Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

\_\_\_\_\_\_\_

**Саратовский политехнический институт**

**ордена Трудового Красного Знамени.**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ**

**И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

Программа, методические указания

и контрольные задания

для студентов специальности 0303

заочной формы обучения

Одобрено

редакционно-издательским советом

Саратовского политехнического института

Саратов – 1988

*ВВЕДЕНИЕ*

Данные методические указания содержат программу по курсу "Основы метрологии и электрические измерения" для студентов-заочников специальности 0303 ("Электроснабжение промышленных предприятий, городов и сельского хозяйства"). Учитывая, что до настоящего времени нет единого учебника по данному курсу, студентам рекомендуются учебники как по метрологии, так и по электрическим измерениям. Программа курса составлена в объеме, необходимом для усвоения основ метрологии и теории ошибок, методов обработки результатов измерений, принципа действия и основных характеристик средств измерения физических величин, а также методов их измерения.

В результате изучения курса студенты должны: научиться рассчитывать погрешности измерений и средств измерений в условиях эксплуатации измерительной аппаратуры; научно обоснованно выбирать номенклатуру средств измерений, методы измерения для решения различных измерительных задач в соответствии с действующими стандартами; приобрести знания принципа, устройства и основных свойств современных измерений; уметь оценить погрешность результатов измерений.

Основная цель лабораторных - изучение электрон мерительных приборов и их основных характеристик, овладение методами поверки приборов и измерения различных электрических величин, выполнение обработки результатов измерений.

Учебный план предусматривает лабораторные занятия по основным разделам курса и 2 контрольные работы.

После выполнения лабораторных работ студенты сдают зачет по ним, а по всему курсу - экзамен.

*1. Программа и методические указания по отдельным темам курса.*

*1.1. Основы метрологии*

*1.1.1. Основные понятия метрологии и стандартизации.*

Метрология и стандартизация, их задачи и значение. Роль метрологии и стандартизации в повышении качества продукции и эффективности народного хозяйства. XXVII съезд КПСС о повышении качества выпускаемой продукции и метрологическом обеспечении. Постановление партии и правительства о стандартизации. Вклад отечественных ученых в развитие метрологии и стандартизации. Место метрологии в подготовке инженера-электрика.

Основные термины и определения метрологии. Физические величины и их единицы. Виды и методы измерений. Виды средств измерений. Общие структурные элементы средств измерений. Методы электрических измерений. Метрологические характеристики средств электрических измерений: нормальные условия, основная погрешность, влияющие факторы, дополнительные погрешности, вариация, классы точности, время успокоения, потребляемая мощность. Погрешности измерений. Обработка результатов измерений [1], [2, Глава 1, 2], [3, Глава 1, §§ 1.1-1,3, Глава 2, §§ 2.1-2.5], [4, Глава 1].

*Методические указания.*

Данная тема посвящена основным понятиям метрологии и стандартизации. При изучении материала темы необходимо обратить особое внимание на то, какую роль играет метрология в современном производстве, как связаны между собой измерения и качество продукции, какое внимание уделяет партия и правительство вопросам метрологического обеспечения и стандартизации.

Необходимо иметь ясное представление об основных терминах и определениях метрологии, о системах физических величин.

Студент должен иметь четкие понятия о методах электрических измерений, о погрешностях, возникающих при производстве измерений, уметь определять эти погрешности.

*Вопросы для самопроверки к теме 1.1.1*

1. Какие постановления партии и правительства направлены на улучшение метрологического обеспечения и стандартизации производства?

2. Как взаимосвязаны измерения, качество выпускаемой продукции и эффективность народного хозяйства?

3. Каков вклад отечественных ученых в дело развития метрологии и стандартизации?

4. Что изучает наука «метрология»?

5. Поясните смысл таких определений, как «физическая величина», «измерение».

6. Перечислите виды измерений и дайте их краткую характеристику.

7. Перечислите методы измерений и охарактеризуйте каждый из них.

8. Назовите виды средств электрических измерений и дайте краткую характеристику каждому виду.

9. Расскажите о принципе построения системы единиц измерения.

10. Перечислите основные погрешности, возникающие при измерениях, дайте их характеристику, методы их определения.

11. Что называют классом точности прибора? Как определяется класс точности?

12. Назовите основные единицы системы СИ.

13. Какими методами производится обработка результатов наблюдений при прямых равноточных измерениях?

14. Что называют доверительной вероятностью и в каких случаях ею пользуются?

*1.1.2. Государственная система обеспечения единства измерений.*

Метрология и метрологический надзор за средствами измерений. Поверка средств измерений. Эталоны. Поверочные схемы. Меры электрических величин. [2, Глава XI], [4, Глава II], [2, Глава II, §15, Глава IV, IX].

*Методические указания*

Вторая тема посвящена работе Госстандарта СССР и его задачам по обеспечению единства измерений и единообразия средств измерений.

Изучая материал этой темы, студент должен достаточно хорошо представлять себе назначение поверки средств измерений, эталонов и поверочных схем, иметь представление о видах и периодичности поверок, о мерах электрических величин.

*Вопросы для самопроверки к теме 1.1.2.*

1. Кем и как в СССР осуществляется метрологический контроль?

2. Каковы Функции Госстандарта СССР и подведомственных ему служб?

3. Что называют поверкой средств измерения, из каких операций складывается поверка?

4. Что называют эталоном, какие бывают эталоны?

5. Перечислите меры электрических величин, дайте их краткие характеристики.

6. Дайте определение поверочной схемы и назовите виды поверочных схем.

*1.1.3. Надежность средств измерений*

Общие сведения о надежности. Термины и определения. Показатели надежности технических средств. Оценка надежности средств измерений. Обеспечение надежности средств измерений и пути ее повышения. [4, Глава III].

Материал этой темы посвящен такому важному показателю средств измерений, как надежность. Студент должен знать такие основные определения, как безотказность, ремонтопригодность, отказ и наработка на отказ и т.п., иметь представление об основных показателях надежности средств измерений, об обеспечении надежности.

*Вопросы для самопроверки к теме 1.1.3.*

1. Что понимают под определением "надежность"?

2. Из каких свойств изделия складывается надежность?

3. Что называют отказом и каковы причины отказов?

4. Чем характеризуется вероятность и интенсивность отказов?

5. Что является основным показателем долговечности изделий?

6. Какими путями можно обеспечить высокую надежность средств измерений?

*1.2. Электрические измерения*

*1.2.1. Общие сведения об электрических измерениях*

Место и роль измерений в технике. Система единиц СИ. Классификация измерений, средств измерений и погрешностей. Классы точности. Поверка средств измерения. Основные характеристики средств измерения. [3, Глава II].

*Методические указания*

Материал данной главы в какой-то мере перекликается с материалом темы 1.1.1., но здесь больше уделяется внимание именно электроизмерительным приборам. Поэтому здесь рекомендован только источник [3].

*1.2.2. Методы измерения электрических величин приборами непосредственной оценки*

Структурная схема приборов непосредственной оценки. Чувствительность и постоянная приборов. Классификация приборов по принципу и способу получения вращающего момента. Уравнение шкалы. Динамика подвижной части и время успокоения прибора. Структура и общие элементы конструкции электромеханических приборов, основные узлы и элементы конструкции. Принцип действия, устройство и теория электромеханических измерительных механизмов (магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, ферродинамические, электростатические механизмы). Измерение тока и напряжения приборами непосредственной оценки. Методические погрешности измерения тока и напряжения с помощью амперметров. Сравнительный анализ амперметров и вольтметров различных систем по основным показателям точности, чувствительности, собственному потреблению мощности, надежности и т.д. Поверка амперметров и вольтметров. Расширение пределов измерения амперметров и вольтметров - шунты, добавочные сопротивления, измерительные трансформаторы тока и напряжения.

Измерение мощности и энергии приборами непосредственной оценки. Косвенный метод измерения мощности в цепях постоянного и переменного (однофазного) токов. Методические погрешности. Измерение активной мощности в цепях трехфазного тока.

Измерение реактивной мощности. Многопредельные и комбинированные приборы для измерения тока, напряжения, мощности. Устройство, принцип действия, теория индукционного счетчика. Измерение энергии индукционными счетчиками в цепях однофазного и трехфазного тока. Расширение пределов измерения ваттметров и счетчиков с помощью измерительных трансформаторов.

Измерение коэффициента мощности, угла сдвига фаз и частоты. Логометры переменного тока.

Измерение параметров электрической цепи. Измерение электрического сопротивления косвенным методом. Методические погрешности. Особенности измерений больших и малых сопротивлений. Мосты постоянного и переменного токов. Двойной мост постоянного тока, область его применения, погрешности, чувствительность. Многопредельные и комбинированные приборы «ампервольтомметры». [Глава III, § 3.1. - 3.6; 3.11; 3.12.] [Глава IV, § 4.1. - 4.4.] [Глава V, § 5.1. - 5.5.] [Глава VIII, IX, X, XII, XIII, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX]

*Методические указания*

Вопросы данной темы охватывают раздел, посвященный принципу действия, устройству и теории электромеханических измерительных механизмов.

В результате изучения материала данной темы студент должен достаточно хорошо знать конструкцию применяемых в настоящее время электромеханических механизмов, основы теории этих механизмов, область применения, их достоинства и недостатки.

Огромное внимание уделяется правильному учету генерируемой и потребляемой электроэнергии, распределению мощности, как в энергосистеме, так и на отдельно взятом предприятии, экономии электроэнергии в быту и на производстве. Поэтому совершенно ясно, что инженер-электрик обязан знать устройство, принцип действия, теорию ваттметров и индукционных счетчиков, уметь грамотно составить и начертить схемы измерения активной и реактивной мощности и энергии.

В последнее время все большее применение находят комбинированные переносные многопредельные приборы для измерения тока, напряжения и сопротивления. Студент должен знать устройство этих приборов и умело использовать в практической работе,

Уметь определять предел измерения, цену деления и погрешность при измерении этими приборами той или иной величины.

*Вопросы для самопроверки к теме 1.2.2.*

1. Что называют чувствительностью и постоянной приборов?

2. Как классифицируются приборы по принципу действия?

3. Каков принцип действия магнитоэлектрического измерительного механизма?

4. Каков принцип действия электромагнитного измерительного механизма?

5. Каков принцип действия электродинамического измерительного механизма?

6. Каков принцип действия ферродинамического измерительного механизма?

7. Каков принцип действия электростатического измерительного механизма?

8. Почему у приборов с электромагнитным измерительным механизмом шкала неравномерная, а с магнитоэлектрическим механизмом - равномерная?

9. Как можно расширить пределы измерения амперметров и вольтметров с магнитоэлектрическими измерительными механизмами?

10. Как можно расширить пределы измерения амперметров и вольтметров с электромагнитным измерительным механизмом?

11. Как можно измерить активную мощность в трехфазной цепи с равномерной и неравномерной нагрузкой?

12. Как можно измерить реактивную мощность в трехфазной цепи?

13. Как расширить предел измерения ваттметра при измерении мощности в трехфазной цепи?

14. Каков принцип действия индукционного счетчика?

15. Как измерить активную и реактивную энергии в цепи трехфазного тока?

16. Как расширить предел измерения индукционного счетчика?

17. Как можно измерить активное сопротивление?

18. Как можно измерить реактивное сопротивление?

19. Как принципиально устроен мост для измерения сопротивления?

20. Что представляет собой конструктивно ампервольтомметр?

*1.2.3. Регистрация, наблюдение и осциллографирование электрических процессов.*

Общие сведения. Самопишущие приборы, их свойства, область применения. Назначение осциллографов и их роль в науке и технике. Светолучевые и электронные осциллографы. Область применения различных осциллографов. [3, Глава V]. [4, Глава XII].

*Методические указания*

При контроле над ходом технологического процесса, в научных исследованиях, при измерениях быстропротекающих процессов и в условиях, затрудняющих измерения, возникает необходимость регистрировать измерительную информацию. Здесь на помощь приходят самопишущие приборы и различного вида осциллографы.

В результате работы над материалом данной темы студент должен знать как классифицируются регистрирующие приборы (РП), от чего зависит выбор того или иного вида РП, принцип действия самопишущих приборов, светолучевых и электронных осциллографов.

*Вопросы для самопроверки к теме I.2.3.*

1. Для какой цели применяются самопишущие приборы?

2. Назовите основные узлы самопишущего прибора.

3. С какой целью применяются светолучевые осциллографы?

4. Для какой цели применяются электронные осциллографы?

5. Как выбрать тот или иной регистрирующий прибор?

*1.2.4. Аналоговые электронные приборы*

Классификация электронных измерительных приборов. Особенности измерений напряжения и тока в высокоомных и высокочастотных цепях. Назначение и классификация электронных вольтметров. [3, Глава 7, §§ 7.1, 7.2, 7.5, 7.6,], [4, Глава XXV, §§ 25.1, 25,2, 25.3 - 25.5].

*Методические указания*

Изучая материал данной темы, необходимо уяснить разницу между дискретной формой измерений и непрерывной, усвоить особенности цифровых приборов по сравнению со стрелочными.

*Вопросы для самопроверки к теме I.2.4.*

1. Чем отличается непрерывная форма измерений от дискретной?

2. Как классифицируются электронные измерительные приборы?

3. В чем особенность измерения напряжения и тока в высокоомных и высокочастотных цепях?

4. Как классифицируются электронные вольтметры?

5. Дайте структурную схему электронного вольтметра постоянного тока.

*1.2.5. Электрические измерения неэлектрических величин*

Общие сведения. Преобразователи неэлектрических величин в одну из электрических величин. Параметрические преобразователи. Генераторные преобразователи. Измерение механических величин. Измерение температуры. [6].

*Методические указания*

В современных условиях высокого развития техники промышленное производство немыслимо без автоматического контроля над технологическим процессом. Решить эту сложную задачу помогают электрические измерения неэлектрических величин, таких как температура, давление, содержание газов, размеры, уровень жидкости и т.п.

Работая над материалом этой темы, студент должен иметь понятия о преобразователях неэлектрических величин (датчиках) в электрические величины, о принципах измерения той или иной неэлектрической величины электрическим методом.

*Вопросы для самопроверки к теме 1.2.5*

1. Как классифицируются параметрические преобразователи?

2. Как классифицируются генераторные преобразователи?

3. Как электрическим методом можно измерить температуру?

4. Как электрическим методом можно измерить величину перемещения?

*Примерный перечень лабораторных работ*

1. Изучение конструкции электроизмерительных приборов.

2. Поверка вольтметров и амперметров.

3. Поверка индукционного счетчика и измерение электрической энергии.

4. Измерение активной мощности в трехфазной цепи методом двух ваттметров.

5. Исследование самопишущих приборов.

6. Измерение сопротивлений различными методами. Исследование работы моста постоянного тока.

7. Исследование цифрового вольтметра.

8. Исследование электродного осциллографа.

9. Исследование работы термопар и термометров сопротивления.

*Контрольные задания*

Студент выполняет 2 контрольные работы. Первая работа предусматривает решение задач с 1 по 4, а вторая – с 5 по 8.

Номера вариантов выбираются по последней цифре номера зачетной книжки – его шифра. Например, номер зачетной книжки 839315. В первой контрольной работе студент решает задачи 1, 2, 3 и 4 с вариантом 5 (см. соответствующие таблицы). Во второй работе решаются задачи 5, 6, 7, 8 с тем же 5-м вариантом. Если студент выполняет не свой вариант, его работа не рецензируется и ему выдается индивидуальное задание.

Каждая контрольная работа выполняется в отдельной тетради, куда обязательно полностью записывается условие каждой задачи. Решение задач должно сопровождаться необходимыми пояснениями. Схемы, векторные диаграммы должны выполняться по линейке, аккуратно, с соблюдением соответствующих ГОСТов и ЕСКД. Для векторных диаграмм, кроме того, должен быть обозначен соответствующий масштаб.

В конце работы указывается список, попользованной студентом литературы, дата выполнения работы и ставится подпись студента.

*ЗАДАЧИ*

**Задача 1:** Искомое сопротивление R (Ом) было измерено, η раз и при этом получены результаты (см. таблицу 1). Необходимо определить: среднюю квадратическую зависимость бА интервал, в котором находится значение измеряемого сопротивления с доверительной вероятностью P1 вероятную погрешность результата измерения бА для доверительной вероятности Р2. (см. таблицу. 1а).

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вари-  антов | Номер эксперимента | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 173,5 | 170,2 | 171,4 | 169,8 | 174,4 | 173,3 | 168,5 |
| 2 | 340,2 | 353,1 | 347,3 | 355,6 | 344,6 | 350,1 | 348,2 |
| 3 | 222,4 | 228,3 | 231,4 | 239,5 | 233,4 | 245,5 | 221,1 |
| 4 | 545,6 | 510,3 | 530,3 | 527,7 | 543,8 | 539,2 | 537,1 |
| **5** | **91,1** | **90,8** | **94,4** | **90,6** | **93,4** | **94,6** | **95,1** |
| 6 | 476,3 | 477,8 | 460,8 | 481,8 | 466,3 | 480,5 | 479,3 |
| 7 | 415,2 | 427,8 | 418,6 | 415,5 | 415,6 | 444,4 | 429,3 |
| 8 | 291,6 | 287,7 | 290,1 | 295,4 | 288,3 | 289,7 | 290,4 |
| 9 | 754,1 | 756,6 | 750,3 | 760,8 | 770,9 | 749,3 | 755,1 |
| 0 | 612,7 | 633,4 | 618,8 | 621,3 | 620,9 | 631,4 | 623,9 |

Продолжение таблицы 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вариантов | Номер эксперимента | | | | | | | |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | 177,1 | 180,0 | 175,6 | 174,4 | 168,8 | 178,6 | 176,4 | 172,9 |
| 2 | 364,9 | 359,4 | 344,6 | 360,0 | 343,3 | 363,4 | 345,8 | 349,5 |
| 3 | 225,9 | 240,7 | 238,6 | 229,6 | 234,4 | 220,1 | 237,4 | 241,5 |
| 4 | 544,4 | 548,3 | 550,4 | 545,5 | 537,6 | 512,3 | 540,9 | 547,7 |
| **5** | **94,7** | **92,3** | **93,7** | **94,8** | **99,1** | **91,4** | **93,4** | **98,3** |
| 6 | 466,6 | 467,1 | 475,3 | 479,7 | 480,0 | 463,3 | 478,4 | 485,6 |
| 7 | 427,6 | 416,5 | 413,9 | 416,3 | 421,1 | 419,2 | 430,1 | 414,4 |
| 8 | 297,3 | 292,2 | 298,3 | 285,5 | 287,7 | 286,2 | 286,7 | 288,7 |
| 9 | 758,4 | 766,2 | 760,1 | 745,4 | 757,9 | 761,8 | 765,4 | 760,8 |
| 0 | 633,7 | 617,4 | 620,3 | 637,1 | 634,4 | 617,7 | 621,9 | 630,3 |

Значения вероятностей

Таблица 1a

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вероятности | ВАРИАНТЫ | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | **5** | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Р1 | 0,999 | 0,99 | 0,9 | 0,98 | **0,8** | 0,95 | 0,99 | 0,8 | 0,999 | 0,6 |
| Р2 | 0,9 | 0,95 | 0,9 | 0,8 | **0,5** | 0,7 | 0,9 | 0,99 | 0,8 | 0,999 |

**Задача 2:** Определить наиболее достоверное значение напряжения постоянного тока, измеренного компенсатором постоянного тока, среднеквадратичную погрешность, ряда измерений бU, среднеквадратичную погрешность среднеарифметического бСР, доверительный интервал (при заданной доверительной вероятности Р) и предельную погрешность найденного значения UСР. Результаты 10 равноточных измерений Ui даны в таблице 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Р | Результаты равноточных измерений Ui (мВ) | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 0,98 | 100,08 | 100,09 | 100,07 | 100,1 | 100,05 |
| 2 | 0,99 | 50,03 | 50,02 | 50,08 | 49,90 | 49,45 |
| 3 | 0,999 | 75,01 | 75,93 | 75,60 | 75,53 | 75,02 |
| 4 | 0,95 | 120,03 | 120,05 | 120,01 | 119,98 | 119,93 |
| **5** | **0,9** | **63,04** | **63,01** | **63,05** | **63,07** | **63,12** |
| 6 | 0,98 | 200,06 | 200,12 | 200,13 | 200,07 | 199,93 |
| 7 | 0,999 | 151,04 | 150,91 | 150,02 | 149,95 | 149,97 |
| 8 | 0,8 | 85,82 | 85,80 | 85,84 | 85,91 | 85,79 |
| 9 | 0,7 | 134,41 | 135,45 | 135,40 | 134,90 | 134,95 |
| 0 | 0,6 | 47,97 | 47,85 | 47,84 | 47,90 | 47,91 |

Окончание таблицы 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Р | Результаты равноточных измерений Ui (мВ) | | | | |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 0,98 | 100,06 | 100,04 | 100,06 | 99,95 | 99,92 |
| 2 | 0,99 | 50,01 | 50,10 | 49,91 | 49,93 | 50,12 |
| 3 | 0,999 | 74,95 | 76,01 | 76,04 | 75,05 | 75,75 |
| 4 | 0,95 | 120,15 | 120,20 | 119,95 | 119,94 | 120,11 |
| **5** | **0,9** | **63,01** | **63,08** | **62,98** | **62,97** | **62,91** |
| 6 | 0,98 | 199,98 | 199,89 | 200,11 | 200,09 | 200,05 |
| 7 | 0,999 | 150,09 | 150,12 | 150,15 | 150,25 | 150,31 |
| 8 | 0,8 | 85,77 | 84,99 | 85,05 | 85,20 | 85,15 |
| 9 | 0,7 | 135,20 | 135,18 | 136,05 | 136,04 | 135,55 |
| 0 | 0,6 | 47,90 | 48,04 | 47,95 | 48,09 | 48,12 |

**Задача 3:** Определить показания электродинамического A1 и электромагнитного А2 амперметров, включенных в последовательную цепь RLC. Если напряжение на входе цепи изменяется по закону u(t), а параметры цепи R, L и С. Данные вариантов в таблице 3. Начертите схему включения приборов.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | R,Ом | L,мГн | C,мкФ | u(t) |
| 1 | 10 | 10 | - | 100+200sin3ωt |
| 2 | 15 | - | 200 | 45+90 sin 2ωt |
| 3 | 15 | 17 | - | 30+60 sin 3ωt |
| 4 | 20 | - | 175 | 15+75 sin 2ωt |
| **5** | **22** | **45** | **-** | **62+125 sin 3ωt** |
| 6 | 14 | - | 250 | 18+100 sin ωt+25 sin 3ωt |
| 7 | 18 | 13 | - | 100+21 sin 3ωt+15 sin 5ωt |
| 8 | 27 | - | 125 | 55+85 sin 3ωt |
| 9 | 55 | 30 | - | 60+120 sin 2ωt+60 sin 4ωt |
| 0 | 10 | - | 150 | 25+50 sin ωt |

**Задача 4:** Микроамперметр с внутренним сопротивлением rА отградуирован на номинальный ток IН. Класс точности прибора Ni. Этот амперметр предполагается применить в цепи со значеньем тока IМАКС. Требуется найти сопротивление шунта и пределы допустимой относительной погрешности б, если при измерениях амперметр показал ток, равный I. Данные для расчета взять из таблицы 4.

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | ВАРИАНТЫ | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | **5** | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| IН,  мкА | 25 | 50 | 100 | 200 | **500** | 1\*103 | 2\*103 | 5\*103 | 10\*103 | 15\*103 |
| rА,  Ом | 1350 | 1350 | 480 | 220 | **65** | 22 | 12 | 7 | 5 | 2,5 |
| IМАКС,  А | 2,5 | 2,0 | 3,0 | 5,0 | **1,5** | 10,0 | 15,0 | 20,0 | 30,0 | 50,0 |
| I,  А | 2,1 | 1,7 | 2,4 | 3,5 | **1,2** | 7,7 | 12,3 | 14,6 | 25,5 | 41,5 |
| N | 1,5 | 1,5 | 2,5 | 1,5 | **2,5** | 2,5 | 1,5 | 1,5 | 2,5 | 2,5 |

**Задача 5**: Вольтметр типа М 4262 с конечным значением диапазона измерений U и током полного отклонения 1,1 мА предполагают включать под напряжение U1. Класс точности прибора - 1,5. Определить величину добавочного сопротивления и пределы допустимой относительной погрешности б, если при включении вольтметр показал U2, В. Определить потребление мощности прибором вместе с добавочным сопротивлением, Данные для расчета приведены в таблице 5.

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | ВАРИАНТЫ | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | **5** | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| U, В | 10 | 15 | 30 | 50 | **75** | 75 | 3 | 2 | 1 | 250 |
| U1, B | 300 | 250 | 600 | 500 | **220** | 380 | 400 | 150 | 500 | 3000 |
| U2, В | 185 | 210 | 440 | 325 | **178** | 310 | 360 | 130 | 470 | 2550 |

**Задача 6:** Два пассивных приемника энергии, сопротивление которых r1 и r2 соответственно, соединены последовательно и включены на напряжение U. Можно ли получить истинное значение напряжения на этих приемниках путем присоединения к их зажимам вольтметра с внутренним сопротивлением rV. Какова будет относительная погрешность при каждом измерении? Как нужно провести измерение, чтобы относительная погрешность не превышала 2,5%? Данные для расчета приведены в таблице 6.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | ВАРИАНТЫ | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | **5** | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| r1, Ом | 3000 | 4000 | 560 | 1375 | **6000** | 1000 | 5500 | 850 | 12000 | 35000 |
| r2, Ом | 1000 | 1500 | 310 | 850 | **3000** | 400 | 1550 | 250 | 4000 | 10000 |
| U, В | 120 | 220 | 160 | 100 | **300** | 60 | 210 | 36 | 380 | 250 |
| rV, Ом | 2500 | 3000 | 400 | 950 | **5000** | 500 | 4500 | 650 | 8000 | 20000 |

**Задача 7:** Для измерения реактивной мощности симметричной активно-реактивной нагрузки ваттметр типа Д 5004 класса точности 1,0, с номинальными значениями IН ,UH, RПОС и α (количество делений шкалы), включен на напряжение сети UC по известной схеме.

Отклонение стрелки ваттметра составило α делений. Дать схему измерения, определить реактивную мощность нагрузки, мощность, потребляемую параллельной катушкой ваттметра. Построить векторную диаграмму. Необходимые данные приведены в таблице 7.

Таблица 7

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | IН, А | UН, В | αК, дел. | α, дел. | RПОС, Ом | UС,  В |
| 1 | 5 | 150 | 150 | 115 | 0,005 | 150 |
| 2 | 2,5 | 30 | 75 | 60 | 0,008 | 30 |
| 3 | 2,5 | 75 | 75 | 43 | 0,008 | 75 |
| 4 | 1 | 150 | 300 | 210 | 0,025 | 150 |
| **5** | **5** | **150** | **30** | **28** | **0,004** | **150** |
| 6 | 1 | 300 | 150 | 125 | 0,034 | 300 |
| 7 | 2 | 150 | 150 | 105 | 0,0125 | 150 |
| 8 | 1 | D | 150 | 100 | 0,034 | 450 |
| 9 | 0,5 | 150 | 75 | 55 | 0,068 | 150 |
| 0 | 5 | 30 | 150 | 18 | 0,005 | 30 |

**Задача 8:** При поверке однофазного счетчика типа СОИ 444 Э, класса точности 2,0, с паспортными данными, на его зажимах поддерживалось напряжение U, ток нагрузки был равен I при cos φ. Диск счетчика совершил n оборотов за t,c. При поверке использовались: ваттметр типа Д 5020, класса точности 0,5, амперметр типа Э 530, класса точности 1,0, вольтметр типа Э 533, класса точности 0,5, секундомер типа СМ-60 (цена деления секундной шкалы 0,2с). Образцовые приборы дали показания: Р0; U0; I0. Определить номинальную Сн и действительную СД постоянные счетчика, относительную γ и абсолютную ΔС погрешности счетчика.

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Счетчик | | | U,  В | I,  А | n,  об. |
| U, В | I, А | VН, об/с |
| 1 | 115 | 5 | 0,135 | 115 | 4,5 | 248±3 |
| 2 | 120 | 10 | 0,135 | 120 | 8,0 | 610±5 |
| 3 | 127 | 15 | 0,135 | 127 | 14,5 | I500±15 |
| 4 | 220 | 20 | 0,135 | 220 | 15 | 1800±18 |
| **5** | **230** | **15** | **0,135** | **230** | **13,7** | **2960±30** |
| 6 | 120 | 10 | 0,135 | 120 | 6,4 | 554±6 |
| 7 | 250 | 5 | 0,135 | 250 | 4,0 | 435±5 |
| 8 | 380 | 10 | 0,135 | 380 | 3,2 | 492±4 |
| 9 | 220 | 2,5 | 0,135 | 220 | 1,25 | 305±4 |
| 0 | 110 | 2,5 | 0,135 | 110 | 2,0 | 130±2 |

Продолжение таблицы 8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Счетчик | | | t,  c | U0,  В | I0,  А | Ро,  Вт | cos φ |
| U, В | I,А | VНОМ, об/с |
| 1 | 115 | 5 | 0,135 | 4 | 117 | 4,4 | 516,0 | 1,0 |
| 2 | 120 | 10 | 0,135 | 5 | 118 | 7,8 | 455,0 | 0,5 |
| 3 | 127 | 15 | 0,135 | 6 | 126 | 14,7 | 1860 | 1,0 |
| 4 | 220 | 20 | 0,135 | 10 | 218 | 15,1 | 1650 | 0,5 |
| **5** | **230** | **15** | **0,135** | **10** | **220** | **13,5** | **3000** | **1,0** |
| 6 | 120 | 10 | 0,135 | 6 | 119 | 6,2 | 375 | 0,5 |
| 7 | 250 | 5 | 0,135 | 5 | 245 | 3,6 | 870 | 1,0 |
| 8 | 380 | 10 | 0,135 | 6 | 377 | 3,0 | 545 | 0,5 |
| 9 | 220 | 2,5 | 0,135 | 8 | 215 | 1,0 | 105 | 0,5 |
| 0 | 110 | 2,5 | 0,135 | 4 | 109 | 2,1 | 229,0 | 1,0 |

ПРИМЕЧАНИЕ: VH, об/с - номинальная скорость вращения диска счетчика.

*Методические указания к решению контрольных задач*

При решении задачи 1 необходимо знать, что в электротехнических измерениях наиболее распространенным законом распределения случайных погрешностей является нормальный закон (Гаусса). Математическое выражение этого закона имеет вид:



Где: ρ(δ) - плотность вероятности случайной погрешности;

δ - среднее квадратическое отклонение. При δ=0.



Среднее квадратическое отклонение выражают через случайные отклонения результатов наблюдения





где: ρ1=a1-ACP; ρ2=a2-ACP; … ρn=an-ACP

Если случайные погрешности распределены по закону Гаусса, то средняя квадратическая погрешность среднего арифметического равна



Вероятная погрешность результата измерения εА находится через коэффициент Стьюдента tn (его величины даны в прило­жении):



Задача 2 решается также с учетом изложенного выше.

При решении задачи 3 студенту необходимо помнить, что угол поворота подвижной части электромагнитного прибора имеет выражение:



Отсюда следует, что при измерении на переменном токе этот прибор будет показывать действующее значение тока или напряжения.

Кроме того, ток в цепи с емкостью не может иметь постоянной составляющей, а в цепи с индуктивностью последняя не представляет собой сопротивление для постоянной составляющей.

Для решения задачи 6 основным положением является закон распределения напряжения на последовательно соединенных рези­сторах. Например, для двух резисторов



Строя векторную в задаче 7 необходимо выбрать масштаб для векторов тока и напряжения и считать, что u=U sin ωt ,В задаче 8, определяя относительную погрешность измерения необходимо учитывать относительные погрешности всех без исключения приборов, в том числе и секундомера.

*ПРИЛОЖЕНИЕ:*

Функция распределения Стьюдента

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | tn для различных Р | | | | | | | | |
| 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,95 | 0,98 | 0,99 | 0,999 |
| 2 | 1,00 | 1,38 | 2,0 | 3,1 | 6,31 | 12,70 | 31,8 | 63,7 | 636,6 |
| 3 | 0,82 | 1,06 | 1,3 | 1,9 | 2,92 | 4,30 | 7,0 | 9,92 | 31,60 |
| 4 | 0,77 | 0,98 | 1,3 | 1,6 | 2,35 | 3,18 | 4,5 | 5,84 | 13,0 |
| 5 | 0,74 | 0,94 | 1,2 | 1,5 | 2,12 | 2,78 | 3,7 | 4,60 | 8,61 |
| 6 | 0,73 | 0,92 | 1,2 | 1,4 | 2,02 | 2,57 | 3,4 | 4,03 | 6,86 |
| 7 | 0,72 | 0,90 | 1,2 | 1,4 | 1,94 | 2,49 | 3,1 | 3,71 | 5,96 |
| 8 | 0,71 | 0,90 | 1,1 | 1.4 | 1,90 | 2,36 | 3,0 | 3,50 | 5,40 |
| 9 | 0,71 | 0,90 | 1,1 | 1,4 | 1,89 | 2,31 | 2,9 | 3,36 | 5,04 |
| 10 | 0,70 | 0,88 | 1,1 | 1,4 | 1,83 | 2,26 | 2,8 | 3,25 | 4,78 |
| 15 | 0,69 | 0,87 | 1,1 | 1,3 | 1,76 | 2,18 | 2,6 | 3,04 | 4,14 |
| 20 | 0,69 | 0,86 | 1,1 | 1,3 | 1,73 | 2,09 | 2,5 | 2,86 | 3,88 |
| 30 | 0,68 | 0,85 | 1,1 | 1,3 | 1,71 | 2,04 | 2,5 | 2,75 | 3,65 |

ЛИТЕРАТУРА

*Основная*

1. Материалы XXXVII съезда КПСС - М.Политиздат, 1936.-352 ст.

1. Тюрин Н.И. Введение в метрологию. - М.: Издательство стандартов, 1973.- 279 с.
2. Электрические измерения: Учебное пособие для вузов В.Н. Малиновский, P.M. Демидова-Панферова, Ю.Н. Евланов и др.; Под ред. д-ра технических наук В.Н. Малиновского. - М.; Энергоатомиздат, 1985.- 416 с., ил.
3. Котур В.И. и др. Электрические измерения и электроизмерительные приборы. - М.; Энергоатомиздат, 1986.- 400 с., ил.
4. Электрические измерения (Под ред. А.В. Фремке - Л.; Энергия, 1973 - 422 с, ил.).
5. Электрические измерения неэлектрических величин (Под ред. П.В. Новицкого - Л.; Энергия, 1975.- 576 с., ил.).

*Дополнительная*

1. Электрические измерения (с лабораторными работами): Учебник для техникумов (Под ред. В.Н. Малиновского - М., Энергоиздат, 1983. - 392 с., ил.).
2. Электрические измерения электрических и неэлектрических величин (Под ред. Е.С. Полищука - Киев: Вища школа, 1984 - 359 ст.).
3. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. - Л.; Энергоатомиздат (Ленингр. отделение),1985.- 248 с., ил.
4. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин /измерительные преобразователи/: Учебник пособие для вузов - Л.; Энергоатомиздат (Ленингр. отделение) 1983.- 320 с., ил.

6. Шостин Н.А. Очерки истории русской метрологии.

XIX - начало XX века - М.; Изд-во стандартов, 1975.- 272 с., ил.

1. Справочник по электроизмерительным приборам (Под ред. К.К. Илюнина. 3-е изд. - Л., Энергоатомиздат (Ленингр. отд-ние) 1983. - 704 ст.).
2. ГОСТ 13033-76. Приборы и устройства электрические аналоговые.
3. СТСЭВ 1058-78. Метрология. Единицы физических величин.

10. ГОСТ 23217-78. Приборы электроизмерительные. Аналоговые с непосредственным отсчетом. Наносимые условные обозначения.

ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ

И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Программа, методические указания

и контрольные задания

Составил Станислав Георгиевич Кузин

Рецензент В. Ю. Кожевников

Редактор Л. А. Скворцова

СПИ Ротапринт. Саратов. Политехническая, 77