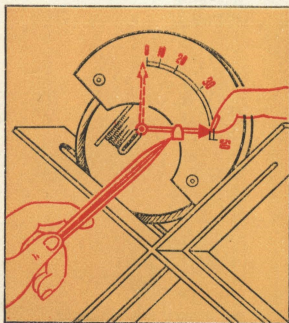




В. Э. Расовский, Г. И. Котов

РЕМОНТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРО- ПРИБОРОВ



В. Э. Расовский, Г. И. Котов

РЕМОНТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПРИБОРОВ

Одобрено Ученым советом
Государственного комитета СССР
по профессионально-техническому образованию
в качестве учебника для средних
профессионально-технических училищ



МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1980

ББК 31.221
Р24
УДК 621.317

Со всеми предложениями и замечаниями
просим обращаться по адресу:

Москва, Неглинная ул., д. 29/14, издательство «Высшая школа».

Расовский В. Э., Котов Г. И.

Р24 Ремонт измерительных электроприборов: Учеб-
ник для сред. проф.-техн. училищ. М.: Высш. школа,
1980. — 96 с., ил. (Профтехобразование. Электриче-
ские измерения).
10 к.

В книге рассмотрен ремонт деталей измерительных электроприбо-
ров, дано описание их сборки и регулировки. Кратко изложены све-
дения об организации ремонта измерительных электроприборов, о при-
меняемых инструментах, приспособлениях и устройствах.

Р $\frac{30306-225}{052(01)-80}$ 38—80

2302010000

6П2.1.082
ББК 31.221

© Издательство «Высшая школа», 1980

ПРЕДИСЛОВИЕ

В условиях научно-технического прогресса, когда внедрение новой техники и в том числе средств автоматизации и телемеханизации производственных процессов происходит чрезвычайно интенсивно, высокая производительность труда может быть обеспечена только в том случае, если эти устройства работают с высокой надежностью. Но правильная их эксплуатация невозможна без современных совершенных средств измерения и контроля.

Генеральным направлением политики Коммунистической партии и Советского правительства в области строительства материально-технической базы коммунизма является постоянное повышение уровня электрификации промышленного и сельскохозяйственного производства, непрерывное увеличение выработки электроэнергии в стране, осуществление планов комплексной механизации и автоматизации производства. Это требует создания качественно новых устройств автоматизации и контроля, в том числе электронизмерительных приборов, основанных на новых принципах измерения.

Так, в последнее десятилетие для электрических измерений начали широко использоваться автоматические приборы с цифровым отсчетом, которые обеспечивают не только быстроту и точность измерений, но и связь с системами автоматического управления и регулирования. Ведется большая работа по повышению качественных показателей электронизмерительных приборов: точности, чувствительности, стабильности, устойчивости к внешним влияниям, надежности и др.

От работников, специализирующихся по ремонту электронизмерительных приборов, требуются глубокие знания устройства и принципа работы приборов, теории и практики электрических измерений, овладение навыками, приемами и методами ремонта, сборки, эксплуата-

ции, регулировки и поверки различных электроизмерительных приборов и устройств.

Вопросам организации и технологии ремонта электроизмерительных приборов, а также их предремонтной разборки и послеремонтной сборки и посвящено данное пособие. Теория, устройство и работа приборов и методы измерений электрических величин рассмотрены в книге Ш. М. Алукера «Электроизмерительные приборы» (М., Высшая школа, 1976) и здесь повторно не излагаются.

Основное внимание в учебной подготовке будущих специалистов по ремонту электроизмерительных приборов должно быть уделено изучению общих методов и принципов ремонта приборов различных систем, а не отдельных их типов и марок, которые в условиях современной научно-технической революции будут конструктивно постоянно меняться в направлении их совершенствования.

Главы I и II написаны Г. И. Котовым, III, IV и предисловие — В. Э. Расовским.

Глава I

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

§ 1. СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА

В электроприборостроении, как и во всех других отраслях техники, применяется система планово-предупредительного ремонта (ППР), направленная на повышение уровня эксплуатации контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации (КИПиА). Она включает в себя основные организационно-технические мероприятия по надзору, поверке и ремонту приборов. Система ППР КИПиА разработана в масштабе нашей страны Государственным комитетом стандартов Совета Министров СССР. Сущность этой системы заключается в том, что через определенное время работы приборов производятся их обязательные контрольные осмотры или поверки, в результате которых либо выявляется необходимость в том или ином виде ремонта, либо делается заключение об исправности прибора и его пригодности для дальнейшей эксплуатации.

Все электроизмерительные приборы с течением времени изменяют свои качественные показатели независимо от того, находятся ли они в работе или не эксплуатируются.

Так, при нормальной эксплуатации прибора у токопроводящих пружин в результате длительного прохождения по ним тока изменяются упругие свойства, керны деформируются, истираются подпятники, окисляются контакты и т. д. Поэтому государственными органами за состоянием электроизмерительных приборов установлен контроль. В Советском Союзе создана система государственного и ведомственного надзора.

Государственный надзор за мерами и измерительными приборами осуществляется Государственным комитетом стандартов Совета Министров СССР, который

возглавляет всю метрологическую службу в стране. Комитет проводит эту работу через специальные учреждения: метрологические институты и лаборатории государственного надзора, входящие в его состав.

Метрологические институты направляют свою деятельность на организацию метрологической службы внутри нашей страны, на координацию ее с метрологическими службами других стран и в первую очередь государств — членов СЭВ, на обеспечение требуемой точности измерений во всех отраслях техники, на разработку эталонов и образцовых мер.

В функции лаборатории государственного надзора входят:

- 1) организация совершенной лабораторной базы, позволяющей проводить измерения с высокой точностью и в таком объеме, который необходим для максимального удовлетворения потребностей народного хозяйства;

- 2) государственный контроль выпускаемых заводами измерительных приборов, их испытания, аттестация и надзор за качеством серийного изготовления;

- 3) контроль за точностью и исправностью измерительных приборов, за своевременностью представления их на поверку и за правильным применением;

- 4) государственная поверка приборов с соблюдением всех правил и инструкций, разработанных Государственным комитетом стандартов Совета Министров СССР.

Сроки обязательной государственной поверки измерительных приборов регламентируются в соответствии с условиями их эксплуатации. Так, приборы, применяемые на производстве, нуждаются в более частых поверках, чем приборы, используемые только для научно-исследовательских целей. Образцовые приборы, которые предназначены для поверки рабочих приборов, должны иметь высокую точность и надежность. Поэтому они проходят государственную поверку сразу же по поступлении в лабораторию государственного надзора. Дата поверки указывается в документации, выдаваемой Государственным комитетом стандартов Совета Министров СССР.

Оснащенность лаборатории государственного надзора эталонами, образцовыми мерами и измерительными приборами, а также структура и штаты лаборатории определяются потребностями того района, где данная лаборатория функционирует. Однако в любой лаборатории

обязательно имеется в наличии отдел или секция электрических измерений, которая занимается организацией электроизмерительной службы и проведением работ по поверке электроизмерительных приборов в подведомственной зоне.

Ведомственный надзор за измерительной аппаратурой осуществляется соответствующими органами, создаваемыми на предприятиях. Такими органами являются: измерительные лаборатории, инспекции измерительных приборов, мастерские или цеха по ремонту КИПиА. На органы ведомственного надзора возложены: регламентные работы по определению технических характеристик и параметров требуемой измерительной аппаратуры, своевременному приобретению ее;

определение периодичности обязательной поверки каждого прибора и проведение этой поверки в установленные сроки;

контроль за содержанием и хранением средств измерения в надлежащих условиях, своевременной передачей их на государственную поверку в лабораторию государственного надзора и проведением ремонта приборов, вышедших из строя или признанных негодными для дальнейшей эксплуатации, с требуемым качеством и в срок.

Руководство всей работой по ведомственному надзору возлагается на начальника измерительной лаборатории, а ответственность за наличие и техническое состояние средств измерений несут руководители тех предприятий, которые ими пользуются.

Таким образом, система ППР КИПиА обеспечивает поддержание приборов в работоспособном состоянии в течение гарантированного срока их работы, а также снижение расходов по эксплуатации и ремонту при высоком качестве его.

§ 2. ВИДЫ РЕМОНТОВ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ И СРОКИ

В зависимости от объема ремонтных работ принято различать текущий, средний и капитальный ремонты.

Текущий ремонт предусматривает устранение незначительных повреждений, не связанных с разборкой подвижной части прибора (ремонт стекла, крышки и т. п.). Текущий ремонт щитовых приборов производится непосредственно на рабочем месте. Необходимость в

этом виде ремонта устанавливается в результате осмотра.

Средний ремонт требует обязательной частичной разборки подвижной части прибора, для замены поврежденных деталей (кernов, подпятников, токоподводящих пружин и др.), а также для устранения отдельных механических дефектов, препятствующих нормальной работе прибора. Этот вид ремонта может производиться как непосредственно на месте установки прибора, так и в ремонтной мастерской. Периодичность среднего ремонта для большинства показывающих электронизмерительных приборов — 6 мес.

Капитальный ремонт связан с полной разборкой подвижной части прибора, с заменой износившихся в процессе эксплуатации и восстановлением поврежденных сборочных единиц. В связи с большим объемом и значительной сложностью ремонтных работ капитальный ремонт не может проходить на месте установки прибора, а должен быть осуществлен только в ремонтной мастерской или в измерительной лаборатории. Капитальный ремонт для большинства электромеханических приборов должен проводиться не реже одного раза в год. Исключение составляют приборы специального назначения.

Как показывает практика, самым распространенным видом ремонта является средний, причем наибольшее количество неисправностей относится к kernам и подпятникам.

Если к наступлению ремонтного срока в результате осмотра или проверки выяснится, что какой-либо прибор по своему техническому состоянию не нуждается в ремонте и вполне пригоден для дальнейшей работы, то период его межремонтной эксплуатации должен быть продлен до следующего планового срока.

Как после среднего, так и после капитального ремонта прибор должен быть обязательно подвергнут проверке.

§ 3. ЗАДАЧИ И СТРУКТУРА ЦЕХА КИПА

На крупных предприятиях цех контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации в административном отношении подчиняется непосредственно главному инженеру, а на средних включается в состав отдела главного энергетика.

На цех КИПиА возложены следующие функции:
текущее обслуживание приборов и оборудования,
размещенных в цехах предприятия;

организация и проведение периодических проверок и
ремонтных работ — как плановых, так и внеплановых,
проводимых при выходе приборов из строя;

разработка инструкций по эксплуатации контрольно-
измерительных приборов и устройств автоматики, имею-
щихся в наличии на предприятии, применительно к кон-
кретным условиям их работы;

своевременная передача контрольно-измерительных
приборов на государственную поверку;

контроль за хранением и эксплуатацией приборов,
изъятие из обращения устаревших или неправильно ис-
пользуемых приборов;

разработка мероприятий по повышению надежности
и срока службы приборов;

контроль за отпуском и учетом материалов и элект-
рической энергии;

учет имеющихся на предприятии средств автома-
тизации;

выполнение монтажных работ или контроль за их
осуществлением в тех случаях, когда они проводятся
другими организациями на договорных началах;

составление заявок на новые приборы, а также на
оборудование, запасные части, инструменты и материа-
лы, необходимые для эксплуатации и ремонта средств
измерения;

организация технической учебы персонала.

Руководство цехом осуществляет начальник, замести-
телем которого является старший инженер. Начальнику
цеха непосредственно подчиняются административно-
хозяйственная группа, группа ведомственного надзора
и технический сектор. В прямом подчинении старшего
инженера находятся группа эксплуатации, ремонтные
мастерские, поверочные лаборатории.

Административно-хозяйственная группа
включает сотрудников бухгалтерии, табельщика и склад-
ских работников. На нее возложены обязанности по
учету и хранению контрольно-измерительных приборов
и средств автоматизации, находящихся на балансе пред-
приятия, и другие функции.

Группа ведомственного надзора осущест-
вляет контроль за правильностью использования персо-

налом предприятия имеющихся в его распоряжении контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации.

Технический сектор ведет всю техническую документацию по обработке и анализу результатов проводимых на предприятии измерений, выполняет необходимые расчеты и работы по изменению схем контроля, измерений и автоматизации, составляет на основе данных административно-хозяйственной группы заявки на КИПиА, оборудование, запасные части и материалы.

Поверочные лаборатории проводят поверку электроизмерительных приборов после их среднего или капитального ремонта, а также контролируют правильность их эксплуатации.

Группа эксплуатации — одно из главных подразделений цеха, которое обеспечивает нормальную работу измерительного оборудования, размещенного в различных цехах предприятия. Группа эксплуатации дежурит круглосуточно, в отличие от остального персонала цеха КИПиА, который работает только днем, в одну смену. Поэтому персонал группы эксплуатации вводится в состав другого цеха — технологического, тоже функционирующего круглосуточно. Иначе говоря, будучи административно и технически подчиненным старшему инженеру цеха КИПиА, он оперативно подчиняется начальнику смены технологического цеха, работающей в то же время. Поэтому все работы, связанные с оборудованием цеха КИПиА; персонал группы эксплуатации может проводить только с разрешения начальника смены технологического цеха.

Состав и численность смены диктуется объемом оборудования и его сложностью. На многих предприятиях смену возглавляет дежурный инженер. При большом объеме КИПиА он может иметь заместителя из числа наиболее опытных сотрудников. Оперативное обслуживание отдельных участков, рассредоточенных на значительной территории, в смене осуществляют дежурные техники по одному на каждый участок. Замену и ремонт приборов и аппаратуры производят дежурные слесари 4—6-го разрядов, численность которых определяется объемом оборудования. Работающие приборы обслуживают дежурные прибористы 2—4-го разрядов из расчета по одному человеку на каждые 200—250 однотипных приборов.

Работа группы эксплуатации регламентируется положением об эксплуатационном персонале и должностными инструкциями. В этих документах указаны права и обязанности персонала смены, правила проведения работ, квалификация специалистов и т. п.

Группа эксплуатации ведет работы не только плановые, предусмотренные графиком проверок и ремонтов, но и внеплановые, связанные с ликвидацией внезапно возникших неисправностей, а также осуществляет аварийные переключения в схемах.

Мастерские по ремонту КИПиА относятся к числу наиболее важных и ответственных подразделений цеха. Они выполняют средний и капитальный ремонт электронизмерительных приборов и средств автоматики, а также монтажные операции и работы по реконструкции и переналадке действующих схем.

Руководителем ремонтных мастерских является начальник или старший мастер. В зависимости от оснащенности предприятия средствами измерения и автоматизации формируется штатный персонал мастерской. Основное назначение мастерских — обеспечить ремонт средств измерения. Эти работы в зависимости от объема предприятия могут быть узко специализированы, т. е. созданы, например, участки по ремонту термодпар, термометров сопротивления, магазинов сопротивлений, по ремонту датчиков и сигнализаторов, по ремонту электронных приборов и т. д. Кроме того, персонал ремонтных мастерских выполняет вспомогательные работы, которые также могут быть специализированы (слесарно-механические, окраски и гальванических покрытий и т. п.).

§ 4. ПОВЕРКА ПРИБОРОВ

Под проверкой понимают совокупность операций, в результате которых устанавливается соответствие характеристик прибора техническим условиям или ГОСТу.

Характеристики приборов

Пределы основной и дополнительной допустимых погрешностей прибора. Предел основной погрешности не должен превышать класса точности. Дополнительная погрешность возникает вследствие отклонения температуры окружающего воздуха от нормальной. Допустимые

значения предела дополнительной погрешности электроизмерительных приборов регламентированы соответствующими стандартами.

Погрешность от неуравновешенности подвижной части. При отклонении показывающих приборов с растяжками, со световым указателем на 5° от рабочего положения в любом направлении эта погрешность не должна быть больше класса точности. То же относится к самопишущим приборам. У остальных же приборов такое же значение погрешности от неуравновешенности должно наблюдаться при отклонении на 10° .

Погрешность от частоты. Эта погрешность не должна превышать класса точности прибора при отклонении частоты от номинальной на $\pm 10\%$.

Вариация показаний. Для магнитоэлектрических и электродинамических приборов вариация показаний должна быть не выше класса точности, для приборов других систем, а также для самопишущих — не более двойного значения класса точности.

Невозвращение стрелки на нуль. Для магнитоэлектрических приборов оно не превышает половины класса точности, а для остальных приборов вычисляется по формуле

$$\gamma = 0,01 kl,$$

где k — численное значение класса точности; l — длина шкалы, мм.

Время успокоения подвижной части. Для приборов с растяжками и подвесом время успокоения подвижной части должно быть не более 6 с, а для остальных приборов — 4 с.

Электрическая прочность изоляции. Изоляция между токопроводящими частями и корпусом должна выдерживать в течение 1 мин синусоидальное напряжение 2 кВ промышленной частоты, действующее значение которого приведено в ГОСТ 22261 — 76 «Средства измерений электрических величин. Общие технические условия».

Периодичность и виды проверок

Проверка большинства электроизмерительных приборов проводится не реже одного раза в два года, а проверка измерительных трансформаторов — при выпуске

их из ремонта. Такие сроки позволяют выявить неисправности, которые не могут быть обнаружены при наружном осмотре прибора. К подобным неисправностям относится, например, остаточная деформация токоподводящих пружин. Она может привести к значительному увеличению погрешности прибора, которая будет неуклонно возрастать по мере его эксплуатации. Обнаружить эту погрешность без специальной поверки не удастся.

Для поверки мер и измерительных приборов Государственным комитетом стандартов, Совета Министров СССР разработаны инструкции и методические указания, в которых описана методика поверки. В соответствии с ними в Советском Союзе установлены три вида поверки измерительных приборов: государственная, ведомственная и текущая.

Государственная поверка. Этот вид поверки проходят все образцовые меры и приборы, предназначенные для поверки рабочих мер и приборов, а также некоторые рабочие приборы, по показаниям которых производятся денежные расчеты с потребителем (например, счетчики электрической энергии).

Государственная поверка может проводиться либо лабораториями Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР, либо по его разрешению местным органом ведомственного надзора, зарегистрированным в этом Комитете. Периодичность государственной поверки образцовых мер и электроизмерительных приборов — один раз в год; периодичность поверки однофазных счетчиков электрической энергии, используемых для бытовых нужд, — один раз в пять лет.

Ведомственная поверка. Ведомственной поверке подвергаются все рабочие меры и измерительные приборы, имеющиеся на предприятии. Ведомственную поверку проводят сотрудники лабораторий КИПиА, прошедшие аттестацию в Государственном комитете стандартов Совета Министров СССР и имеющие специальное разрешение на проведение поверок. При отсутствии в штате предприятия такой лаборатории ведомственная поверка проводится на договорных началах в лабораториях государственного надзора или в лабораториях КИПиА других предприятий.

Периодичность ведомственной поверки приборов определяется работниками органов ведомственного надзора с привлечением лиц, работающих с этими приборами.

В результате обследования номенклатуры и качества измерительных приборов и средств автоматизации, которыми располагает предприятие, составляется график ведомственной поверки, в котором должна быть учтена специфика прибора, его назначение, условия работы и т. д. Например, приборы, работающие в тяжелых условиях (тряска, вибрации, агрессивная среда и т. п.), проходят ведомственную поверку чаще остальных. График утверждается руководителем предприятия.

Ведомственной поверке подлежат также все без исключения приборы, отремонтированные в ремонтных мастерских цеха КИПиА, перед их включением в схему.

Текущая поверка. Текущую поверку должны проходить меры и измерительные приборы, находящиеся в работе. При этом поверяют не все их характеристики, а только некоторые, основные. Текущая поверка проводится по графику, составленному технической группой лаборатории КИПиА; в графике учитываются условия работы прибора, его назначение и длительность эксплуатации.

Поверку проводит персонал лаборатории, ответственность за соблюдение графика поверки возлагается на руководителя лаборатории.

§ 5. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Поверка каждого прибора должна быть отражена в специальном документе — протоколе поверки. Форма протокола разрабатывается технической группой лаборатории КИПиА и утверждается главным инженером предприятия. В протоколе должны быть записаны: дата проведения поверки; наименование, тип или марка прибора, его номера — заводской и инвентарный; система, класс точности, пределы измерения, а также указывается, находится ли прибор в работе или лежит на складе. Приводятся результаты поверки (показания образцового и поверяемого приборов при прямом и обратном ходе, погрешность поверяемого прибора и вариация показаний). В конце протокола должно быть сделано заключение о состоянии прибора и возможностях его дальнейшего практического использования. Протокол подписывает лицо, проводившее поверку.

Если в результате поверки выясняется, что прибор пригоден к дальнейшей эксплуатации, то он клеймится

и пломбируется. Клеймо или пломба действительны только до следующей поверки этого прибора.

Иногда взамен клейма или пломбы прибор может снабжаться специальным документом — аттестатом, который тоже служит свидетельством годности прибора и действителен на тот же срок, что и клеймо или пломба. В аттестате указываются: дата поверки, наименование прибора, пределы измерения, название завода-изготовителя, заводской номер, погрешность, а также записывается, работает ли прибор или лежит на складе. В конце аттестата делается запись о результатах поверки, где должно быть сказано, по какому классу точности прибор может быть допущен к дальнейшей работе. Аттестат подписывается начальником лаборатории КИПиА и сотрудником этой лабораторий, проводившим поверку.

Основным документом на прибор является его паспорт, составляемый заводом-изготовителем и поставляемый вместе с прибором. Форма заполнения паспорта разработана Государственной Палатой мер и измерительных приборов. Предприятие вписывает в паспорт сведения о государственной, ведомственной и текущей поверках, а также о ремонте прибора. Паспорт действителен на все время работы прибора — от его изготовления до списания.

Предприятие должно иметь график периодических поверок, составляемый ежегодно и утверждаемый органами Палаты мер и измерительных приборов. В графике должна отражаться периодичность государственной и ведомственной поверок приборов.

Первичным документом по поверке приборов является журнал протоколов, куда подшиваются протоколы всех испытаний приборов. В протоколах отражаются не только результаты поверок, но и паспортные данные, место установки и т. п.

Ход и результаты ремонта обычно фиксируются в рабочей книге мастера, куда наряду с общими сведениями о ремонтируемом приборе заносятся, например, схемы внутренних соединений прибора с указанием величин сопротивлений, противодействующего момента. В ту же книгу вносятся схемы присоединения приборов, необходимые графики, векторные диаграммы и т. п.

На крупных предприятиях ведется книга учета приборов, выпускаемых после ремонта или поверки.

Порядок в ведении технической документации имеет очень большое значение для учета работы лаборатории, для определения в случае необходимости числа ведомственных поверок, а также количества приборов, прошедших средний и капитальный ремонт.

На передовых предприятиях составляется месячный план работ, который сообщается всем работникам лаборатории. Кроме того, проводится хронометраж выполняемой работы, данные о котором заносятся в рабочие листы; в них указывается наименование операции, затраченное время, приемы ее выполнения. Эти данные изучаются, наиболее прогрессивные методы работы обобщаются и распространяются среди сотрудников лаборатории. Это приводит к значительному подъему производительности труда и повышению качества ремонтных работ.

Контрольные вопросы

1. Какие органы государственного и ведомственного надзора вы знаете? Охарактеризуйте их функции.
2. Перечислите виды ремонтов и их содержание. Укажите их периодичность.
3. Сформулируйте задачи цеха КИПиА и объясните его структуру.
4. Что такое поверка электроизмерительных приборов? Какие характеристики приборов поверяются? Какие виды поверки существуют? Кто и в какие сроки их проводит?

Глава II

ИНСТРУМЕНТ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И УСТРОЙСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

§ 6. РАБОЧЕЕ МЕСТО И ИНСТРУМЕНТ РЕМОНТНИКА

При организации ремонта особое внимание уделяется подготовке и оборудованию рабочего места слесаря-ремонтника. В крупных мастерских рабочее место мастера по ремонту приборов отделяется от рабочих мест токаря и слесаря. Оно состоит из стола-верстака с тумбами и выдвижными ящиками, в которых хранятся детали, инструменты, инструкции по ремонту и т. д. Поверхность стола тщательно полируется. Столы устанавли-

ливаются против окон, на них размещаются: настольная лампа местного освещения, розетки для ее включения, котельный трансформатор или ЛАТР для нагрева паяльников, расположенных на специальных подставках; тиски на 40—50 мм (рис. 1). Детали ремонтируемых приборов хранятся под стеклянными колпаками.

Для успешного выполнения требуемого объема работ по предремонтной разборке, ремонту и послеремонтной

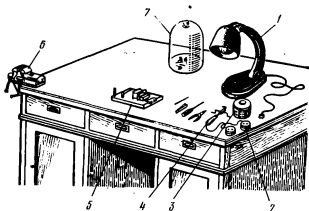


Рис. 1. Стол-верстак слесаря-ремонтника:

1 — настольная лампа, 2 — розетка для включения лампы, 3 — трансформатор, 4 — паяльник, 5 — подставки для паяльников, 6 — тиски, 7 — стеклянный колпак для хранения деталей

сборке прибора слесарь-ремонтник должен располагать необходимым минимумом слесарного инструмента.

Весь слесарный инструмент принято делить на измерительный и монтажный.

Измерительный инструмент включает в себя штангенциркуль, микрометр и стальную линейку длиной 30 см.

В обязательный перечень монтажного инструмента входят: отвертки с лезвиями различной ширины, в том числе антимагнитные, лезвия которых выполняются из фосфористой бронзы; плоскогубцы и круглогубцы двух габаритов: на 10 и 15 см; кусачки, бокорезы; молотки массой 0,4 и 1,2 кг; ножовки по дереву и по металлу с необходимым количеством ножовочных полотен; тиски ручные разной формы, а также настольные; набор ключей различной формы и назначения: торцовых, шести-

гранных, вилочных; лобзик и набор пил к нему; ножницы для резки металла и бумаги, в том числе портативные; надфили и напильники бархатные, личные и драчевые; пинцеты различной формы с различным покрытием наконечников, в том числе антимагнитные из форфористой бронзы; сверла \varnothing 0,3—1,6 мм; плашки, лерки, клуппы, набор метчиков \varnothing до 5 мм; пуансоны цифровые \varnothing 3 и

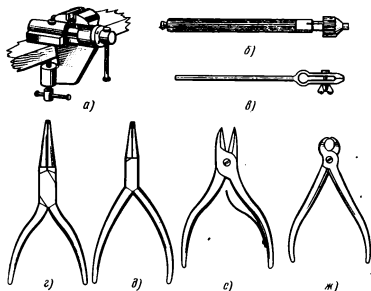


Рис. 2. Инструмент слесаря-ремонтника:

а — настольные тисочки, б, в — ручные тисочки, г — круглогубцы, д — плоскогубцы, е — бокорезы, ж — кусачки

4 мм и алфавитные с русским алфавитом; паяльники тепловые и электрические; уровень; комплект луп: наглазных с увеличением в 1,5—5 раз, складных с увеличением в 2,5—20 раз, биноклярных с увеличением в 15—45 раз; часовой инструмент, киянка, молоток, наковальня.

Основной инструмент слесаря-ремонтника показан на рис. 2—5. Для лучшей сохранности этот инструмент должен находиться в специальных фурнитурных ящичках (рис. 6) или в ящиках стола-верстака. Внутри большого ящика, в котором размещены крупные инструменты, расположен второй, в два раза меньший по площади, пред-

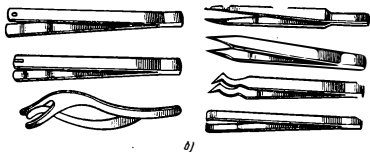
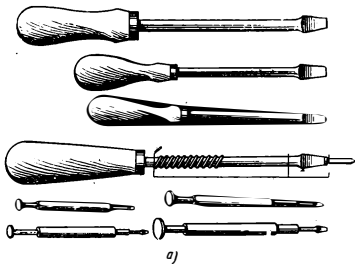


Рис. 3. Монтажный инструмент:
а — отвертки разные, б — щипцы разные

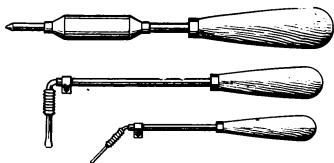


Рис. 4. Электрические паяльники

назначенный для хранения мелких инструментов и деталей. Верстак должен быть устойчиво укреплен на полу.

В комнате для электромеханических работ установлены токарный, фрезерный, токарно-винторезный, сверлильный, наждачный станки, точило, муфельные печи, термостаты, сушильный шкаф, намоточный станок, слесарный верстак. В этом помещении выполняются грубые работы.



Рис. 5. Отвертка для установки винтов в недоступных местах

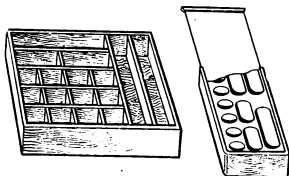


Рис. 6. Фурнитурные ящички для хранения деталей

На специальном рабочем месте — малогабаритном столе (рис. 7) устанавливается часовой станок 1 для ремонта кернов и подпятников, микроскоп 3, настольная лампа 2 и розетки для ее питания.

В мастерской находится мостовая установка (рис. 8) для замера сопротивлений. Она состоит из универсального моста 1, оборудованного в правой части стола (мост может работать и как одинарный, и как двойной); прибора 3, сопротивление которого подлежит замеру; зеркального гальванометра, источников питания и переключателей, размещенных в приставке. Штора 4 изготовля-

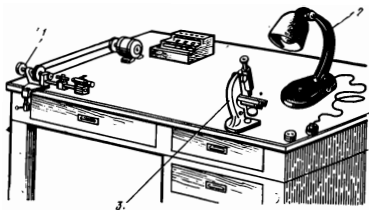


Рис. 7. Стол для ремонта кернов и подпятников:
1 — часовой станок, 2 — настольная лампа, 3 — микроскоп

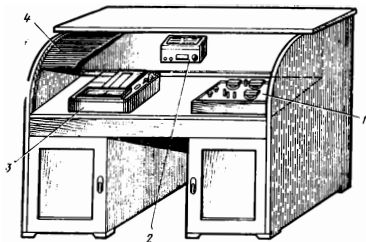


Рис. 8. Установка для замера сопротивлений:
1 — мост МТВ, 2 — гальванометр, 3 — испытуемый прибор, 4 — штора

ется из текстолита или гетинакса толщиной $0,5-0,8$ мм. Для предохранения от прогибания на нижней ее поверхности приклеиваются деревянные рейки. В том же помещении находится приспособление для намотки проводов на каркасы катушек и добавочных сопротивлений. На крупных приборостроительных заводах эта операция производится на автоматизированных или полуавтоматизи-

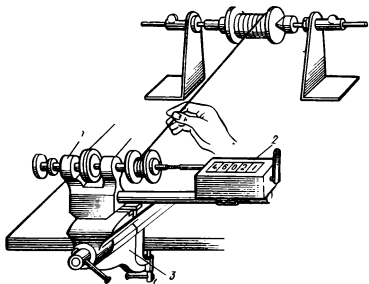


Рис. 9. Приспособление для намотки проводов:
1 — токарный станок, 2 — счетный механизм, 3 — настольные тиски

рованных станках. На мелких ремонтных предприятиях, так же как и в лабораториях, приспособление для намотки проводов можно изготовить вручную. Для этой цели, например, используют часовой токарный станок 1 (рис. 9), на станине которого установлен счетный механизм 2 (задняя бабка и суппорт предварительно снимаются). Станок закрепляется в настольных тисках 3.

§ 7. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ПРИКЛЕИВАНИЯ БУКС К РАМКЕ

Приспособление для приклеивания бокс к рамке показано на рис. 10. К стойке 1 с кареткой 8 прикреплена втулка 9, один конец ее имеет левую, а другой — правую

нарезки. Это позволяет в прорези втулки 9 укрепить две гребенки — правую 2 и левую 4, перемещение которых происходит при вращении винта 5. На гребенках крепится рамка 3 прибора. Гребенки 2 и 4 должны быть расположены строго симметрично относительно оси 7 с цапфой 6 на конце, в которой зажимают буксу. Основание буксы располагается параллельно оси рамки и смазывается

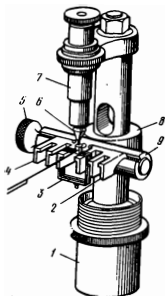
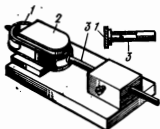


Рис. 10. Приспособление для приклеивания бук к рамке:

1 — стойка, 2, 4 — гребенки, 3 — рамка прибора, 5 — винт, 6 — цапфа, 7 — ось, 8 — каретка, 9 — втулка

Рис. 11. Простейшее приспособление для приклеивания бук к рамке:

1 — рамка, 2 — оправка, 3 — пуансон



клеем БФ-2. Рамку с приклеенной к ней буксой помещают в термостат при температуре $+60^{\circ}\text{C}$ и прогревают там в течение 15—20 мин.

Более простое приспособление для этих же целей (рис. 11) выполняется из дюралюминия. Рамку 1 располагают на оправке 2. В пуансон 3 вставляют буксу, смазанную клеем БФ-2. Этим же клеем смазывается то место рамки, к которому букса будет приклеиваться. Надавливая на пуансон, закрепляют ее винтом и прижимают буксу к рамке. В таком положении буксу с рамкой сушат в термостате. Точно так же приклеивают вторую буксу.

§ 8. УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕМОНТА РАСТЯЖЕК

Универсальное устройство для ремонта растяжек (рис. 12) работает следующим образом. Вращающаяся рама 2 фиксируется в нужном положении относительно стойки 1 с помощью шарика с пружинкой, находящегося

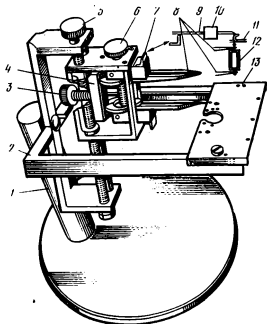


Рис. 12. Универсальное приспособление для пайки растяжек:

1 — стойка, 2 — рама, 3, 5, 6 — винты, 4 — клин, 7 — скоба, 8 — зажимы, 9 — рычаг, 10 — груз, 11 — амортизационная пружина, 12 — растяжка, 13 — плита

в стойке (на рисунке не показан). После этого вворачивается винт 3, который нажимает на клин 4, сжимая зажимы 8, захватывающие рамку прибора. Расстояние между зажимами 8 регулируется с помощью винта 6 в зависимости от конструкции прибора, а высота этих зажимов относительно рамки устанавливается винтом 5. Растяжка 12 одним концом крепится к амортизационной пружине 11, соединенной с рычагом 9, на котором подвешен груз, создающий необходимое натяжение. Затем

пинцетом подхватывают второй конец растяжки и припаивают ее к рамке. Нажимают на груз 10 и рычаг 9, после чего поворачивают раму 2 на пол-оборота и таким же образом припаивают вторую растяжку. Описанная установка пригодна для приборов любого типа.

Другое универсальное приспособление используется для натяжения и пайки растяжек в приборах с жидкост-

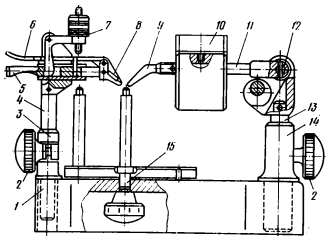


Рис. 13. Приспособление для пайки растяжек в приборах с жидкостными успокоителями:

1 — станина, 2, 15 — винты, 3, 13, 14 — стойки, 4, 11 — стержни, 5 — захватывающее устройство, 6 — рычаг, 7 — груз, 8 — губки захватывающего устройства, 9 — сменная вставка, 10 — груз, 12 — шарнир с рычагом

ными успокоителями (рис. 13). С помощью винтов 2 устанавливают правильное положение стержней 4 и 11, расположенных внутри стоек 3 и 13, которые крепятся на станине 1. На стержне 4, в верхней его части, укреплен рычаг 6 с грузом 7, перемещающий захватывающее устройство 5, губки 8 которого зажимают конец растяжки. На рычаге с шарниром 12, закрепленном в верхней части второго стержня 11, помещен груз 10. К концу рычага 12 присоединяется сменная вставка 9. Натяжение растяжек создается на 20—30% грузом 7 и на 70—80% — грузом 10.

§ 9. УСТАНОВКА ДЛЯ НАМАГНИЧИВАНИЯ И РАЗМАГНИЧИВАНИЯ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

В процессе работы электроизмерительных приборов магнитоэлектрической и индукционной систем в результате старения постоянных магнитов уменьшается их магнитная индукция, что изменяет характеристики приборов. Для ликвидации последствий старения необходимо восстановить первоначальную напряженность магнитно-

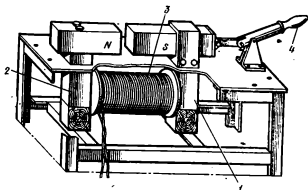


Рис. 14. Установка для намагничивания и размагничивания постоянных магнитов:

1, 2 — полюсные наконечники. 3 — катушка электромагнита,
4 — ручка

го поля постоянного магнита. Намагничивание его осуществляется электромагнитом, катушка 3 которого, питаемая постоянным током, закреплена между полюсными наконечниками 1 и 2 (рис. 14). Между северным *N* и южным *S* полюсами электромагнита вставляют намагничиваемый постоянный магнит. Зазор между полюсами электромагнита изменяется путем перемещения полюса *S* с помощью ручки 4. Величина этого зазора зависит от размеров постоянного магнита.

Электрическая схема установки для намагничивания постоянных магнитов приведена на рис. 15, а. Для питания катушки служит выпрямительный мост, собранный по двухполупериодной схеме. В каждое плечо моста включено по десять выпрямителей типа Д215А. Напряжение на катушку электромагнита подается такой величины, чтобы создать магнитное поле напряженностью

250—420 кА/м (в 5—7 раз больше напряженности поля постоянного магнита). Установка для размагничивания (рис. 15, б) устроена так же, но размагничивание осуществляется переменным током, величина которого регулируется автотрансформатором.

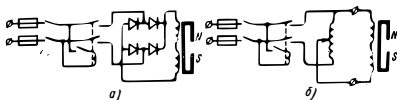


Рис. 15. Электрические схемы установки:

а — для намагничивания постоянных магнитов, б — для размагничивания постоянных магнитов

§ 10. УСТАНОВКА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕЖДУВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ

Отремонтированные и пропитанные лаком рамки проверяют на междувитковые короткие замыкания. Одна из схем, предназначенных для этой цели, — индикатор короткозамкнутых витков — изображена на рис. 16. Главной частью индикатора является нагрузочный мост, в три плеча которого включены резисторы $R1$, $R2$, $R3$ и $R4$, а

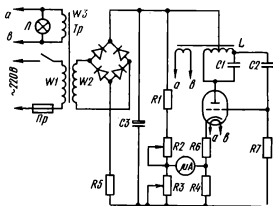


Рис. 16. Установка для обнаружения междувитковых замыканий

в четвертое — ламповый генератор. Генератор выполнен на базе электронной лампы 6Н2П, в анодную цепь которой входит резонансный контур (катушка L с ферритовым сердечником и конденсатор $C1$). В диагональ моста включен микроамперметр μA магнитоэлектрической системы. От сети напряжением 220 В через первичную $\omega 1$

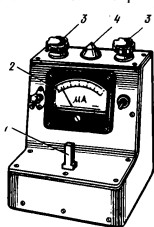


Рис. 17. Внешний вид установки для обнаружения коротких замыканий:

1 — сердечник, 2 — микроамперметр, 3 — регуляторы, 4 — сигнальная лампа

и вторичную $\omega 2$ обмотки трансформатора Tr и двухполупериодный выпрямительный мост, собранный на выпрямителях Д7Ж, подается питание на электродную лампу. Цепь накала и лампа L (сигнальная) получают питание от третьей обмотки $\omega 3$ того же трансформатора Tr . Значения сопротивлений резисторов $R1-R4$ выбирают такими, чтобы мост находился в равновесии. Об этом можно судить по нулевому показанию микроамперметра.

Испытуемая катушка надевается на тот же ферритовый сердечник, что и катушка L . При отсутствии в ней короткозамкнутых витков ток в схеме не изменится, так как катушка разомкнута. Стрелка микроам-

перметра будет по-прежнему находиться на нулевой отметке шкалы. Если же в испытуемой катушке какое-то количество витков окажется замкнутым накоротко, то изменится сопротивление колебательного контура $LC1$ и ток в лампе 6Н2П. По этой причине нагрузочный мост разбалансируется и в цепи микроамперметра появится ток.

Схема смонтирована внутри корпуса индикатора, общий вид которого представлен на рис. 17. На наружной панели размещаются только ферритовый сердечник 1 для испытуемой катушки, микроамперметр 2, регуляторы 3 величины сопротивлений резисторов $R2$ и $R3$ и сигнальная лампа 4.

Описанная установка нашла широкое применение при испытаниях не только рамок измерительных приборов, но и любых катушек сравнительно небольшой мощности.

Для испытаний же мощных катушек и обмоток трансформаторов применяется другой индикатор, полупроводниковый, имеющий сложную схему.

Контрольные вопросы

1. Как устроено рабочее место ремонтника?
2. Опишите слесарный инструмент.
3. Какие станки используются для электромеханических работ?
4. Какие существуют приспособления для приклеивания букв к рамке?
5. Как производится ремонт растяжек?
6. Для чего и как производится намагничивание и размагничивание постоянных магнитов?
7. Как обнаруживаются междувитковые замыкания?

Глава III

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

§ 11. НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Неисправности электроизмерительных приборов возникают в результате различных причин. Например, при длительной эксплуатации тупятся, крошатся или заминаются концы кернов, ломаются концы осей, ослабевают натяг крепежных болтов, происходит окисление металлических частей приборов. Перегрузки приводят к нарушению изоляции обмоток, к обрывам обмоточного провода, к коротким замыканиям между витками катушек и добавочных сопротивлений, к обгоранию контактов, к повреждению стрелки и другим электрическим и механическим неисправностям. В условиях систематических вибраций и частых включений изнашиваются подпятники и оси. Длительное хранение приборов на складе вызывает ржавление осей, что приводит к затиранию в опорах при перемещении стрелки по шкале. При плохом уплотнении корпусов внутрь прибора попадают частички грязи и пыли. Оседая в кратере подпятника, они создают дополнительное трение и вызывают быстрый износ керна и камня. Воздействие агрессивной среды — газов, окисляющих и разъедающих жидкостей — вызывает

ржавление осей, а также повреждение изоляции обмоток.

Таким образом, ремонт большинства электронизмерительных приборов сводится к устранению механических неисправностей, связанных с повреждениями осей, кернов и подпятников.

Определение неисправностей в приборах ведется в следующем порядке. Не снимая крышки или кожуха, осматривают прибор. Медленно поворачивают головку винта корректора на полный угол и наблюдают за перемещением стрелки по шкале. Несвободное ее перемещение (затираание) указывает на наличие трения. Наклоняя прибор в разные стороны, проверяют уравновешенность подвижной части. В уравновешенном приборе стрелка не будет смещаться с нулевой отметки. Затем снимают крышку прибора и проверяют характер вращения подвижной части, для чего дуют на стрелку, перемещая ее по всей шкале. Включают прибор в схему и изменяют ток от нуля до максимума и обратно, следя за движением стрелки. Невозвращение ее на нулевую отметку шкалы свидетельствует об ослаблении упругих свойств токоподводящих пружин или растяжек. При своем движении стрелка не должна цепляться за ворсинки шкалы, а подвижная часть — задевать за стенки успокоителя. При легком постукивании по прибору стрелка не должна менять своего положения. Ее смещение свидетельствует о повышенном трении в опорах.

Производят градуировку прибора, определяя совпадение его показаний с показаниями образцового прибора. Одновременно проверяют постоянство показаний прибора. Если стрелка испытуемого прибора смещается со своего положения, а стрелка образцового прибора стоит на месте, то это свидетельствует о плохом контакте в цепи испытуемого прибора. В большинстве случаев эта неисправность наблюдается в местах припайки концов рамки к пружинодержателю.

§ 12. РЕМОНТ КЕРНОВ

Величина трения керна о подпятник является важной эксплуатационной характеристикой прибора.

Трение в опорах электронизмерительных приборов может повыситься по ряду причин: из-за неудовлетворительной полировки поверхностей керна и подпятника,

вследствие увеличения радиуса заточки керна или уменьшения радиуса сферы подпятника. При повышенном трении стрелка прибора останавливается, немного не доходя до положения равновесия, т. е. прибор дает заниженные показания. Повышенное трение керна о подпятник приводит к разрушению их поверхностей и, как следствие этого, к укорачиванию срока службы прибора. Поэтому операции, связанные с ремонтом кернов, относятся к числу наиболее ответственных.

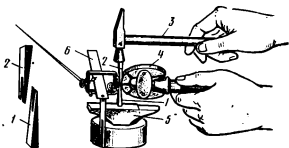


Рис. 18. Извлечение керна вручную:
1, 2 — клинья, 3 — часовой молоток, 4 — ручные тисочки,
5 — основание, 6 — перекладина

Если kern запрессован глубоко и вытащить его плоскогубцами невозможно, то приходится подрезать буксу торцевой фрезой. Однако во многих случаях удастся извлечь kern достаточно свободно. Это можно сделать, например, вручную, как показано на рис. 18. В маленьких ручных тисочках 4 зажимают конец керна, выступающий из буксы. При этом между губками тисочков и буксой должен оставаться зазор в полмиллиметра. В этот зазор по обе стороны керна вставляют два конусных клина. Нижний клин 1 опирают на прочное основание 5, а по верхнему клину 2 несильно ударяют часовым молоточком 3. При этом клинья 2 и 1 заходят друг за друга и сдвигают kern. В результате он выходит из буксы, которая вместе с рамкой повисает на перекладине 6.

Эту же операцию можно выполнить и на часовом станке (рис. 19), установленном на специальном малогабаритном столе. В цангу станка вставляют свободный конец керна. Слегка оттягивая рукой рамку от цанги и поворачивая шпиндель станка то в одну, то в другую сторону, извлекают kern из буксы.

При диаметрах кернов до 0,05 мм описанные выше способы неприменимы, так как очень велика вероятность поломки кернов. Поэтому керны столь малых диа-

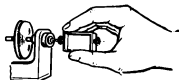


Рис. 19. Часовой станок для извлечения керна

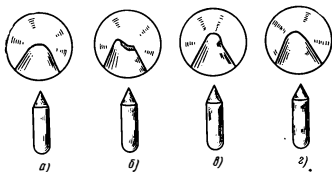


Рис. 20. Виды повреждения конца керна под микроскопом:
а — затупленный, б — сломанный, в — смятый, г — боковой износ

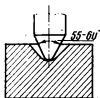


Рис. 21. Заточка керна

метров приходится выбивать из бусы специальной выколоткой, причем предварительно бусу нужно откленть от рамки.

После извлечения кернов их осматривают под микроскопом и определяют характер повреждения (рис. 20). Затем, если это возможно, приступают к заточке и шлифовке керна. Концы его затачивают на конус с углом $55-60^\circ$ и закругляют (рис. 21). Радиус закругления у кернов колеблется от 15—100 мкм для приборов высокой чувствительности до 60—150 мкм для остальных приборов.

Керн затачивают с помощью брусков из абразивных камней — сначала более грубого (черновая заточка), а затем — мелкозернистого (окончательная обработка).

Качество заточки керна проверяют с помощью бинокулярной лупы или микроскопа. Для достижения высокого класса обработки и повышения производительности труда заточку и округление кернов рекомендуется производить на специальных приспособлениях, которые просты

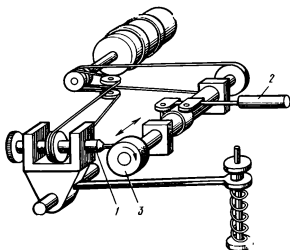


Рис. 22. Приспособление для обработки конуса керна:

1 — цанга, 2 — рукоятка, 3 — полировочный круг

и могут быть самостоятельно изготовлены в условиях мастерской. Одно из них — приспособление для заточки конусов кернов — показано на рис. 22. КERN, зажатый в цанге 1, расположен так, что его образующая совпадает с касательной к полировочному кругу 3. Повышение качества заточки достигается путем совместного вращения керна и круга. Возвратно-поступательное движение круга обеспечивается рукояткой 2.

КERN скругляют с помощью специального приспособления (рис. 23). Оси керна 1 и полировочного круга 3 сначала располагают перпендикулярно друг другу, а в процессе обработки KERN постепенно поворачивается с помощью рукоятки 4. Другая рукоятка 2 позволяет сближать полировочный круг с керном или удалять их один от другого.

После обработки радиуса закругления производят шлифовку и полировку поверхности керна. Для этих

операций применяют те же установки, что и для скругления керна, но для шлифовки вместо кругов из абразивных материалов можно использовать шлифовальные круги из яшмы, а для полировки нужно применять круг, представляющий собой набор шайб из технического фетра, кожи, прессшпана, дерева, на поверхность которых наносится полировочная паста.

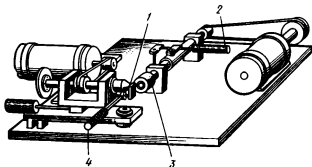


Рис. 23. Приспособление для скругления керна:
1 — керн, 2, 4 — рукоятки, 3 — полировочный круг

Отполированный керн промывают сначала керосином, затем авиационным бензином, кладут на фильтровальную бумагу и сушат на открытом воздухе.

При сильном разрушении керна ремонт его становится нецелесообразным. В этом случае приходится изготавливать новые керны. Материалом для них служит сталь-серебрянка или кобальто-вольфрамовая, поставляемая в виде прутков $\varnothing 0,5$ или $0,75$ мм и длиной 1 м. Конец прутка на часовом токарном станочке запиливают на конус и от него отрезают заготовку нужной длины. Конус обрабатывают сначала бархатным напильником, а потом — стальной гладилкой.

После этого производят закалку кернов, для чего партию заготовок в количестве 1500—2000 шт. загружают в муфельную печь и присыпают смесью размельченного древесного угля и двууглекислой соды, взятых в соотношении 8:1. Эта смесь предохраняет керны от окисления. Закалка осуществляется при 800°C в течение 10 мин. После этого керны быстро высыпают в ванночку,

заполненную подсолнечным, льняным или веретенным маслом, откуда их вынимают магнитом, размагничивают в переменном магнитном поле, очищают от окалины наждачной бумагой, протирают хлопчатобумажной тряпочкой и промывают в авиационном бензине.

Следующей операцией при изготовлении кернов является их обкатка, т. е. получение требуемого радиуса закругления. Обкатку производят в барабанах, выложенных изнутри свинцом. В каждый из таких барабанов загружаются 1,5—2 тыс. кернов. Барабаны устанавливают на шпиндель станка под углом 30° к его оси и в течение 2—2,5 сут вращают с частотой вращения 30—40 об/мин. Каждый из барабанов на $\frac{2}{3}$ заполняется свинцовой дробью $\varnothing 1—2$ мм и на $\frac{1}{3}$ — жидкостью для обкатки, представляющей собой раствор окиси хрома в керосине. Соответствие радиуса закругления нормальной величине и качество полировки проверяют под микроскопом.

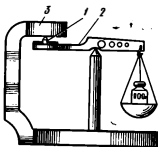


Рис. 24. Приспособление для проверки керна на твердость:

1 — керн, 2 — рычаг, 3 — камень

После изготовления керн в течение 30 с проверяют на твердость (рис. 24). Керн 1, укрепленный на одном конце рычага 2, опирается острым концом на камень 3, выполненный из агата или сапфира. На другом конце рычага подвешивают чашечку с грузом массой 900 г. Твердость керна определяют по диаметру площадки смятия, который зависит от радиуса закругления керна и не должен быть больше допустимого значения, приведенного в табл. 1.

Таблица 1. Допустимые значения диаметра площадки смятия

Радиус закругления, мм	Диаметр площадки смятия, мм	Радиус закругления, мм	Диаметр площадки смятия, мм
15	40	40	49
20	43	45	50
25	45	50	51
30	47	55	52
35	48		

§ 13. РЕМОНТ И УСТАНОВКА ПОДПЯТНИКОВ

Подпятники для электронизмерительных приборов выпускают двух типов: с коническим и с цилиндрическим углублениями. У подпятников первого типа рабочая поверхность выполнена в форме конуса с закругленной вершиной (рис. 25, а), у подпятников второго типа — в виде сферического сегмента (рис. 25, б).

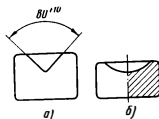


Рис. 25. Подпятники:
а — конический, б — сферический

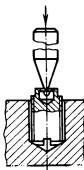


Рис. 26. Удаление подпятника из оправы

Основными неисправностями подпятника являются загрязненность и ржавчина в углублении, а также трещины и шероховатости.

Частицы грязи или ржавчины можно увидеть в лупу. Их легко очищают деревянной палочкой, обернутой в папиросную бумагу, смоченную в спирте. После очистки углубление нужно продуть.

Трещины и шероховатости могут появиться главным образом вследствие чрезмерных механических воздействий. Этот дефект можно легко обнаружить с помощью остро заточенной стальной иглы. При наличии в углублении трещин или шероховатостей игла задевает за них, двигаясь по углублению. Однако такой метод не очень хорош, так как из-за большой твердости подпятника игла тупится, крошится, оставляя в углублении частички металла, которые довольно быстро ржавеют и еще больше разрушают подпятник. Поэтому для обнаружения шероховатостей и трещин лучше использовать биноклярную лупу или микроскоп.

Неисправные подпятники должны быть удалены из оправы, куда они вставляются для уменьшения механических воздействий (рис. 26), и заменены новыми. Для удаления подпятника нужно высверлить в прямоугольной металлической пластине отверстие длиной 5—6 мм и диаметром, равным наружному диаметру оправы. В отверстие вставляют оправу. Постукивая часовым молотком по кернеру, вставленному в углубление, выбивают из него подпятник. Затем оправу зажимают в цангу часового станка, вставляют в нее исправный подпятник и завальцовывают его пуансоном. Убедившись в том, что подпятник сидит в оправе плотно и без перекоса, очищают поверхность оправы и углубление подпятника палочкой, смоченной в спирте.

При ремонте подпятников особое внимание должно быть обращено на чистоту рабочего места. Стол, на котором производится ремонт подпятников, следует покрыть белой бумагой, поверх которой кладут стекло. Прикасаться руками к промытым и смазанным подпятникам нельзя; для этой цели надо пользоваться пинцетом.

§ 14. РЕМОНТ СПИРАЛЬНЫХ ПРУЖИН, РАСТЯЖЕК И ПОДВЕСОВ

Ремонт спиральных пружин

Даже при правильной эксплуатации, а тем более при механических или электрических перегрузках электроизмерительных приборов пружины теряют свои упругие свойства. Эту неисправность легко обнаружить визуально: в приборах с таким дефектом стрелки после длительного включения не возвращаются на нулевую отметку.

При незначительной деформации пружину удастся легко выправить, для чего ее нужно отпаять, положить на чистый белый лист бумаги и расправить с помощью двух пинцетов. В большинстве же случаев пружины приходится заменять исправными, причем новая пружина должна иметь тот же момент и наружный диаметр, что и старая, иначе прибор после ремонта будет давать неправильные показания.

Момент пружины может быть определен следующим способом. Прибор устанавливают так, чтобы стрелка,

стоящая на нулевой отметке шкалы, расположилась вертикально (рис. 27). Затем на некотором расстоянии l от оси на стрелку навешивают гирьки массой m , причем либо увеличением массы груза, либо изменением расстояния l (плеча) добиваются того, чтобы стрелка заняла горизонтальное положение. Для большей точности определения момента пружины нужно выбрать возможно большее плечо l , одновременно уменьшая массу груза m .

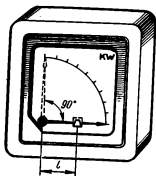


Рис. 27. Определение момента пружины

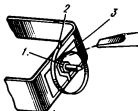


Рис. 28. Приспособление для пайки пружины:
1 — пружиодержатель. 2 — пружина. 3 — пластина

Величину противодействующего момента M (Н·м) можно в этом случае подсчитать по следующей простой формуле:

$$M = 9,81 \, ml \cdot 10^{-8},$$

где m — масса груза, мг; l — плечо (расстояние от оси), см.

Противодействующий момент пружины всегда определяют при ее закручивании на угол 90° . Поэтому в приборах, шкала которых меньше 90° , в том числе и в приборах с нулем посередине, полученное по этой формуле значение момента нужно привести к углу 90° :

$$M_{90} = M \cdot \frac{90}{\alpha},$$

здесь M_{90} — противодействующий момент пружины при ее закручивании на 90° , Н·м; M — то же, для испытываемой пружины.

мого прибора $H \cdot m$; α — угол отклонения стрелки по всей шкале испытуемого прибора, град.

Этот способ определения противодействующего момента нашел широкое применение из-за своей простоты: здесь требуется только набор гирек (разновесок) массой 0,5—100 мг.

Рассчитав по этим формулам необходимое значение противодействующего момента, подбирают нужную пружину (а они всегда высылаются ремонтному предприятию в пакетиках, на которых указаны момент и диаметр каждой из них) и припаивают ее на место старой.

Пайка пружины производится в следующем порядке. Внутренний конец пружины зачищают, для чего его зажимают между концами пинцета на расстоянии не более 5 мм от края. Другой пинцет с наклеенной на его концы крокусной шкуркой передвигают от первого пинцета к краю пружины. Зачищенный конец протирают ватным тампоном, смоченным в растворе канифоли, прогревают и облуживают паяльником. Пружину припаивают к неподвижному пружинодержателю с помощью специального приспособления (рис. 28). Пружинодержатель 1 вставляют в паз пластины 3. Между этой пластиной и основанием приспособления имеется зазор, величина которого равна толщине пружинодержателя, что обеспечивает его вполне надежное зацепление. Отогнутый конец пружины располагают над пластиной 3 так, чтобы он выступал на 0,1—0,2 мм от конца пружины 2. Внутренний конец пружины либо загибают с помощью пинцета так, как это показано на рис. 28 (для пружин, выполненных из оловянистой бронзы), а затем пружину кладут на пружинодержатель или припаивают внахлест к пружинодержателю (если пружина изготовлена из бериллиевой бронзы), предварительно подвергая протравливанию. Протравливание заключается в следующем: промывка в спирте-ректификате, кипячение в 20%-ном водном растворе щавелевой кислоты в продолжение 6—9 мин, повторная промывка сначала в водопроводной, а затем в дистиллированной воде.

Пайку пружин производят мягким припоем ПОС-40 с применением флюса, в качестве которого используют либо раствор канифоли в спирте, либо лак ЛТИ-2. Остаток флюса на месте спая удаляют растворителем РДВ или спиртом. Если поверхность пружины не подвергалась окислению, то допускается ее припайка и без флю-

са, но в этом случае конец пружинодержателя следует обязательно залудить.

При пайке пружин наиболее удобен малогабаритный паяльник с регулируемым подогревом.

Описанный способ общепризнан, как чрезвычайно производительный.

После пайки пружину центрируют, т. е. располагают так, чтобы ось вращения подвижной части находилась в центре пружины. Для этого ее внутренний конец необходимо немного подогнуть.

В такой же последовательности припаивают наружный конец пружины. Но предварительно нужно корректор поставить в нейтральное положение, а стрелку прибора перевести на нулевую отметку.

В электроизмерительных приборах магнитоэлектрической, электродинамической и ферродинамической систем, имеющих по две токоподводящих пружины, в первую очередь следует припаивать ту, которая не связана с корректором.

Ремонт растяжек и подвесов

Пайка растяжек и подвесов относится к числу самых трудных и ответственных операций. Эта трудность обусловлена тем, что толщина растяжки или подвеса не превосходит всего лишь тысячных долей миллиметра, а вся площадь пайки не превышает $0,8 \times 1 \text{ мм}^2$. Естественно, что работа с такими миниатюрными деталями требует сугубой осторожности. Их нельзя брать руками, так как они могут окислиться; для этой цели можно рекомендовать специальный пинцет с костяными наконечниками закругленной формы.

Перед пайкой конец растяжки зачищают шабером или лезвием безопасной бритвы и облуживают припоем ПОСВ (канифоль и флюс ЛТИ) при температуре паяльника $260\text{—}280^\circ\text{C}$. Ось растяжки должна обязательно совпадать с осью симметрии прибора. Какие бы то ни было отклонения от этого положения недопустимы. Поэтому пайка растяжек ведется не вручную, а на приспособлении, показанном на рис. 29.

Рамку 3 устанавливают так, чтобы ее концы 4 легли точно в угловую канавку 1. На определенном расстоянии от рамки располагают наконечники 6, закрепленные прижимами 2, удерживающими рамку в нужном положении.

Растяжку 7 пропускают сквозь отверстие наконечника 6, затем через другое отверстие, просверленное в боковой части второго наконечника, протягивают снизу к противоположной стороне рамки и там пропускают через другой такой же наконечник. После этого концы растяжки крепят в пружинных зажимах 5, смонтированных на шарнирах и немного натягивающих растяжку собственной массой.

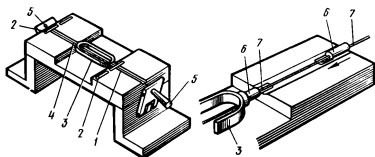


Рис. 29. Приспособление для пайки растяжек:
1 — канавка, 2 — прижимы, 3 — рамка, 4 — концы рамки, 5 — зажимы,
6 — наконечники, 7 — растяжка

Пайку производят мягкими припоями ПОС-90 или ПК. Температура нагрева паяльника должна быть на 60—70°С выше температуры плавления припоя. В противном случае не удастся обеспечить хорошего прогрева детали, к которой припаявается растяжка. Места спаев хорошо промывают спиртом-ректификатом или эфиром и смачивают флюсом. Припой при пайке должен доходить точно до конца паяльника. По окончании пайки остатки флюса удаляют с места спая, для чего их промывают спиртом или растворителем РДВ. После этого лишние куски растяжек отрезают. Места спайки и всю растяжку следует внимательно рассмотреть через лупу с тройным или более увеличением и убедиться в том, что растяжка не отожджена, что на ней нет цветов побежалости и что она припаяна без перекоса.

Процесс крепления растяжки значительно упрощается при применении ролика и клина (рис. 30). Букса 5 из дюралюминия, латунный ролик 2 и алюминиевый клин 1 вместе с токоподводом 3 крепятся к оси прибора или к

рамкодержателю. В средней части буквы прорезают очень тонкий шлиц. К токоподводу припаивают один конец растяжки. Другой ее конец огинает ролик и припаивается к амортизационной пружине. Клин вставляют в шлиц, прижимая растяжку к ролику. Так как клин выполняется

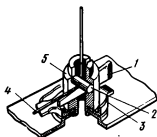


Рис. 30. Крепление растяжки с помощью ролика и клина:

1 — алюминиевый клин, 2 — латунный ролик, 3 — токоподвод, 4 — растяжка, 5 — буква

из материала, значительно более мягкого, чем ролик и растяжка, то последняя прочно вдавливается в клин так, чтобы ее середина на участке от центра ролика до амортизационной пружины совпадала с осью буквы. Такой способ обеспечивает прочное крепление растяжки к буксе: место пайки оказывается достаточно удаленным от рабочего участка растяжки. Этим и обусловлено облегчение процесса пайки.

Пайка подвесов производится точно так же, как пайка растяжек.

§ 15. ПЕРЕМОТКА РАМОК И ПАЙКА ТОКОПОДВОДОВ

В приборах магнитоэлектрической, электродинамической и ферродинамической систем одной из самых ответственных деталей является рамка. Она должна быть легкой, жесткой, негигроскопичной, иметь строго определенное сопротивление и число витков. Несоблюдение хотя бы одного из этих требований приведет к искажению показателей прибора.

Технология перемотки рамок зависит от их устройства. Каркасные рамки прежде всего освобождают от букс и разматывают с каркаса. При этом обязательно нужно измерить диаметр намоточного провода и подсчитать число витков рамки. Если размотать рамку по какой-либо причине окажется невозможным, то следует разрезать ее поперек витков и подсчитать число слоев n и число витков в одном слое w_1 . Зная эти две величины, можно определить число витков рамки: $w = w_1 n$.

Каркас, оставшийся без обмотки, насаживают на оправку прямоугольной формы, выполненную из дерева и совпадающую по размерам с габаритами рамки. Оправку вместе с каркасом заправляют на валу ручного намоточного станка (рис. 31), для чего в оправке просверливают отверстие. Вращая станок, аккуратно, ровными рядами наматывают новую рамку так, чтобы ее сопротивление и число витков были такими же, как и у старой. Каждый намотанный ряд смазывают бакелитовым лаком или клеем БФ-2 или БФ-4.

После намотки проверяют, нет ли обрыва витков внутри рамки. Если рамка исправна, то ее окунают в спиртовой раствор клея БФ-2 или БФ-4, после чего сушат при комнатной температуре в течение 16 ч.

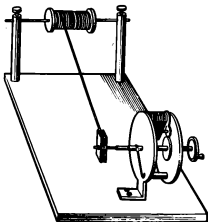


Рис. 31. Станок для намотки каркасных рамок

Бескаркасные рамки наматывают с помощью шаблона (рис. 32), основание которого 5 разрезано на четыре части и снабжено сквозными шпильками. Эти шпильки 4 входят в пазы 2 левой и правой пластин 1 и зажимаются болтом с гайкой, продетым в отверстие 3. Рамку наматывают на основание 5 на ручном намоточном станке. При этом через каждые 2—3 слоя обмотку пропитывают лаком. После проверки на отсутствие обрыва витков рамку покрывают бакелитовым лаком и сушат вместе с шаблоном в течение 18 ч при комнатной температуре, а затем на такое же время помещают в термостат с температурой 120°С. После охлаждения шаблон разбирают и снимают с него рамку. Чтобы при этом не повредить ее, перед намоткой шаблон изнутри оклеивают фольгой, покрытой с обеих сторон тонким слоем парафина. Сняв рамку с шаблона, ее вновь пропитывают бакелитовым лаком, снова сушат 8 ч при комнатной температуре и 4 ч в термостате при 120°С.

После намотки рамку припаивают к токоподводам, в качестве которых используют либо тот же провод, каким намотана рамка, либо другой того же сечения. Трудность пайки состоит в том, что, во-первых, токоподвод в процессе пайки не удастся закрепить в определенном положении, и во-вторых, что оплавленный припой, растекаясь, может попасть на токоподвод и значительно сместить его, поэтому нужно прочно закрепить измерительный механизм в горизонтальном положении.

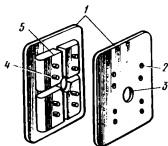


Рис. 32. Шаблон для намотки бескаркасных рамок:
1 — пластины, 2 — пазы пластин, 3 — отверстие, 4 — шпильки, 5 — основание

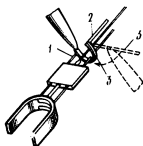


Рис. 33. Пайка токоподводов:
1, 2 — держатели, 3 — токоподвод

Процесс пайки медных и бронзовых токоподводов показан на рис. 33. Держатели 1 и 2 тщательно облуживают в тех местах, к которым будет припаиваться токоподвод, и смачивают флюсом. Затем один конец токоподвода 3 подводят к держателю 2 (на рис. 33 это показано пунктиром), укладывают при помощи пинцета и удерживают в этом положении до тех пор, пока припой не затвердеет.

Второй конец токоподвода тем же пинцетом подводят к другому держателю 1 и поддерживают в течение всего процесса пайки в таком положении, которое показано на рис. 33 сплошными линиями. Рукой, держащей пинцет, следует облокотиться на подручник, иначе есть опасность сдвинуть токоподвод в процессе пайки.

Такой способ хорош при пайке медных и бронзовых токоподводов, так как к ним можно свободно прикасаться паяльником, не рискуя расплавить их.

При пайке золотых и серебряных токоподводов, которые в электронизмерительных приборах имеют очень ма-

лую толщину — не более 0,002 мм и поэтому легко могут быть повреждены обычным пинцетом, приходится пользоваться специальным пинцетом, который обладает относительно невысокой упругостью и имеет хорошо отполированные поверхности, плотно прилегающие одна к другой. Держатели таких токоподводов перед пайкой обязательно облуживают, места пайки обильно смачивают флюсом и с помощью пинцета укладывают токоподвод, который быстро приклеивается. Паяльник при пайке таких токоподводов следует прикладывать к токоподводу и держать его до тех пор, пока припой не расплавится, иначе может расплавиться токоподвод.

Не следует набирать много припоя, так как он, стекая с паяльника, может сдвинуть токоподвод. Если все же это случилось, то исправить положение можно, разогрев держатель до температуры, при которой припой размягчается, а затем с помощью тонкой металлической иглы вернуть токоподвод на прежнее место. После этого паяльник нужно отвести от держателя и убрать иглу от токоподвода.

§ 16. УРАВНОВЕШИВАНИЕ ПОДВИЖНОЙ ЧАСТИ

На шкале всякого электронизмерительного прибора указывается среди прочих данных и его рабочее положение, т. е. положение равновесия, при котором центр тяжести прибора лежит на прямой, соединяющей концы кернов и растяжек. Когда прибор не уравновешен, в нем всегда появляется дополнительная погрешность от неуравновешенности.

В соответствии с ГОСТ 22261 — 78 изменение показаний в процентах при отклонении приборов со световым указателем на 5° и приборов со стрелочным указателем на 10° в обе стороны от рабочего положения не должно превышать класса точности. Для приборов специального назначения те же требования должны быть выполнены при отклонении прибора на 45° .

Если погрешность превышает допустимую, то производится уравновешивание прибора в следующем порядке.

Прибор, с которого предварительно снимают крышку, ставят в рабочее положение и с помощью корректора переводят стрелку на нулевую отметку шкалы. Поворачивают прибор на бок. При этом один из грузиков принимает горизонтальное положение и не создает вращающе-

го момента. Проследив за направлением отклонения стрелки, передвигают второй грузик. Если стрелка при этом перемещается к упору, то грузик нужно придвигать к стрелке, а при движении стрелки вперед по шкале — отодвигать от стрелки. Грузик двигают до тех пор, пока стрелка не вернется на нулевую отметку шкалы. Ставят прибор на другой бок и повторяют ту же операцию для первого грузика, который еще не передвигался.

Эти операции приходится повторять до тех пор, пока стрелка не перестанет уходить от нулевой отметки шкалы при отклонении прибора от его рабочего положения.

Грузики перемещают специальным ключом или портативным паяльником, хорошо прогретым и очищенным от припоя или олова. Паяльник прикладывают к грузику и держат так до расплавления шеллака. После этого грузик передвигают в нужном направлении. Сильно нажимать паяльником на грузик не рекомендуется, так как при этом можно повредить керны и подпятники. После уравнивания грузики вновь закрепляют на стержне каплей шеллачного клея, а затем прогревают до полного его высыхания.

Чрезмерная доза шеллачного клея может значительно утяжелить подвижную часть и тем самым вновь вывести прибор из состояния равновесия.

Приборы, не имеющие устройств для создания механического противодействующего момента (логометры), уравниваются под током, а приборы с безнулевой шкалой — при таком значении тока, при котором стрелка устанавливается на средней отметке шкалы.

Если рабочее положение прибора не указано, то его уравниваемость проверяют при двух положениях: вертикальном и горизонтальном.

§ 17. РЕМОНТ СРЕЛОК

Стрелки в электроизмерительных приборах делают или из дюралюминия, или из стеклянных трубок. При больших перегрузках электрическим током стрелка с силой ударяется об упор и гнется или ломается.

Погнутые стрелки выправляют рукой или с помощью пинцета.

Сломанную стрелку, выполненную из стеклянной трубки, соединяют дюралюминиевым стержнем в форме цилиндра длиной 1 см, диаметр которого равен внутренне-

му диаметру стрелки. Стержень вставляют в обе части сломанной стрелки, по 0,5 см в каждую. Обе части стрелки должны иметь равные поверхности и плотно прилегать друг к другу.

У стрелок с ножевидными концами последние нередко отламываются. В этих случаях изготовляют новый ножевидный конец, для чего берут кусок алюминиевой проволоки, имеющей диаметр, равный внутреннему диаметру стрелки, и расплющивают его до толщины 0,1 мм в тисках между двумя пластинами со штырями (рис. 34).

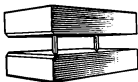


Рис. 34. Приспособление для изготовления ножевидного конца стрелки

При отсутствии проволоки нужного диаметра можно взять более толстую проволоку и протянуть ее через волоочильную доску, уменьшив диаметр проволоки до нужного значения.

При изготовлении ножевидного конца необходимо следить, чтобы он переходил в стержень плавно. В противном случае нож будет отламываться даже при малых перегрузках. Верхнее ребро ножа после изготовления окрашивают в тот же цвет, в какой была окрашена старая стрелка.

Копьевидные стрелки из дюралюминия не ремонтируют, а заменяют новыми.

§ 18. РЕМОНТ КОРПУСОВ

Ремонтные операции по восстановлению корпусов сводятся в основном к устранению коррозии у металлических корпусов, ликвидации царапин, отверстий, ненадежных уплотнений, шпатлевке и окраске. При капитальном ремонте исправляют поломки корпусов, заделывают трещины, сколы, изломы в них. Осколки корпуса приклеивают к металлической заплате, которую ставят на заклепку на внутренней поверхности корпуса; трещины и сколы заклеивают стиропластом или стиракрилом. Могут быть также с успехом использованы материалы, применяемые в медицине: норакрил, протакрил, эракрил.

При восстановлении корпусов часто вызывают затруднения такие операции, как их заливка, склейка и покрытие. К их выполнению привлекают наиболее квалифици-

рованный персонал. Прочность соединения отдельных частей корпуса обеспечивается качеством связующего материала: гипса, алебаstra, цемента, смолы, замазки и клея.

Из всех видов замазки наиболее подходящей признана универсальная, содержащая 68% свинцовых белил, по 13% скипидара и свинцового сурика, 6% древесной золы. В этот состав добавляют олифу до требуемой густоты. Можно также применять кислото-щелочеупорную замазку, представляющую собой смесь 40% асбестовой муки, 40% жидкого стекла и 20% сернокислого бария.

Состав клеев также весьма разнообразен. Так, клей БФ-2 или БФ-4 дает высокую прочность соединений и предохраняет склеенные поверхности от коррозии, бензина, воды, масла. Могут быть использованы также фенольный, бакелитовый, карбамидный, казенновый и карбоцильный клеи.

Иногда при ремонте корпусов приходится склеивать достаточно тонкие пластмассовые пластины встык. Прочность такого соединения невелика. Для ее увеличения детали целесообразно не только склеить встык, но и на их обратную сторону наклеить такую же пластмассовую пластину.

В случаях, когда в пластмассовых корпусах оказывается сорванной резьба в местах крепления деталей, следует нарезать новую резьбу ближайшего большего по стандарту сечения.

После ремонта пластмассовые корпуса очищают металлическими щетками от ржавчины и грязи, шпаклюют и окрашивают. Для шпаклевки применяют специальный состав АШ-30 (нитрошпаклевка). Прошпаклеванную деталь сушат в течение 2—3 ч при 120—130° С. Высушенную поверхность обрабатывают наждачной бумагой. В таком виде корпус считается готовым к окраске. Окраску приборов производят либо кисточкой, либо пульверизатором. Для окраски применяют масляную эмаль марки 2085, нитролак или нитроэмаль марок ДМ-955 или МВ-6. При пользовании кисточкой поверхность корпуса получается блестящей, а при окраске с помощью пульверизатора — матовой.

На показания прибора иногда могут влиять электрические заряды, скопившиеся на поверхности корпуса и создающие на деталях, расположенных внутри прибора,

заряды противоположного знака. Для защиты от них корпус с внутренней стороны рекомендуется оклеить стальной фольгой.

§ 19. СКЛЕИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Путем склеивания можно соединять как металлические, так и неметаллические детали в каких угодно сочетаниях. При этом материал деталей и требования, которые предъявляются к их соединению, определяют выбор клея. Так, для склеивания деталей из органического стекла на фенольной основе применяют дихлорэтан или уксусную кислоту, а для остальных деталей — лаки на бакелитовой и казеиновой основе. Для склеивания оптических деталей употребляют бальзам, изготовленный из смолы сибирской пихты, поливинилхлоридные детали соединяют между собой или с металлическими деталями поливинилхлоридным клеем. Однако во всех перечисленных случаях могут быть с успехом применены клеи БФ-2 или БФ-4, выполненные на основе эпоксидных смол. Этими клеями склеивают детали в строгой последовательности.

Сначала их тщательно очищают наждачной шкуркой от пыли, грязи, различных примесей, от окислов и жира, промывают в растворителе и хорошо высушивают. Затем на склеиваемые поверхности наносят тонкий слой клея и детали выдерживают до «отлипа». После этого их помещают на 15 мин в термостат, где они нагреваются до 55—60°С, вынимают оттуда и охлаждают до комнатной температуры. Высушенные детали опять покрывают слоем клея, высушивают до «отлипа» и зажимают в специальном приспособлении, которое обеспечивает постоянное давление по всей склеиваемой поверхности. Детали вместе с этим приспособлением погружают в термостат и выдерживают в нем в течение 1,5—2 ч при температуре, постепенно повышающейся от 90 до 140°С. Нагретые детали вынимают из термостата, охлаждают на открытом воздухе и после остывания снимают с зажимного приспособления.

Преимуществом клеев БФ является высокая прочность соединения на разрыв (порядка 200—600 кН/м²), которая сохраняется в очень широком диапазоне температур: —60 — +120°С. Недостатком же этих клеев является необходимость длительного нахождения склеиваемых

мых деталей в зажимном приспособлении, так как в противном случае объем клея при его затвердевании уменьшается.

Нужда в таком приспособлении отпадает при использовании другого клея, выполненного тоже на эпоксидной основе и составленного из эпоксидной смолы и малеинового ангидрида, взятых в отношении 10:3, которые плавят в разных сосудах при одной и той же температуре (60°С), сливают вместе и хорошо перемешивают. Приготовленный клей должен быть использован не позднее чем в течение часа. Склеенные детали сушат в продолжение 6 ч при 100—110°С. Следует помнить, что этот клей обладает отравляющим действием, поэтому готовить его и сушить покрытые им детали нужно в вытяжном шкафу и следить за тем, чтобы он не попадал на кожу рук.

При склеивании резины с другими материалами широко применяют резиновый клей № 88, не растворяющийся в воде. Склеиваемые поверхности зачищают и 2 раза промывают бензином, после чего сушат 3—5 мин. Затем эти детали покрывают тонким слоем клея и опять просушивают 3—4 мин, наносят на них второй слой клея, просушивают склеенные поверхности до «отлипа», крепко зажимают в зажимном приспособлении и выдерживают в таком состоянии в течение суток при комнатной температуре.

- § 20. УСТАНОВКА СТЕКОЛ

Разбитые или треснувшие стекла удаляют и заменяют новыми. Для удаления стекла корпус помещают в термостат на 10—20 мин и прогревают там при 100—130°С. После этого замазка, скрепляющая стекло, становится мягкой и легко счищается. Если не окажется термостата, то прогреть стекло можно нагретым паяльником, проводя его по шву замазки, не задевая корпуса. После этого замазку нужно быстро счистить отверткой и вынуть стекло. Оставшиеся небольшие кусочки стекла можно выбить часовым молоточком и отверткой снять остаток замазки. Затем бортик для стекла следует протереть бензином.

Для изготовления нового стекла используют только стеклянные листы первого сорта. Чтобы придать им блеск, их протирают тряпочкой и мелом. Стеклянный лист кладут на ровную поверхность и алмазом выреза-

ют заготовку нужной конфигурации. Для стекол сложной формы применяют шаблоны. После вырезки заготовки на кромках стекла делаются фаски с помощью наждачного круга. Затем стекло следует прокипятить в масле или воде для того, чтобы снять механические напряжения. Если этого не сделать, то стекло может треснуть.

Остывшее после кипячения стекло устанавливают на место. Замаску протягивают через тонкие фильеры и вытягивают ее в тонкий шнур \varnothing 2 мм. Этот шнур укладывают на стекло по всей его кромке, нагревают в термостате или под инфракрасной лампой до тех пор, пока замазка не станет мягкой, плотно прижимают стекло к краям отверстия в корпусе. После этого корпус охлаждают до комнатной температуры, наносят поверх замазки слой эпоксидного клея и сушат в течение суток. Затем счищают остатки замазки и протирают корпус насухо сухой тряпочкой.

В некоторых электронизмерительных приборах корректор располагается на стекле. Для его установки приходится сверлить отверстие в поверхности стекла. Это можно делать с помощью медной трубочки, имеющей на конце насечку. Внутрь трубочки насыпают карборундовый порошок, смоченный вазелином или водой. Трубочку вставляют в патрон обычного сверлильного станка. Для отверстия диаметром 1—3 мм вместо трубочки следует применять алмазные сверла.

§ 21. РЕМОНТ КАТУШЕК, ШУНТОВ И ДОБАВОЧНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Обрывы витков в катушках приборов, шунтов и добавочных сопротивлений и короткие замыкания между витками — самые распространенные причины выхода электронизмерительных приборов из строя.

Ремонт этих деталей производится одинаково.

При намотке новой катушки должны быть сохранены прежние ее параметры: сопротивление, индуктивность, число слоев, число витков в слое, жесткость и др. Но на практике обычно бывает трудно получить после намотки абсолютно точные значения всех этих параметров, поэтому, как правило, задаются каким-нибудь одним, основным параметром, определяемым назначением прибора, а остальные могут иметь приближенное значение по сравнению со старой катушкой.

При ремонте электронизмерительных приборов приходится заменять как проводниковые материалы (обмоточные провода), так и изоляционные (каркасы, междувитковую и межслойную изоляцию и т. д.).

Обмотки электронизмерительных приборов чаще всего делают медными — из мягкой (отожженной) или твердой (неотожженной) меди, реже — алюминиевыми, а катушки шунтов, добавочных сопротивлений и реостатов выполняют из сплавов с высоким сопротивлением, обычно из манганина.

Для изоляции намоточных изделий применяют в основном лакоткани, представляющие собой хлопчатобумажные ткани, пропитанные изоляционными лаками или компаундами. Лакоткани разрезают на узкие ленты либо вдоль волокон, либо по диагонали. Последний тип лент, как более гибкий и эластичный, используют для изоляции деталей, имеющих неправильную форму или неровную поверхность. Ленты первого типа применяют в качестве междувитковой изоляции.

Для вспомогательных работ рекомендуются хлопчатобумажные нитки № 10, 20, 30, 40.

Монтажные провода и концы обмоточных проводов изолируют линоксиновыми трубками. Линоксиновые трубки изготавливаются из хлопчатобумажной ткани (в некоторых случаях — из шелковой ткани, пропитанной эластичным лаком). Они невосприимчивы к действию бензина, минеральных масел, влаги.

Способ ремонта обмотки зависит от того, какой именно вид повреждения в ней обнаружен. Отпаяв концы обмотки и измерив ее сопротивление, можно зафиксировать наличие в ней обрыва или междувиткового замыкания.

При обрыве обмотка заменяется новой, выполненной проводом той же марки и сечения. Это делается с помощью часового токарного станка 1 (рис. 35), описанного в § 6. Станок приводится во вращение от электродвигателя 2. Катушка 4, с которой сматывается провод, укрепляется в подставке 3 между двумя неподвижными конусами. Чтобы катушка свободно вращалась, в конусах закреплены шарикоподшипники. Другая катушка 7, на которую наматывается провод, располагается на валу станка 1. Провод от катушки 4 к катушке 7 пропускается через систему роликов 5, с которыми соединены счетчик оборотов 6 и приспособление для отсчета длины провода.

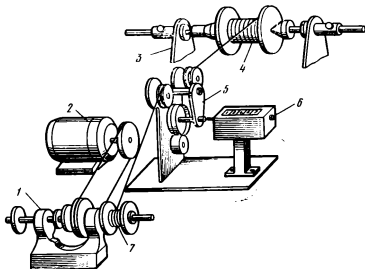


Рис. 35. Припособление для намотки катушки:

1 — часовой токарный станок, 2 — электродвигатель, 3 — подставка, 4, 7 — катушки, 5 — ролик, 6 — счетчик оборотов

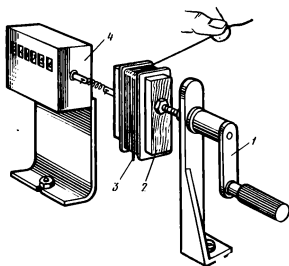


Рис. 36. Ручной станок для намотки катушки:

1 — рукоятка, 2 — приспособление для закрепления катушки, 3 — наматываемая катушка, 4 — счетчик оборотов

Можно использовать и ручной станок (рис. 36), приводимый в действие рукояткой 1. На одном валу размещены: наматываемая катушка 3, закрепленная в специальном приспособлении 2, и счетчик оборотов 4. Катушка, с которой провод сматывается, устанавливается точно так же, как и в предыдущем случае.

При коротком замыкании катушка разматывается до тех пор, пока не обнажится поврежденный участок. Неисправность ликвидируют, заизолировав этот участок, после чего провод вновь наматывают на прежний каркас.

Во всех случаях для намотки используют намоточные станки. В процессе намотки каждый слой пропитывают бакелитовым лаком или диметилацетиленовым лаком.

Бакелитовый лак — это раствор бакелитовой смолы в спирте. Процентное содержание смолы в этом растворе зависит от диаметра провода: для проводов $\varnothing 0,02—0,08$ мм оно не должно превышать 6%, для $\varnothing 0,08—0,15$ мм — 15%, для $\varnothing 0,16—0,25$ мм — 25%. Бакелитовый лак нагревают в специальных камерах-бакелизаторах до $150—170^{\circ}\text{C}$ при давлении, в 2—3 раза превышающем атмосферное. При этих условиях он становится нерастворимым, влагостойким и прочным.

Диметилацетиленовый лак приобретает эти свойства при температурах, гораздо более низких — всего $18—20^{\circ}$.

Намотанную катушку сушат в термостате в течение примерно 80 мин при $60—80^{\circ}\text{C}$, а затем охлаждают до $40—50^{\circ}\text{C}$ и погружают в лак, выдерживая там ее до тех пор, пока не прекратится выделение пузырьков воздуха на поверхности лака. Затем катушку вынимают, дают стечь с нее излишку лака (обычно на это уходит приблизительно $15—20$ мин), наплывы лака снимают кисточкой. После этого катушку оставляют сохнуть в помещении при комнатной температуре на 5—6 ч, а затем окончательно просушивают в термостате при $130—140^{\circ}\text{C}$ в течение 8 ч.

§ 22. УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ

Переключатели пределов измерений многопредельных электронизмерительных приборов могут оказаться загрязненными, окисленными, на них может появиться нагар. Это вызывает значительное увеличение переходного сопротивления контактов переключателя, изменение

характеристик прибора и, как следствие этого, погрешность измерения.

Для снятия грязи и нагара контакты переключателя промывают бензином, а затем протирают фланелевой или замшевой тряпочкой. Применять для этих целей вату не рекомендуется, так как она оставляет ворсинки на поверхностях контактов.

Слой окиси иногда легко удаляется после многократного прокручивания переключателя. Если же в результате этой операции добиться цели не удастся, то слой окиси можно снять мелкой наждачной шкуркой, не оставляющей на поверхности контактов рисок и царапин. После этого следует промыть контакты, тщательно очистить и снова промыть поверхности их соприкосновения. Слабый нажим щеток переключателя также приводит к увеличению переходного сопротивления. Для устранения этой неисправности следует немного подтянуть регулировочные винты щеткодержателя, чтобы с помощью щеток уменьшить переходное сопротивление.

§ 23. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Оптическая система электроизмерительных приборов (гальванометров, электростатических вольтметров, осциллографов и т. д.) включает в себя линзу-конденсор, диафрагму и объектив, сквозь которые от источника света луч попадает на подвижное и неподвижное зеркала. Сломавшиеся или треснувшие детали оптического устройства подлежат замене. Для этой цели ремонтное предприятие должно иметь в своем распоряжении комплект запасных оптических деталей к каждому такому прибору и в первую очередь набор зеркал, укрепленных на растяжках.

Специфической и в то же время наиболее трудной и ответственной операцией при ремонте оптических деталей электроизмерительных приборов является крепление зеркала на растяжке или подвесе. Наклеивая зеркало, необходимо следить за тем, чтобы его плоскость была параллельна широкой стороне рамки. Отклонение от этого положения всего на $5-10^\circ$ С может привести к существенной несимметрии шкалы, когда при перемене полярности постоянного тока при одной и той же его величине отклонение светового луча на шкале будет различным.

§ 24. РЕМОНТ СЧЕТНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Ремонт счетных механизмов, которые являются одной из основных частей счетчиков электрической энергии переменного тока, сводится к тщательной промывке и чистке отдельных деталей. Для приготовления промывочной жидкости 270 г шавелевой кислоты растворяют в 10 л воды, выливают туда 0,4 л жидкого туалетного мыла, добавляют малыми дозами соду в количестве 300 г, размешивают полученный состав и снимают накипь. После этого в раствор вливают 1 л денатурата и охлаждают эту смесь до комнатной температуры. В охлажденный раствор добавляют еще 400 г жидкого мыла, 5 л аммиака, 17,5 л воды, в последний раз его перемешивают и фильтруют через марлю.

Счетный механизм либо промывают в этом растворе или в ультразвуковой установке, либо прокручивают через гибкий валик, один конец которого соединяют с каким-нибудь вращающимся механизмом, а другой через резиновый шкив — с шестернями счетного механизма. Эта операция должна продолжаться не менее 1 мин. После этого все детали счетного механизма промывают в горячей воде и сушат в термостате (время промывки — 2 мин).

Разборка счетных механизмов производится только при поломках зубцов шестерен или других механических неисправностях. Снимаемые детали очищают при помощи кисточек, сломанные шестерни заменяют новыми. Все необходимые пары шестерен ремонтное предприятие должно получить от завода-изготовителя в качестве запасных частей.

§ 25. РЕМОНТ ЧАСОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Часовые механизмы являются составной частью самопишущих приборов. От исправности часовых механизмов зависит нормальная работа приборов. Основным фактором, нарушающим нормальную работу часового механизма, является трение. Для уменьшения трения часовые механизмы при ремонте приборов следует тщательно промывать и очищать.

Детали часового механизма после очистки той же промывочной жидкостью, что и счетные механизмы, а также бензином Б-70 опускают в масло МБП-12. Излишки масла с поверхности часового механизма снима-

ют, для чего протирают его папиросной бумагой, оставив на смазанных поверхностях лишь тончайшую пленку масла. Обработанный таким образом механизм устанавливают в прибор.

Разборка часовых механизмов, как и счетных, производится только в случае поломки какой-нибудь его детали. Каждую деталь разобранного механизма промывают бензином и смазывают маслом МБП-12. Неисправные детали заменяют новыми. Шестерни часового механизма можно в условиях мастерской изготовить на часовом фрезерном станке.

§ 26. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШКАЛ

Процесс ремонта шкал делится на два этапа: подготовку шкалы и нанесение на нее знаков. Подготовка шкалы состоит из нескольких операций.

Подготовка шкалы

Старую шкалу снимают с подшкальника. Проведение этой операции зависит от клея, каким была прикреплена старая шкала. Марку клея можно определить по внешнему виду старой шкалы. Так, если она была приклеена казеиновым клеем, то на ней должны быть заметны небольшие вздутия; у шкал, приклеенных крахмальным клеем, отчетливо заметны следы плесени, особенно на торцовых поверхностях. В обоих случаях старые шкалы отмачивают в холодной воде, так как в ней легко растворяются и казеиновый, и крахмальный клен.

Шеллачный клей хорошо виден с торцов шкалы. Шкалу, приклеенную этим клеем, вместе с подшкальником прогревают на электрической плитке до 80—100°С. При такой температуре шеллак плавится и шкала свободно отстает от подшкальника.

Шкала может быть приклеена к подшкальнику также жидким стеклом. Отрывая ее, можно заметить белую стеклянную пыль. Такие шкалы соскребаются с подшкальника ножом.

После снятия старой шкалы подшкальник следует очистить от клея, а затем на его поверхность нужно нанести шабером царапины (по 5—7 царапин на каждый квадратный сантиметр поверхности). Это делается для

того, чтобы лучше закрепить в дальнейшем новую шкалу. Далее поверхность подшкальника обезжиривают и промывают водой. Для обезжиривания применяют раствор едкого кали или едкого натра в воде.

Вырезав из бумаги заготовку для новой шкалы, имеющую форму подшкальника и немного большие размеры, наносят на нее и на подшкальник слой клея.

При использовании казеинового или шеллачного клея заготовку и подшкальник нужно просушить до тех пор, пока поверхность подшкальника не станет липкой. После этого на него наклеивают заготовку, разглаживают ее через лист белой бумаги и, проложив с обеих сторон такой же бумагой, помещают под пресс на 3—4 ч. Даже после этого на шкале могут обнаружиться незначительные вздутия. В этом случае ее надо прогладить горячим утюгом.

При применении нитроклея весь процесс наклейки шкалы протекает так же, но заготовку наклеивают на подшкальник сразу, без предварительной просушки.

Следующей операцией является опиловка шкалы, которую производят напильником; его нужно держать под углом примерно в 60—70° к кромке подшкальника. Сильно надавливать на напильник не следует, так как при этом вместе с бумагой может опиливаться и подшкальник. У зеркальных шкал предварительно лезвием безопасной бритвы прорезают отверстия на месте прорези для зеркала, а затем эти отверстия опиливают круглым надфилем. Тем же надфилем прокалывают отверстия для крепления шкалы. После того как надфиль заклинит в отверстии, его несколько раз проворачивают для того, чтобы отверстие тоже пропилилось.

Если после опиловки на шкале обнаружатся ворсинки, то ее следует обжечь над пламенем спиртовки, быстро перемещая наклеенную шкалу, чтобы не сжечь бумагу.

Нанесение на шкалу знаков

После обжига над пламенем шкалу можно считать подготовленной к нанесению знаков. Если число подготавливаемых шкал невелико, то знаки наносят вручную, черной тушью с помощью рейсфедера. При большом числе шкал применяют машинный способ их вычерчивания (рис. 37). На столе 4 устанавливают вычерчиваемую шкалу, нулевую отметку которой подводят под рейсфе-

дер 2. С помощью рукоятки 1 рейсфедер опускают на шкалу и проводят на ней первую полосу, длину которой регулируют диском 3. Затем поворачивают стол 4 так, чтобы под рейсфедером 2 оказалась конечная отметка шкалы, и точно так же наносят ее. Расстояние между этими отметками делят на нужное количество равных или неравных частей. Для этой цели нажимают на рычаг

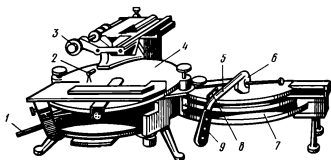


Рис. 37. Машина для вычерчивания шкал:

1, 6, 9 — рукоятки, 2 — рейсфедер, 3 — диск, 4 — стол, 5 — рычаг, 7 — дуга, 8 — фиксатор

чаг 5 с фиксатором 8, который входит в отверстия на дуге 7. При нажатии на этот рычаг рукояткой 6 на шкалу наносят промежуточные отметки на нужном (равном или неравном) расстоянии друг от друга, т. е. вычерчивается равномерная или неравномерная шкала. Коэффициент неравномерности регулируется с помощью рукоятки 9.

Если на столе машины установить копир, то ее можно использовать для вычерчивания шкал без предварительной градуировки. В этом случае следует поворачивать стол так, чтобы отметки копира по очереди попадали под острие рейсфедера.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте основные неисправности электронизмерительных приборов. От чего они возникают?
2. В чем состоит ремонт кернов и как он производится?
3. Какова последовательность ремонта подпятников?

4. Как определяется противодействующий момент пружины? Как производится пайка пружин, подвесов и растяжек?

5. Каким образом перематываются каркасные и бескаркасные рамки? В чем особенности и трудности их приайки к токоподводам?

6. Как производится ремонт стрелок, корпусов, переключателей пределов измерения и изготовление шкал?

7. Опишите особенности и последовательность ремонта намоточных изделий.

8. В чем состоит специфика ремонта счетных и часовых механизмов?

Глава IV

СБОРКА И РЕГУЛИРОВКА ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

§ 27. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РАЗБОРКЕ И СБОРКЕ ПРИБОРОВ

Операции по предремонтной разборке и послеремонтной сборке электронизмерительных приборов различных систем являются общими. В то же время одни и те же ремонтные операции должны выполняться специалистами различной квалификации в зависимости от вида прибора. Так, ремонт щитовых приборов классов 1—4 может выполняться слесарями 4—5-го разрядов, а ремонт переносных приборов, логометров и гальванометров — электромеханиками 6-го разряда или даже специалистами со среднетехническим образованием. Естественно, что тем же лицам приходится производить разборку прибора перед его ремонтом и сборку после ремонта.

Эти операции должны проводиться тщательно и аккуратно. Небрежная разборка может привести к повреждениям деталей, в результате чего к уже имеющимся неисправностям прибавятся новые. Поэтому до разборки следует наметить порядок ее проведения.

Как указывалось в § 1, полная разборка электромеханического прибора производится только при его капитальном ремонте, связанном с перемоткой катушек и сопротивлений, изготовлением новых и заменой разрушенных деталей. При среднем ремонте проводят, как правило, частичную разборку прибора. При таком ремонте не предусматривается, в частности, замена шкалы, за исключением сильно загрязненных и потускневших шкал.

§ 28. ТОЧНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ СБОРКИ

Точность работы электроизмерительных приборов в значительной степени определяется точностью сборки, т. е. точностью взаимного расположения отдельных деталей.

Как известно, всякая деталь может перемещаться в пространстве по шести направлениям: двигаться параллельно трем координатным осям и вращаться вокруг каждой из них. Поэтому,

для того чтобы установить нужное положение данной детали, достаточно расположить ее определенным образом относительно осей X , Y , Z прямоугольной системы координат. Рассмотрим, как

это делается на примере операции по приклеиванию полуосей к рамке магнитоэлектрического прибора. В этом случае в качестве осей координат

могут быть использованы либо стенки рамки, либо ось OY можно перенести параллельно самой себе и провести ее посередине стороны рамки, совмещенной с осью OX , из точки, в которой полуось приклеивается к рамке. В первом случае (рис. 38, а) обязательно скажется некоторое несоответствие между фактическим и номинальным размерами рамки и полуось сместится в сторону оси рамки на расстояние, равное половине разности между этими размерами. Во втором случае (рис. 38, б) полуось всегда будет находиться в строго определенном месте, а именно: посередине стороны, расположенной вдоль оси OX . Таким образом, точность сборки электроизмерительных приборов зависит не только от точности восстановления параметров каждой детали, но и точности ее установки в прибор.

Каждая из последующих устанавливаемых в прибор деталей должна быть зафиксирована таким же образом, причем это положение не может быть нарушено в процессе дальнейшей сборки и эксплуатации прибора. Между тем следует иметь в виду, что многие детали обладают

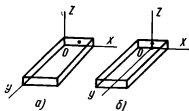


Рис. 38. Установка рамки при наклеивке полуосей.

а — в качестве полуосей использованы стенки рамки, б — ось OY расположена посередине оси рамки (точками обозначены места наклейки)

столь незначительной жесткостью, что могут деформироваться при креплении и установке. В результате нарушается точность взаимного расположения отдельных деталей, а значит и точность сборки прибора в целом. Поэтому сборку нужно производить в строго определенной последовательности, а чтобы не нарушить взаимного расположения уже собранных деталей, целесообразно применять различного рода уплотнители, прокладки, лак, краску, которые закрепляют деталь.

Точность сборки электроизмерительных приборов может быть обеспечена одним из следующих методов: полной взаимозаменяемости, неполной или частичной взаимозаменяемости, групповой взаимозаменяемости, пригонки или изготовления по месту и, наконец, регулировки.

Метод полной взаимозаменяемости заключается в том, что взаимное расположение деталей обеспечивается только точностью их ремонта. Этот метод хорошо пригоден тогда, когда все детали, используемые при сборке, восстановлены с высокой точностью и имеют такую форму, которая позволяет им свободно, без предварительной подгонки, сопрягаться с другими деталями. Метод полной взаимозаменяемости способствует значительному сокращению сборочных работ, уменьшению их трудоемкости, упрощению технологических операций, повышению качества сборки, а главное — на каждую операцию затрачивается постоянное время, что создает благоприятные предпосылки для внедрения прогрессивных методов сборки и облегчает изготовление запасных частей для ремонта электроизмерительных приборов.

При методе неполной (частичной) взаимозаменяемости, который называют также методом подбора или методом селекционной сборки, взаимозаменяемыми являются не все детали. Некоторые из них, взаимозаменяемость которых по техническим или экономическим соображениям нецелесообразна, приходится подбирать. При этом методе сборки обращают внимание не столько на точность соединения отдельных деталей, сколько на точность их основных физических параметров. Так, например, при замене спиральных пружин исходят, как указывалось выше, главным образом из величины их противодействующего момента. Достоинством этого метода является сокращение затрат на производство некоторых

деталей, а недостатком — возрастание объема работ и, как следствие этого, рост издержек производства.

Метод групповой взаимозаменяемости заключается в том, что перед началом сборки соединяемые детали сортируют по группам в зависимости от отклонения их действительных размеров от номинальных. Внутри каждой из таких групп детали собирают по принципу полной взаимозаменяемости. Размеры деталей, объединенных в группу, лишь незначительно должны отличаться от номинальных. Это позволяет при сравнительно невысокой точности изготовления отдельных деталей получить достаточно высокую точность сборки, что является несомненным достоинством этого метода. Так, путем подбора кернов и подпятников по величине радиуса закругления можно установить между ними такой зазор, при котором не происходит затирания этих деталей. Однако подобная сортировка деталей требует значительного увеличения номенклатуры контрольно-измерительных приборов и усложняет оперативный учет производства.

При методе подгонки или изготовления по месту размеры каждой детали должны соответствовать размерам всех остальных деталей, входящих в сборочную единицу. Применение этого метода значительно удлиняет и усложняет процесс сборки, так как после соединения всех деталей нужно проверить отклонение фактических размеров от заданных. Если это отклонение недопустимо велико, то операцию подгонки следует повторить, разобрав полностью все соединения, изменив размеры деталей и вновь произведя сборку. Эту операцию следует повторять до тех пор, пока не будут достигнуты фактические размеры. Так поступают, например, при подгонке катушек или шунтов до нужного сопротивления. Естественно, что выполнить эту операцию с наименьшими затратами труда могут только высококвалифицированные рабочие, поэтому указанный метод нашел очень ограниченное применение.

Метод регулировки, напротив, получил широкое распространение. Точность сборки при этом методе достигается регулировкой расположения какой-нибудь одной детали относительно всех остальных. Этот метод позволяет достигнуть высокой точности сборки при относительно небольших затратах времени на изготовление и

ремонт детали и незначительном увеличении объема сборочных работ.

Из сказанного следует, что для обеспечения точности сборки целесообразно применять метод полной или групповой взаимозаменяемости, а для обеспечения точности параметров прибора — метод регулировки.

§ 29. РАЗБОРКА И СБОРКА МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Разборка магнитоэлектрических приборов

При разборке магнитоэлектрических приборов необходимо соблюдать последовательность операций. После снятия крышки или кожуха прибор очищают изнутри от пыли и грязи. Затем определяют противодействующий момент пружин, как это было описано в § 15, и отвинчивают шкалу. После этого вычерчивают схему электрических соединений прибора, отсоединяют токоподводящие провода, отвинчивают и вынимают магнитную систему. Затем от пружинодержателя отпаивают спиральные пружины и из междупольсного пространства извлекают рамку с сердечником. При этом нужно пометить верхний и нижний концы его.

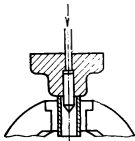


Рис. 39. Удаление керна пуансоном

После удаления рамки проверяют под микроскопом качество кернов. Если они неисправны, их нужно вынуть из букс. Эта операция производится на часовом токарном станке, во втулку которого зажимается kern, и рамка несколько раз проворачивается в ту и в другую стороны до тех пор, пока kern не сдвинется с места. Тогда, слегка потянув за kern, можно вынуть его. Если kern запрессован очень плотно и вынуть его таким способом не удастся, приходится выбивать его пуансоном. В этом случае нужно отпаять концы рамки, прогреть буксу паяльником так, чтобы от нее остался след на рамке (это облегчит ее установку на прежнее место при сборке прибора), и откленть буксу. Затем в ней нужно осторожно просверлить отверстие, диаметр которого немного меньше диаметра керна. Отверстие сверлится

вдоль оси последнего, пока сверло не коснется его. После этого букса устанавливается на специальной втулке и керн выбивается пуансоном, как это показано на рис. 39.

Для хранения деталей разобранного прибора существуют определенные правила. Так, рамку со стрелкой, спиральные пружинки, магнитную систему следует хранить под стеклянным колпаком, предохраняющим их от случайных повреждений, пыли и влаги; винты, гайки и другие мелкие детали держат в фурнитурном ящике сложенными в отдельные коробочки, на которых пишут номер прибора. В том же ящике хранят керны и подпятники, причем каждый из них обертывают бумагой, на которой тоже указывается номер прибора, а также делается пометка «верхний» или «нижний».

Сборка магнитоэлектрических приборов

Сборка приборов тоже производится по определенным правилам. Так, для сборки магнитоэлектрических приборов с подвижной частью на кернах и подпятниках комплектуют прежде всего подвижную часть, которая включает в себя: обмотку, намотанную на каркас, керны с буксами, токоподводящие пружины и стрелку. При сборке подвижной части должна быть обеспечена тщательная зачистка концов обмоточного провода, а также надежная пайка выводов рамки и пружин. Керны с буксами помещают строго в центре рамки; центровку и наклейку букс производят не вручную, а на приспособлении, описанном в § 8. Пружину и стрелку с грузиками располагают параллельно торцевой стороне рамки.

При необходимости очищают обойму и магнитопровод от частичек грязи. Для этой цели их помещают в специальную виброустановку, промывают авиационным бензином и сушат при комнатной температуре в течение 15 мин.

Углубление в обойме покрывают клеем БФ-4, БФ-6 или шеллаком, после чего сушат сначала при комнатной температуре в продолжение получаса, а затем — в термостате при 120°С в течение такого же времени.

Выводные концы рамки, противовесы, пружины, растяжки и монтажные провода соединяют пайкой, используя припой ПОС-90 и канифольный флюс. При этом пай-

ка растяжек ведется в приспособлении, описанном в § 9, обеспечивающем их должный натяг и строго определенное положение — в центре стрелкодержателя.

Стрелку закрепляют в стрелкодержателе клеем БФ-2. Тот же клей используется при креплении букв.

Собранную подвижную часть надевают на сердечник симметрично оси последнего и закрепляют в таком положении с помощью клиньев, вставляемых между рамкой и сердечником.

Пружины подбирают однородные по размерам и создаваемому ими противодействующему моменту. В специальном приспособлении добиваются определенного сжатия пружин или натяга растяжек.

После этого контролируют чистоту обоймы. Обнаруженные ворсинки сжигают на спиртовке. Места пайки промывают спиртом. Устанавливают стрелку на нулевую отметку и проверяют работу корректора.

Подвижную часть устанавливают в обойму, предварительно проверив под микроскопом чистоту кернов и подпятников. При необходимости керны очищают папиросной бумагой, а подпятники — палочкой, смоченной в спирте. Радиусы закругления кернов и подпятников, качество обработки их поверхностей тоже определяют при помощи микроскопа. Вставляют керны в подпятники, оставив между ними зазор, обеспечивающий свободное вращение подвижной части.

Обойму с подвижной частью размещают между полюсами магнита, обеспечив равномерный зазор между ними. Зазор должен быть чистым; имеющиеся ворсинки, а также ферромагнитные частицы могут быть удалены из него с помощью латунной пластинки.

Перед установкой собранного измерительного механизма на цоколь проверяют все величины, от которых зависят показания магнитоэлектрического прибора: равномерность воздушного зазора, величину магнитной индукции постоянного магнита, число витков рамки, значение противодействующего момента. При необходимости производятся соответствующие регулировки.

Состояние воздушного зазора контролируют под микроскопом с 50-кратным увеличением.

Противодействующий момент проверяют по величине тока, потребляемого измерительным механизмом. При токе, меньшем номинального, следует заменить или подрезать одну из токоподводящих пружин, при большом

токе — несколько размагнитить постоянный магнит. Эту операцию проводят на установке для намагничивания и размагничивания, описанной в § 10. Одновременно с проверкой тока измерительного механизма устанавливают факт отсутствия трения стрелки о шкалу, для чего плавно изменяют ток в рамке.

Сборку магнитоэлектрических приборов на растяжках выполняют следующим образом.

Запрессовывают в буксу специальный штифт; буксу развальцовывают на стрелкодержателе и крепят к рамке. Растяжки продевают под штифт буксы, и концы припаивают к ней на стрелкодержателе.

Подвижную часть вставляют в обойму, через отверстия которой продевают свободные концы растяжек и припаивают их к амортизационным пружинам. Сначала припаивают верхнюю, а потом — нижнюю растяжку. После этого придают растяжкам номинальный натяг и закрепляют их. Места пайки растяжек промывают спиртом.

§ 30. РЕГУЛИРОВКА МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Регулировка магнитоэлектрических приборов служит для обеспечения главной цели ремонта: восстановления прежних качественных показателей прибора, в первую очередь — точности и чувствительности. Особенно важно, чтобы при регулировке была сохранена старая шкала. Выпуск приборов из ремонта без переградуировки шкалы позволяет избежать или значительно сократить такие операции, как разборка схемы, снятие подшкальника, наклейка или покраска бумаги, сборка схемы и прогрев прибора для градуировки в течение примерно получаса, градуировка шкалы, повторная разборка схемы, вычерчивание шкалы, повторная сборка схемы и прогрев прибора, поверка его. Сохранить старую шкалу удастся, как правило, в тех случаях, когда погрешность прибора имеет один и тот же знак по всей шкале. Если к тому же в результате поверки выяснилось, что погрешность от начала к концу шкалы увеличивается равномерно, то нужно изменить величину сопротивления в цепи рамки так, чтобы показания прибора на конечной отметке шкалы изменились на величину максимальной погрешности. Этого же можно добиться перемещением

магнитного шунта. На остальных отметках шкалы показания прибора будут изменяться пропорционально, как это показано для магнитоэлектрического вольтметра (табл. 2).

Таблица 2. Градуировка шкалы магнитоэлектрического прибора

Деления шкалы	Погрешность до регулировки, %	Изменение показаний прибора, %	Погрешность после регулировки, %
10	0,1	0,1	0
20	0,2	0,2	0
30	0,3	0,3	0
40	0,4	0,4	0
50	0,5	0,5	0
60	0,6	0,6	0
70	0,7	0,7	0
80	0,8	0,8	0
90	0,9	0,9	0
100	1,0	1,0	0

Если же погрешность по длине шкалы неравномерна, то следует отрегулировать чувствительность прибора путем перемещения магнитного шунта или изменения числа витков рамки. При положительной погрешности чувствительность нужно уменьшить, при отрицательной — увеличить. Для вольтметра класса 0,2 результат регулировки приведен в табл. 3. Данные этой таблицы показывают, что после уменьшения чувствительности прибора на верхнем пределе измерения на 0,3% погрешность прибора нигде не превышает предела класса точности.

Если прибор имеет чрезмерно большую погрешность в середине шкалы, то ее наиболее удобно уменьшать путем смещения нулевого деления шкалы. При положительной погрешности нулевое деление следует сместить влево (в «отрицательном» направлении), увеличив шкалу, при отрицательной погрешности — уменьшить ее, сместив нулевое деление вправо. Так, для вольтметра

**Таблица 3. Градуировка шкалы вольтметра класса 0,2
путем изменения чувствительности**

Деления шкалы	Погрешность до регуливки, %	Изменение чувстви- тельности, %	Погрешность после регуливки, %
100	0,2	—0,3	—0,1
90	0,3	—0,27	0,03
80	0,4	—0,24	0,16
70	0,2	—0,21	—0,01
60	0,1	—0,18	0,08
50	0	—0,15	—0,15
40	0	—0,12	—0,12
30	0,1	—0,09	0,01
20	0	—0,06	—0,06
10	0	—0,03	—0,03

класса 0,2, погрешности которого на разных пределах измерения указаны в табл. 4, путем расширения шкалы на 0,4% (что при шкале в 100 делений соответствует 0,4 деления) доводят погрешности до допустимого значения.

**Таблица 4. Градуировка шкалы вольтметра класса 0,2
путем смещения нулевой отметки**

Деление шкалы	Погрешность до смещения нуля, %	Погрешность после смеще- ния нуля на 0,4%	Деление шкалы	Погрешность до смещения нуля, %	Погрешность после смеще- ния нуля на 0,4%
100	0,2	—0,2	50	0,5	0,1
90	0,3	—0,1	40	0,2	—0,2
80	0,4	0	30	0,4	0
70	0,5	0,1	20	0,2	—0,2
60	0,6	0,2	10	0,2	—0,2

Погрешность прибора нигде не превосходит числового значения класса точности.

В тех случаях, когда погрешность недопустимо велика только на верхнем пределе изменения, а на всех остальных делениях шкалы она не превосходит допустимой, прибор регулируют путем смещения максимальной отметки шкалы. Когда погрешность положительна, шкалу нужно сузить, переместив максимальное деление ее влево. При отрицательной погрешности крайняя правая отметка шкалы должна быть смещена вправо, что позволит расширить шкалу. Так, если погрешность прибора класса 0,5 составит на верхнем пределе 1%, то крайнюю отметку надо перенести на 0,5% влево, подкорректировав деления, находящиеся между предпоследней и последней отметками шкалы.

§ 31. РАЗБОРКА И СБОРКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРИБОРОВ

Разборка электромагнитных приборов

Разборка электромагнитных приборов начинается со снятия корпуса и отсоединения пружины от пружинно-держателя. Затем разбирают успокоитель. Для этого с помощью специального ключа или миниатюрной комбинированной отвертки отвинчивают контргайку и оправку с подпятником и выводят крыло успокоителя из камеры. После этого проверяют подвижную систему прибора. Керны и подпятники просматривают под микроскопом. При необходимости керн можно вынуть из оправки. Для этого его нужно зажать в ручных тисочках или захватить бокорезами или кусачками и осторожно поворачивать, слегка оттягивая керн на себя.

Если возникает необходимость вынуть ось, то придется разбирать подвижную систему по частям. Для этого нужно предварительно зафиксировать взаимное расположение деталей, размещенных на оси, с помощью приспособления, которое можно изготовить (рис. 40). В станине 1 сверлят отверстие 2, в которое пропускают ось 5 и канавку 3 для поршенька 4 успокоителя. Положение стрелки 6 фиксируется с помощью обычного деревянного угольника 7. При сохранении взаимного расположения деталей прибор после ремонта удастся довольно легко подогнать под старую шкалу.

Если изготовить такое приспособление невозможно, то следует вычертить эскизы взаимного расположения

отдельных деталей измерительного механизма с указанием необходимых размеров. По этим эскизам можно будет сохранить размеры деталей при сборке.

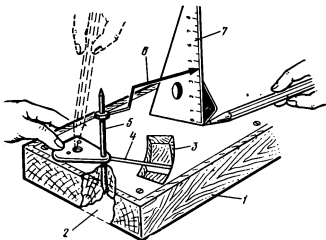


Рис. 40. Приспособление для фиксации взаимного расположения деталей:

1 — станина, 2 — отверстие, 3 — канавка, 4 — поршеньк успокоителя, 5 — ось, 6 — стрелка, 7 — угольник.

Сборка электромагнитных приборов

Сборка электромагнитных приборов производится в обратном порядке. Она имеет ряд специфических особенностей, которые обусловлены, главным образом, тем, что показания электромагнитных приборов с круглой катушкой зависят от положения подвижного сердечника относительно неподвижного, а также от расположения подвижного сердечника по отношению к стрелке. Поэтому при сборке подвижной системы прибора после ремонта должны быть соблюдены размеры и взаимное расположение деталей.

Подвижную систему устанавливают в опоры. Нижнюю оправку прочно закрепляют крыльчаткой, а верхней оправкой устанавливают ось в подпятниках. Зазор между осью и подпятником должен иметь заданную величину. Этого можно достичь путем наблюдения за перемещением стрелки при легком покачивании подвижной

части. При нормальном зазоре она не должна отклоняться более 1—2 мм в обе стороны. При малом зазоре происходит затирание стрелки, при чрезмерно большом — опрокидывание подвижной системы.

Величина зазора регулируется плавным поворотом оправки на $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$ оборота. Нужно помнить, что оправку не следует довертывать до упора, так как при этом можно разрушить подпятник. После регулировки зазора проверяют, насколько свободно перемещается подвижная система. Для этого оправки поочередно ввертываются и вывертываются на одинаковое количество оборотов. Крыло успокоителя не должно задевать о стенки камеры, а подвижный сердечник — о каркас катушки. Затем припаивают к пружинодержателю наружный конец пружинки так, чтобы стрелка стояла на нуле. После этого вновь проверяют свободное движение подвижной части: плавно увеличивая ток, наблюдают за движением стрелки от нуля до конечной отметки шкалы и фиксируют отсутствие трения стрелки о шкалу. Плавно уменьшая ток до нуля, проверяют установку стрелки на нуль. Невозвращение стрелки к нулевой отметке свидетельствует об отклонении размеров деталей или их взаимного расположения.

§ 32. РЕГУЛИРОВКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРИБОРОВ

В электромагнитных приборах после ремонта регулируют пределы шкалы. В нормально отрегулированном приборе нулевая и максимальная отметки должны быть симметричны относительно центра шкалы и располагаться на одном уровне. Стрелка, двигаясь вдоль шкалы от ее начала до конца, должна отклоняться на 90° .

Регулировка пределов шкалы ведется следующим образом. Включают прибор в схему, параметры которой позволяют плавно изменять ток от нуля до максимального значения шкалы, и при отсутствии тока остро заточенным карандашом наносят у конца стрелки нулевую отметку. Затем циркулем отмеряют расстояние от левого винта, крепящего шкалу, до нанесенной отметки, и переносят это расстояние влево от правого крепежного винта. Получают конечную отметку шкалы. Затем включают ток. Стрелка должна установиться на конечной отметке. Если она не дошла до нее, то нужно сдвинуть магнитный шунт к центру катушки. Если же стрелка ушла за

конечную отметку, шунт сдвигают в обратную сторону. В случаях, когда таким способом не удастся отрегулировать пределы шкалы, приходится изменить число витков катушки.

Отрегулировав пределы шкалы, производят градуировку прибора. Для этого отремонтированный прибор включают вместе с образцовым в схему (амперметр последовательно, а вольтметр — параллельно образцовому). Стрелку испытуемого прибора устанавливают на конечную отметку шкалы (вольтметр предварительно прогревают в течение 15—20 мин при номинальном напряжении). Затем уменьшают показания прибора и наносят промежуточные деления. Выключают ток и проверяют, возвратилась ли стрелка на нулевую отметку. При необходимости ее устанавливают на нуль с помощью корректора. Вновь включают ток и наносят отметки при перемещении стрелки слева направо. Из-за вариаций показаний они не совпадают с делениями, нанесенными при уменьшении измеряемой величины. Для устранения этой погрешности окончательные отметки на шкале делают посередине между отметками, полученными при движении стрелки в обе стороны. При градуировке прибор следует поместить в корпус (без стекла) во избежание влияния внешних магнитных полей. Устанавливать стрелку на градуировочные отметки рекомендуется плавно. Результаты градуировки оформляют в виде протокола.

Отсчеты по образцовому прибору надо производить, начиная с $1/5$ длины шкалы. Поэтому при малых токах, когда точность измерений по образцовому прибору уменьшается, целесообразно в качестве последнего использовать прибор с меньшим пределом измерения.

§ 33. РАЗБОРКА, СБОРКА И РЕГУЛИРОВКА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Показания электродинамических приборов зависят от взаимного расположения подвижной и неподвижной катушек. Поэтому при их предремонтной разборке целесообразно, как и для электромагнитных приборов, зафиксировать на чертеже взаимное расположение и размеры основных деталей подвижной системы, которые должны быть сохранены при сборке.

Ток в подвижную катушку электродинамических приборов подводят так же, как и в рамку магнитоэлектри-

ческих приборов — через две пружинки, которые одновременно создают противодействующий момент. Поэтому разборка и сборка подвижной части этих приборов практически ничем не отличается от аналогичных операций для магнитоэлектрических приборов.

Регулировка электродинамического ваттметра сводится к проверке движения стрелки по шкале (не должно быть трения), величины зазора между керном и подпятником, а также противодействующего момента пружины. Для этого по обеим катушкам прибора пропускается постоянный ток. В неподвижной катушке его значение устанавливают равным номинальному, а в подвижной — таким, чтобы на ее зажимах было номинальное напряжение. Сопротивление рамки при регулировке определяют с помощью двойного моста и доводят его величину до номинальной путем изменения значения добавочного сопротивления (в вольтметрах и ваттметрах) или сопротивления, шунтирующего рамку (в амперметрах), для чего на одном из пределов измерения включают дополнительную катушку (или, наоборот, отключают ее). Тем самым изменяют показания прибора только на одном из пределов измерения, не изменяя показаний на других пределах.

§ 34. РАЗБОРКА, СБОРКА И РЕГУЛИРОВКА ФЕРРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

По принципу действия ферродинамический прибор сходен с электродинамическим, а по устройству напоминает магнитоэлектрический, но вместо постоянного магнита в нем используется электромагнит в виде двухсекционной катушки, намотанной на магнитопровод. Поэтому разборка и сборка ферродинамических приборов, по существу, ничем не отличается от описанных выше.

Как известно, ферродинамические показывающие приборы выпускают в основном в качестве ваттметров переменного тока. Регулировка такого прибора проводится следующим образом. Устанавливают стрелку на нулевую отметку шкалы, а затем при номинальном напряжении и $\cos \varphi = 1$ увеличивают ток, проверяя отсутствие трения о шкалу и величину зазора между керном и подпятником. После этого при номинальных напряжении и токе и при $\cos \varphi = 0$ смотрят, установилась ли стрелка на нуль. Если стрелка отклонилась от нуля, то это сви-

детельствует о наличии угловой погрешности. Для ее компенсации параллельно токовой катушке ферродинамического ваттметра включают конденсатор, емкость которого подбирают так, чтобы стрелка прибора оказалась на нулевой отметке. После этого вновь производят поверку при номинальных напряжении и токе и $\cos \varphi = 1$.

Трехфазный ферродинамический ваттметр регулируют поэлементно. По образцовому прибору устанавливают нагрузку, соответствующую половине шкалы регулируемого прибора, и наносят на шкалу последнего риску. Включают поочередно элементы фаз *A* и *C*. Регулируя добавочные сопротивления параллельных ветвей, добиваются, чтобы при этом стрелка ваттметра в обоих случаях совпадала с нанесенной риской. Затем проверяют прибор при включенных обоих элементах на номинальные напряжения и токи при $\cos \varphi = 1$.

§ 35. РАЗБОРКА, СБОРКА И РЕГУЛИРОВКА КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

К комбинированным относятся приборы, представляющие собой сочетание магнитоэлектрического измерительного механизма с преобразователями (тестеры, авометры и др.). Их разборка и сборка ничем не отличаются от разборки и сборки магнитоэлектрических приборов. Для комбинированных приборов при сборке также нужно прежде всего проверить наличие между полюсами магнита частичек железа. При их обнаружении магнитную систему надо продуть воздухом, а затем очистить кисточкой. Как и в магнитоэлектрических приборах, здесь следует обеспечить чистоту обоймы и магнитопровода.

Регулировка измерительного механизма комбинированного прибора сводится в первую очередь к его намагничиванию, так как при разборке прибора очень сильно (примерно на 70%) ослабляется поле его постоянного магнита. Поэтому перед разборкой принято размагничивать магнитную систему прибора постоянным током на установке для намагничивания и размагничивания постоянных магнитов (см. § 9). Собранный прибор намагничивается на той же установке до полного насыщения магнита. При намагничивании используют постоянный ток, величина которого составляет 80—95% от номинального тока прибора.

После намагничивания магнитной системы проверяют равномерность шкалы. Шкала считается практически равномерной, если отношение длины наибольшего деления к наименьшему не превышает 1,3 (ГОСТ 5365—67). При сжатой шкале систему нужно размагнитить, а затем вновь намагнитить более слабым током. Чтобы получить требуемый характер шкалы, эту операцию приходится проделывать несколько раз, так как величина намагничивающего тока определяется подбором.

Следующая операция при регулировке измерительного механизма комбинированных приборов — подгонка сопротивления цепи рамки. Для этого к рамке либо подключают добавочные катушки, либо отключают их от нее. Точная подгонка цепи рамки особенно важна для многопредельных приборов, имеющих одну шкалу для нескольких пределов измерения.

Заключительной операцией по регулировке комбинированного прибора является его поверка на всех пределах измерения.

При ремонте, сборке и регулировке комбинированных приборов нужно руководствоваться паспортом на прибор или его описанием, содержащим спецификацию деталей и схемы их соединений.

§ 36. СБОРКА И РЕГУЛИРОВКА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Общие положения по сборке электростатических приборов

Как известно, электростатические приборы выпускают в качестве вольтметров и киловольтметров для измерения напряжений в цепях постоянного и переменного тока. Они выполняются в двух модификациях: с изменением активной площади пластин и с изменением расстояния между пластинами.

Приборы первого типа отличаются большей чувствительностью. Для уменьшения контактной разности потенциалов подвижные и неподвижные пластины таких приборов делают позолоченными. При сборке электростатических приборов эти пластины нельзя трогать руками, нужно использовать пинцет, подвергшийся предварительно специальной обработке в авиационном бензине, ацетоне или спирте с целью обезжиривания.

Особенно важно в процессе сборки выдержать правильное положение зеркальца — оно должно быть уста-

новлено параллельно оси подвижной части. При нарушении этого положения световой луч может перемещаться не по всей длине шкалы, а только по ее части.

Амортизационные пружины прибора устанавливаются так, чтобы растяжки проходили в центре втулок. В противном случае подвижная часть может отклониться от своего нормального положения и в показаниях прибора появится дополнительная погрешность. Перед припайкой растяжек к амортизационным пружинам надо правильно установить начальное положение неподвижной пластины относительно подвижной. Нарушение их взаимного расположения вызовет уменьшение емкости подвижной части и снижение вращающего момента.

Регулировка приборов с изменением активной площади пластин

Регулировку равномерности шкалы и ее длины производят, постепенно увеличивая напряжение от нуля до верхнего значения шкалы. Характер шкалы считается удовлетворительным, если самое длинное расстояние между ее делениями больше самого короткого расстояния в 2—3 раза. Длину шкалы можно отрегулировать путем изменения расстояния между подвижной и неподвижной пластинами. При этом они должны все время оставаться параллельными друг другу, что достигается одновременным закручиванием всех трех шпилек на плате с электродами.

В тех случаях, когда возникает необходимость одновременно отрегулировать длину и равномерность шкалы, приходится изменять взаимное расположение подвижных и неподвижных пластин путем поворота неподвижной пластины. Если нужно увеличить шкалу и сделать ее близкой к равномерной, то неподвижные пластины следует поворачивать против часовой стрелки, если ее нужно уменьшить, то по часовой стрелке. Установив нужную длину и характер шкалы, пластины жестко закрепляют.

Длину шкалы можно отрегулировать также изменением длины верхней растяжки, для чего надо опустить верхнюю втулку. Уменьшение длины растяжки на 1 мм укорачивает шкалу на 2—3 мм.

В отрегулированном приборе расстояние между подвижной и неподвижной пластинами должно быть не менее 2—3 мм.

После регулировки подвижной части прибор должен быть подвергнут нагреву до 60°C в три приема, по 6 ч каждый. В промежутках между этими циклами прибор должен содержаться по 6 ч при комнатной температуре ($15\text{--}25^{\circ}\text{C}$).

Особо ответственной операцией является регулировка оптики электростатического прибора. Для этого устанавливают тубус так, чтобы световой луч был направлен на зеркальце и покрывал всю его поверхность. Это дает максимальную освещенность шкалы. Дальнейший ход луча регулируют поворотом неподвижных зеркал так, чтобы световой зайчик находился в середине каждого из них.

Резкости светового пятна на шкале достигают путем регулировки положения объектива, не сдвигая линзы и диафрагмы. При вращении осветителя и отсутствии дефектов в оптической системе теневая полоска смещаться не должна; она должна быть четкой, вертикальной и находиться точно в центре светового пятна.

Очистка линз и поверхностей подвижного и неподвижного зеркал производится, если это необходимо, тряпочкой, смоченной в спирте.

Регулировка приборов с изменением расстояния между пластинами

Неподвижную пластину вместе с изолятором размещают на расстоянии 135 мм от подвижной, включают прибор в схему и производят регулировку длины шкалы в диапазоне $0\text{--}133$ мм. Начало и конец шкалы должны находиться на одинаковых расстояниях от концов экрана.

Далее проверяют неравномерность шкалы, для чего в рабочей части последней измеряют расстояние между двумя соседними делениями и определяют отношение наибольшего из этих делений к наименьшему. Оно не должно быть больше 1,5. Изменение длины и степени неравномерности шкалы достигается путем приближения подвижной пластины к неподвижной или удаления от нее. По достижении требуемого характера шкалы фиксируют на основании прибора положение неподвижной пластины относительно подвижной.

Для всех пределов измерения делают кернером отметки на шкале, соответствующие центрам отверстий

пружин фиксаторов. После этого во всех отмеченных местах устанавливают фиксаторы. Переключение пределов измерения у электростатических приборов осуществляют путем перемещения неподвижной пластины по основанию прибора. При этом надо повернуть специальную ручку, размещенную на боковой стороне подвижной пластины, чтобы сменить шкалу, по которой производят отсчет (у таких приборов на подшкальнике размещено несколько шкал).

§ 37. РАЗБОРКА И СБОРКА ИНДУКЦИОННЫХ ПРИБОРОВ

Индукционные приборы в настоящее время выпускают в качестве счетчиков активной и реактивной электрической энергии. Они выполняются как однофазными, так и трехфазными (двух- и трехэлементными). К качеству ремонта, сборки и регулировки такого прибора предъявляются повышенные требования, так как по его показаниям производятся денежные расчеты с потребителем.

Разборка счетчиков

Счетчики передаются в ремонтную мастерскую при обнаружении в них механических повреждений и при искажениях показаний. Перед ремонтом счетчик нужно вскрыть и осмотреть для того, чтобы определить характер и размеры повреждений. При осмотре обращают внимание на исправность электрических соединений. После этого приступают к его разборке. Сначала снимают счетный механизм, вынимают верхний подпятник, нижний подпятник и диск. Тормозной магнит и электромагнитная система, как правило, не снимаются, за исключением случаев, когда приходится перематывать катушки.

Подпятники просматривают под микроскопом и при необходимости их заменяют. Ремонт и замену подпятников производят так, как было описано в § 13.

При ремонте подшипников основное внимание обращают на чистоту иглы. Чистку и полировку ее производят на часовом станке, в патрон которого зажимается подшипник. Для полировки применяют деревянную оправку, покрытую специальной пастой, с продольным отверстием, диаметр которого равен диаметру иглы. К ос-

нованию подшипника со стороны иглы прикладывается другая оправка. Легко ударяя по ней молоточком, можно устранить шатание иглы. Если игла согнута, то предварительно ее нужно выпрямить на специальной металлической плите.

Практика эксплуатации счетчиков электрической энергии переменного тока показывает, что до 80% всех неисправностей счетного механизма приходится на долю подпятников и осей.

Ремонт осей производят так же, как и для стрелочных приборов. При установке оси нужно соблюдать осторожность, чтобы не поцарапать подпятник.

В результате длительной эксплуатации отверстия в верхней части оси становятся значительно больше, чем в нижней, и диск может начать вибрировать. Для устранения этой неисправности отверстие заклепывают на специальной оправке, а затем вновь сверлят сверлом нужного диаметра.

Вибрация диска может возникнуть также из-за плохой сборки отдельных деталей магнитной системы. В этом случае можно услышать характерное гудение и увидеть колебания верхней части оси.

Ремонт счетного механизма сводится обычно к тщательной чистке и промывке его частей. Для промывки применяют жидкость состава: 40 г мыла, растворенного в 0,7 л горячей воды, 5 г щавелевой кислоты, такое же количество питьевой соды, 200 г спирта-ректификата, 100 г нашатырного спирта. Счетный механизм погружают в эту жидкость на 2—3 мин, после чего промывают его в горячей воде и высушивают.

Разборка счетного механизма, как правило, не производится. Она необходима только при обнаружении механических поломок его частей. При разборке детали счетного механизма следует очищать кисточкой. При последующей сборке механизма во всех окнах счетчика должна быть выставлена цифра 9. Не рекомендуется детали одного счетчика переставлять в другой, при сборке не следует касаться руками стальных осей во избежание их ржавления.

Иногда в результате сборки могут возникнуть непомерно большие силы трения, приводящие к остановке механизма. Это свидетельствует о наличии чрезмерно больших продольных люфтов. Смазка подпятников и шестерен счетного механизма позволит значительно

уменьшить трение и надолго сохранить счетный механизм в работоспособном состоянии. Испытания счетчиков показали, что примерно за два года их эксплуатации без смазки почти все оси выходят из строя, а при наличии смазки они работают практически без аварий.

При смазке концы осей промывают сначала в обезжиривающем составе, а потом — в горячей воде при 70—80° С. Затем их погружают в вазелиновое масло, после чего каждую ось берут пинцетом и протирают папиросной бумагой, удаляя излишнее масло и оставляя на поверхности оси лишь тонкую масляную пленку. Подпятник смазывают при помощи тонкой иглы, с конца которой в его кратер стекает капля масла.

Правка дисков проще всего осуществляется следующим способом. Диск кладут между двумя металлическими пластинами. По верхней пластине легко постукивают молоточком. При сборке диск должен вращаться в зазоре между катушками без видимых колебаний.

Ось крепят в центре диска на специальном приспособлении (рис. 41). Между двумя пластинами 1 и 2 сделана специальная канавка, в которой размещается диск 3 с осью 4. Это приспособление нагревают на электрической плитке, после чего в канавку заливают оловянный сплав. Застывая, он твердо фиксирует ось в центре диска.

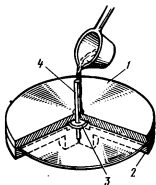


Рис. 41. Приспособление для крепления оси индукционного прибора:

1, 2 — пластины, 3 — диск, 4 — ось диска

Сборка счетчиков

Сборка счетчика начинается с внимательного осмотра подвижной системы, проверки крепежных винтов и постоянного магнита. Зазор между полюсами магнита можно при необходимости подчистить тонкой (не более 0,2—0,3 мм) стальной пластинкой. Все детали, подготовленные к сборке, должны быть чистыми, винты на-

дежно закреплены, контакты уплотнены. Сам процесс сборки состоит в установке подпятника, диска с осью, подшипника и счетного механизма. Симметричность диска достигается регулировкой подшипника. После этого закрепляют все винты и контргайки.

§ 38. РЕГУЛИРОВКА СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Перед регулировкой однофазного счетчика его следует «обкатать», т. е. включить в сеть на номинальное напряжение и при токе, в полтора раза большем рабочего. Попутно регулируют положение тормозного магнита таким образом, чтобы под его полюсами диск был расположен симметрично.

Затем производят регулировку компенсации сил трения, для чего диск счетчика ставят в такое положение, чтобы нанесенные на нем маленькие красные полоски приходились как раз против отсчетного окна. Регулировку ведут до тех пор, пока диск не начнет медленно вращаться. Следует иметь в виду, что эту операцию проводят при отсутствии тока в последовательной катушке и номинальном напряжении на зажимах параллельной катушки. Перемещением компенсатора трения, который может быть выполнен или в виде винта, или в виде пластины, и располагается под диском, создают дополнительный вращающий момент, не зависящий от нагрузки. Под его воздействием диск начинает медленно вращаться, что говорит о возникновении самохода. Чтобы его устранить, на параллельную катушку подают напряжение, на 10% больше номинального, а последовательную катушку оставляют обесточенной; устанавливают диск в такое положение, при котором против отсчетного окна располагается большая красная полоса. После того как она уйдет за пределы окна, надо вручную пригнуть тормозной флажок к тормозному крючку так, чтобы диск остановился. Операции по компенсации сил трения и по устранению самохода приходится повторять несколько раз, так как регулировка одного из этих параметров почти всегда нарушает регулировку другого.

После завершения указанных операций производят регулировку порога чувствительности. При этом в последовательную катушку подают ток, равный 5% от номинального, а параллельную катушку включают на но-

минальное напряжение. Диск в этих условиях должен безостановочно вращаться. Если же он стоит, а тормозной флажок находится прямо против тормозного крючка, то флажок надо слегка отогнуть от крючка, уменьшив силу притяжения между ними. После этого нужно вновь повторить операции по регулировке трения и по устранению самохода.

Если же тормозной флажок находится в стороне от крючка, когда диск остается в покое, то это свидетельствует о наличии грязи в опорах, счетном механизме, зазорах и других деталях. Загрязненные места промывают в промывочной жидкости (см. § 37) и после просушки вновь проверяют порог чувствительности счетчика.

В заключение проводят контрольную проверку прибора при нагрузках 10, 20, 50 и 100% от номинальной и при $\cos \varphi = 1$ и 0,5. При контрольной проверке используют электродинамический ваттметр класса 0,1 или 0,2 и секундомер с ценой делений 0,1 с.

Регулировку трехфазных двухэлементных счетчиков производят для каждого элемента в отдельности. Начинают с регулировки величины трения. Проверяют чувствительность и устраняют самоход. Эти операции ведут сначала для каждого элемента в отдельности, а потом — для обоих элементов совместно. Методика их проведения такая же, как и для однофазных счетчиков.

При регулировке внутреннего сдвига параллельные катушки обоих элементов включают на номинальные напряжения. По последовательной катушке одного из элементов должен проходить номинальный ток, сдвинутый по фазе от напряжения на 90° ($\cos \varphi = 0$); цепь второго элемента обесточена. При этих условиях диски счетчика должны находиться в покое. Если же они вращаются, то изменяют величину дополнительного сопротивления, размещенного на сердечнике параллельной катушки, путем перемещения хомутика. Если диски и после этого не останавливаются, то срезают один из короткозамкнутых витков, расположенных на том же сердечнике. Если диск все равно продолжает вращаться, то срезают следующий виток и т. д. до остановки диска. Аналогично регулируют второй элемент.

Балансировка элементов заключается в том, что параллельные катушки обоих элементов включают на одинаковое напряжение, а последовательные катушки вклю-

чают встречно (начало одной из них соединяют с концом другой), и в них подают ток, равные по величине. При таких условиях диск вращаться не должен. Если все же он приходит во вращение, то производят балансировку перемещением магнитного шунта: в тех случаях, когда диск вращается в прямом направлении (красная полоска перемещается от левого края отсчетного окна к правому), оперируют шунтом первого элемента; при вращении диска в обратном направлении используют шунт второго элемента.

Далее производят регулировку счетчика при нагрузке: сначала каждого элемента в отдельности, а затем — вместе обоих элементов. Регулировку ведут при токах нагрузки, равных 5, 10, 20, 100% от номинального, и $\cos \varphi = 1$, а также при номинальном токе и $\cos \varphi = 0,5$. При регулировке используют электродинамический ваттметр класса 0,1 или 0,2 и секундомер с ценой деления 0,1 с.

Контрольная поверка необходима как для каждого элемента в отдельности, так и для обоих элементов вместе. Поэлементную поверку ведут при нагрузках, равных 20, 50 и 100% от номинальной, и $\cos \varphi = 1$, а также при номинальной нагрузке и $\cos \varphi = 0,5$. Совместную поверку осуществляют при нагрузках 5, 10, 20, 50, 100% от номинальной и $\cos \varphi = 1$, а также при нагрузках, равных 10, 20, 50, 100% от номинальной, и $\cos \varphi = 0,5$. При контрольной поверке применяются те же приборы, что и при регулировке под нагрузкой.

Регулировку трехэлементных трехфазных счетчиков производят так же, как и однофазных. Но регулировка сдвига и балансировка элементов осуществляются доэлементно при $\cos \varphi = 1$. Включая поочередно каждый элемент, добиваются с помощью магнитного шунта одинаковой частоты вращения диска. Затем при $\cos \varphi = 0,5$ выполняют регулировку внутреннего угла сдвига фаз. В этом случае диски тоже должны одинаково вращаться, что достигается изменением величины дополнительных сопротивлений и числа короткозамкнутых витков на параллельной катушке соответствующего элемента.

Регулировку счетчиков реактивной энергии выполняют так же, но при $\sin \varphi = 1$ и $\sin \varphi = 0,5$.

Перед контрольной поверкой отрегулированный счетчик рекомендуется несколько раз встряхнуть в руках.

§ 39. РЕМОНТ И РЕГУЛИРОВКА ВИБРАЦИОННЫХ ГАЛЬВАНОМЕТРОВ

Вибрационный гальванометр представляет собой разновидность магнитоэлектрического прибора с подвижным магнитом. Он применяется в качестве нуль-индикатора в мостах и компенсаторах переменного тока. Его рамку и магнитную систему собирают так же, как и у обычного магнитоэлектрического прибора (см. § 29); сборка и замена деталей аналогична, например, сборке и замене деталей электростатического прибора (см. § 36).

Для ремонта вибрационных гальванометров установлен определенный порядок. В первую очередь проверяют исправность трансформатора, питающего осветительное устройство. Его вторичное напряжение должно быть 6,3 В. При необходимости трансформатор перематывают. После этого замеряют сопротивление катушек ступенчатого делителя напряжения, которое должно соответствовать номинальному. Неисправные катушки перематываются. Затем определяют целостность и натяжение растяжек. Неисправные растяжки заменяют новыми, полученными с завода в качестве запасных частей.

Следующей операцией является регулировка гальванометра для получения яркой сплошной световой полосы на шкале с явно выраженной темной риской посередине. Эта световая полоса должна перемещаться вдоль всей шкалы.

При регулировке переключатель осветителя ставят в положение «Включено». Перемещая осветитель с линзой-конденсором вдоль трубки, добиваются максимально резкого изображения при необходимой длине световой полоски. Вращая трубку вправо и влево, устанавливают эту полоску параллельно отметкам шкалы. Поворачивая ручку «Изображение», перемещают световую полосу вверх и вниз. Расстояние, на которое перемещается полоса, не должно быть короче длины наименьших отметок на шкале. В противном случае нужно отрегулировать эксцентрик.

После этого гальванометр включают в схему, питаемую переменным током промышленной частоты, и устанавливают ток в 3 мкА, затем настраивают гальванометр в резонанс вращением ручки «Настройка». При этом против середины окошка гальванометра должна находиться

неокрашенная часть диска. Медленно поворачивая вставку прибора, определяют точку максимальной чувствительности. Если она окажется слева от нулевого деления, то наконечники из пермаллоя нужно сдвинуть влево (правый — к вставке, левый — от нее); если же она окажется справа от нуля, то наконечники надо сдвинуть в обратном направлении.

Последней операцией при регулировке гальванометра является определение постоянных по переменному току и напряжению, а также полюсы резонанса.

Постоянные по переменному току C_i и по переменному напряжению C_u определяют при трех значениях частоты: 30, 50 и 100 Гц и при отклонении светового луча вправо по шкале на 1 см. Гальванометр настраивают в резонанс при каждой из этих частот, ручку «Чувствительность» устанавливают в такое положение, при котором чувствительность максимальна. При определении постоянной по току последовательно с гальванометром включают резистор сопротивлением 1 МОм, а при определении постоянной по напряжению параллельно гальванометру подсоединяют резистор сопротивлением 0,01 Ом. Постоянная по току или напряжению подсчитывается как отношение соответственно тока или напряжения к отклонению светового луча α по шкале:

$$C_i = \frac{I}{\alpha} \quad \text{и} \quad C_u = \frac{U}{\alpha}.$$

Гальванометр типа ВГ считается годным, если $C_i = 10^{-7} \text{ А/мм} \pm 20\%$ и $C_u = 2 \cdot 10^{-5} \text{ В/мм}$.

Полосой резонанса принято называть такое отклонение (в %) частоты переменного тока от частоты собственных колебаний гальванометра, при котором амплитуда этих колебаний уменьшается в два раза.

Для определения полосы резонанса нужно найти сначала постоянную гальванометра по постоянному току C_i . С этой целью прибор, предварительно настроенный в резонанс с частотой 50 Гц, включают в цепь постоянного тока последовательно с резистором, имеющим сопротивление 10 кОм, и устанавливают максимальную чувствительность. Полоса резонанса пропорциональна отношению постоянных гальванометра по постоянному и переменному току:

$$\Delta f = 245 \frac{C_i}{C_i'}$$

§ 40. РЕГУЛИРОВКА САМОПИШУЩИХ ПРИБОРОВ

Самопишущие амперметры и вольтметры выпускают-ся магнитоэлектрической системы, самопишущие ваттметры (трехфазные, двухэлементные), фазометры и частотомеры — ферродинамической. Для записи переменных напряжений и токов используется магнитоэлектрический механизм с преобразователем.

Регулировка самопишущих амперметров и вольтметров

Чернильницу и резервуар нулевого отметчика заполняют специальными чернилами. Чернила можно изготовить таким образом: растворить отдельно в небольшом количестве теплой воды (при 60—80° С) краситель, глюкозу и фенол. Растворы смешивают, сливают вместе, добавляют туда еще глюкозы и разбавляют теплой водой, а затем отфильтровывают. Когда масса отстоится, добавляют в нее глицерин и тщательно размешивают. Полученный состав содержит (%): красителя — 1,2, глюкозы — 1,5, глицерина — 3, фенола — 0,15, дистиллированной воды — 94,15.

Нулевой отметчик располагают так, чтобы он совпадал с левым краем диаграммной бумаги, плотно прилегающим к валику лентопротяжного механизма. С помощью корректора капилляр устанавливают на линию нулевого отметчика при движущейся бумаге и на шкале отмечают соответствующее положение стрелки. Это будет нулевая (начальная) отметка шкалы. Установив капилляр на конечную линию диаграммной бумаги, наносят на шкалу также конечную отметку. Расхождения между соответствующими отметками на диаграммной бумаге и на шкале допускаются не более 5 мм.

Включив лентопротяжный механизм, проверяют совпадение крайних отметок по всей длине бумаги; выключив механизм, смотрят, совпадают ли сделанные записи с линиями на бумаге. Отклонение не должно превышать 1 мм.

Выводят измерительный механизм из корпуса прибора наружу, устанавливают стрелку так, чтобы капилляр не касался бумаги, и ставят механизм обратно в корпус. Еще раз проверяют положение стрелки на нулевой и конечной отметках шкалы. В таком виде самопишущий амперметр или вольтметр готов к работе.

Регулировка самопишущих ваттметров и варметров

Самопишущие ваттметры и варметры прежде всего проверяют на отсутствие влияния напряжения и тока. Влияние напряжения определяют при номинальном напряжении и выключенном токе, а влияние тока — наоборот, при выключенном напряжении и номинальном токе. В обоих случаях стрелка не должна отклоняться от нулевой отметки более чем на 1 мм. Если же стрелка отклонилась при подаче напряжения и отсутствии тока, то регулируется зазор параллельной катушки, а если при подаче тока и отсутствии напряжения, то регулируется зазор последовательной катушки.

Далее по образцовым приборам устанавливают номинальные значения напряжения и тока, вращением фазорегулятора задают между ними $\cos \varphi = 1$ для ваттметров и $\sin \varphi = 0,8$ для варметров. Разрывают токовую цепь одного из элементов и, изменяя величину добавочного сопротивления, подключенного к параллельной обмотке другого элемента, устанавливают стрелку в середине шкалы. После этого так же размыкают цепь второго элемента и так же подгоняют стрелку к середине шкалы. Наконец, включают оба элемента и, одинаково изменяя величины добавочных сопротивлений, ставят стрелку на конечную отметку шкалы.

Следующей операцией по регулировке самопишущих ваттметров и варметров является компенсация угловой погрешности. При номинальных напряжении и токе устанавливают по фазорегулятору $\cos \varphi = 0$ для ваттметров и $\sin \varphi = 0$ ($\cos \varphi = 1$) для варметров. Затем поочередно отключают по одному элементу и определяют, на сколько делений и в какую сторону стрелка прибора отклонилась от нулевой отметки. То же самое делают при обоих включенных элементах. Если стрелка самописца отклонилась вправо по шкале, то угловую погрешность условились считать положительной, при отклонении в обратную сторону — отрицательной. Для компенсации угловой погрешности в цепь параллельной катушки включают конденсатор, емкость которого устанавливается подбором с помощью магазина емкостей. Если угловая погрешность обоих элементов имеет один и тот же знак, то конденсатор включается в обе фазы; при наличии в фазах угловых погрешностей противоположного знака конденсатор шун-

тирует добавочное сопротивление той фазы, в которой угловая погрешность больше по абсолютной величине; если угловая погрешность обнаружена только в одной фазе, то конденсатор включается именно в эту фазу.

Схемы включения конденсаторов зависят от знака погрешности: если она положительна, то конденсатор включается параллельно добавочному сопротивлению, а если отрицательно, то он шунтирует половину добавочного сопротивления и параллельную катушку.

После компенсации угловой погрешности ваттметр поверяют при $\cos \varphi = 1$, а варметр — при $\sin \varphi = 0,8$ и при необходимости снова подгоняют.

Регулировка ваттметров и варметров завершается регулировкой нажима пера на бумагу. Эта операция производится при помощи грузика так, чтобы при наклоне прибора на 5° от рабочего положения запись не прерывалась.

§ 41. РЕМОНТ И НАСТРОЙКА СВЕТОЛУЧЕВЫХ ОСЦИЛЛОГРАФОВ

К основным блокам светолучевого осциллографа относятся осциллографический гальванометр и оптическая система. При измерениях на повышенных частотах (5—20 кГц) используют петлевые гальванометры, а при измерениях на промышленной частоте — рамочные. Преимуществом последних являются небольшие габариты, что позволило на их базе создать переносные осциллографы.

При ремонте гальванометра нужно вынуть измерительный механизм, вылить из внутренней полости гальванометра успокаивающую жидкость, промыть корпус изнутри спиртом или эфиром, осмотреть детали оптической системы: зеркала, рамку, растяжки, а также места паек — под микроскопом, увеличивающим в 40—50 раз. Поверхность зеркала должна быть чистой и незамутненной. Неисправную рамку можно перемотать на намоточном станке, сломанные или треснувшие детали оптического устройства заменяют новыми.

Следует иметь в виду, что во многих осциллографах большинство деталей унифицировано и ремонт их нецелесообразен, так как его стоимость значительно превосходит стоимость новых деталей. Вышедшие из строя детали выгоднее заказать на заводе-изготовителе.

В результате длительной эксплуатации возникает необходимость в настройке (юстировке) оптической систе-

мы. Юстировка гальванометра осуществляется следующим образом. От источника света луч направляется на зеркала гальванометров и, отражаясь от них, фокусируется на фотобумаге. Четкости светового потока достигают перемещением цилиндрической линзы.

Юстировку отметчика времени производят с помощью зеркал, регулируя которые направляют пучок света на цилиндрическую линзу, а от нее — на шкалу.

Осветители считаются неисправными, если пучки света от ламп направлены мимо гальванометров или только частично падают на их зеркала. При этом на юстировочном зеркале нет ни одного светового пятна или есть пятна не от всех гальванометров. В этих случаях лампы осветителей поворачивают так, чтобы нити их расположились вертикально. Передвигая лампы по вертикали и горизонтали, ставят их так, чтобы свет от них падал на все гальванометры. Если будет обнаружено, что качество записи ухудшилось, то оптические детали гальванометра нужно промыть спиртом или эфиром. При этом не следует сильно нажимать на них, так как на их поверхность нанесен отражающий слой и при сильном нажатии он может стереться и детали оптической системы гальванометра потеряют свои свойства.

§ 42. РЕМОНТ ЦИФРОВЫХ ПРИБОРОВ

При ремонте цифровых приборов нередко приходится заменять вышедшие из строя диоды и триоды (транзисторы) новыми. Но до этого следует определить их качество.

Критерием качества диодов является значение обратного тока при обратном напряжении 300 мВ, которое определяется с помощью схем, показанных на рис.

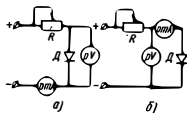


Рис. 42. Схемы для проверки диодов:

а — напряжения, б — обратного тока

42, а, б, методом миллиамперметра и вольтметра. Иногда достаточно бывает ограничиться только констатацией факта исправности диода. Для этого нужно измерить его сопротивление в прямом и обратном направлении.

Перед установкой в прибор диоды должны быть подвергнуты искусственному старению при 60°C в течение 16 ч.

Качество транзисторов определяется стабильностью их основных параметров и в первую очередь тока коллектора и коэффициента усиления (рис. 43).

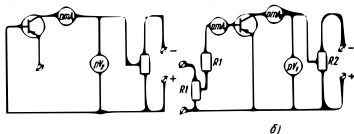


Рис. 43. Схемы для проверки транзисторов:
а — тока коллектора, б — коэффициента усиления

Для определения тока коллектора (рис. 43, а) устанавливают в схеме паспортное значение напряжения на нем и следят, какой ток показывает миллиамперметр. Для определения коэффициента усиления (рис. 43, б) реостатом $R1$ устанавливают ток базы, реостатом $R2$ — напряжение на коллекторе, равные номинальным. Эти величины фиксируются соответственно миллиамперметром $mA1$ и вольтметром $V1$. Миллиамперметр $mA2$ показывает при этом ток коллектора. Затем увеличивают ток базы (показание миллиамперметра $mA1$), оставляя неизменным напряжение на коллекторе (показания вольтметра $V1$). По миллиамперметру $mA2$ определяют новое значение тока коллектора. Отношение изменения тока коллектора к изменению тока базы и называют коэффициентом усиления:

$$K_y = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_b} = \frac{I_{k1} - I_{k2}}{I_{b1} - I_{b2}},$$

где $\Delta I_k = I_{k1} - I_{k2}$ — изменение тока коллектора; $\Delta I_b = I_{b1} - I_{b2}$ — изменение тока базы; I_{k1} и I_{k2} — значения тока коллектора в первом и втором случаях; I_{b1} и I_{b2} — соответствующие значения тока базы.

Транзисторы при установке в прибор следует выбирать такими, чтобы их коэффициенты усиления отличались друг от друга не более чем на 20%.

Исправность транзистора можно также определить омметром, замерив сопротивления на участках база — коллектор и база — эмиттер.

§ 43. РЕМОНТ РЕЛЕ

Рассмотренные в предыдущем параграфе цифровые приборы, выполненные на диодах и триодах, относятся к разряду полупроводниковых. Кроме них в эксплуатации еще находится большое количество электромеханических цифровых приборов, выполненных на реле.

Основными неисправностями реле являются обрывы и междувитковые замыкания катушек, а также загрязнение, окисление и механические повреждения контактов.

Ремонт катушек реле ничем не отличается от ремонта катушек электроизмерительных приборов и добавочных сопротивлений (см. § 21).

Контакты, на поверхности которых имеются частички грязи, пыли или пленка окиси, промывают спиртом или авиационным бензином, предварительно подвергая очистке с помощью тонкой наждачной шкурки, и протирают насухо фланелевой тряпочкой. Поврежденные контакты заменяют новыми.

Однако ремонт реле можно рекомендовать лишь в самом крайнем случае. Гораздо экономичнее их заменить новыми, так как при серийном выпуске реле их стоимость оказывается меньше стоимости ремонта.

§ 44. РЕГУЛИРОВКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МОСТОВ

Регулировка измерительных мостов заключается в подгонке их сопротивлений. При этом в первую очередь подбирают сопротивления плеч отношения, затем плеч сравнения и, наконец, образцовые резисторы.

Подгонка сопротивлений плеч отношения производится с помощью комбинированного одинарно-двойного моста. Сначала к его зажимам «Х» подключают образцовую катушку соответствующего сопротивления и устанавливают стрелку гальванометра на нулевую отметку. Затем разбалансируют мост на 0,01 %, увеличив или уменьшив сопротивление декады $10 \times 0,1$ при неизменном сопротивлении декады 10×100 , и записывают показания гальванометра без учета знака. Это отклонение, выраженное в миллиметрах на 0,01 %, дает значение чувствительности моста. Затем определяют знак от-

клонения стрелки, вновь изменив показания той же декады $10 \times 0,1$, так, чтобы стрелка гальваномера прошла через нулевое деление. Если для этого пришлось сопротивление декады $10 \times 0,1$ увеличить, то это означает, что стрелка переместилась в отрицательном направлении и отсчет по этой части шкалы должен вестись со знаком минус. Если же сопротивление этой декады стало меньше, то нужно считать, что стрелка переместилась в положительную часть шкалы, и отсчет следует вести в этой части со знаком плюс.

Вновь уравнивают мост и к его зажимам «Х» подключают подгоняемое сопротивление, не меняя сопротивлений декад, и определяют отклонение стрелки. Погрешность этого отклонения можно подсчитать, как отношение последнего показания гальванометра к чувствительности моста, выраженное в сотых долях процента. Для ее ликвидации подгоняемое сопротивление подпиливают мелким оселком или тонкой наждачной шкуркой. Таким образом подгоняются сопротивления величиной 100, 1000, 10 000 Ом.

Сопротивление 10 Ом подбирают по-другому. Для этой цели используют низкоомный потенциометр ППТН-1. В цепи образцовой и подгоняемой катушек устанавливают ток 1 мА. С помощью переключателя ставят стрелку гальванометра на нулевое деление шкалы, определяют погрешность этого сопротивления и устраняют ее подпиливанием, как и в предыдущем случае.

Сопротивления плеч сравнения 100 Ом подгоняют на комбинированном мосте, включенном по схеме одинарного моста, а сопротивления 0,1 и 0,01 Ом — на том же самом мосте, но по схеме двойного моста. Сопротивление 10 Ом подгоняется, как и для плеч отношения, на потенциометре ППТН-1. Метод подгонки сопротивлений плеч сравнения тот же, что и для плеч отношения.

По этим же схемам подгоняются образцовые резисторы, сопротивления которых равны 1 и 0,001 Ом.

§ 43. РЕГУЛИРОВКА ПОТЕНЦИОМЕТРОВ

Регулировка потенциометров, так же как и мостов, заключается в подгонке их сопротивлений. Для этого сначала подгоняют сопротивления декад I и II, затем — измерительные сопротивления декады III, заменяющие сопротивления той же декады и, наконец, сопротивления

декад IV, V и VI. Величины этих сопротивлений указываются в паспорте потенциометра, выданном заводом-изготовителем.

Сопротивление первых двух декад подгоняют на комбинированном мосте по схеме одинарного моста. Методика подгонки ничем не отличается от такой же операции для сопротивлений моста.

Измерительные сопротивления декады III подгоняют на потенциометре ППТН-1 при напряжении образцової катушки, равном падению напряжения при токе в 1 мА, как и сопротивление моста величиной 10 Ом. Остальные сопротивления подгоняют на комбинированном мосте по схеме двойного моста. Все операции по подгонке этих сопротивлений также ничем не отличаются от соответствующих операций по подгонке таких же сопротивлений моста.

- Контрольные вопросы

1. От чего зависит точность и надежность сборки?
2. Охарактеризуйте особенности разборки и сборки показывающих приборов разных систем.
3. Как производится регулировка показывающих приборов?
4. В чем состоит разборка, сборка и регулировка индукционных счетчиков электрической энергии?
5. Как производится ремонт и регулировка вибрационных гальванометров?
6. Опишите порядок регулировки самопишущих приборов.
7. Как производится ремонт и настройка осциллографов?
8. В какой последовательности проводится регулировка приборов сравнения?

ЛИТЕРАТУРА

- Алукер Ш. М. Электрические измерения. — М.: Колос, 1972.
- Алукер Ш. М. Электронизмерительные приборы. — М.: Высшая школа, 1976.
- Буловский В. И., Поваляев А. В. Технология сборки электронизмерительных приборов. — М.: Оборонгиз, 1955.
- Вострокнутов Н. Г. Электрические счетчики и их эксплуатация. — М.—Л.: Госэнергоиздат, 1959.
- Михайлов П. А. Ремонт электронизмерительных приборов. — М.—Л.: Энергия, 1964.
- Попов А. Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт контрольно-измерительных и регулирующих приборов. — М.: Машиностроение, 1969.
- Шилоносков М. А. Электрические контрольно-измерительные приборы (ремонт и испытания). — М.: Машиностроение, 1956.
- Шилоносков М. А. Электrolаборатория промышленного предприятия и ремонт приборов. — М.: Машиностроение, 1972.
- Электронизмерительные цифровые приборы (сборник статей). — М.: ЦИНТИ ЭПП, 1961.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Организация ремонта электронизмерительных приборов	5
§ 1. Система планово-предупредительного ремонта	5
§ 2. Виды ремонтов, их содержание и сроки	7
§ 3. Задачи и структура цеха КИПиА	8
§ 4. Поверка приборов	11
§ 5. Техническая документация	14
Глава II. Инструмент, приспособления и устройства, применяемые при ремонте электронизмерительных приборов	16
§ 6. Рабочее место и инструмент ремонтника	16
§ 7. Приспособление для приклеивания бус к рамке . .	22
§ 8. Устройство для ремонта растяжек	24
§ 9. Установка для намагничивания и размагничивания постоянных магнитов	26
§ 10. Установка для обнаружения междувитковых замыканий	27
Глава III. Ремонт деталей и сборочных единиц электронизмерительных приборов	29
§ 11. Неисправности электронизмерительных приборов . .	29
§ 12. Ремонт кернов	30
§ 13. Ремонт и установка подпятников	36
§ 14. Ремонт спиральных пружин, растяжек и подвесов .	37
§ 15. Перемотка рамок и пайка токоподводов	42
§ 16. Уравновешивание подвижной части	45
§ 17. Ремонт стрелок	46
§ 18. Ремонт корпусов	47
§ 19. Склеивание деталей	49
§ 20. Установка стекол	50
§ 21. Ремонт катушек, шунтов и добавочных сопротивлений	51
§ 22. Устранение неисправностей переключателей пределов измерения	54
§ 23. Ремонт деталей оптической системы	55
§ 24. Ремонт счетных механизмов	56
§ 25. Ремонт часовых механизмов	56
§ 26. Изготовление шкал	57

Глава IV. Сборка и регулировка электронизмерительных приборов	60
§ 27. Основные положения по разборке и сборке приборов	60
§ 28. Точность и надежность сборки	61
§ 29. Разборка и сборка магнитоэлектрических приборов	64
§ 30. Регулировка магнитоэлектрических приборов	67
§ 31. Разборка и сборка электромагнитных приборов	70
§ 32. Регулировка электромагнитных приборов	72
§ 33. Разборка, сборка и регулировка электродинамических приборов	73
§ 34. Разборка, сборка и регулировка ферродинамических приборов	74
§ 35. Разборка, сборка и регулировка комбинированных приборов	75
§ 36. Сборка и регулировка электростатических приборов	76
§ 37. Разборка и сборка индукционных приборов	79
§ 38. Регулировка счетчиков электрической энергии	82
§ 39. Ремонт и регулировка вибрационных гальванометров	85
§ 40. Регулировка самопишущих приборов	87
§ 41. Ремонт и настройка светолучевых осциллографов	89
§ 42. Ремонт цифровых приборов	90
§ 43. Ремонт реле	92
§ 44. Регулировка измерительных мостов	92
§ 45. Регулировка потенциометров	93
Литература	94

Владлен Эфранмович Расовский,
Геннадий Иванович Котов

РЕМОНТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПРИБОРОВ

Редактор Сильвестрович Г. А. Художественный редактор Панина Т. В. Художник Боровков Б. М. Технический редактор Родичева Р. С. Корректор Кожуткина В. В.

ИБ № 2393

Изд. № ЭГ—335. Сдано в набор 10.12.79. Подп. в печать 11.04.80. Т-04826. Формат 84X108¹/₃₂. Бум. тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 504 усл. печ. л. 495. уч.-изд. л. Тираж 80 000 экз. Зак. № 3087. Цена 10 коп.

Издательство «Высшая школа», Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Хохловский пер., 7

10 к.