Задание по электротехнике 45 группа 7.04.2020

1. Прочитать и законспектировать
2. Готовое задание переслать на электронную почту

Измерение тока и напряжения

Измерение тока. Для измерения тока в цепи амперметр 2 (рис. 2, а) или миллиамперметр включают в электрическую цепь последовательно с приемником 3 электрической энергии.

Для того чтобы включение амперметра не оказывало влияния на работу электрических установок и он не создавал больших потерь энергии, амперметры выполняют с малым внутренним сопротивлением. Поэтому практически сопротивление его можно считать равным нулю и пренебрегать вызываемым им падением напряжения. Амперметр можно включать в цепь только последовательно с нагрузкой. Если амперметр подключить непосредственно к источнику 1, то через катушку прибора пойдет очень большой ток (сопротивление амперметра мало) и она сгорит.

Для расширения пределов измерения амперметров, предназначенных для работы в цепях постоянного тока, их включают в цепь параллельно шунту 4 (рис. 2,б). При этом через прибор проходит только часть I_A измеряемого тока I, обратно пропорциональная его сопротивлению R_A. Бо́льшая часть $I_ш$ этого тока проходит через шунт. Прибор измеряет падение напряжения на шунте, зависящее от проходящего через шунт тока, т. е. используется в качестве милливольтметра. Шкала прибора градуируется в амперах. Зная сопротивления прибора R_A и шунта $R_ш$ можно по току I_A, фиксируемому прибором, определить измеряемый ток:

$$I = I_A (R_A+R_ш)/R_ш = I_A n \quad (105)$$

где $n = I/I_A = (R_A + R_ш)/R_ш$ — коэффициент шунтирования. Его обычно выбирают равным или кратным 10. Сопротивление шунта, необходимое для измерения тока I, в n раз большего, чем ток прибора I_A,

$$R_ш = R_A/(n-1) \quad (106)$$

Конструктивно шунты либо монтируют в корпус прибора (шунты на токи до 50 А), либо устанавливают вне его и соединяют с прибором проводами. Если прибор предназначен для постоянной работы с шунтом, то шкала его градуируется сразу в значениях измеряемого тока с учетом коэффициента шунтирования и никаких расчетов для определения тока выполнять не требуется. В случае применения наружных (отдельных от приборов) шунтов на них указывают номинальный ток, на который они рассчитаны, и номинальное напряжение на зажимах (калиброванные шунты). Согласно стандартам это напряжение может быть равно 45, 75, 100 и 150 мВ. Шунты подбирают к приборам так, чтобы при номинальном напряжении на зажимах шунта стрелка прибора отклонялась на всю шкалу. Следовательно, номинальные напряжения прибора и шунта должны быть одинаковыми. Имеются также индивидуальные шунты, предназначенные для работы с определенным прибором. Шунты делят на пять классов точности (0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5). Обозначение класса соответствует допустимой погрешности в процентах.

Для того чтобы повышение температуры шунта при прохождении по нему тока не оказывало влияния на показания прибора, шунты изготовляют из материалов с большим удельным сопротивлением и малым температурным коэффициентом (константан, манганин, никелин и пр.). Для уменьшения влияния температуры на показания амперметра последовательно с катушкой прибора в некоторых случаях включают добавочный резистор из констан-тана или другого подобного материала.

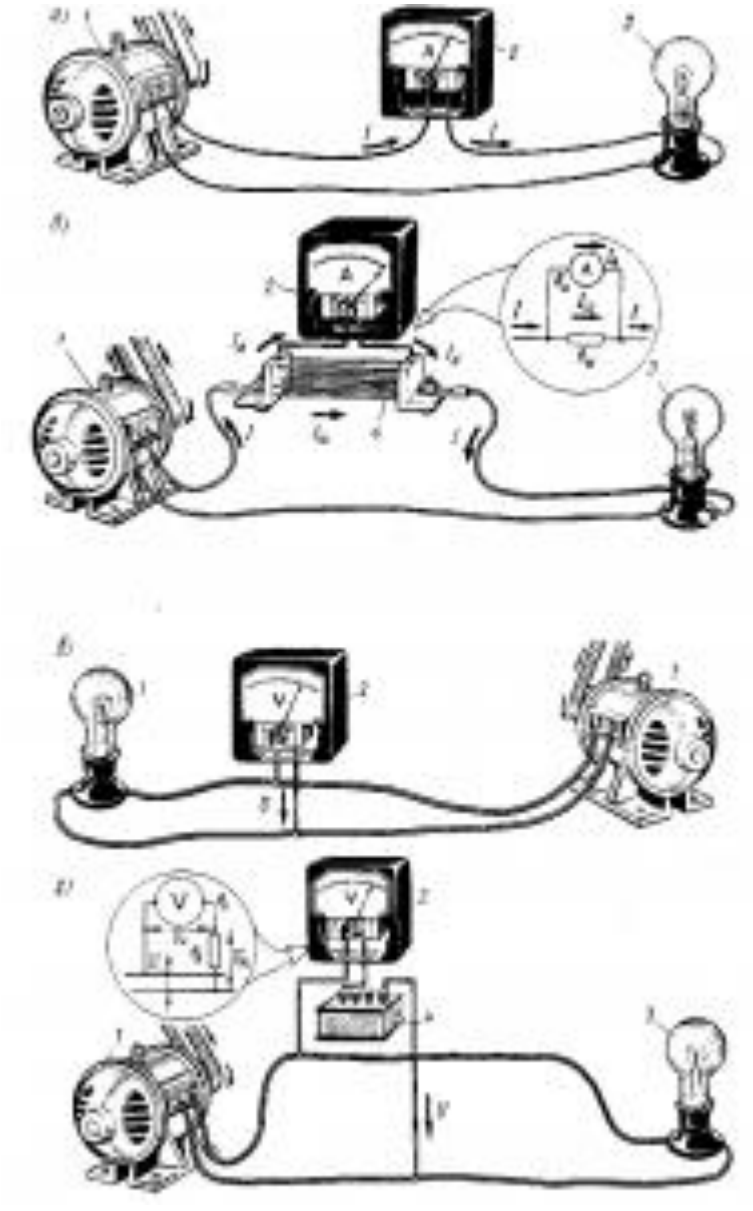

Рис. 2. Схемы для измерения тока (а, б) и напряжения (в, г)

Измерение напряжения. Для измерения напряжения U, действующего между какими-либо двумя точками электрической цепи, вольтметр 2 (рис. 2, в) присоединяют к этим точкам, т. е. параллельно источнику 1 электрической энергии или приемнику 3.

Для того чтобы включение вольтметра не оказывало влияния на работу электрических установок и он не создавал больших потерь энергии, вольтметры выполняют с большим сопротивлением. Поэтому практически можно пренебрегать проходящим по вольтметру током.

Для расширения пределов измерения вольтметров последовательно с обмоткой прибора включают добавочный резистор 4 ($R_д$) (рис. 2,г). При этом на прибор приходится лишь часть U_v измеряемого напряжения U, пропорциональная сопротивлению прибора R_v.

Зная сопротивление добавочного резистора и вольтметра, можно по значению напряжения U_v, фиксируемого вольтметром, определить напряжение, действующее в цепи:

$$\boldsymbol{U = (R_v+R_д)/R_v * U_v = nU_v} \quad (107)$$

Величина $n = U/U_v=(R_v+R_д)/R_v$ показывает, во сколько раз измеряемое напряжение U больше напряжения U_v, приходящегося на прибор, т. е. во сколько раз увеличивается предел измерения напряжения вольтметром при применении добавочного резистора.

Сопротивление добавочного резистора, необходимое для измерения напряжения U, в п раз большего напряжения прибора Uv, определяется по формуле $R_д=(n— 1) R_v$.

Добавочный резистор может встраиваться в прибор и одновременно использоваться для уменьшения влияния температуры окружающей среды на показания прибора. Для этой цели резистор выполняется из материала, имеющего малый температурный коэффициент, и его сопротивление значительно превышает сопротивление катушки, вследствие чего общее сопротивление прибора становится почти независимым от изменения температуры. По точности добавочные резисторы подразделяются на те же классы точности, что и шунты.

Делители напряжения. Для расширения пределов измерения вольтметров применяют также делители напряжения. Они позволяют уменьшить подлежащее измерению напряжение до значения, соответствующего номинальному напряжению данного вольтметра (предельного напряжения на его шкале). Отношение входного напряжения делителя U_1 к выходному U_2 (рис. 3, а) называется *коэффициентом деления*. При холостом ходе $U_1/U_2 = (R_1+R_2)/R2 = 1 + R_1/R_2$. В делителях напряжения это отношение может быть выбрано равным 10, 100, 500 и т. д. в зависимости от того, к каким

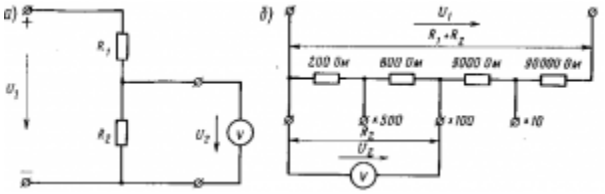

Рис. 3. Схемы включения делителей напряжения

выводам делителя подключен вольтметр (рис. 3,б). Делитель напряжения вносит малую погрешность в измерения только в том случае, если сопротивление вольтметра R_v достаточно велико (ток, проходящий через делитель, мал), а сопротивление источника, к которому подключен делитель, мало.

Измерительные трансформаторы. Для включения электроизмерительных приборов в цепи переменного тока служат измерительные трансформаторы, обеспечивающие безопасность обслуживающего персонала при выполнении электрических измерений в цепях высокого напряжения. Включение электроизмерительных приборов в эти цепи без таких трансформаторов запрещается правилами техники безопасности. Кроме того, измерительные трансформаторы расширяют пределы измерения приборов, т. е. позволяют измерять большие токи и напряжения с помощью несложных приборов, рассчитанных для измерения малых токов и напряжений.

Измерительные трансформаторы подразделяют на трансформаторы напряжения и трансформаторы тока. Трансформатор напряжения 1 (рис. 4, а) служит для подключения вольтметров и других приборов, которые должны реагировать на напряжение. Его выполняют, как обычный двухобмоточный понижающий трансформатор: первичную обмотку подключают к двум точкам, между которыми требуется измерить напряжение, а вторичную — к вольтметру 2.

На схемах измерительный трансформатор напряжения изображают как обычный трансформатор (на рис. 4, а показано в круге).

Так как сопротивление обмотки вольтметра, подключаемого к трансформатору напряжения, велико, трансформатор практически работает в режиме холостого хода, и можно с достаточной степенью точности считать, что напряжения U_1 и U_2 на первичной и вторичной обмотках будут прямо пропорциональны числу витков w_1 и w_2 обеих обмоток трансформатора, т. е.

$$U_1/U_2 = w_1/w_2 = n \quad (108)$$

Таким образом, подобрав соответствующее число витков w_1 и w_2 обмоток трансформатора, можно измерять высокие напряжения, подавая на электроизмерительный прибор небольшие напряжения.

Напряжение U_1 может быть определено умножением измеренного вторичного напряжения U_2 на коэффициент трансформации трансформатора n.

Вольтметры, предназначенные для постоянной работы с трансформаторами напряжения, градуируют на заводе с учетом коэффициента трансформации, и значения измеряемого напряжения могут быть непосредственно отсчитаны по шкале прибора.

Для предотвращения опасности поражения обслуживающего персонала электрическим током в случае повреждения изоляции трансформатора один выэод его вторичной обмотки и стальной кожух трансформатора должны быть заземлены.

Трансформатор тока 3 (рис. 4,б) служит для подключения амперметров и других приборов, которые должны реагировать на протекающий по цепи переменный ток. Его выполняют в виде

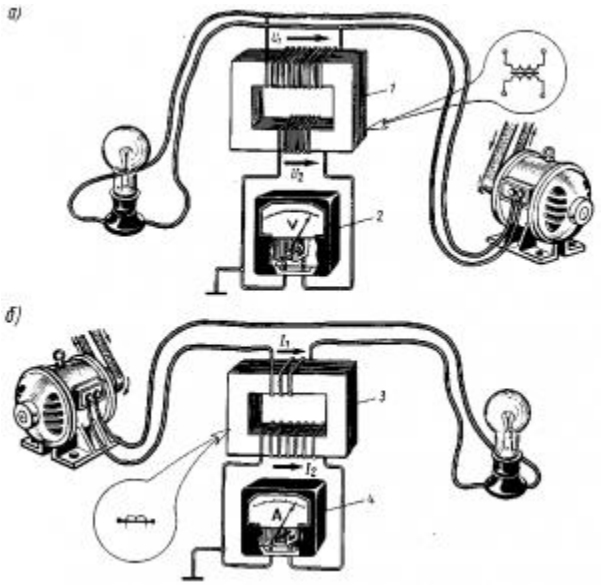

Рис. 4. Включение электроизмерительных приборов посредством измерительных трансформаторов напряжения (а) и тока (б)

обычного двухобмоточного повышающего трансформатора; первичную обмотку включают последовательно в цепь измеряемого тока, к вторичной обмотке подключают амперметр 4.

Схемное обозначение измерительных трансформаторов тока показано на рис. 4, б в круге.

Так как сопротивление обмотки амперметра, подключаемого к трансформатору тока, обычно мало, трансформатор практически работает в режиме короткого замыкания, и с достаточной степенью точности можно считать, что токи I_1 и I_2, проходящие по его обмоткам, будут обратно пропорциональны числу витков w_1 и w_2этих обмоток, т.е.

$$\boldsymbol{I_1/I_2 = w_1/w_2 = n} \quad (109)$$

Следовательно, подобрав соответствующим образом число витков w_1 и w_2 обмоток трансформатора, можно измерять большие токи I_1, пропуская через электроизмерительный прибор малые токи I_2. Ток I_1 может быть при этом определен умножением измеренного вторичного тока I_2 на величину n.

Амперметры, предназначенные для постоянной работы совместно с трансформаторами тока, градуируют на заводе с учетом коэффициента трансформации, и значения измеряемого тока I_1 могут быть непосредственно отсчитаны по шкале прибора.

Для предотвращения опасности поражения обслуживающего персонала электрическим током в случае повреждения изоляции трансформатора один из зажимов вторичной обмотки и кожух трансформатора заземляют.

На э. п. с. применяют так называемые проходные трансформаторы тока (рис. 5). В таком трансформаторе магнитопровод 3 и вторичная обмотка 2 смонтированы на проходном изоляторе 4, служащем для ввода высокого напряжения в кузов, а роль первичной обмотки трансформатора выполняет медный стержень 1, проходящий внутри изолятора.

Условия работы трансформаторов тока отличаются от обычных. Например, размыкание вторичной обмотки трансформатора тока при включенной первичной обмотке недопустимо, так как это вызовет значительное увеличение магнитного потока и, как следствие, температуры сердечника и обмотки трансформатора, т. е. выход его из строя. Кроме того, в разомкнутой вторичной обмотке трансформатора может индуцироваться большая э. д. с, опасная для персонала, производящего измерения.

При включении приборов посредством измерительных трансформаторов возникают погрешности двух видов: погрешность в коэффициенте трансформации и угловая погрешность (при изменениях напряжения или тока отношенияU_1/U_2 и I_1/I_2 несколько изменяются и угол сдвига фаз между первичным и вторичным напряжениями и токами отклоняется от 180°). Эти погрешности возрастают при нагрузке трансформатора свыше номинальной. Угловая погрешность оказывает влияние на результаты измере-

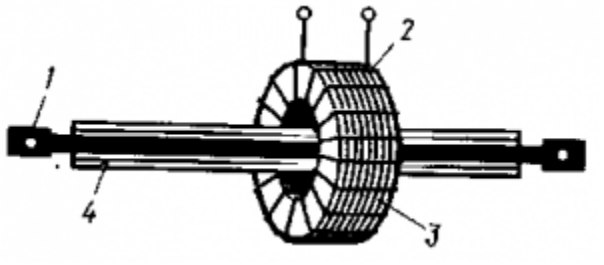

Рис. 5. Проходной измерительный трансформатор тока

ний приборами, показания которых зависят от угла сдвига фаз между напряжением и током (например, ваттметров, счетчиков электрической энергии и пр.). В зависимости от допускаемых погрешностей измерительные трансформаторы подразделяют по классам точности. Класс точности (0,2; 0,5; 1 и т. д.) соответствует наибольшей допускаемой погрешности в коэффициенте трансформации в процентах от его номинального значения.

Мегомметр состоит из логометра и генератора постоянного тока с ручным приводом или с выпрямителем для включения прибора в сеть.
В настоящее время наиболее распространены мегомметры унифицированной серии М4100.
Номинальное выходное напряжение и наибольшее значение измеряемого сопротивления: М4100/1 — 100 В, 100 МОм; М4100/2 — 250 В, 300 МОм; М4100/3 — 500 В, 500 МОм; М4100/4 — 1000В, 1000 МОм; М4100/5 — 2500 В, 3000 МОм.
При измерении сопротивления изоляции на пределе «МЙ» измеряемое сопротивление Rx подключают к зажимам «Л» (линия) и «земля» (рис. 14.1, а, в); при измерении на пределе «kO» между зажимами «земля» и «Л» ставят перемычку, а измеряемое сопротивление включают между зажимами земля и «kO» (рис. 14.1, б, г).

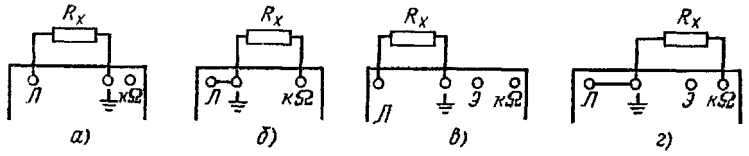

Рис. 14 1. Схемы измерения сопротивления изоляции: а, б— приборами М4100/1—М4100/4; в, г — приборами М4100/5

При измерении сопротивления изоляции прибор включают в обесточенную электрическую цепь и вращают ручку генератора, доводя частоту вращения до номинальной, т. е. до 120 об/мин. Не снижая указанной частоты, рукоятку
вращают до тех пор, пока стрелка прибора не перестанет перемещаться но шкале. Стрелка при этом покажет на шкале сопротивление изоляции цепи, включенной последовательно с прибором (сопротивление изоляции проводника, обмотки электродвигателя и т.п.).
Когда результат измерения сопротивления изоляции объекта мегаомметром типа М4100/5 может быть искажен поверхностными токами утечки, принимают меры, исключающие попадание поверхностных токов в рабочую рамку логометра.
Для этого на изоляцию объекта накладывают токоотводящий электрод, который присоединяют к зажиму Э прибора (рис. 14 2, а).

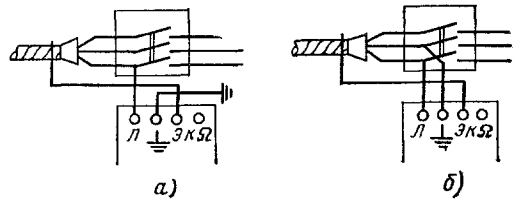

Рис. 14.2. Схемы включения прибора М4100/5
В случае измерения сопротивления изоляции между цепями, изолированными от земли, например между жилами кабеля, зажимы Л и «земля» присоединяются к жилам кабеля, а зажим Э — к броне кабеля (рис. 14.2,6).
Надо помнить, что изоляция электродвигателей, аппаратов, проводов и кабелей, ошиновки рассчитана на значительно большие напряжения, чем номинальное напряжение сетей, для работы в которых они предназначаются. Поэтому в большинстве случаев низкое сопротивление изоляции является следствием плохого монтажа и наличия дефектов в электропроводке, кабельной или воздушной линии или объясняется неисправностями электрической части смонтированных машин, приборов и т.п.
Часто низкое сопротивление изоляции может быть из- за влажности или загрязнения поверхности изоляторов ошиновки РУ или выводных изоляторов трансформаторов или машин. Поэтому до проверки изоляции производят тщательную очистку и протирку всех изоляторов и изоляционных поверхностей между токоведущими частями.
Испытание изоляции электроустановок повышенным напряжением производят с применением специальных испытательных трансформаторов ИОМ, лабораторных автотрансформаторов ЛАТР и др. Для этих целей применяют однофазные трансформаторы напряжения НОМ на соответствующие напряжения. Принципиальная схема испытательной установки приведена на рис. 14.3. Для испытания электрической прочности изоляции постоянным (выпрямленным) или переменным током применяют специальную установку АИИ-70.

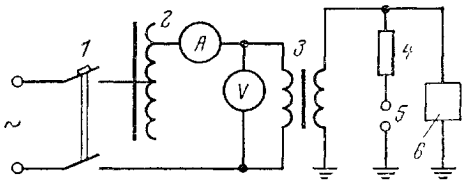

Рис. 14 3 Упрощенная схема установки для испытания изоляции повышенным напряжением переменного тока- 1 — автоматический выключатель; 2 — регулятор напряжения, 3— испытательный трансформатор, 4 — сопротивление, 5 — искровой вольтметр, 6 — испытываемое оборудование

Установка состоит из устройства с испытательным трансформатором, регулирующим автотрансформатором и кенотронной (выпрямительной) приставки с необходимыми для них защитными, измерительными, контрольными приборами и аппаратами. Установка АИИ-70 позволяет получить максимальное испытательное напряжение 50 кВ переменного тока и 70 кВ постоянного тока.

Перед включением электрооборудования под напряжение должно быть проверено состояние заземляющих устройств путем выборочного осмотра элементов устройства, проверки наличия цепи между заземлителями и заземляемым оборудованием, проверки полного сопротивления петли фаза — нуль в установках до 1 кВ с глухим заземлением нейтрали и проверки сопротивления растеканию заземлителей. Проверку сопротивления петли фаза —нуль производят для наиболее удаленных, а также наиболее мощных электроприемников прибором типа М-417. Измерение производят без отключения электроприемника от питающей сети (рис. 14 4).

Измерение сопротивления растеканию заземляющих устройств выполняют при помощи измерителя сопротивления заземления М-416, которым могут быть также определены значения активных сопротивлений и удельного сопротивления грунта. Прибор имеет четыре предела измерений: 0,1—10; 0,5—50; 2—200 и 10—1000 Ом, устанавливаемых переключателем. Прибор смонтирован в пластмассовом корпусе с откидной крышкой и снабжен ремнем для переноски.

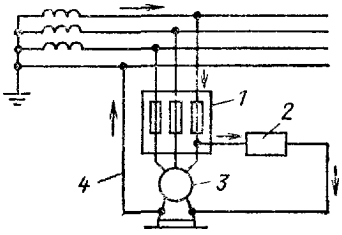

Рис. 14.4. Схема измерения полного сопротивления петли фаза — нуль:
1 — защитный аппарат (предохранитель или автоматический выключатель), 2 — измеритель сопротивления (например М 417); 3 — электроприемник (электродвигатель); 4 — защитный заземляющий проводник

Электрическая схема прибора состоит из трех функциональных узлов: источника постоянного тока, преобразователя постоянного тока в переменный (генератора) и измерительного устройства.

На лицевой панели прибора расположены органы управления: ручка переключателя пределов измерения и реохорда, кнопка включения прибора и четыре зажима для подключения измеряемого объекта. Питание прибор получает от трех сухих элементов 373 напряжением 4,5 В. Реохорд имеет цифровую шкалу, позволяющую непосредственно определить измеряемое сопротивление.

Измерение сопротивления заземления Rx прибором основано на компенсационном методе с применением вспомогательного заземлителя и потенциального электрода (зонда) Яз. Для грубых измерений сопротивления заземления и измерений больших сопротивлений зажимы 1 я 2 соединяют перемычкой и прибор подключают к измеряемому объекту по трехзажимной схеме (рис. 14.5, а, в).

При точных измерениях снимают перемычку с зажимов 1 и 2 и прибор подключают к измеряемому объекту по четырехзажимной схеме (рис. 14.5,6 и г).
Это позволяет исключить погрешность, вносимую сопротивлением соединительных проводов.
Только убедившись в том, что электрическая установка — электропроводка, кабельная или воздушная линия, РУ — смонтирована правильно, оборудование, приборы и аппараты включены правильно, а измеренные сопротивления изоляции и заземляющих устройств соответствуют требованиям [3], производят пробное (пусковое) включение электроустановки под рабочее напряжение действующей электрической сети. К этому времени должны быть закончены и другие опробования и испытания оборудования, аппаратов и приборов, требуемые [3], которые могут быть выполнены без подачи рабочего напряжения.

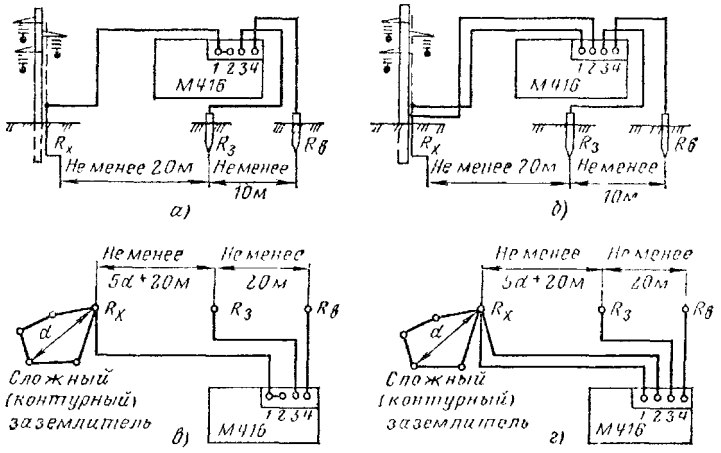

Рис. 14,5. Изменение сопротивления растеканию заземляющего устройства прибором М416
Таким образом, пробное включение установки под рабочее напряжение завершает выполнение электромонтажных и пусконаладочных работ и установка передается в нормальную эксплуатацию.
При опробовании под рабочим напряжением прежде всего выполняют фазировку, т. е. устанавливают соответствие маркировки и чередование фаз вновь смонтированной и действующей электроустановок; затем проверяют оборудование на холостом ходу и под нагрузкой и выполняют комплексную проверку действия первичных и вторичных устройств и цепей электроустановки.
Перед подачей рабочего напряжения во всех случаях предварительно осматривают смонтированную электроустановку, снимают закоротки и временные заземления в первичных цепях. Проверяют, чтобы были установлены закоротки на вторичных цепях трансформаторов тока, которые не используются для питания защитных и измерительных приборов.
Удаляют монтажный персонал, строителей и других лиц, не участвующих непосредственно в опробовании, со всех участков смонтированной электроустановки, на которые будет подано рабочее напряжение. При необходимости ставят ограждения, вывешивают предупредительные плакаты и принимают другие меры по технике безопасности.
Напряжение обычно вначале подают на шины смонтированного РУ. При этом следят за поведением изоляции под рабочим напряжением и проверяют наличие и значение напряжения по приборам, подключенным непосредственно к шинам или через трансформаторы напряжения. Убедившись в сохранности изоляции РУ, поочередно производят опробование под рабочим напряжением трансформаторов, отходящих питающих и распределительных линий, электродвигателей и других приемников электроэнергии.
Силовые трансформаторы, если выполнены условия, необходимые для их включения под напряжение, включают толчком на номинальное напряжение без нагрузки (на холостой ход). При этом не должны иметь места явления, указывающие на неудовлетворительное состояние трансформатора. После этого трансформатор включают под нагрузкой, а также при необходимости — на параллельную работу.

Электродвигатели перед пробным включением осматривают и убеждаются в отсутствии в них посторонних предметов (продувкой, проворачиванием вала), в надежности креплений, в наличии смазки в подшипниках.
Первое включение электродвигателей производят вхолостую, отсоединив их от приводимых в действие станков и механизмов. Вначале напряжение подают кратковременно (толчком), чтобы ротор успел сделать несколько оборотов. Убедившись, что ротор вращается в необходимом направлении и отсутствуют заедания ротора, механические удары и другие анормальные явления, двигатель включают повторно для работы на холостом ходу. Лишь убедившись р нормальной работе двигателя, проверяют его работу совместно со станком или механизмом.
В процессе пробного включения под рабочее напряжете п работы электрооборудования на холостом ходу и под нагрузкой производят измерения и испытания, требуемые [3], которые не могли быть выполнены без подачи рабочего напряжения, в том числе проверку действия приборов измерения и защиты.
В случаях обнаружения в процессе пробных включений электроустановок под рабочее напряжение каких-либо дефектов их немедленно устраняют, а при крупных переделках перед включением под напряжение повторно проверяют сопротивление изоляции.