

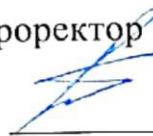
Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 13.06.2022 21:34:53
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce556f01c6

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

Кафедра электроснабжения

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



О.Г. Локтионова

"1" 06



**Информационно-измерительная
техника**

Методические указания по практическим занятиям для
обучающихся направления подготовки 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника»

Курск 2022

УДК 510

Составители: И.В.Ворначева

Рецензент

Доктор технических наук, профессор кафедры

«Электроснабжение»

А.В.Филонович

Информационно-измерительная техника:
методические указания по практическим занятиям
обучающихся направления подготовки 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника» / Юго-зап. гос. ун-т;
сост.: И.В. Ворначева. – Курск, 2022. – 15 с. – Библиогр.: с.
15.

Методические указания содержат рекомендации по практическим занятиям обучающихся. Рекомендации максимально облегчают подготовку к зачету, экзамену. Предназначены преподавателям и обучающимся направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать Формат 60x84 1/16.
Усл. печ.л.0,871. Уч.-изд.л.0,789. Тираж 100 экз. Заказ *1523*
Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Задачей практических занятий является закрепление знаний, полученных на лекциях, выработка практических навыков применения информации, необходимой бакалавру в процессе его деятельности.

При решении задач обращается внимание на логику решения, на правильность используемых методов. После этого проводится анализ полученного решения, результат сопоставляется с реальными объектами, что вырабатывает у студентов инженерную интуицию.

К выполнению заданий следует приступать после прочтения теоретического материала, изложенного на лекциях и в рекомендуемой литературе. При возникновении затруднений с выполнением заданий необходимо проконсультироваться у преподавателя. Далее по каждой теме приводится по одному примеру или одной задаче для демонстрации разделов дисциплины «Информационно-измерительная техника».

Тема 1. Введение. Основные характеристики электроизмерительных приборов. Расчёт погрешностей прямых и косвенных измерений. Обработка результатов измерений.

Результат измерения электрической (как и любой физической) величины должен содержать информацию о точности полученного значения. Для этого используются те или иные характеристики погрешности измерения. Расчет характеристик погрешности измерения, иначе называемый оцениванием погрешности, выполняется на основе имеющихся сведений об объекте измерения и используемых средствах измерения. В зависимости от характера проявления преобладающих составляющих погрешности измерения, систематического или случайного, используют измерения соответственно с однократными или многократными наблюдениями. Выбранная методика измерений определяет и способ оценивания погрешностей.

По способу выражения погрешности средств измерений разделяют на абсолютные, относительные и приведённые [1; 4].

Абсолютная погрешность ΔA – разность между показанием прибора A и действительным значением измеряемой величины A_d : $\Delta A = A - A_d$.

Относительная погрешность β – отношение абсолютной погрешности ΔA к значению измеряемой величины A , выраженное в процентах: $\beta = (\Delta A/A)100$.

Приведённая погрешность γ (в процентах) – отношение абсолютной погрешности ΔA к нормирующему значению $A_{ном}$: $\gamma = (\Delta A/A_{ном})100$.

Для приборов с нулевой отметкой на краю или вне шкалы нормирующее значение равно конечному значению диапазона измерений.

По характеру проявления, зависимости от текущего значения, режима измерения и условиям возникновения погрешности средств измерения подразделяют на систематические и случайные, аддитивные и мультипликативные, статические и динамические, основные и дополнительные.

Систематическая погрешность – погрешность, остающаяся постоянной или изменяющаяся по определенному закону. Ее значение всегда можно учесть введением соответствующих поправок.

Случайные погрешности – погрешности, изменяющиеся как случайная величина. Эти погрешности нельзя исключить опытным путем. Аддитивные погрешности не зависят от значения измеряемой величины в пределах диапазона измерения.

Источником их могут быть шумы элементов схемы, напряжение смещения в усилителях постоянного тока, внешние выходы и утечки в схемах, термоэдс и др.

Мультипликативные погрешности пропорциональны текущему значению измеряемой величины. Источником их является нестабильность коэффициентов передачи отдельных функциональных узлов средств измерений. Статические погрешности возникают при измерении постоянной

во времени измеряемой величины (измерение постоянного напряжения, частоты переменного тока и т. д.).

Динамические погрешности возникают при измерении изменяющихся во времени величин. Причиной их возникновения является инерционность средств измерений.

Основные погрешности – погрешности средств измерений при нормальных условиях эксплуатации, т. е. при нормируемой стандартами температуре внешней среды, влажности, атмосферном давлении, напряжении и частоте питания, внешних электрических и магнитных полях и др.

Дополнительная погрешность – погрешность, возникающая при отклонении одной или более влияющих величин от нормального значения. Для сопоставления средств измерений, предназначенных для измерения одной и той же физической величины, служит понятие класса точности, который является обобщенной характеристикой, определяемой пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на точность, значения которых устанавливают в стандартах на отдельные виды средств измерений. Следует иметь в виду, что класс точности не является непосредственно показателем точности измерения. Класс точности δ численно равен наибольшей допустимой приведенной основной погрешности в процентах, т. е. $\delta = \gamma_{\max}$. Для приборов, аддитивная погрешность которых резко преобладает над мультипликативной, класс точности выражается одним числом. Согласно ГОСТ 8.401-81 для них устанавливаются следующие классы точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Задача 1. Часто при вычислении относительной погрешности δ пользуются приближенной формулой, при этом в знаменатель вместо истинного или действительного значения измеряемой величины подставляют измеренное значение. Полученное в результате такого расчета значение относительной погрешности δ' отличается от δ на «погрешность погрешности» $\delta_{\text{погр}}$. Выразите $\delta_{\text{погр}}$ через δ .

Задача 2. При измерении величины x возникает систематическая погрешность, относительное значение которой δ остается постоянным во всем диапазоне измерений. Полагая, что значение δ известно, выведите формулу для расчета скорректированного (свободного от указанной погрешности) значения измеряемой величины x' .

Задача 3. Измеренное значение сопротивления $R = 100,0$ Ом. Предел допускаемой относительной погрешности измерения $\delta_{\text{п}} = 1,0$ %. Найдите интервал, в котором должно находиться $R_{\text{и}}$ — истинное значение сопротивления.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие величины измеряют в электроснабжении?

2. Какие устройства используются для измерения электрических величин?
3. Можно ли измерять неэлектрические величины электрическими приборами?
4. Какие методы обычно используют в условиях эксплуатации для измерения электрических и неэлектрических величин?
5. Какие виды средств электрических измерений вам известны?
6. Что называется прямыми измерениями?
7. Что называется косвенными измерениями?
8. Какие методы измерений используются и в чем заключается их смысл?
9. Что называется абсолютной, относительной и приведенной погрешностью?
10. Какие существуют погрешности по характеру их проявления?

Тема 2. Измерения. Средства измерения

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности [1; 2].

Измерение – нахождение значений физической величины опытным путём с помощью специальных технических средств.

Средства электрических измерений – технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические характеристики.

Различают следующие виды средств электрических измерений:

- 1) меры;
- 2) электроизмерительные приборы;
- 3) измерительные преобразователи;
- 4) электроизмерительные установки;
- 5) измерительные информационные системы.

Мера – средство измерения, предназначенное для воспроизведения заданного значения физических величин. В зависимости от степени точности и области применения меры подразделяются на эталоны, образцовые и рабочие.

Электроизмерительные приборы – средства электрических измерений, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Например, амперметры, вольтметры, ваттметры, счётчики электрической энергии и др.

Измерительные преобразователи – средства электрических измерений, предназначенные для выработки сигналов электрической информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем, например шунты, делители напряжения, измерительные трансформаторы, а также первичные преобразователи неэлектрических величин в электрические сигналы (термопары, термисторы, тензорезисторы, индукционные и прочие преобразователи).

Электроизмерительные установки – совокупности функционально объединённых средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем, и расположенные в одном месте.

Измерительные информационные системы – совокупности средств измерений и вспомогательных устройств, соединяемых каналами связи, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации от ряда источников в форме, удобной для обработки, передачи и использования в автоматических системах управления.

Виды измерений зависят от способа получения результата измерения и подразделяются на прямые и косвенные.

Прямыми называются измерения, результат которых получается непосредственно по показаниям приборов. Например, измерение тока – амперметром, напряжения – вольтметром, электроэнергии – счётчиком и др.

Косвенными называются измерения, при которых искомая величина непосредственно не измеряется, а её значение находится на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, полученными в результате прямых измерений. Примером может служить определение мощности в цепях постоянного тока по показаниям амперметра и вольтметра и зависимости $P = UI$.

Методы измерений зависят от совокупности приёмов использования преимуществ и средств измерений и подразделяются на метод непосредственной оценки и метод сравнения.

Метод непосредственной оценки заключается в том, что значение измеряемой величины определяется непосредственно по отсчётному устройству измерительного прибора и является простейшим методом.

Метод сравнения состоит в том, что измеряемая величина сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой в специальной измерительной цепи.

По способу осуществления метод сравнения может быть нулевым, дифференциальным, методом замещения.

При нулевом методе результирующий эффект воздействия обеих величин на измерительный прибор доводят до нуля. Этот метод часто называют компенсационным. При дифференциальном методе на измерительный прибор воздействует разность измеряемой и известной величины. При методе замещения измеряемую величину замещают (заменяют) однородной с ней известной величиной, воспроизводимой мерой. При этом путём изменения известной величины добиваются такого же показания прибора, которое было при действии измеряемой величины. Погрешность измерения – отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Точность измерения – качество измерения, отражающее близость его результатов к истинному значению измеряемой величины. Высокая точность измерений соответствует малой погрешности.

Погрешность измерительного прибора – разность между показаниями прибора и истинным значением измеряемой величины.

Результат измерения – значение величины, найденное путём её измерения. При однократном измерении показание прибора является результатом измерения, а при многократном – результат измерения находят путём статистической обработки результатов каждого наблюдения.

По точности результатов измерения подразделяют на три вида: точные (прецизионные), результат которых должен иметь минимальную погрешность; контрольно-поверочные, погрешность которых не должна превышать некоторого заданного значения; технические, результат которых содержит погрешность, определяемую погрешностью измерительного прибора. Как правило, точные и контрольно-поверочные измерения требуют многократных наблюдений.

Задача. Резистор, сопротивление которого требуется измерить, соединен последовательно с мерой сопротивления. Номинальное значение меры — $R_0 = 1$ кОм. Образованная цепь подключена к источнику стабильного тока I . Вольтметром, входное сопротивление которого $R_V = 100$ кОм, поочередно измеряют падения напряжения на обоих резисторах. Полученные значения — соответственно для измеряемого сопротивления и сопротивления меры, $U = 3,5$ В и $U_0 = 0,5$ В. Искомое значение вычисляют по формуле $R = R_0 U / U_0$, в которой не учитывается конечное значение R_V , из-за чего возникает методическая погрешность δ_m . Рассчитайте значение δ_m .

Вопросы для самоконтроля

1. Какие величины измеряют в электроснабжении?
2. Какие устройства используются для измерения электрических величин?
3. Можно ли измерять неэлектрические величины электрическими приборами?
4. Какие методы обычно используют в условиях эксплуатации для измерения электрических и неэлектрических величин?
5. Какие виды средств электрических измерений вам известны?
6. Что называется прямыми измерениями?
7. Что называется косвенными измерениями?
8. Какие методы измерений используются и в чем заключается их смысл?

Тема 3.Электромеханические приборы и преобразователи

Задача 1. Определить сопротивление шунта к амперметру с внутренним сопротивлением 0,016 ом, если показания прибора нужно увеличить в пять раз.

Задача 2. Вольтметром на 15Внужно измерить напряжение 120 В. Определить величину добавочного сопротивления, если внутреннее сопротивление вольтметра 2000 ом.

Задача 3. Амперметр, включенный через трансформатор тока 150/5 А, показал 4 А. Определить ток в первичной цепи.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие типы аналоговых приборов используются в энергоснабжении?
2. Принцип действия магнитоэлектрических приборов, сфера их применения.
3. Принцип действия электромагнитных приборов, сфера их применения.
4. Почему в качестве щитовых приборов чаще всего используются электромагнитные приборы?
5. Принцип действия электродинамических приборов, сфера их применения.
6. Принцип действия ферродинамических приборов, сфера их применения.
7. Чем отличаются электродинамические приборы от ферродинамических?
8. Почему ферродинамические приборы нашли широкое применение в самопишущих устройствах?
9. Принцип действия индукционных приборов.
10. Где в основном применяются индукционные приборы, из скольких элементов они могут состоять?
11. Принцип действия электростатических приборов, сфера их применения.
12. Для измерения какой электрической величины используются электростатические приборы?
13. Сфера применения выпрямительных приборов.
14. На каком токе градуируют выпрямительные приборы?
15. Принцип действия термоэлектрических приборов, сфера их применения.

Тема 4. Электронные аналоговые приборы и преобразователи

В задачах измерений различных электрических и неэлектрических величин при эксплуатации и аудите энергетического оборудования, когда необходимо контролировать и регистрировать множество параметров, использование для этих целей такого же числа приборов приводит к непомерному увеличению размеров пультов управления. Эти проблемы решаются с помощью агрегатного принципа построения средств электроизмерительной техники (АСЭТ) и построения государственной системы приборов (ГСП).

Очевидно, преобразователи должны иметь линейные характеристики, а в качестве унифицированного сигнала стандарт определяет постоянный ток 5 или 20 мА и напряжение 1 или 10 В. В АСЭТ входят узкопрофильные электроизмерительные приборы с механизмами выпрямительной и ферродинамической систем на переменном токе и магнитоэлектрической на постоянном, как обеспечивающие линейную характеристику преобразователя с фотоэлектрическим следящим устройством. В эту же систему входят электронные аналоговые преобразователи электрических величин серии Е, выполненные на операционных усилителях. Аналоговые электронные преобразователи в качестве преобразователя используют микроэлектронные усилители с отрицательной обратной связью, которая придает особые свойства транзисторному усилителю, расширяя его полосу частот, увеличивая входное и уменьшая выходное сопротивления, а также стабилизируя коэффициент усиления и снижая влияние температуры на параметры транзисторов и коэффициент усиления.

Богатая номенклатура таких операционных усилителей позволяет создавать самые разнообразные аналоговые преобразователи различных электрических величин в постоянный ток.

Малое выходное сопротивление операционного усилителя позволяет в качестве выходного прибора использовать унифицированный измеритель тока.

Важной особенностью отрицательной обратной связи является то обстоятельство, что легко изменяется коэффициент усиления преобразователя – операционного усилителя, а это дает возможность масштабировать изменение входной величины и нормировать выходной сигнал. В качестве усилителей постоянного тока с отрицательной обратной связью используются микроэлектронные структуры на основе кремния, что позволяет получить высокие метрологические показатели при малых габаритах, минимальном потреблении мощности и резком уменьшении влияния температуры. Различные схемные решения аналоговых электронных измерительных преобразователей (АЭИП) позволяют создавать разные преобразователи с нормированным сигналом постоянного тока 5 мА или напряжения 10 В, которые могут использоваться как автономно, так и в составе информационно-измерительных систем.

АЭИП представляет собой 4- или 6-полюсники с линейной либо функциональной характеристикой «вход – выход», которые могут осуществлять вычислительные операции с входными сигналами.

Задача. Верхняя граница рабочей полосы частот электронно-лучевого осциллографа определяется спадом его амплитудно-частотной характеристики (т.е. уменьшением чувствительности канала вертикального отклонения S_y при увеличении частоты входного напряжения относительно значения чувствительности на постоянном токе $S_{y,0}$) на 3дБ. Выразите соответствующее изменение чувствительности δS_y в процентах.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие электроизмерительные приборы входят в АСЭТ?
2. Что используют в качестве преобразователя аналоговые электронные преобразователи?
3. Что обеспечивает отрицательная обратная связь в усилителе?

Тема 5. Мосты и компенсаторы

Задача. Какой поддиапазон измерений моста — $(0 \dots 100)$ Ом, $(0 \dots 1000)$ Ом, $(0 \dots 10000)$ Ом, следует выбрать для наиболее точного измерения сопротивления R , значение которого близко к 50 Ом, если предел допускаемой инструментальной составляющей относительной погрешности измерений $\delta_{и.п} = [1,0 + (2,0 / R)] \%$, длина шкалы (число делений) $n_k = 1000$, а показания при отсчете округляются до целого числа делений?

Тема 6. Цифровые приборы и преобразователи

Цифровые электронные измерительные приборы преобразуют аналоговый входной сигнал в дискретный, представляя его в цифровой форме с помощью цифрового отсчётного устройства (ЦОУ), и могут выводить информацию на внешнее устройство – дисплей, цифропечать.

Преимуществами электронных цифровых измерительных приборов (ЦИП) являются:

- автоматический выбор диапазона измерения;
- автоматический процесс измерения;
- вывод информации в коде на внешние устройства;
- представление результата измерений с высокой точностью.

Широкое применение ЦИП ограничивается следующими факторами:

- высокой стоимостью;
- влиянием климатических условий;
- необходимостью резервирования;
- необходимостью квалифицированного обслуживания.

Поэтому ЦИП применяются весьма ограниченно на главных щитах управления электростанций, крупных подстанциях и диспетчерских пунктах, и, в основном, используются как приборы с цифровой индикацией мощности, частоты, напряжения. Постоянное совершенствование ЦИП постепенно расширяет их возможности и увеличивает их долю в общем числе приборов для измерений при эксплуатации и аудите в энергоснабжении. Несмотря на то что ЦИП используют типовые микронные схемы – триггеры, ключи, логические элементы и т. п., принципы функционирования приборов различаются

Задача. Предел допустимой относительной погрешности цифрового частотомера, работающего в режиме измерения периода, определяется как $\delta p = 2 \cdot 10^{-5} + 10^{-7} / (nT)$, где T — измеренное значение периода в секундах, n — значение коэффициента умножения периода, которое выбирается из ряда: (1; 10; 100; 1000; 10000). Требуется измерить период, приблизительно равный 1 мс, с абсолютной погрешностью, не превышающей по модулю 0,10 мкс. Определите минимально необходимое для этого значение n .

Вопросы для самоконтроля

1. Преимущества цифровых измерительных приборов.
2. Недостатки цифровых измерительных приборов.
3. Принцип действия цифровых измерительных приборов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Информационно-измерительная техника и электроника. Преобразователи неэлектрических величин : учебное пособие для вузов / О. А. Агеев [и др.] ; под общ. ред. О. А. Агеева, В. В. Петрова. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 158 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-00792-3. Режим доступа : <https://www.biblio-online.ru/book/E9083298-A69E-4EAF-9F37-679125167739>(ЭБС ЮРАЙТ).

2. Бобровников, Л. 3. Электроника в 2 ч. Часть 1 : учебник для академического бакалавриата / Л. 3. Бобровников. — 6-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 288 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-00109-9. Режим доступа : <https://www.biblio-online.ru/book/846DF71E-6181-495F-9C9D-87B725011335> (ЭБС ЮРАЙТ).

3. Бобровников, Л. 3. Электроника в 2 ч. Часть 2 : учебник для академического бакалавриата / Л. 3. Бобровников. — 6-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 275 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-00112-9. Режим доступа : <https://www.biblio-online.ru/book/81A5D012-0D87-439A-8219-FF111CABBB2C> (ЭБС ЮРАЙТ)

4. Степанова, Е. А. Метрология и измерительная техника: основы обработки результатов измерений : учебное пособие для вузов / Е. А. Степанова, Н. А. Скулкина, А. С. Волегов ; под общ. ред. Е. А. Степановой. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 95 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-00686-5. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/90804379-5080-4A04-83DB-FE523B616B2A.

5. Пронкин Н.С. Основы метрологии: практикум по метрологии и измерениям [Текст] : учеб. пособие : рек. УМО / Н. С. Пронкин. - М. : Логос, 2007. - 392 с.

6. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Н. Кайнова [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 368 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/61361>.— Загл. с экрана.

7. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация в 2 ч. Часть 1. Метрология : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. Г. Сергеев. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018 — 324 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03643-5. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/CB28A4A1-F60A-4D9F-A573-A28FE43A3506.

8. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация в 2 ч. Часть 2. Стандартизация и сертификация : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 325 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03645-9. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/4573F340-3BC9-4076-B475-99681B96A072.