» для запуска измерения
ШАГ 6	Разобрать измерительную схему	-

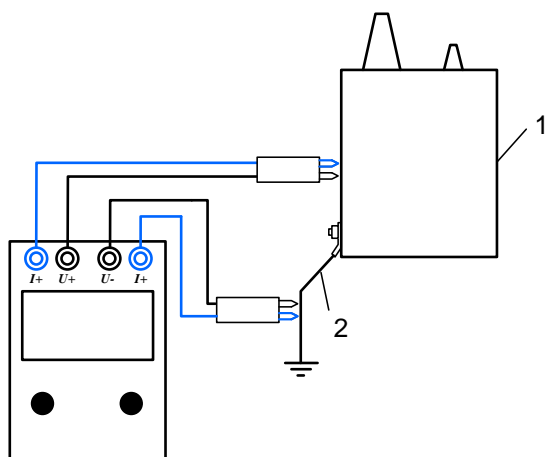


Рис. 5. Схема измерения

сопротивления металlosвязи:

1 – корпус заземляемого электрооборудования (транспорта); 2 – заземляющий спуск.

При исправном состоянии контактных соединений сопротивление металlosвязи не должно превышать 0,05 Ом. Причиной увеличения сопротивления металlosвязи могут быть: окисление и коррозия элементов болтовых контактных соединений, опрессованных контактных соединений наконечников, слабая затяжка болтовых соединений.

5.4. Электродвигатели, генераторы

При проведении измерений на электродвигателях и генераторах применяется прибор ИКС-1А в комплектации «Энергетик». В зависимости от условий измерения рекомендуются к применению комплекты проводов: арт. 2005, арт. 2006 (см. табл. 2). В определенных случаях (см. ниже) необходимо применение проводов арт. 2004.

Измерения сопротивления постоянному току генераторов и электродвигателей постоянного и переменного тока проводятся перед вводом в работу нового оборудования (П), контроля состояния после капитального ремонта (К), а также при появлении признаков дефекта по результатам осмотра и/или тепловизионного обследования.

Измерения сопротивления обмоток постоянному току выполняются в холодном состоянии (при температуре окружающей среды).

При проведении измерений должна быть измерена температура обмоток, которая не должна отличаться от температуры окружающей среды более чем на ± 3 °С. Измерение температуры выполняется с помощью закладываемых в обмотку термодатчиков. В случае невозможности непосредственного измерения

температуры обмоток, электрическую машину до измерения сопротивления обмоток постоянному току необходимо выдержать в неработающем состоянии при температуре окружающей среды в течение такого времени, чтобы все части электрической машины практически приняли температуру окружающей среды [3].

Измерение сопротивления обмоток выполняется непосредственно на выводах обмоток, а для замкнутых обмоток, не имеющих начала и конца (например, якорные обмотки машин постоянного и переменного тока) – между точками, доступными для присоединения измерительного прибора.

Схема измерения сопротивления постоянному току электрической машины выбирается в зависимости от типа машины и рекомендаций завода изготовителя по контролю ее технического состояния.

Измерение сопротивления многофазных обмоток при наличии выводов начала и конца каждой фазы следует производить пофазно, а при наличии отдельных выводов от частей фаз – отдельно для каждой части. При наличии промежуточных отводов какой-либо обмотки следует производить измерение между каждыми двумя соседними отводами, при этом сумма измеренных сопротивлений частей обмотки может отличаться от сопротивления всей обмотки в целом.

При сравнении измеренных значений сопротивлений постоянному току с данными завода изготовителя или данными измерений после замены/ремонта или исходными (базовыми) значениями они должны быть приведены к одинаковой температуре.

Приведение сопротивления обмотки, измеренного в практически холодном состоянии (при температуре окружающей среды), к какому-либо иному значению ее температуры следует проводить по формуле:

$$R_{\theta} = \frac{1+\alpha\theta}{1+\alpha\theta_x} R_x, \quad (2)$$

где R_{θ} – искомое значение сопротивления обмотки, Ом; R_x – сопротивление обмотки при измерении в практически холодном состоянии, Ом; θ – температура, к которой должно быть приведено измеренное сопротивление обмотки, °С; θ_x – температура обмотки в практически холодном состоянии, °С; α – температурный коэффициент сопротивления материала обмотки в диапазоне температур от 0 до 100 °С.



5.4.1. Генераторы, синхронные компенсаторы

При измерении сопротивления постоянному току обмоток генераторов выявляется наличие некачественных паяк в лобовых частях статора, в местах присоединения обмоток к выводам или в токоподводах ротора.

Порядок проведения измерений обмоток генераторов указан в табл. 7.

Таблица 7. Порядок проведения измерений обмоток генераторов

№	Название этапа	Примечание
ШАГ 1	Отсоединить шины и кабели от выводов всех обмоток генератора	-
ШАГ 2	Очистить от загрязнений контактные зажимы и шпильки вводов генератора для обеспечения надежного контакта с измерительными проводами	-
ШАГ 3	Измерить и записать параметры окружающей среды: температура, влажность, давление	-
ШАГ 4	Определить температуру обмоток генератора в соответствии с [3]	-
ШАГ 5	Присоединить измерительные провода к прибору в соответствии с цветовой маркировкой	Перед проведением дальнейших работ рекомендуется проверить целостность проводов путем замыкания их на короткий металлический проводник и запуска процесса измерения
ШАГ 6	Собрать схему измерения обмотки статора согласно рис. 6 (а или б)	-
ШАГ 7	Выполнить измерение сопротивления обмотки на первом ответвлении. Записать измеренное значение.	<p>Последовательность действий с прибором:</p> <ul style="list-style-type: none"> - включить прибор нажав кнопку «Пуск»; - последовательным нажатием кнопки «Предел» выбрать режим «АВТО ИНД»; - кратковременно нажать кнопку «Пуск» для запуска измерения; - дождаться стабилизации показаний <p>При проведении измерений процесс стабилизации тока отражается на дисплее следующим образом:</p> <p>↑↑↑ или ↓↓↓ – изменение измеренного значения более 1% за 1 секунду;</p> <p>↑↑ или ↓↓ – изменение измеренного значения более 0,2% за 1 секунду;</p> <p>↑ или ↓ – изменение измеренного значения более 0,02% за 1 секунду;</p>

		<p>↑↓ – отображается при нестабильном поведении значения;</p> <p>* – отображается при стабилизации значения.</p>
	Во время проведения измерений запрещается отсоединять измерительные провода и прикасаться к выводам генератора во избежание повреждения прибора и/или поражения персонала электрическим током	
ШАГ 8	<p>После стабилизации значения нажать кнопку «Пуск» для остановки измерения. На дисплее появится надпись «Не разрывать», сопровождаемая звуковым сигналом</p>	-
	До погасания надписи «Не разрывать» запрещается отсоединять измерительные провода и прикасаться к выводам генератора во избежание повреждения прибора и/или поражения персонала электрическим током	
ШАГ 9	<p>Выполнить измерение сопротивления постоянному току по остальным схемам на обмотке статора и ротора согласно табл. 8.</p>	-
ШАГ 10	Разобрать измерительную схему	-

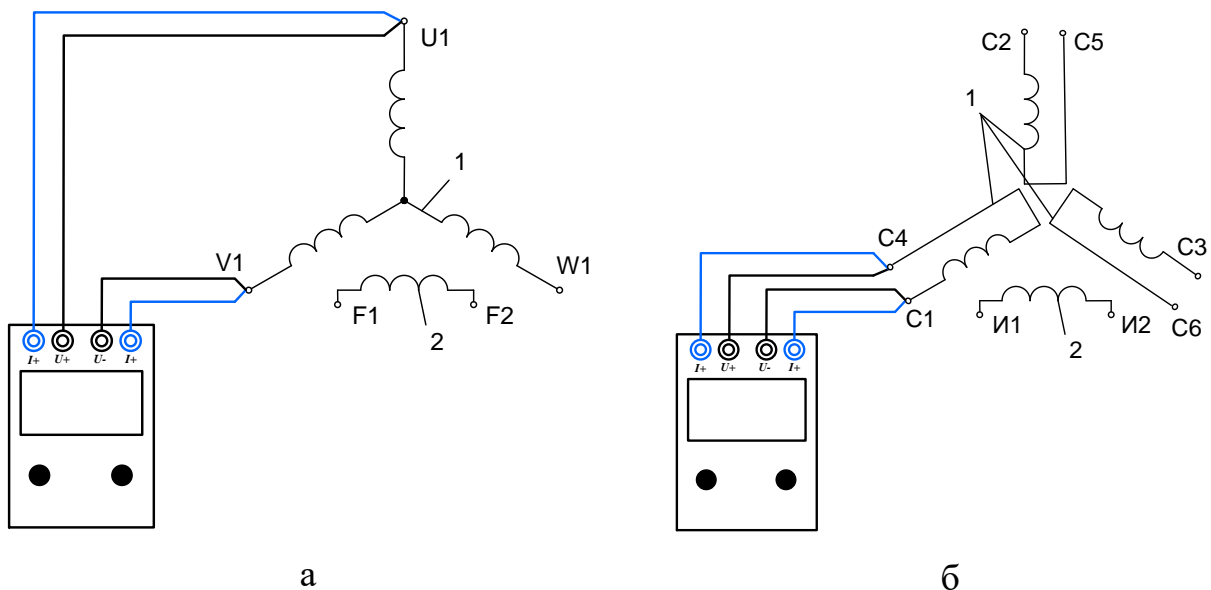


Рис. 6. Принципиальная схема подключения измерительного прибора к обмоткам генератора: а) соединение обмоток Y (1 – обмотка статора; 2 – обмотка ротора); б) открытая схема (1 – обмотка статора; 2 – обмотка ротора).

Таблица 8. Обозначение выводов и схемы измерения электрических машин переменного тока (генераторы, электродвигатели)

Наименование и схема соединения обмоток	Число выводов	Наименование выводов	Обозначение выводов		Схемы измерения
			Начало	Конец	
Обмотка статора (якоря): открытая схема	6	Первая фаза	C1	C4	C1-C4
		Вторая фаза	C2	C5	C2-C5
		Третья фаза	C3	C6	C3-C6
соединение звездой (Y)	3 или 4	Первая фаза	C1		C1-0
		Вторая фаза	C2		C2-0
		Третья фаза	C3		C3-0
		Нейтраль	0		–
соединение треугольником (Δ)	3	Первый зажим	C1		C1-C2
		Второй зажим	C2		C2-C3
		Третий зажим	C3		C1-C3
Обмотки возбуждения (индукторов) синхронных машин	2	–	И1	И2	И1-И2

Нормы отклонений измеренных значений сопротивления обмоток постоянному току для генераторов, синхронных компенсаторов указаны в табл. 9.

Таблица 9. Нормы отклонений значений сопротивления постоянному току для генераторов, синхронных компенсаторов

Испытуемый элемент	Вид испытания	Норма	Примечание
1. Обмотка статора	П, К	Значения сопротивлений обмотки не должны отличаться друг от друга более чем на 2 %, ветвей - на 5 %. Результаты измерений сопротивлений одних и тех же ветвей и фаз не должны отличаться от исходных данных более чем на 2 %	Измеряется сопротивление каждой фазы или ветви в отдельности. Сопротивления параллельных ветвей измеряются при доступности отдельных выводов. Для отдельных видов машин (генераторов переменного тока, систем возбуждения, малых генераторов и др.) разница в сопротивлениях отдельных фаз и ветвей может быть превышена в соответствии с данными изготовителя
Обмотка ротора	П, К	Значение измеренного сопротивления не должно отличаться от исходных данных более чем на 2 %	У роторов с явными полюсами, кроме того, измеряются сопротивления каждого полюса в отдельности или попарно и переходного контакта между катушками
3. Обмотки возбуждения коллекторного возбудителя	П, К	Значение измеренного сопротивления не должно отличаться от исходных данных более чем на 2 %	-

4. Обмотка якоря возбуждителя (между коллекторными пластинами)	П, К	Значения измеренного сопротивления не должны отличаться друг от друга более чем на 10% за исключением случаев, когда это обусловлено схемой соединения	-
5. Резистор цепи гашения поля, реостаты возбуждения	П, К	Значение измеренного сопротивления не должно отличаться от исходных данных более чем на 10 %	-

5.4.2. Машины постоянного тока (кроме возбуждателей)

Измерения обмотки статоров машин постоянного тока выполняются в порядке, указанном выше для генераторов (табл. 7).

Сопротивление постоянному току обмотки ротора для простых петлевых обмоток выполняется между коллекторными пластинами, отстоящими друг от друга на $K/2p$ пластин, где K – число коллекторных пластин, p – число пар полюсов (см. рис. 7). При этом рекомендуется использовать комплект проводов с подпружиненными щупами арт.2004 (см. табл. 2).

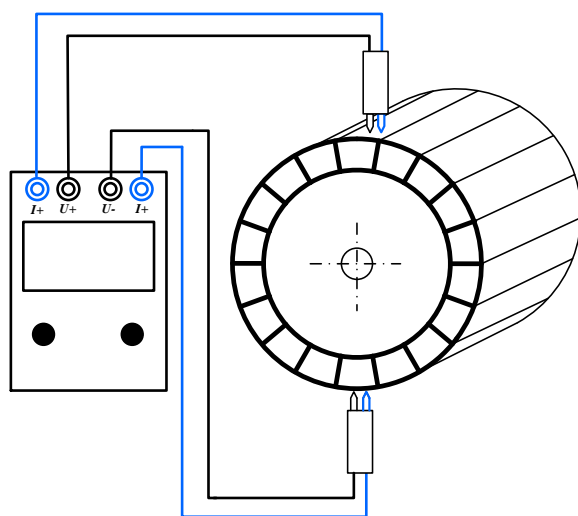


Рис. 7. Схема подключения измерительного прибора для измерения сопротивления якоря (между коллекторными пластинами)

Нормы отклонений измеренных значений сопротивления обмоток постоянному току для машины постоянного тока (кроме возбуждателей) указаны в табл. 10.

Таблица 10. Норма отклонения значений сопротивления постоянному току для машины постоянного тока (кроме возбуждателей)

Испытуемый элемент	Вид испытания	Норма	Примечание
1 Обмотки возбуждения	П, К	Значения сопротивления обмоток не должны отличаться от исходных значений более чем на 2 %.	-

2 Обмотка якоря (между коллекторными пластинами)	П, К	Значения измеренного сопротивления обмоток не должны отличаться друг от друга более чем на 10 % за исключением случаев, когда это обусловлено схемой соединения.	Измерения производятся у машин мощностью более 3 кВт
3 Реостаты и пускорегулировочные резисторы	П К	Значение измеренного сопротивления не должно отличаться от исходных данных более чем на 10 %. Не должно быть обрывов цепей	Измерения производятся на каждом ответвлении

5.4.3. Электродвигатели переменного тока

Измерение производится у электродвигателей переменного тока на напряжение 3 кВ и выше, в порядке, указанном выше для генераторов (табл. 7).

Приведенные к одинаковой температуре измеренные значения сопротивлений различных фаз обмоток, а также обмотки возбуждения синхронных двигателей не должны отличаться друг от друга и от исходных (базовых) данных больше чем на 2 %.

Для электродвигателей при полной смене всыпных обмоток измеренные значения сопротивления обмоток не должно отличаться от нормированного более чем на 3%.

Для электродвигателей с жесткими катушками или со стержнями при частичной смене обмоток измеренное значение сопротивления обмоток не должно отличаться от нормированного более чем на 3% для электродвигателей напряжением до 0,5 кВ включительно и более чем на 2% – для остальных электродвигателей.

Для реостатов и пусковых резисторов, установленных на электродвигателях напряжением 3 кВ и выше, сопротивление измеряется на всех ответвлениях. Для электродвигателей напряжением ниже 3 кВ измеряется общее сопротивление реостатов и пусковых резисторов и проверяется целостность отпаяк. Значения сопротивлений не должны отличаться от исходных (базовых) значений больше чем на 10 %.

Измерение сопротивления постоянному току электродвигателей переменного тока проводится по схемам табл. 8.

5.5. Силовые трансформаторы

Измерение сопротивления обмоток постоянному току силовых трансформаторов выполняется:

- для выявления дефектов обмоток и переключающих устройств (ПБВ, РПН);
- для определения температуры обмоток силового трансформатора при проведении испытаний другими методами.

При проведении измерений силовых трансформаторов применяется прибор ИКС-1А в комплектации «Энергетик». В зависимости от условий измерения комплектацию прибора рекомендуется дополнить следующими комплектами проводов: арт. 2005, арт. 2006 (см. табл. 2).

Измерения с целью контроля технического состояния силового трансформатора. Данные измерения производятся на всех ответвлениях, если в документации завода-изготовителя нет других указаний, в следующих случаях:

- перед вводом электрооборудования в работу после монтажа. Рекомендуется для новых силовых трансформаторов, в т. ч. в случае отсутствия указаний в документации завода-изготовителя на проведение подобных измерений;
- после ремонта силового трансформатора со сменой обмоток или устранения дефектов обмоток и/или переключающего устройства (РПН, ПБВ);
- периодический контроль в текущей эксплуатации. Периодичность устанавливается на основании решения технического руководителя;
- внепланово, при выявлении признаков дефектов обмоток и/или переключающего устройства иными методами (тепловизионное обследование, результаты анализа растворенных в масле газов, физико-химический анализ масла, наличие посторонних шумов при осмотре работающего трансформатора и др.);
- внепланово (рекомендуется), на рабочем ответвлении после переключения устройства ПБВ силового трансформатора.

Измерения с целью определения температуры обмоток силового трансформаторов. Данные измерения проводятся на рабочем ответвлении силового трансформатора.

При измерении сопротивления обмоток постоянному току необходимо определить температуру обмоток силового трансформатора согласно требованиям [5].

У обмоток трансформаторов, имеющих нулевой вывод, измеряются фазные сопротивления, а у обмоток, не имеющих нулевого вывода – линейные сопротивления (см. табл. 11).

Таблица 11. Схемы измерения сопротивления постоянному току обмоток силовых трансформаторов

Схема соединения обмоток трансформатора по [2]		Обозначение группы соединений	Схемы подключения прибора ИКС-1А	Примечание
ВН	НН			
		Y/Y _н -0	ВН – АВ, АС, ВС НН – а0, b0, с0, ab	-
		Y _н /Y-0	ВН – А0, В0, С0, АВ НН – ab, ac, bc	Измерение по схеме АВ выполняется для контроля состояния вывода нейтрали «0»
		Y/Δ-11	ВН – АВ, АС, ВС НН – ab, ac, bc	-
		Y _н /Δ-11	ВН – А0, В0, С0, АВ НН – ab, ac, bc	Измерение по схеме АВ выполняется для контроля состояния вывода нейтрали «0»
		Y/Z _н -11	ВН – АВ, АС, ВС НН – а0, b0, с0, ab	Измерение по схеме ab выполняется для контроля состояния вывода нейтрали «0»
		Δ/Y _н -11	ВН – АВ, АС, ВС НН – а0, b0, с0, ab	Измерение по схеме ab выполняется для контроля состояния вывода нейтрали «0»

	$\Delta/\Delta-0$	ВН – АВ, АС, ВС НН – ab, ac, bc	-
	$I/I-0$	ВН – АХ НН – ах	-

При измерении линейных сопротивлений и при наличии зажимов нейтрали также проводится измерение одно из фазных сопротивлений (между зажимом нейтрали и одним из линейных зажимов). В такой схеме допускается измерять только фазные сопротивления, но при условии, что сопротивление отвода нейтрали не превышает 2% фазного сопротивления обмотки. При выборе измерительных схем необходимо предварительно ознакомиться с указаниями документации завода-изготовителя силового трансформатора.

Перед производством измерений контактные соединения выводов испытываемой обмотки должны быть тщательно очищены от грязи, смазки и следов коррозии.

Следует снять заземления с испытываемой и свободных обмоток трансформатора. При измерении сопротивления постоянному току одной обмотки другие обмотки трансформатора должны быть разомкнуты.

По результатам измерения сопротивления постоянному току обмоток силовых трансформаторов можно выявить следующие дефекты:



- обрывы проводников обмоток;
- отличие сечения провода обмотки от сечения проводов обмоток других фаз;
- дефекты контактных соединений (болтовых, паяных, сварных);
- дефекты контактов переключающих устройств (РПН, ПБВ);
- ошибки в схемах соединения обмоток (в том числе с переключающим устройством).

Порядок проведения измерений высоковольтных выключателей указан в табл. 12.

Таблица 12. Порядок проведения измерения сопротивления постоянному току обмоток силового трансформатора

№	Название этапа	Примечание
ШАГ 1	Отсоединить шины и кабели от выводов всех обмоток силового трансформатора	-

ШАГ 2	Очистить от загрязнений контактные зажимы и шпильки вводов силового трансформатора для обеспечения надежного контакта с измерительными проводами	-
ШАГ 3	При наличии переключающего устройства РПН или ПБВ выполнить не менее трех полных циклов переключения переключающего устройства	-
ШАГ 4	Измерить и записать параметры окружающей среды: температура, влажность, давление	-
ШАГ 5	Определить температуру обмоток силового трансформатора в соответствии с [5]	-
ШАГ 6	Присоединить измерительные провода к прибору в соответствии с цветовой маркировкой	Перед проведением дальнейших работ рекомендуется проверить целостность проводов путем замыкания их на короткий металлический проводник и запуска процесса измерения
ШАГ 7	Собрать схему измерения обмотки силового трансформатора согласно рис. 8 и табл. 11;	-
ШАГ 8	Выполнить измерение сопротивления обмотки на первом ответвлении. Записать измеренное значение	<p>Последовательность действий с прибором:</p> <ul style="list-style-type: none"> – включить прибор нажав кнопку «Пуск»; – последовательным нажатием кнопки «Предел» выбрать режим «АВТО ИНД»; – кратковременно нажать кнопку «Пуск» для запуска измерения; – дождаться стабилизации показаний <p>При проведении измерений процесс стабилизации тока отражается на дисплее следующим образом:</p> <p>↑↑↑ или ↓↓↓ – изменение измеренного значения более 1% за 1 секунду;</p> <p>↑↑ или ↓↓ – изменение измеренного значения более 0,2% за 1 секунду;</p>

		<p>↑ или ↓ – изменение измеренного значения более 0,02% за 1 секунду;</p> <p>↑↓ – отображается при нестабильном поведении значения;</p> <p>* – отображается при стабилизации значения.</p>
	Во время проведения измерений запрещается отсоединять измерительные провода и прикасаться к выводам силового трансформатора во избежание повреждения прибора и/или поражения персонала электрическим током	
ШАГ 9	После стабилизации значения нажать кнопку «ПУСК» для остановки измерения. На дисплее появится надпись «Не разрывать», сопровождаемая звуковым сигналом	-
	До погасания надписи «Не разрывать» запрещается отсоединять измерительные провода и прикасаться к выводам силового трансформатора во избежание повреждения прибора и/или поражения персонала электрическим током	
ШАГ 10	Переключить устройством ПБВ или РПН ответвление обмотки силового трансформатора и повторить измерение сопротивления на всех остальных ответвлениях обмотки, как указано выше	-
ШАГ 11	Выполнить измерение сопротивления постоянному току по остальным схемам на всех ответвлениях обмоток, согласно табл. 11	-
ШАГ 12	Разобрать измерительную схему	-

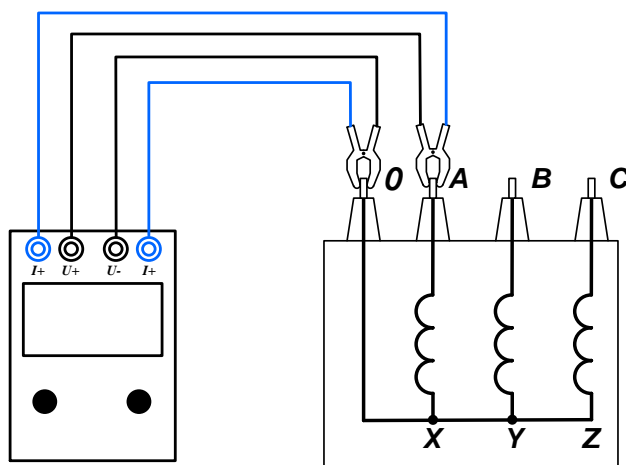


Рис. 8. Пример схемы подключения измерительного прибора для измерения сопротивления обмотки трансформатора к выводам А-0

Анализ результатов измерений. Для трехфазных силовых трансформаторов сопротивления обмоток постоянному току, измеренные на

одинаковых ответвлениях разных фаз при одинаковой температуре, не должны отличаться более чем на 2%, если иное не указано в технической документации завода-изготовителя.

Отличие сопротивлений обмоток вычисляется по формуле:

$$\Delta R = \frac{(R_{max} - R_{min})}{R_{min}} \times 100\%, \quad (3)$$

где ΔR – отклонение сопротивления обмоток, %; R_{max} и R_{min} – максимальное и минимальное значения сопротивления фаз на данном ответвлении, Ом.

Таблица 13. Признаки дефектов обмоток трехфазных силовых трансформаторов

Описание возможного дефекта	Признак дефекта	Примечание
Обрыв вывода обмотки	<ul style="list-style-type: none"> – В схеме соединения Y_n прибор выдает сообщение «Нет контакта у потенциального зонда» при измерении сопротивления данной фазы; – В схеме соединения Y или Δ прибор выдает сообщение «Нет контакта у потенциального зонда» при измерении линейных сопротивлений, включающих данный вывод (например, у АВ и ВС при повреждении вывода В) 	Необходимо дополнительно убедиться в исправности проводов и надежности контакта для подтверждения результата измерения
Ухудшение состояния контактов переключающего устройства обмотки	<ul style="list-style-type: none"> – В схеме соединения обмоток Y_n сопротивление одной из фаз превышает сопротивления двух других фаз на данном ответвлении; – В схеме соединения Y или Δ значения двух линейных сопротивлений увеличены по отношению к третьему на данном ответвлении 	-
Ухудшение состояния контактного соединения вывода обмотки	<ul style="list-style-type: none"> – В схеме соединения обмоток Y_n сопротивление одной из фаз превышает сопротивления двух других фаз; – В схеме соединения Y или Δ значения двух линейных сопротивлений увеличены по отношению к третьему линейному сопротивлению 	– В схеме соединения обмоток Y_n соотношение между линейным и фазным сопротивлением R_f/R_l в сравнении с результатами предыдущих измерений увеличивается при ухудшении состояния контактов нулевого вывода

Применение обмотки, выполненной проводом иного, чем у других фаз, сечения	– В схеме соединения обмоток Y_n сопротивление одной из фаз выше или ниже сопротивления двух других фаз; – В схеме соединения Y или Δ значения двух линейных сопротивлений выше или ниже по отношению к третьему линейному сопротивлению	Уточнение данного дефекта возможно путем дополнительных измерений на вскрытом трансформаторе. Необходим также анализ результатов измерения тока и потерь холостого хода для исключения версии виткового замыкания
Витковое замыкание	– Уменьшение сопротивления поврежденной фазы в схеме соединения обмоток Y_n ; – Уменьшение двух линейных сопротивлений в схеме соединения Y или Δ	Может не проявляться при измерении сопротивления постоянному току при отсутствии надежного контакта между витками ввиду низкого напряжения при проведении измерения, а также при большом количестве витков в обмотке. Для уточнения дефекта необходимо проведение измерения тока и потерь холостого хода

Для однофазных трансформаторов значение сопротивления обмоток после температурного пересчета не должно отличаться более чем на 5% от исходных (базовых) значений. Пересчет измеренного сопротивления обмотки $R_{изм}$ к исходной температуре выполняется по формуле:

$$R_{\theta_{исх}} = R_{изм} \frac{\theta_{исх} + T}{\theta_{изм} + T}, \quad (4)$$

где $R_{изм}$ и $R_{\theta_{исх}}$ – сопротивления обмотки, измеренное при текущей температуре и приведенное к исходной температуре соответственно, Ом; $\theta_{исх}$ и $\theta_{изм}$ – температуры обмоток исходная и при текущих измерениях, °С; T – температура, равная 235 °С для обмоток из меди, 225 °С – для обмоток из алюминия.

Отклонение результата измерения от исходного значения $R_{исх}$ в этом случае определяется по формуле:

$$\Delta R = \frac{(R_{\theta_2} - R_{исх})}{R_{исх}} \times 100\%. \quad (5)$$

Температура обмотки по измеренному значению сопротивления постоянному току вычисляется по формуле:

$$\theta_{изм} = \frac{R_{изм}}{R_{\theta_{исх}}} \times (\theta_{исх} + T) - T, \quad (6)$$

6. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Работы по измерению сопротивления постоянному току электрооборудования в действующих электроустановках разрешается выполнять персоналу, имеющему допуск к самостоятельной работе в электроустановках соответствующего класса напряжения, прошедшим обучение данному виду работ и оказанию первой помощи, медицинский осмотр и инструктажи по безопасному ведению работ.

Работы в действующих электроустановках выполняются с использованием необходимых средств индивидуальной защиты (защитная каска, спецодежда, спецобувь и т.п.).

Работы должны выполняться в соответствии с заданием на выполнение работ, оформленное нарядом-допуском или распоряжением. Запрещается расширять объем работ и рабочее место, указанные в наряде-допуске или распоряжении.

С электрооборудования, на котором предстоят работы, и иных токоведущих частей в пределах рабочего места, к которым возможно приближение на расстояние менее допустимого, должно быть снято рабочее напряжение отключением коммутационных аппаратов, отсоединением шин и кабелей.

Со всех сторон, откуда на рабочее место может быть подано напряжение, должны быть установлены заземления.

Рабочее место должно быть ограждено с вывешиванием плакатов безопасности.

Работа с растворителями должна выполняться на открытом воздухе или в проветриваемом помещении. При работе с растворителями, относящимися к легковоспламеняющимся жидкостям, необходимо соблюдать требования пожарной безопасности.

7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Результаты измерений, выполняемые с целью подтверждения технического состояния электрооборудования, оформляются отчетом (протоколом) об испытаниях в соответствии с требованиями [17,18].

Отчет (протокол) об испытаниях должен содержать следующие сведения:

- название (например, «Протокол»);
- наименование и адрес лаборатории;
- наименование и контактные данные заказчика;
- место проведения испытаний;
- номер, дату регистрации отчета, нумерацию каждой страницы и указание на общее количество страниц;


- сведения о регистрации (аттестации лаборатории);
- дату проведения испытаний;
- цель испытаний: приемо-сдаточные, после капитального, среднего, текущего ремонтов, межремонтные и т. п.;
- условия окружающей среды во время проведения измерений (температура, влажность, давление);
- паспортные данные объекта и иные данные, позволяющие однозначно идентифицировать объект измерений: тип, заводской номер, обозначение в схеме электроустановки и т. п.;
- сведения о нормативном документе, на соответствие требованиям которого проверяется состояние электрооборудования;
- указания на норму измеряемого параметра для данного оборудования;
- перечень измерительного и испытательного оборудования с указанием типа средства измерений, заводского номера, сведений о поверке (калибровке) средств измерений;
- результаты измерений исходные и приведенные к нормированным условиям;
- выводы о соответствии нормативному документу по каждому из параметров;
- заключение о соответствии состояния объекта измерений требованиям нормативных документов в целом;
- подписи и должности лиц, ответственных за проведение испытаний, оформление отчета об испытаниях, включая руководителя лаборатории;
- для отчетов, выдаваемых сторонним организациям, – печать лаборатории или организации, в составе которой работает лаборатория;
- указания на титульном листе о недопустимости частичной или полной перепечатки или копирования без разрешения испытательной лаборатории.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 10434-82 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования
2. ГОСТ 11677-85 Трансформаторы силовые. Общие технические условия.
3. ГОСТ 11828-86 Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний.
4. ГОСТ 16110-82 Трансформаторы силовые. Термины и определения.
5. ГОСТ 3484.1-88 Трансформаторы силовые. Методы электромагнитных испытаний.
6. ГОСТ Р 50571.16-2019 Электроустановки низковольтные. Часть 6. Испытания.
7. Микромилиомметр ИКС-1А. Руководство по эксплуатации.
8. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (утверждены приказом Минэнерго России от 4 октября 2022 г. № 1070).
9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии (утверждены приказом Минэнерго России от 12 августа 2022 г. № 811)
10. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), 7-ое издание (утв. приказом Минэнерго РФ от 8 июля 2002 г. № 204)
11. РД 34.45-51.300-97 Объем и нормы испытания электрооборудования.
12. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
13. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования. Составлено АО «Фирма ОРГРЭС» под редакцией Ф.Л. Когана. УДК 621.311.
14. СТО 34.01-23.1-001-2017 Стандарт организации ПАО «Россети». Объем и нормы испытания электрооборудования.
15. СТО 70238424.29.160.30.002-2009 Электродвигатели. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.
16. ГОСТ Р 52565-2006 Выключатели переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Общие технические условия.
17. ГОСТ Р 51672-2000 Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия. Основные положения.
18. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2019. Межгосударственный стандарт. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

ООО “Челэнергоприбор”

 г. Челябинск, ул. Северная (п. Шершни), 1Б

 +7 (351) 211-54-01

 info@limi.ru

 www.limi.ru