


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра электроснабжения

Проректор по учебной работе
О.Б. Локтионова
«15» 2017 г.



**АППАРАТУРА ДЛЯ РЕМОНТА И НАЛАДКИ
УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Методические указания к лабораторным работам
для студентов всех форм обучения специальности 13.02.07
«Электроснабжение (по отраслям)»

Курск 2017

УДК 621.33

Составители: В.Н. Алябьев, И.В.Алябьев

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *В.И.Бирюлин*

Аппаратура для ремонта и наладки устройств электро-
снабжения: методические указания к лабораторным работам для
студентов всех форм обучения специальности 13.02.07
«Электроснабжение (по отраслям)»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.:
И.В.Алябьев, И.В.Алябьев. Курск, 2017. 23 с.

Излагаются методические указания к выполнению лабораторных
работ, посвященных изучению аппаратуры для проведения ремонта и наладки
систем электроснабжения.

Предназначены для студентов всех форм обучения специальности
13.02.07 «Электроснабжение (по отраслям)».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.17 г. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 1,6. Уч.-изд.л. 1,4. Тираж 100 экз. Заказ 2920. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет,
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ПОСЛЕРЕМОНТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Закрепить теоретические знания о видах, объеме и нормах приемосдаточных испытаний силовых трансформаторов. Получить практические навыки по проведению отдельных видов приемосдаточных испытаний силового трансформатора.

Краткие сведения из теории

Виды, объем и нормы приемо-сдаточных испытаний силовых трансформаторов установлены в [2, гл. 1.8] в зависимости от мощности и конструкции трансформаторов.

Для маслонаполненных трансформаторов мощностью до 1,6 МВА предусмотрены следующие виды испытаний:

Измерение характеристик изоляции

К характеристикам изоляции относятся: сопротивление R_{60} , коэффициент абсорбции $K_{аб} = R_{60}/R_{15}$, тангенс угла диэлектрических потерь $tg \delta$, отношение C_{2}/C_{50} и C/C .

Измерение сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции трансформатора измеряют мегомметром на напряжение 2,5 кВ при температуре изоляции не ниже 10 °С и не ранее чем через 12 часов после заполнения трансформатора маслом. При проведении измерения напряжение мегомметра прикладывают к испытываемой обмотке и к заземленному баку, к которому одновременно подсоединяются другие обмотки трансформатора. Показания мегомметра отсчитывают через 15 (R_{15}) и 60 (R_{60}) секунд и определяют по ним коэффициент абсорбции $K_{аб} = R_{60}/R_{15}$.

Полученные значения R_{60} и $K_{аб}$ сравнивают с нормируемыми значениями. Например, в соответствии с установленными нормами R_{60} при температуре 10 °С для трансформаторов мощностью до 6,3 МВА и напряжением до 35 кВ включительно должно быть не ниже 450 МОм, а коэффициент абсорбции иметь величину не ниже 1,3 и не снижаться по отношению к заводскому значению более чем на 30 %.

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь

Тангенс угла диэлектрических потерь $tg \delta$ измеряют с помощью

мостов переменного тока (типа Р-595 или Е7-22) по перевернутой схеме моста при напряжении 10 кВ. Измерения tg производят по тем же схемам включения, что и при измерении сопротивления изоляции. Полученные значения tg сравнивают с нормируемыми. Так, например, для трансформатора мощностью до 6,3 МВА напряжением до 35 кВ при температуре 10 °С должно быть обеспечено условие tg 1,2.

При измерении R_{60} и tg при температурах, отличающихся от заводских, полученные значения необходимо привести к заводской температуре с помощью умножения на поправочные коэффициенты, имеющиеся в инструкции «Трансформаторы силовые. Транспортирование, разгрузка, хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию (РД 16.363-87)». Полученные при пересчете значения R_{60} и tg не должны отличаться от заводских более чем на 25 %.

Определение условий включения трансформаторов без сушки

Все трансформаторы делятся по габаритам на восемь групп (I–VIII). Для каждой из этих групп (габаритов) в соответствии с РД 16.363-87 устанавливаются условия включения трансформаторов без сушки.

Так для трансформаторов I группы (мощностью до 100 кВА и напряжением до 35 кВ) определены следующие условия:

а) уровень масла должен быть в пределах отметок маслоуказателя;

б) химический анализ масла должен соответствовать требованиям качества масла [2, табл. 1.8.38], а его пробивное напряжение для трансформаторов напряжением до 35 кВ должно быть не менее 30 кВ;

в) значение коэффициента абсорбции $K_{аб}$ должно быть не менее 1,3;

г) если условие «а» не соблюдено, но обмотки трансформатора и переключатель покрыты маслом, или не выполнены условия «б» и «в», но в масле отсутствуют следы воды и пробивное напряжение снизилось по сравнению с нормой не более чем на 5 кВ, то необходимо дополнительно измерить tg или $C2/C50$ обмоток в масле (они в этом случае не должны отличаться от нормируемых значений).

Трансформаторы I группы после проведения комплекса указанных испытаний можно включать без сушки при соблюдении одной из следующих комбинаций условий: 1 – а, б; 2 – б, г; 3 – а, г.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току

Этим измерением выявляют дефекты в местах паяк и контактах переключателя, а также обрывы в обмотках. Сопротивление измеряется с помощью моста постоянного тока или методом амперметра-вольтметра на всех ответвлениях обмоток, если для этого не потребуется выемки сердечника. В трансформаторах с нулевым выводом измеряют сопротивления фаз, а при отсутствии нулевого вывода – сопротивления обмоток между линейными выводами.

Получаемые значения сопротивлений не должны отличаться друг от друга и от заводских данных более чем на + 2 %.

Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением

Для проверки герметичности бака и радиаторов гидравлическим давлением столба масла в отверстие, имеющееся на крышке бака, ввертывают стальную трубу диаметром ($1 \pm 1 \frac{1}{2}$) и через воронку заполняют ее маслом. Высота столба масла над уровнем заполненного расширителя принимается равной: для трубчатых и гладких баков 0,6 м, а для баков волнистых, радиаторных или с охладителями – 0,3 м. Продолжительность испытания равна 3 часам при температуре масла не ниже 10 °С; при испытании не должно наблюдаться течи масла.

Проверка состояния силикагеля

Индикаторный адсорбент, представляющий собой силикагель марки КСМ, пропитанный раствором хлористого кобальта, засыпается в специальный патрон или непосредственно в корпус воздухоочистителя, установленного на дыхательной трубке расширителя. При увлажнении силикагель теряет свои адсорбционные свойства, что приводит к проникновению влаги в расширитель, заполненный маслом. Неувлажненный силикагель имеет равномерную голубую окраску зерен. Изменение его цвета на розовый свидетельствует о его увлажнении.

Увлажненный силикагель сушат или заменяют новым.

Фазировка трансформатора

Под фазировкой трансформатора понимают проверку тождественности фаз включаемого трансформатора и сети (или двух трансформаторов) при включении на параллельную работу. Она осуществляется на низшем напряжении трансформаторов с помощью вольтметров с пределом измерений, равным двойному значению линейного напряжения. Фазировка заключается в измерении напряжения между разноименными фазами трансформаторов и

определении отсутствия напряжения между одноименными фазами.

Если при измерении окажется, что между одноименными фазами $a1 - a2$; $b1 - b2$; $c1 - c2$ напряжения отсутствуют, а между одной из одноименных и противоположными разноименными фазами $a1 - b2$; $a1 - c2$; $b1 - a2$; $b1 - c2$; $c1 - a2$; $c1 - b2$ напряжения есть и они примерно одинаковы, то фазировка выполнена верно и трансформатор можно включить в сеть или на параллельную работу с другим трансформатором.

Испытание трансформаторного масла

Пробу масла берут через спускной кран бака при температуре масла не ниже $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Масло отбирают в чистую стеклянную посуду с притертой пробкой.

После отбора пробы масла производят его испытания, определяя показатели, приведенные в [2, пп. 1–6 табл.1.8.42]. В число показателей входят следующие: пробивное напряжение; содержание механических примесей, взвешенного угля; кислотность; наличие воды; температура вспышки масла. Эти показатели, за исключением пробивного напряжения, определяются при лабораторных испытаниях и исследованиях, проводимых в химической лаборатории, куда отправляется проба масла. У трансформаторов I и II габаритов, прибывающих на монтаж заполненными маслом, при наличии удовлетворяющих нормам показателей заводского испытания, проведенного не более чем за 6 месяцев до включения трансформатора в работу, масло проверяется на пробу и отсутствие механических примесей.

Отсутствие механических примесей производится визуально, а пробивное напряжение определяется с помощью аппаратов АИИ-70, АМИ-80 и АИМ-90.

Испытание проводят в помещении при температуре воздуха $20 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $65 \pm 15\%$. Пробе масла дают отстояться, за это время ее температура должна сравняться с температурой воздуха в помещении. Испытательный сосуд с электродами должен быть высушен и промыт чистым маслом. Расстояние между электродами устанавливают равным 2,5 мм. Заливают в сосуд отобранную пробу, помещают его в аппарат и дают маслу отстояться в течение 10 мин. Затем включают аппарат с соблюдением мер безопасности и плавно со скоростью 1–2 кВ/с повышают напряжение между электродами до пробоя, отмечаемого падением стрелки вольтметра до нуля. Повторяют это испытание

шесть раз, после каждого пробоя из промежутка между электродами стеклянной палочкой удаляют обуглероженные частицы масла и дают ему отстояться в течение 5 мин. Пробивное напряжение определяют как среднее арифметическое из пяти последних значений пробивного напряжения. Пробивное напряжение масла до заливки его в трансформатор должно быть: для трансформаторов на напряжение до 15 кВ – 30 кВ, на напряжение от 15 до 35 кВ – 35 кВ, на напряжение от 60 до 220 кВ – 45 кВ; после заливки (проба, взятая из трансформатора) соответственно на 5 кВ ниже. При неудовлетворительных результатах испытаний масло должно заменяться сухим или сушиться.

Испытание включением толчком на номинальное напряжение

Трансформатор включают толчком на номинальное напряжение на время не менее 30 мин. После включения трансформатор прослушивают и наблюдают за его состоянием. При появлении внутри трансформатора ненормального шума и потрескиваний, его немедленно отключают для выяснения причин ненормальной работы.

При удовлетворительных результатах пробного включения трансформатор может быть включен под нагрузку и сдан в эксплуатацию.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с оборудованием рабочего места.

Измерить с помощью мегомметров МС-1000 и Е6-24 сопротивление изоляции обмоток высшего и низшего напряжений и определить коэффициент абсорбции.

Полученные результаты занести в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Измерение сопротивления изоляции

Последовательность измерений	Схемы измерения характеристик изоляции обмоток ВП и ШП		R ₁₅	R ₆₀	K _{аб}
	обмотки, на которых проводят измерения	заземляемые части трансформатора			
1	ШП	бак			
2	ВП	бак			

Измерить сопротивление обмоток постоянному току с помощью моста Р4833-М1; полученные результаты занести в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Измерение сопротивлений обмоток постоянному току

Измеряемая обмотка	R_1	R_2	R_3	$\Delta R_{\max}, \%$
III				
ВН				

Произвести испытание трансформаторного масла:

визуально установить наличие или отсутствие воды в пробе трансформаторного масла (если в пробе обнаружены капельки влаги, определение пробивного напряжения не производят и качество масла квалифицируют как неудовлетворительное);

проверить зазор между электродами измерительной ячейки ($2,5 \pm 0,05$ мм);

заполнить измерительную ячейку маслом до имеющейся в ней щетки при наличии в масле пузырьков воздуха, последние следует удалить осторожным перемешиванием масла стеклянной палочкой;

проверить работоспособность блокировок и защиты аппарата АИИ - 70;

установить ячейку с маслом в аппарат;

поднять напряжение до момента пробоя трансформаторного масла (сработает автоматический выключатель) и зафиксировать напряжение;

повторить это испытание шесть раз с интервалами между каждым из них, равными 5 мин.; после каждого пробоя при помощи стеклянной палочки масло между электродами необходимо осторожно переменить;

полученные результаты занести в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Испытание трансформаторного масла

Номер пробоя масла	1	2	3	4	5	6
Напряжение пробоя, кВ						

определить напряжение пробоя как среднее арифметическое из пяти последних значений напряжения пробоя по формуле, кВ:

$$\bar{U}_{np} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_{np.i},$$

где U_{np} – величина, полученная при последовательных пробоях, кВ; n – число пробоев;

определить пробивное напряжение масла, кВ/мм, по формуле:

$$E = \frac{\bar{U}_{np}}{d},$$

где d – расстояние между электродами, мм.

Оформление отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть представлены следующие материалы:

1. Результаты произведенных измерений (табл. 1.1; 1.2; 1.3).
2. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Каковы требования по сопротивлению изоляции трансформатора?
2. Насколько могут отличаться сопротивления меди обмоток разных фаз?
3. При каких условиях трансформатор может быть включён без сушки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ (ВЛ) ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Закрепить теоретические знания об устройстве защитного заземления электроустановок. Получить практические навыки по измерению сопротивления заземляющих устройств.

Краткие сведения из теории

Для защиты людей от поражения электрическим током в нормальном режиме работы электроустановок должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках до 1 кВ следует применять устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 А.

В случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Требования защиты при косвенном прикосновении распространяются на:

- 1) корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.;
- 2) приводы электрических аппаратов;
- 3) каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемных или открывающихся частей, если на последних установлено электрооборудование напряжением выше

50 В переменного или 120 В постоянного тока;

4) металлические конструкции распределительных устройств, кабельные конструкции, кабельные муфты, оболочки и броню контрольных и силовых кабелей, оболочки проводов, рукава и трубы электропроводки, оболочки и опорные конструкции шинопроводов (токопроводов), лотки, короба, струны, тросы и полосы, на которых укреплены кабели и провода (кроме струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с зануленной или заземленной металлической оболочкой или броней), а также другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;

5) металлические оболочки и броню контрольных и силовых кабелей и проводов на напряжения, не превышающие 50 В переменного или 120 В постоянного тока, проложенные на общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках и т. п., с кабелями и проводами на более высокие напряжения;

6) металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;

7) электрооборудование, установленное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

Заземлением называется преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

Защитным заземлением называется заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

Заземляющее устройство представляет собой совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлителем называется проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду. Заземлители бывают искусственные и естественные.

Искусственный заземлитель — заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

Естественный заземлитель — сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления.

Заземляющим проводником называется проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей определены наибольшие допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств в период эксплуатации и зависимости от напряжения электроустановки и режима работы ее

нейтралю (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Наибольшие допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств электроустановок и опор воздушных линий электропередачи

Характеристика электроустановки	Удельное сопротивление грунта, Ом·м	Сопротивление, Ом
1	2	3
Электроустановки напряжением 110 кВ и выше сетей с эффективным заземлением нейтрали	до 500 более 500	0,5 0,002 0,5
Электроустановки напряжением 3 35 кВ сетей с изолированной нейтралью	до 500 более 500	250/ρ*, но не более 10 Ом 0,002 · 250/ρ*
Электроустановки напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью напряжением, 660/380 В 380/220 В 220/127 В	до 100 (> 100) до 100 (> 100) до 100 (> 100)	15** (15·0,01) 30** (30·0,01) 60** (60·0,01)
Электроустановки напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью при мощности источника питания более 100 кВА при мощности до 100 кВА	до 500 более 500	50/ρ*, но не более 4 Ом 50/ρ*, но не более 10 Ом
Воздушные линии электропередачи напряжением до 1 кВ		
опоры ВЛ с устройством грозозащиты	—	30
опоры с повторными заземлителями нулевого провода при напряжении источника питания: 660/380 В 380/220 В 220/127 В	— — —	15 30 60
Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ		
опоры, имеющие грозозащитный трос или другое устройство грозозащиты, металлические и железобетонные опоры ВЛ 35 кВ и такие же опоры ВЛ 3 20 кВ в населенной местности, заземлители оборудования на опорах 110 кВ и выше	до 100 > 100 до 500 > 500 до 1000 > 1000 до 5000 > 5000	10 15 20 30 0,006 ρ
электрооборудование, установленное на опорах ВЛ 3 35 кВ	—	250/ρ*, но не более 10 Ом
металлические и железобетонные опоры ВЛ 3 20 кВ в ненаселенной местности	до 100 более 100	30 0,3ρ

1	2	3
трубчатые разрядники на подходах к подстанциям с вращающимися машиннами, вентильные разрядники на кабельных вставках подходов к подстанциям с вращающимися машиннами	–	5
вентильные разрядники и нелинейные ограничители перенапряжений на подходах линий к подстанциям с вращающимися машиннами	–	3
опоры с тросом на подходах линий к подстанциям с вращающимися машиннами	–	10

Примечания:

I_p^* – расчетный ток замыкания на землю, в качестве которого принимается: в сетях без компенсации емкостного тока замыкания на землю – ток замыкания на землю; в сетях с компенсацией емкостного тока замыкания на землю: для электроустановок, к которым присоединены компенсирующие аппараты, – ток, равный 125 % номинального тока наиболее мощного из этих аппаратов; для электроустановок, к которым не присоединены компенсирующие аппараты, – ток замыкания на землю, проходящий в данной сети при отключении наиболее мощного из компенсирующих аппаратов.

** Сопротивление заземляющего устройства с учетом повторных заземлений нулевого провода должно быть не более 2, 4, 8 Ом при линейных напряжениях соответственно 660, 380, 220 В источника трехфазного тока и напряжениях 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

*** Для опор высотой более 40 м на участках ВЛ, защищенных тросом, сопротивление заземлителей должно быть в 2 раза меньше указанных в табл. 5.1.

В соответствии с действующими Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей измерение сопротивления заземляющих устройств должно производиться:

после реконструкции и ремонта заземляющих устройств;
при обнаружении разрушения или перекрытия изоляторов ВЛ электрической дугой;

у опор воздушных линий электропередачи после ремонтов, но не реже 1 раза в 6 лет для ВЛ напряжением до 1000 В и 12 лет для ВЛ выше 1000 В на опорах с разрядниками и другим электрооборудованием и выборочно у 2 % железобетонных и металлических опор в населенной местности.

Измерения должны выполняться в период наибольшего высыхания грунта (для районов вечной мерзлоты – в период наибольшего промерзания грунта).

Для измерения сопротивления заземлителей создается искусственная цепь тока через испытываемый заземлитель. Для этого на некотором расстоянии от испытываемого заземлителя располагается вспомогательный заземлитель, подключаемый вместе с испытываемым заземлителем к источнику питания. Для измерения падения напряжения в сопротивлении испытываемого заземлителя при прохождении через него тока в зоне нулевого потенциала располагается зонд.

В качестве вспомогательного заземлителя и зонда могут применяться стальные неокрашенные электроды диаметром 10–20 мм, длиной 0,8–1 м. Электроды следует забивать в плотный естественный (не насыпной) грунт на глубину не менее 0,5 м.

Для измерения сопротивления заземляющих устройств должен применяться переменный ток, так как при постоянном токе в земле возникают ЭДС поляризации, искажающие результат измерения.

Измерение сопротивления заземляющих устройств производят:

- методом амперметра и вольтметра;
- с помощью специальных приборов (М 416, МС-08).

Перед измерением при отключенной схеме необходимо убедиться по вольтметру в отсутствии посторонних токов в земле. Если же есть значительные напряжения от посторонних токов в земле, то необходимо их устранить (например, отключить электросварку) либо, когда устранение невозможно, изменить место расположения зонда.

Влияние посторонних токов можно снизить увеличением тока в испытательной цепи. Измерения проводят только тогда, когда нет постороннего напряжения либо оно незначительно. При измерении малых сопротивлений достаточным является ток 20–25 А. Исходя из условий техники безопасности, желательно при измерении применять как можно меньшее напряжение.

Измерение сопротивления заземляющих устройств прибором М 416

Измерение сопротивления заземления прибором М-416 основано на компенсационном методе с применением вспомогательного заземлителя и потенциального электрода (зонда). Структурная схема прибора и его присоединения при измерении приведена на рис. 2.1. Переменный ток от преобразователя через первичную обмотку трансформатора Т, токовые зажимы 1 и 4

прибора поступает во внешнюю цепь. Вторичная обмотка трансформатора подключена к резистору R_1 , с помощью которого производится компенсация. При такой схеме включения на измерительное устройство (усилитель, детектор и индикатор P) подается разность напряжений на резисторе R_1 и на измеряемом сопротивлении. В момент компенсации (равенства сравниваемых напряжений) ток в цепи индикатора будет равен нулю. Резистор R_1 снабжен шкалой, позволяющей непосредственно определить значение измеряемого сопротивления.

Пределы измерения прибора М 416 – $0,1 \div 1000$ Ом.

Для подключения измеряемого сопротивления, вспомогательного заземлителя и зонда на приборе имеются четыре токовых зажима, обозначенных цифрами 1, 2, 3, 4.

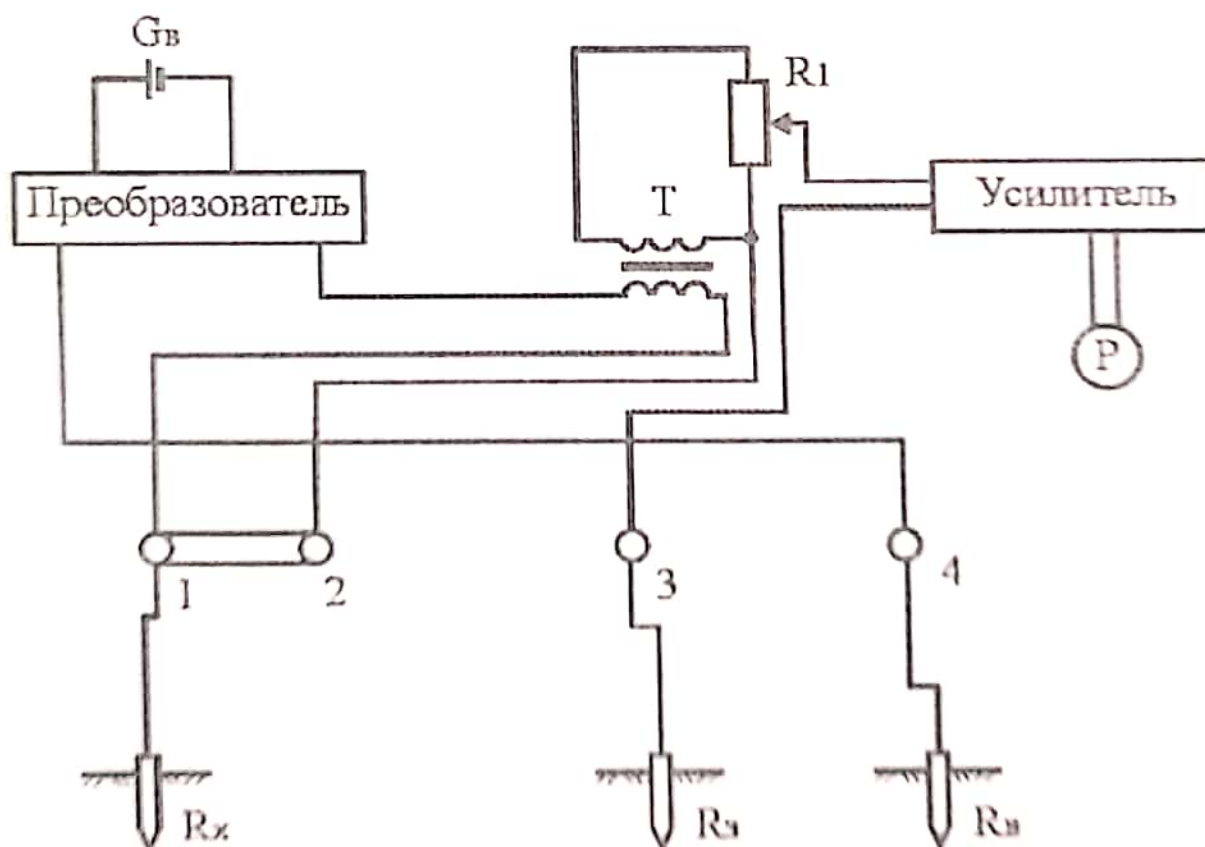


Рис. 2.1. Структурная схема измерителя заземления М 416:
1, 2, 3, 4 – токовые зажимы

Для грубых измерений сопротивления заземления и измерений

больших сопротивлений (более 5 Ом) зажимы 1 и 2 соединяют перемычкой. При точных измерениях снимают перемычку с зажимов 1 и 2 и прибор подключают к измеряемому объекту по четырехзажимной схеме.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.
2. Подготовить прибор М 416 к работе.
3. Измерить сопротивление заземляющего устройства и записать полученный результат.
4. Составить протоколы произведенных измерений.

Оформление отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть представлены следующие материалы:

1. Цель работы, сведения из теории.
2. Схемы произведенных измерений.
3. Протоколы измерений сопротивления заземляющих устройств.
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Какие виды заземления бывают?
2. Для каких целей производится измерение сопротивления заземляющего устройства?
3. Для каких целей производится измерение сопротивления линии «объект-заземлитель»?
4. Каково сопротивление заземляющего устройства для ВЛ?
5. С помощью каких приборов осуществляется измерение сопротивления заземляющего устройства?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НОЖЕЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ НАГРУЗКИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: освоить методику измерений переходных сопротивлений ножей выключателя нагрузки и разъединителя.

Краткие сведения из теории

Выключатели нагрузки представляет собой упрощенный выключатель, предназначенный для включения и отключения токов нагрузки.

Измерение контактов выключателя производится для токоведущей системы полюса выключателя и каждой рабочей пары контактов.

В первом случае, после включения выключателя нагрузки, микроомметр подключается к токоведущим шинам до и после выключателя и производится замер сопротивления для каждой фазы.

Во втором случае, после включения выключателя нагрузки, микроомметр подключается непосредственно к подвижному и неподвижному главным контактам каждого полюса выключателя.

Значение переходного сопротивления контактов не должно превышать заводских данных.

Измерения сопротивления контактов по доступным элементам токоведущей цепи производятся для отыскания дефектного места при увеличении общего сопротивления всей цепи выключателей или разъединителей.

Измерение сопротивления контактов делают при капитальном ремонте дважды – до ремонта и после ревизии контактов и регулировки выключателей.

Мостовой метод измерения сопротивления

Мостовые схемы обладают большой точностью, высокой чувствительностью, широким диапазоном измеряемых значений параметров. На основе мостовых методов измерения строятся средства измерения, предназначенные как для измерения какой-либо одной величины, так и универсальные аналоговые и цифровые приборы. Для измерения активных сопротивлений применяются мосты постоянного тока, которые могут быть

одинарными и двойными.

Одинарный мост постоянного тока

Такой мост (рис. 3.1) содержит четыре резистора, соединенных в кольцевой замкнутый контур. Резисторы R_1 , R_2 , R_3 и R_4 этого контура называются плечами моста, а точки соединения соседних плеч — вершинами моста. Цени, соединяющие противоположные вершины, называются диагоналями. Диагональ ab содержит источник питания и называется диагональю питания. Диагональ cd , в которую включен индикатор Γ , называется измерительной диагональю. В мостах постоянного тока в качестве индикатора обычно используется гальванометр.

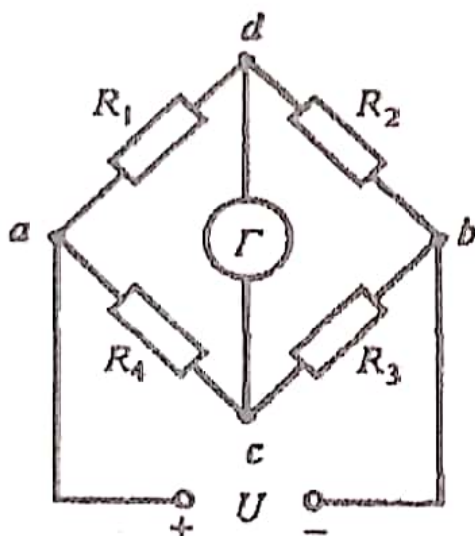


Рис. 3.1. Схема одинарного моста постоянного тока

Измерение сопротивления может производиться в одном из двух режимов работы моста: уравновешенном либо неуравновешенном. Мост называется уравновешенным, если разность потенциалов между вершинами c и d равна нулю, а, следовательно, и ток через гальванометр равен нулю.

Это возможно при соблюдении следующего условия:

$$R_1 R_3 = R_2 R_4 = 0$$

Двойной мост постоянного тока.

Для измерения малых сопротивлений (от 1 до 10^{-8} Ом) применяют двойные мосты. Схема двойного моста представлена на рис. 3.2.

Для исключения влияния сопротивлений соединительных проводов и переходных сопротивлений контактов измеряемое сопротивление R_x присоединяется по четырехзажимной схеме включения: двумя токовыми зажимами в цепь источника питания моста, а двумя потенциальными — в измерительную цепь.

Аналогичные зажимы имеет образцовое сопротивление R_0 . В цепь источника питания моста входит регулировочное сопротивление R_p , измеряемое сопротивление R_x , образцовое сопротивление R_0 (одного порядка по величине с R_x) и сопротивление $R_{ш}$.

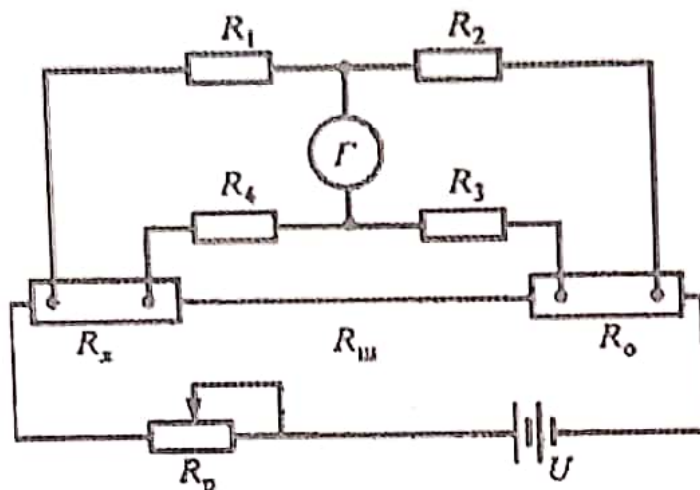


Рис. 3.2. Схема двойного моста постоянного тока

Сопротивления плеч R_1 , R_2 , R_3 и R_4 , входящие в измерительную цепь, выбирают достаточно большими (сотни и тысячи Ом), поэтому влияние сопротивлений монтажных проводов и переходных сопротивлений в контактах пренебрежимо мало.

Порядок выполнения работы

1. До начала измерения осмотреть выключатель нагрузки, удалить лишние предметы, протереть сухой ветошью ножи.
 2. Опробовать работу выключателя нагрузки 3-кратным введением и выводением ножей.
 4. Измерить сопротивление в разомкнутом состоянии.
 5. Ввести ножи выключателя нагрузки и измерить переходное сопротивление ножей фазы А.
 6. Повторить измерения для фаз В и С.
 7. Зачистить металлической щеткой ножи фазы А и провести измерения.
 8. Ввести ножи и замерить переходное сопротивление фазы А.
- Все результаты измерений занести в табл. 3.1

Таблица 3.1

№ фазы	Переходное сопротивление	
	Переходное	После зачистки
А		
В		
С		

Оформление отчета по лабораторной работе

Отчет должен содержать таблицу с результатами измерений и вывода по работе

Контрольные вопросы

1. Определите выключателя нагрузки.
2. Принцип действия моста постоянного тока.
3. Методы измерения сопротивлений.
4. Когда измерять переходное сопротивление на аппаратах?
5. Почему необходимо достигать минимального переходного сопротивления контактов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ПРОВЕРКА НАСТРОЙКИ АВТОМАТОВ ЗАЩИТЫ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить устройство, конструкции и принцип действия автоматических выключателей, применяемых в системах электроснабжения и в электроприводах.

Основные сведения из теории

Автоматический воздушный выключатель (автомат) – аппарат, предназначенный для автоматического размыкания электрических цепей.

Как правило, автоматические выключатели выполняют функции защиты при коротких замыканиях, перегрузках, снижении или исчезновении напряжения, изменения направления передачи мощности или тока и т. п.

Независимо от назначения, автоматы состоят из следующих основных узлов:

- а) контактной системы;
- б) дугогасительной системы;
- в) привода;
- г) механизма свободного расцепления расцепителей;
- д) коммутатора с блок-контактами.

Контактная система автоматов должна находиться под током не отключаясь весьма длительное время и быть способной выключать большие токи короткого замыкания. Широкое распространение получили двухступенчатые (главные и дугогасительные) и трехступенчатые (главные, промежуточные и дугогасительные) контактные системы.

Дугогасительная система должна обеспечивать гашение дуги больших токов короткого замыкания в ограниченном объеме пространства. Задача дугогасительного устройства заключается в том, чтобы ограничить размеры дуги и обеспечить ее гашение в малом объеме.

Распространение получили камеры с широкими щелями и камеры с дугогасительными решетками.

Привод в автомате служит для включения автомата по команде оператора.

Отключение автоматов осуществляется отключающими пружинами.

Механизм свободного расцепления предназначен:

- а) исключить возможность удерживать контакты автомата

во включенном положении (рукояткой, дистанционным приводом) при наличии ненормального режима работы защищаемой цепи;

б) обеспечить моментальное отключение, т. е. не зависящую от операторов, рода и массы привода скорость расхождения контактов.

ВНИМАНИЕ! НЕ ДОПУСКАТЬ ДЛИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АВТОМАТА В РЕЖИМЕ ПЕРЕГРУЗКИ, БЛИЗКОМ К ТОКУ СРАБАТЫВАНИЯ. ПОСЛЕ КАЖДОГО СРАБАТЫВАНИЯ ДЕЛАТЬ ПАУЗУ 5 мин ДЛЯ ОСТЫВАНИЯ КАТУШКИ РАСЦЕНИТЕЛЯ!

Таблица 4.1

Результаты опыта	
Значение тока уставки	Значение тока нагрузки, при котором срабатывает автомат

Контрольные вопросы

1. Назначение воздушных выключателей.
2. Понятие о времени срабатывания автомата.
3. Основные узлы автоматов и их назначение.
4. Функции и виды расцепителей.
5. Принцип гашения дуги в автомате.
6. Вид характеристики теплового расцепителя.
7. Основные параметры воздушных выключателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий: учебник : в 2 кн. Кн. 1. Сибикян Ю. Д. Издательство: Директ-Медиа, 2014.
2. Правила устройства электроустановок. 6-е и 7-е изд. - М.: Энергоиздат, 2006. - 423 с.
3. Наладка электроустановок. Лукьянов Т. П. Издательство: Всесоюзное учебно-педагогическое издательство, 1962.
4. Привалов Г.Б. Основы электробезопасности. Том 2. Заземление электроустановок систем электроснабжения. Москва. Берлин. Изд-во «Директмедиа Паблшинг» 2016. – 156с.