ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ 5

Глава 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРО- И РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ 7

1.1. Техника безопасности при выполнении лабораторных работ 7

1.2. Описание рабочего места для выполнения лабораторных работ 10

1.3. Предварительная подготовка учащихся к лабораторным работам 10

1.4. Ознакомление с лабораторной работой на рабочем месте и ее выполнение 11

1.5. Рекомендации по сборке электрических схем лабораторных работ [5] 11

1.6. Включение схемы под напряжение и проведение экспериментальных исследований 13

1.7. Составление отчета 14

Вопросы для самоконтроля к главе 1 15

Глава 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ 16

2.1. Основные сведения об электрических измерениях 16

1.2. Электромеханические измерительные приборы. Магнитоэлектрические приборы 19

1.3. Использование измерительных приборов и аппаратуры в физическом практикуме 26

1.3.1. Амперметры и вольтметры 26

1.3.2. Ваттметры 27

1.3.3. Реостаты (потенциометры) 29

1.3.4. Автотрансформаторы 31

1.3.5. Ампервольтомметры 31

Вопросы для самоконтроля к главе 2 37

Глава 3. ЭЛЕКТРОННЫЕ ВОЛЬТМЕТРЫ.
МИЛЛИВОЛЬТМЕТР (на примере В3-38 А) 38

1. Назначение 39

2. Технические данные 39

3. Устройство и работа прибора и его составных частей 41

4. Указание мер безопасности 41

5. Подготовка к работе 42

6. Порядок работы 43

Вопросы для самоконтроля к главе 3 44

Приложение. НЕКОТОРЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
НА ШКАЛАХ ПРИБОРОВ 45

ЛИТЕРАТУРА 47

АННОТАЦИЯ

Методические указания содержат сведения, необходимые студентам на лабораторных занятиях, связанных с использованием радио- и электроизмерительной аппаратуры.

Методические указания представляют собой цикл работ, последовательно охватывающих темы: ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ; ЭЛЕКТРОННЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ; ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ.

– При рассмотрении особенностей ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ приведены общие указания к выполнению лабораторных работ с применением электро- и радиоизмерительной аппаратуры, включающие в себя:

– элементы техники безопасности,

– рекомендации по сборке электрических схем, по подготовке к лабораторной работе, по составлению отчета и т. п.

Кроме того, дается краткое описание систем электромеханических, магнитоэлектрических измерительных приборов, приведены особенности их практической эксплуатации. Рассмотрен ряд конкретных измерительных приборов и аппаратуры, широко используемых в школьном и студенческом физических практикумах (амперметры, вольтметры, ваттметры, реостаты, автотрансформаторы, ампервольтомметры). Изложены особенности функционирования электронного вольтметра на примере μV – В3-38 А

Во второй работе при рассмотрении функциональных и эксплуатационных возможностей современных ЭЛЕКТРОННЫХ ОСЦИЛЛОГРАФОВ излагается общий принцип работы осциллографа, приводятся соображения по выбору типа данного прибора для практических исследований, понятие о косвенных измерениях, структурная схема современного осциллографа.

На конкретных примерах осциллографов (СІ-76, ОЗУ, СІ-5) рассматриваются этапы подготовки прибора к работе, расположение органов управления и их назначение, процессы проведения измерений в различных режимах работы. Для каждого рассматриваемого прибора приводится его внешний вид, структурная схема, некоторые электрические схемы, поясняющие работу.

В третьей работе цикла рассмотрены функциональные и эксплуатационные особенности ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ: режим работы, порядок включения, проведения измерений, особенности конструкций, принцип действия, условия эксплуатации,

некоторые электрические и структурные схемы, принцип работы (на примере генераторов ГЗ-33, ГЗ-102, Г4-I8 А, ГЗМ-учебный).

Методические указания завершаются приложениями:

Приложение 1. «Некоторые условные обозначения на шкалах приборов».

Приложение 2. «Система обозначений радиоизмерительных приборов».

Методические указания рекомендуются как для оперативного получения информации об органах управления прибором, возможных режимах его работы, так и в ходе подготовки к лабораторным занятиям. На данном этапе полезно изучение принципа действия прибора, его структуры.

Методические указания снабжены подробным иллюстрационным материалом, примерами, приводится перечень используемой литературы, оглавление. Завершается каждая глава вопросами для самоконтроля.

Методические указания рекомендуются также для использования учителями физики средней школы на практических занятиях и при подготовке к ним, а также широкому кругу студенчества, связанному по типу учебы с изучением технических дисциплин.

Глава 1
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРО- И РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

1.1. Техника безопасности при выполнении лабораторных работ

Ввиду серьезной опасности поражения учащихся электрическим током при выполнении лабораторных работ по электрическим дисциплинам необходимы прочные знания и строгое выполнение правил техники безопасности при производстве электромонтажных и наладочных работ в электроустройствах.

Ознакомление с этими правилами и проверка знания их учащимися проводится преподавателями на первых 2-х лабораторных занятиях. Следует также отметить необходимость регулярной периодической проверки усвоения учащимися основных правил через каждые 4–5 занятий, т. к. по мере усвоения теоретического материала по курсу глубже осознается смысл требований этих правил.

Преподаватель на первых занятиях знакомит учащихся с лабораторией, основным оборудованием, учебными стендами, всеми источниками питания. Он практически демонстрирует основные правила сборки схем лабораторных работ, пользования макетами, измерительными приборами и инструментами, знакомит с плакатами по технике безопасности и общим порядком проведения работ в лаборатории.

Проверку усвоения правил должны пройти все учащиеся без исключения. Они должны четко представлять действие электрического тока на органы человека, знать средства защиты от поражения током и правила первой помощи пострадавшим от электрического тока.

Учащиеся, приступающие к выполнению работ, после получения инструктажа по технике безопасности расписываются в контрольном журнале.

1. Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, необходимо ознакомиться с источником питания лабораторной установки, чтобы выяснить наличие опасных для жизни человека напряжений.

2. Учащиеся, работающие в лаборатории, должны соблюдать установленные правила и включать лабораторные установки только с разрешения преподавателя.

3. Категорически запрещается: а) во время работы при включенных источниках питания касаться зажимов и оголенных мест проводников (особенно опасно одновременное прикосновение к контактам равной полярности); б) применение проводников с поврежденной изоляцией, скрутка коротких проводников для получения длинных концов и т. д.; в) самостоятельное включение рубильников и осмотр предохранителей на щитках источников общелабораторного питания; г) самостоятельное исправление повреждений в сети электропитания (розеток, выключателей и т. п.) и в лабораторных установках.

4. Перед сборкой схемы приборы, реостаты, рубильники, переключатели и другую аппаратуру следует расставить на рабочем столе так, чтобы не было лишних пересечений проводников при соединении схемы. Длина соединительных проводников должна соответствовать расстоянию между соединительными точками.

5. Каждая работа должна выполняться только с теми приборами, которые предназначены для нее.

6. Перед включением источников питания пределы измерений приборов должны соответствовать ожидаемым максимальным значениям переменных,

7. Прежде чем включить источники питания, необходимо показать собранную схему преподавателю или лаборанту.

8. Наличие напряжений на различных участках схемы можно проверить только с помощью измерительных приборов.

9. При обнаружении каких-либо неполадок в лабораторных установках или источниках питающих напряжений следует немедленно отключить схему и сообщить об этом руководителю занятий.

10. Прежде чем изменять схему или заменять предохранители при выполнении лабораторного задания, необходимо включить питающие напряжения.

11. Посла выполнения задания выключить питающее напряжение и затем, привести лабораторную установку в состояние, соответствующее ее первоначальному виду.

12. Запрещается самостоятельно производить какие-либо соединения в схеме, не оговоренные в описании лабораторной работы.

13. Ввиду открытого исполнения большинства электродвигателей лаборатории необходимо особо остерегаться, чтобы одежда или

соединительные провода между переносной аппаратурой и машинами не были захвачены вращающимися частями.

14. При работе с вращающимися агрегатами следует соблюдать особую осторожность, особенно при измерении скорости· их вращения.

15. При работе с цепями переменного тока, содержащими последовательно соединительные индуктивности и емкости, следует помнить, что напряжение в некоторых случаях может намного превышать напряжение источника питания.

16. Перед началом работы все имеющиеся в схеме реостаты полностью ввести, а потенциометры – вывести.

17. После снятия напряжения со схемы не следует сразу прикасаться к выводам конденсаторов, т. к. на них длительное время остается рабочее напряжение. Отключенные конденсаторы надо разрядить специальным разрядником.

18. После выполнения лабораторного задания необходимо полученные результаты измерений показать преподавателю и после их утверждения приступить к разборке исследуемой схемы. При этом соединительные провода аккуратно сложить в ящик рабочего стола, приборы установить на свои места.

19. При работе с радиоизмерительной аппаратурой (осциллографы, генераторы и т. д.) необходимо помнить, что внутри приборов напряжение превышает 200 В. Важно, чтобы прибор не имел механических повреждений, дефектов. Переключатели должны обеспечивать надежную фиксацию, иметь четкую маркировку. Перед включением прибора в сеть его необходимо заземлить. Более подробные указания по эксплуатации с соблюдением мер безопасности приведены по ходу изложения материала в данном пособии.

20. При несчастных случаях с людьми следует немедленно:

а). Освободить пострадавшего от воздействия электрического тока. Для этого необходимо быстро отключить напряжение; если выключатель находится далеко, оттянуть пострадавшего от источника напряжения. Оттягивать пострадавшего следует за концы одежды, не прикасаясь к его телу незащищенными руками.

б). Сразу после освобождения пострадавшего от действия электрического тока необходимо вызвать скорую медицинскую помощь, уложить его, освободив от стесняющей дыхание одежды, и в случае необходимости приступить к оживлению организма (восстановление дыхания и работы сердца), для этого необходимо применять два основных приема: проведение искусственного дыхания и

поддержание искусственного кровообращения путем ритмичного подавливания на переднюю часть грудной клетки.

21. При уходе из лаборатории необходимо убедиться в том, что источники питания и вспомогательные приборы (осциллографы, частотомеры, преобразователи, выпрямители, паяльники и др.) выключены.

1.2. Описание рабочего места для выполнения лабораторных работ

Для выполнения лабораторных работ учащимся предоставляется одно рабочее место на два-три человека. Рабочее место должно отвечать всем требованиям техники безопасности. При небольшой занимаемой стендом площади помещения он должен быть вместительным и удобным для работы. Для обеспечения фронтального метода проведения лабораторных работ стенд должен быть универсальным, что позволит при необходимости легко менять приборы и принадлежности для лабораторных работ.

Верх стола стенда следует покрыть линолеумом или пластинами для того, чтобы легко можно было поддерживать чистоту.

При выполнении лабораторных работ на стендах должно находиться только то, что непосредственно относится к выполняемой работе. Тщательный подбор измерительной аппаратуры имеет большое значение для качества выполнения работы. Использование неисправных приборов приводит к большим погрешностям при измерениях, что существенно сказывается на результатах эксперимента. Нежелательно использование морально устаревшей аппаратуры.

1.3. Предварительная подготовка учащихся к лабораторным работам

С целью получения максимальной эффективности в освоении учащимися программного материала по курсу рекомендуется и тщательно контролируется предварительная подготовка учащихся к лабораторным работам. Для этого преподаватель за 3–4 дня до проведения определенной лабораторной работы знакомит учащихся с темой работы, рекомендует соответствующую литературу с конкретным указанием страниц и разделов источников. Обычно это происходит по окончании предыдущей лабораторной работы.

Самостоятельная предварительная подготовка учащихся включает в себя следующее: а) изучение теоретического материала, на практическое усвоение и закрепление которого направлено проведение лабораторных работ; б) изучение цели и порядка проведения лабораторной работы; в) подготовку рабочих тетрадей для лабораторных работ: вычерчивание схем, таблиц или запись необходимых расчетных формул, справочных данных по физическим константам и размерностям.

Неподготовленные в таком объеме учащиеся к участию в проведении лабораторных работ не могут быть допущены, т. к. проведение лабораторных работ не является самоцелью, а эффективность участия в работе таких учащихся равна нулю. Кроме того, такие учащиеся являются потенциальными нарушителями техники безопасности.

1.4. Ознакомление с лабораторной работой на рабочем месте и ее выполнение

Допущенная к выполнению лабораторной работы бригада в первую очередь знакомится с лабораторной установкой и стендом. Разделив между собой обязанности, учащиеся подбирают необходимую вспомогательную аппаратуру и монтажные приспособления согласно перечню средств к каждой лабораторной работе. Затем они расставляют аппаратуру и приступают к монтажу схемы, соблюдая основные указания, приведенные в п. 1.1. После проверки монтажа схемы преподавателем или лаборантом учащиеся выполняют работу согласно указаниям соответствующего пособия.

Если лабораторный стенд универсальный, т. е. служит рабочим местом для нескольких разнородных работ, тогда перед учащимися стоит более трудная, но и более интересная задача – выбрать из имеющейся аппаратуры именно ту, которая необходима для данной работы. Приборы следует подбирать так, чтобы значения измеряемых величин находились в пределах 20–80% шкалы прибора.

1.5. Рекомендации по сборке электрических схем лабораторных работ [5]

Хорошо продуманный и тщательно выполненный монтаж (сборка) схемы лабораторной работы облегчает проверку его, создает необходимые удобства при экспериментировании и предохраняет неопытных экспериментаторов от поражения электрическим током.

При выполнении монтажа схем лабораторных работ руководствуются:

а) принципиальной схемой;

б) удобством расположения приборов;

в) правилами техники безопасности.

Очень важно, чтобы монтаж был по возможности простым, регулировочная и пусковая аппаратура была доступной для управления и обеспечивала бы максимальную оперативность и безопасность. Измерительная аппаратура должна располагаться так, чтобы удобно было производить отсчеты – по возможности с одного места.

Приборы электродинамической и электромагнитной систем следует располагать вне сферы влияния магнитных полей катушек и реостатов с большим числом витков и проводов с большими токами.

Сечения соединительных проводов должны быть рассчитаны на длительное прохождение максимального тока в цепи, а изоляция – на отсутствие пробоя между отдельными элементами схемы и корпусов. Соединительные провода не должны закрывать шкалы измерительных приборов, недопустимо также их натянутое состояние. Все места соединений проводов с элементами схемы должны иметь хороший контакт и надежно закрепляться в зажимах.

При переносе чувствительных приборов их необходимо арретировать или ставить перемычки между входными клеммами, если приборы не имеют арретиров.

Измерительные приборы необходимо располагать в соответствии с указаниями на шкале – горизонтально или вертикально. Монтаж лабораторных работ удобнее производить следующим образом. Руководствуясь принципиальной схемой лабораторной работы, *необходимо начать сборку главной последовательной цепи. Для этого мы двигаемся от одного зажима источника питания и заканчиваем – на другом зажиме источника.* Затем, к этой цепи в соответствующих местах разветвления присоединяются все параллельные участки цепи.

Участвовать в монтаже схемы должны все члены бригады следующим образом: один участок схемы собирает первый учащийся, а остальные опять-таки его проверяют и т. д. Таким образом, учащимся предоставляется возможность получить навыки по выполнению монтажа электрических схем.

1.6. Включение схемы под напряжение и проведение экспериментальных исследований

Каждая собранная учащимися схема лабораторной работы обязательно должна быть показана руководителю работ, и только после его разрешения на нее может быть подано напряжение.

При включении схемы под напряжение необходимо сразу обратить внимание на показания электроизмерительных приборов. Если стрелка какого-либо прибора не отклоняется, это указывает или на обрыв цепи, или на неправильное присоединение входа прибора. В первом случае следует проверить соответствующую цепь, а во втором – поменять местами концы присоединенных к прибору проводов. В обоих случаях схему необходимо отключить от источника питания и после этого устранить неисправность. Затем на схему снова подают напряжение и производят пробный опыт, не записывая, а только наблюдая за показаниями приборов, т. е. проверяют правильность собранной схемы и соответствие пределов измерений электроизмерительных приборов.

Перед проведением измерений следует проверить установки стрелок приборов на начальные отсчеты шкал. Если стрелка какого-либо прибора отклоняется от нулевого отсчета, ее при помощи корректора устанавливают в правильное положение.

После этого выполняют требуемый опыт и записывают показания приборов в таблицы рабочих тетрадей. Проводить любой отсчет можно после того, как стрелка прибора установилась. Так как в большинстве работ приходится делать одновременно отсчеты по нескольким приборам, то для наблюдения за каждым из них назначается отдельный учащийся, ведущий свою запись показаний. Отсчеты показаний следует проводить очень внимательно; они делаются одновременно со всех приборов по команде одного из членов бригады.

Для построения графиков необходимо сделать 7–8 отсчетов. По окончании опыта все записи сводятся в общую тетрадь, по которой строится график.

На столе должно быть выделено место для записи результатов опыта, вычерчивания графиков и составления таблиц. Следует ко всякому измерению относиться критически, необходимо выработать привычку проверять измерения расчетом, повторными измерениями и сопоставлением полученных экспериментальных данных с

предполагаемыми теоретически. При выполнении работы необходимо проявлять творческую активность и самостоятельность.

По окончании опыта, не разбирая схемы, проверяют записанные результаты. Для этого на листах миллиметровой, бумаги строят оси координат и в удобном масштабе по осям откладывают полученные при опыте значения измеренных параметров. Получают несколько точек, которые соединяют друг с другом плавной линией. Если часть точек при этом резко выпадает за пределы линии, то это указывает или на отсутствие навыков у учащегося, проводящего соответствующий замер, или наличие помех во время опыта. Выпавшие точки легко могут быть проверены повторным экспериментом и график исправлен. Полученные результаты необходимо показать преподавателю.

1.7. Составление отчета

После выполнения лабораторной работы учащиеся оформляют результаты экспериментов в виде отчета. Отчет составляется каждым учащимся индивидуально на основе записей в своей рабочей тетради. Содержание отчета оговаривается в описании каждой конкретной лабораторной работы.

Отчет выполняется чернилами на стандартных листах бумаги. Схемы и графики вычерчиваются аккуратно чертежным карандашом и с помощью чертежных принадлежностей. Все схемы должны быть выполнены согласно стандартным обозначениям.

На графиках обозначают, к какому опыту и какой таблице наблюдений они относятся, а *на осях координат* обязательно *указывают*, какая величина отложена и в каких единицах она измеряется. Масштаб графиков должен быть удобным для построения и использования.

В одних осях координат можно строить несколько кривых, если их соседство увеличивает наглядность и облегчает сопоставление. Для удобства использования графика его размеры по осям абсцисс и ординат выбираются так, чтобы отношения между ними были не более 1,5:1. На рис. 1 приведен пример построения графика.

Может случиться, что через полученные на опыте точки нельзя провести плавную кривую так удачно, как это показано на рис. 1, и при соединении всех точек получается зигзагообразная линия, показанная пунктиром. В этом случае следует провести плавную кривую, захватывающую наибольшее число точек или занимающую среднее положение между ними.

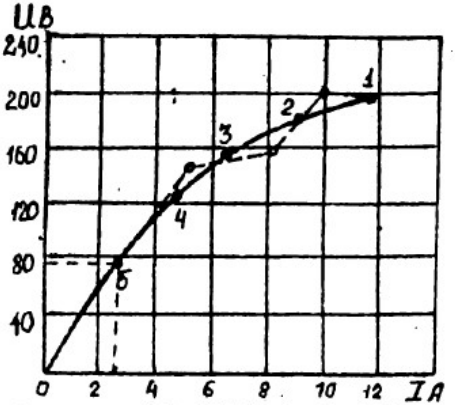

Рис. 1. Пример построения графика

В заключение отчета на основании полученных экспериментальных данных следует сделать *краткие выводы*, содержащие объяснение полученных результатов с точки зрения теории. В качестве наглядного руководства по оформлению отчета по лабораторной работе для учащихся в лаборатории, вывешивается образцовый отчет.

Вопросы для самоконтроля к главе 1

1. Объясните, как Вы поняли сущность основных элементов техники безопасности при выполнении лабораторных работ, связанных с использованием электрического тока.

2. Каким образом следует приготовить рабочее место к проведению работы?

3. Объясните, в какой последовательности необходимо действовать в случае повреждения работающего электрическим током? Как избежать подобных несчастных случаев?

4. Перечислите основные рекомендации по сборке электрических схем.

5. Назовите основные правила по оформлению отчета и подготовки к лабораторной работе.

Глава 2
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

2.1. Основные сведения об электрических измерениях

Измерительная техника представляет собой совокупность методов и средств для получения достоверной количественной информации о характеристиках веществ, материалов, изделий, технологических процессов и физических явлений. Она является одним из решающих факторов технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства. Одно из центральных мест в измерительной технике занимают электрические измерения. Задачей электрических измерений является нахождение значений электрических величин опытным путем с помощью специальных электротехнических средств и выражение этих значений в принятых единицах [7].

Виды средств электрических измерений. Различают следующие виды средств электрических измерений: меры, электроизмерительные приборы, электроизмерительные установки, информационно-измерительные системы.

Мерами называют средства измерений, предназначенные для воспроизведения физической величины заданного размера. Мерами электрического сопротивления являются образцовые сопротивления, мерами индуктивности – измерительные катушки собственной и взаимной индуктивности, мерами электрической емкости – образцовые конденсаторы и т. д.

Измерительными приборами называют средства измерений, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации, т. е. сигналов, функционально связанных с измеряемыми физическими величинами, в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Все измерительные приборы *подразделяются* на аналоговые и цифровые. Измерительный прибор (ИП), показания которого являются непрерывной функцией измеряемой величины, называют аналоговым прибором. Прибор, автоматически вырабатывающий дискретные сигналы измерительной информации, показания которого представлены в цифровой форме, называют цифровым прибором.

Кроме того, *по виду получаемой информации* ИП делят на показывающие, регистрирующие, самопишущие, печатающие, интегрирующие и суммирующие. Показывающие ИП допускают только

отсчет показаний. Прибор, в котором предусмотрена регистрация показаний, является регистрирующим прибором. Регистрирующий прибор, в котором предусмотрена запись показаний в форме диаграммы, называют самопишущим, а прибор с устройством для печатания показаний в числовой форме – печатающим. В интегрирующем приборе подводимая величина подвергается интегрированию по времени или по другой независимой переменной (например, индукционный счетчик). В суммирующем приборе показания функционально связаны с суммой двух или нескольких величин, подводимых к нему по различным каналам.

По способу сравнения замеров все ИП делят на:

– приборы прямого действия;

– и приборы сравнения.

В приборе прямого действия предусмотрено одно или несколько преобразований величин в одном направлении. Приборами прямого действия предусмотрено одно или несколько преобразований величин в одном направлении. Приборами прямого действия являются *стрелочные приборы* (амперметр, вольтметр, ваттметр и др.). Приборы сравнения предназначены для непосредственного сравнения измеряемой величины с величиной, значение которой известно (например, электроизмерительный мост).

Измерительной *установкой* называют совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов и преобразователей) и вспомогательных устройств.

Она предназначена для получения сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Информационно-измерительные *системы* (ИИС) представляют собой совокупность средств измерений и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи. Они предназначены для автоматического получения измерительной информации от ряда ее источников, а также для передачи, обработки и представления измерительной информации в той или иной форме.

Основные показатели качества измерений. Качество результатов измерений принято характеризовать размером допущенных погрешностей (неточностей). Все погрешности классифицируются по целому раду признаков.

Разность между результатом измерения x и действительным значением измеряемой величины X называется *абсолютной погрешностью* измерения:

$\Delta X = x - X$.

Абсолютная погрешность не может, однако, служить мерой точности, так как, например, погрешность $\Delta I = 0{,}5$ А при измерении тока в 1000 А достаточно мала, а при измерении тока в 1 А недопустимо велика. Поэтому вводится понятие *относительной погрешности* измерения.

$$\delta_x = \frac{\Delta X \cdot 100}{x}$$

Погрешность средств измерений характеризуют приведенной погрешностью γ, под которой понимают отношение абсолютной погрешности ΔX к нормирующему значению x_N, $\gamma = \Delta X \cdot 100 / x_N$. Нормирующее значение, принимается равным:

а) для средств измерений с равномерной или степенной шкалой, если нулевая отметка находится на краю или вне шкалы – конечному значению рабочей части шкалы;

б) для средств измерений с равномерной или степенной шкалой, если нулевая отметка находится внутри рабочей части шкалы – арифметической сумме конечных значений рабочей части шкалы (без учета их знака);

в) для средств измерения с установленным номинальным значением – номинальному значению.

Класс точности средств измерений – обобщенная характеристика средств измерений, определяемая пределами допустимых основной и дополнительной погрешностей, а также другими свойствами средств измерений, влияющими на их точность, значения которых устанавливаются в стандартах на отдельные виды измерений.

Основная погрешность – погрешность, свойственная средству измерений, находящемуся в нормальных условиях применения.

Дополнительная погрешность – изменение показаний средств измерений при отклонении условий применения от нормальных.

Установлены следующие классы точности электроизмерительных приборов 0,05: 0,1: 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Классы точности средств измерения характеризуют их свойства, но не являются непосредственной характеристикой точности измерений. Точность измерений обычно выражают относительными погрешностями.

1.2. Электромеханические измерительные приборы. Магнитоэлектрические приборы

Магнитоэлектрические приборы (МЭП) основаны на взаимодействии измеряемого тока в подвижной катушке с полем постоянного магнита (рис. 1). Угол отклонения стрелки прибора от нейтрального положения прямо пропорционален току, протекающему в катушке, $\alpha = A_M \cdot I_0$, (здесь A_M – коэффициент, зависящий от конструкции и параметров прибора).

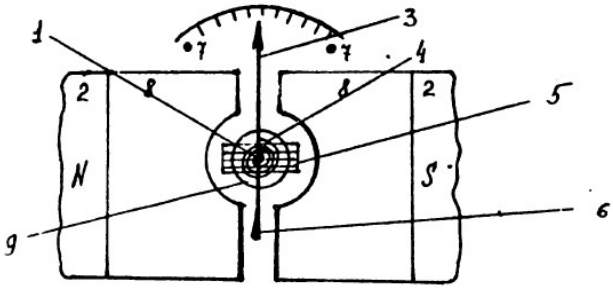

Рис. 1. МЭП. Устройство. 1 – ось прибора; 2 – постоянный магнит; 3 – стрелка; 4 – токоподводящая пружина; 5 – рамка (катушка); 6 – противовес; 7 – ограничители на шкале; 8 – полюсные надставки; 9 – цилиндр, выполненный из магнитомягкого материала.

Для обозначения приборов этого типа на их шкалах нанесен условный знак ∩. (*См. приложение 1*). Приборы применяются в электрических *цепях постоянного тока* для измерения *токов* и *напряжений*, имеют равномерную шкалу, отличаются высокой точностью и чувствительностью, небольшой мощностью потребления электрической энергии, устойчивостью к внешним магнитным полям и изменению температуры окружающего воздуха. Существенным недостатком этих приборов является относительно высокая стоимость и сложность конструкции.

Обмотка катушки прибора намотана на алюминиевую прямоугольную рамку «5» (рис. 1) тонким изолированным медным проводом, рассчитанным на ток от 0,1 до 200 мА, так как большие токи чрезмерно повышают нагрев спиральных пружин, создающих противодействующий момент и подводящих электрический ток к обмотке. Поэтому при непосредственном включении приборов этого

типа могут быть измерены токи не более 200 мА. Для расширения пределов измерения применяют шунты (рис. 2).

При этом измеряемый ток в цепи определяют по формуле

$$I = (1 + R_A / R_Ш) I_A = K_Ш \cdot I_A ,$$

где R_A, $R_Ш$ – соответственно сопротивления прибора (катушки) и

I_A – ток, измеряемый миллиамперметром;

$K_Ш$ – коэффициент шунтирования.

Значение сопротивления R_A обычно указано на приборе.

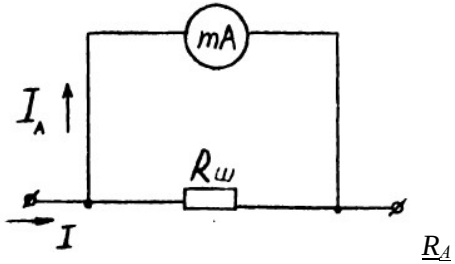

Рис. 2

Магнитоэлектрические амперметры с верхним пределом измерения до 100 А имеют шунт, встроенный в корпус прибора. Градуировка такого прибора выполняется вместе с шунтом.

При использовании магнитоэлектрических приборов в качестве *вольтметров*, они снабжаются добавочным резистором $R_д$, который включают последовательно с прибором (рис. 3).

В этом случае измеряемое напряжение

$$U = (1 + R_Д / R_В) U_В ,$$

где $R_В$ и $R_Д$ – сопротивления прибора и добавочного резистора соответственно;

$U_В$ – напряжение, измеряемое милливольтметром (без добавочного сопротивления).

В вольтметрах с верхним пределом измерения до 600 В добавочный резистор встроен в корпус прибора, а при больших напряжениях его помещают в отдельный кожух.

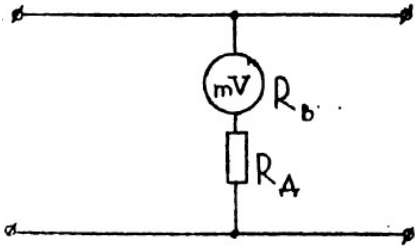

Рис. 3

Магнитоэлектрические приборы со встроенными в их корпус выпрямителями называются *выпрямителями* и *используются* для измерения переменных токов и напряжений в диапазоне частот от 50 Гц до 40 кГц.

Электромагнитные приборы. Электромагнитные приборы основаны на воздействии магнитного поля (возбужденного измеряемым током в неподвижной обмотке) на подвижную ферромагнитную пластину, укрепленную на одной оси со стрелкой.

Для обозначения приборов этого типа на их шкалу нанесен условный знак . В приборах этого типа угол отклонения стрелки пропорционален квадрату тока в неподвижной катушке:

$$\alpha = A_{ЭМ} \cdot I^2,$$

где $A_{ЭМ}$ – коэффициент, зависящий от конструкции и параметров прибора.

Эти приборы пригодны *для измерения постоянных и переменных токов и напряжений*, отличаются простотой конструкции, надежностью в эксплуатации и невысокой стоимостью, обладают большой передаточной способностью. К их недостаткам следует отнести: меньшую точность в сравнении с магнитоэлектрическими приборами, неравномерность шкалы.

Верхний предел измерения электромагнитных амперметров при непосредственном последовательном включении в электрическую цепь составляет 200–300 А. Для расширения пределов измерения

электромагнитных амперметров шунты не применяются (это объясняется увеличением габаритов), а используются измерительные трансформаторы тока ТТ (рис. 5).

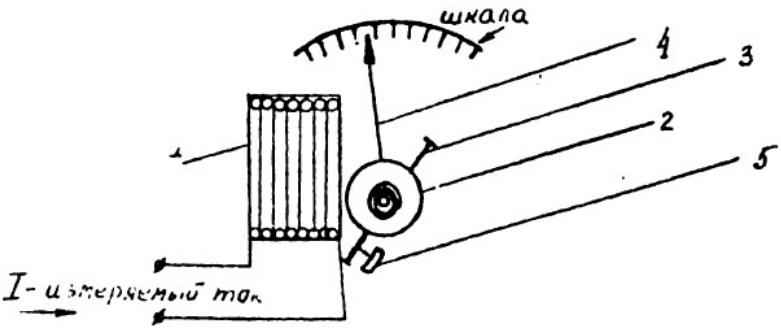

Рис. 4. Устройство прибора электромагнитной системы.
1 – неподвижная катушка; 2 – ферромагнитная пластина; 3 – ось; 4 – стрелка; 5 – магнитный успокоитель

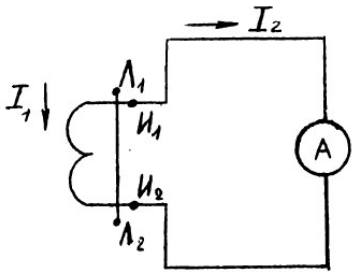

Рис. 5

Первичная обмотка такого трансформатора включается последовательно в цепь переменного тока и имеет зажимы $Л_1$ и $Л_2$. Вторичная обмотка с зажимами $И_1$ и $И_2$, рассчитанная на номинальный ток 1; 2; 2,5 или 5 А замыкается на амперметр. Коэффициент трансформации принято обозначать по отношению номинальных токов: первичного ко вторичному.

При включении амперметра через измерительный трансформатор, измеряемый ток I определяют по формуле

$$I_1 = K_1 I_2,$$

где K_1 – коэффициент трансформации;

I_2 – показание амперметра.

Электромагнитные вольтметры отличаются от *амперметров* тем, что обмотка их выполнена большим числом витков такого провода. Кроме этого, они имеют еще добавочный резистор, встроенный в корпус прибора. Верхний предел измерения электромагнитных вольтметров при их непосредственном параллельном включении в электрическую цепь составляет 500–600 В. Для расширения пределов измерения электромагнитных вольтметров на постоянном токе применяют внешние добавочные резисторы, а на переменном токе – измерительные трансформаторы напряжения (ТН) с первичной обмоткой АХ и вторичной ах (рис. 6).

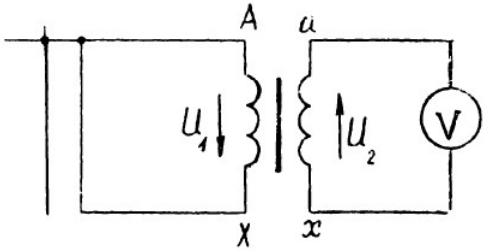

Рис. 6

При включении вольтметра через измерительный трансформатор напряжения, измеряемое напряжение U_1 находят по формуле

$$U_1 = K_u U_2,$$

где K_u – коэффициент трансформации измерительного трансформатора;

U_2 – показатель вольтметра.

Электродинамические приборы. Знак на шкале – . Электродинамические приборы основаны на принципе взаимодействия токов двух обмоток, одна из которых неподвижна, а другая, с укрепленной на ней стрелкой, может изменять свое положение относительно первой (рис. 7).

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru