



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Промышленная электроника»

В. Н. Мизгайлов

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к контрольным работам
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 04 02
«Промышленная электроника»
заочной формы обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2012

УДК 621.317.08(075.8)
ББК 31.221я73
М58

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
заочного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 2 от 01.12.2011 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого канд. техн. наук, доц.
О. Г. Широков

Мизгайлов, В. Н.

М58 Метрология, стандартизация и сертификация в электронике : метод. указания к контрол. работам по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» заоч. формы обучения / В. Н. Мизгайлов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – 23 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-061-4.

Современные представления об измерениях существенно изменились: вводятся новые ГОСТы, новая терминология, принципиально новые виды виртуальных приборов. Это нашло отражение во введении к методическим указаниям, предлагаемой литературе и рекомендациях по выполнению студентами всех задач.

Для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» заочной формы обучения.

УДК 621.317.08(075.8)
ББК 31.221я73

ISBN 978-985-535-061-4

© Мизгайлов В. Н., 2012
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2012

ВВЕДЕНИЕ

В процессе познавательной деятельности человека возникает множество задач, для решения которых необходимо располагать количественной информацией о том или ином свойстве объектов материального мира (явления, процесса, вещества, изделия). Основным способом получения такой информации являются измерения. Информация о свойствах и качествах объектов, полученная посредством измерений, называется измерительной информацией.

Результаты любых измерений, как бы тщательно и на каком бы высоком уровне они ни выполнялись, неизбежно содержат некоторые погрешности. Абсолютно точных измерений не может быть принципиально. Успешная работа студентов в лабораториях, наряду с изучением методов и средств измерений и приобретением навыков измерений, предполагает также их знакомство с современными методами математической обработки результатов измерений, анализа и оценивания погрешностей.

Необходимо иметь в виду, что сегодня измерения пронизывают все сферы инженерного труда. С измерениями связана деятельность инженера-исследователя, технолога и инженера-эксплуатационника. Они обязаны иметь ясное представление о возможностях измерительной техники, чтобы обеспечить взаимозаменяемость деталей и контролепригодность изделия на всех стадиях его жизненного цикла. Измерительная информация является основой для принятия технических и управленческих решений при испытаниях продукции, оценивания ее технического уровня, аттестации и сертификации качества.

Результат любого измерения заслуживает внимания лишь при условии, что он сопровождается оценкой погрешности измерения, либо дополняется сведениями, позволяющими потребителю измерительной информации оценить точность измерения самостоятельно. С другой стороны, важно не только уметь выполнить измерение и оценить погрешность результата, но и так спланировать и осуществить процедуру измерения, чтобы обеспечить требуемую точность или свести погрешности к минимуму.

Говоря о точности измерений, следует заметить, что уровень точности, к которому надо стремиться, должен определяться критериями технической и экономической целесообразности. Известно, что увеличение точности измерения вдвое удорожает само измерение в несколько раз. В то же время снижение точности измерения в производстве ниже определенной нормы приводит к браку продукции. При

назначении точности измерений важно также учитывать их значимость. В одних случаях недостаточная точность получаемой измерительной информации имеет небольшое или локальное значение, в других играет исключительно важную роль.

В этих условиях, чтобы успешно справиться с многочисленными и разнообразными проблемами измерений, необходимо освоить некоторые общие принципы их решения, нужен единый научный и законодательный фундамент, обеспечивающий на практике высокое качество измерений, независимо от того, где и с какой целью они производятся. Таким фундаментом является метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

В сферу деятельности современной метрологии входит и определение наиболее точных значений важнейших физических констант (скорости света, ускорения силы тяжести и др.), необходимых для многих отраслей науки и техники. Метрология обеспечивает потребителей стандартными образцами веществ и материалов, состав и физико-химические характеристики которых определены с необходимой точностью. Методы метрологии широко используются в смежных отраслях знаний, таких как оценивание и контроль качества продукции, сертификация промышленной продукции, аттестация программ и алгоритмов обработки данных и др.

Однако само по себе знание метрологических правил и норм еще не дает гарантии успешной инженерной деятельности. Совершенно необходимо изучить и освоить методы измерений и основные принципы построения средств измерения физических величин. При этом на первое место следует поставить знание методов измерения. Это обусловлено тем, что именно методы измерений и физические принципы работы приборов являются наиболее постоянными компонентами, тогда как конкретные схемные решения и элементная база средств измерения непрерывно изменяются и совершенствуются.

Когда все известные или предполагаемые составляющие погрешности результата измерения оценены и внесены соответствующие поправки, все еще остается сомнение в том, насколько близок результат измерения к истинному значению измеряемой величины. В сложившейся метрологической практике количественной мерой этого сомнения принято использовать понятие «погрешность измерения». В Российской Федерации и Республике Беларусь приемы оценивания погрешности результата измерения регламентированы нормативно-техническими документами Госстандарта.

В 1986 г. была завершена работа Международной метрологической комиссии по разработке нового стандарта по оценке точности измерений – «Руководства по выражению неопределенности в измерениях». Основные положения «Руководства» заключаются в следующем:

- понятие «погрешность измерения» заменено понятием «неопределенность измерения»;
- введены понятия неопределенности типа A и типа B ;
- количественно неопределенности типа A и B и результата измерения оцениваются посредством «стандартного отклонения» (среднего квадратического отклонения).

Понятие «неопределенность измерений» определяется как «параметр, связанный с результатом измерения, который характеризует дисперсию значений, которые могут быть обоснованно приписаны измеряемой величине».

Для оценивания различных составляющих неопределенности могут быть использованы различные исходные данные. Некоторые из составляющих оцениваются из статистического распределения результатов рядов наблюдений и характеризуются экспериментальными средними квадратическими отклонениями. Другие составляющие, которые также могут характеризоваться средними квадратическими отклонениями, оцениваются из предполагаемых распределений вероятностей, основанных на опыте экспериментатора или другой информации.

Неопределенность, оцениваемую путем статистического анализа ряда наблюдений, называют неопределенностью типа A . Неопределенность, оцениваемую любыми иными способами, чем статистический анализ рядов наблюдений, называют неопределенностью типа B .

Следуя международной рекомендации, зарубежные метрологи в последние годы все чаще стали использовать термин «неопределенность измерений» вместо «погрешность измерений», тем не менее проанализируем целесообразность и эффективность перехода от концепции «погрешности» к концепции «неопределенности» в области технических измерений.

Новизну концепции «неопределенности» видят в том, что «неопределенность» как мера сомнений является неотъемлемым атрибутом результата измерения, тогда как термин «погрешность» зачастую трактуется как некоторая самодостаточная конкретная величина, на которую измеренное значение физической величины отличается от ее истинного значения. Действительно, как только переходят к практи-

ческим вопросам – как же отражать сомнения, неуверенность экспериментатора в результате измерения, сразу же приходится связывать «неопределенность» с теми или иными статистическими характеристиками погрешности измерений как случайной величины.

По сути дела, неопределенность типа A не что иное, как характеристика случайной составляющей погрешности результата измерения, а неопределенность типа B – характеристика неисключенной систематической погрешности. Объединение неопределенностей типа A и B проводится по тем же правилам, что и при объединении составляющих погрешности, путем суммирования дисперсий [2, с. 62].

В силу международного характера «Руководства по выражению неопределенности измерения», с целью способствования сотрудничеству между лабораториями и органами по аккредитации, взаимного признания результатов измерений и гармонизации национальных требований и процедур с международными, в Республике Беларусь с 01.01.2002 г. введен национальный стандарт СТБ ИСО/МЭК 17025–2002 г., представляющий собой аутентичный текст международного стандарта ИСО/МЭК 17025 от 1999 г.

За последние годы широкое распространение получили компьютерные технологии измерений. Автоматизация измерений и применение виртуальных приборов позволили революционизировать все процедуры измерений.

Понятие виртуальные приборы (Virtual Instruments) появилось на стыке измерительной, информационной и компьютерной техники. Виртуальный информационно-измерительный прибор или система – это компьютер, оснащенный набором аппаратных и программных средств, выполняющий функции информационно-измерительного прибора или системы, максимально приближенный к решению задачи. В отличие от традиционных технических средств измерений, измерительные функции, пользовательский интерфейс, алгоритмы сбора и обработки информации определяются самим пользователем, а не производителем. Эти средства называются виртуальными по двум основным причинам:

– с помощью одного и того же аппаратного и программного обеспечения можно сконструировать систему, выполняющую совершенно различные функции и имеющую различный пользовательский интерфейс;

– управление такими системами, как правило, осуществляется через графический пользовательский интерфейс при помощи технологии Drag and Drop («перенес и положил») с использованием манипулирования «мышью» через виртуальные элементы управления.

Информационные технологии вывели измерительную технику на новый уровень, позволяющий быстрее и с меньшими затратами разрабатывать информационно-измерительные приборы и системы различной сложности: от измерения параметров до ввода и обработки видеоизображений с передачей результатов через внешнюю сеть на любые расстояния.

В 1993 г. принята новая редакция комплекса государственных основополагающих стандартов «Государственная система стандартизации Российской Федерации» (ГСС). Аналогично и в Республике Беларусь. Изменения и дополнения к ней в большей степени приближают организацию стандартизации к международным правилам и учитывают реалии рыночной экономики. В частности введена новая категория нормативного документа – *технический регламент*, сформулировано правило по информации о нормативных документах. Эти нововведения весьма важны в плане присоединения к Кодексу ГАТТ/ВТО по стандартизации. Полностью обновлены положения ГСС, касающиеся государственного контроля и надзора за соблюдением обязательных требований стандартов и правил сертификации. Соответствующие изменения внесены в терминологию, гармонирующие ее с рекомендациями ИСО/МЭК. Так, вместо употреблявшегося ранее у нас термина «утверждение» стандарта официально установлен термин «принятие» стандарта.

Фонд стандартов, служащий базой для информационного обеспечения работ не только по стандартизации, но также и по сертификации, метрологии и управлению качеством, приобрел и межгосударственное значение для стран-участников СНГ, что содействует развитию стандартизации в странах содружества и укреплению экономических связей между ними.

Стандартизация – это деятельность, направленная на разработку и установление норм, правил, характеристик как обязательных для выполнения, так и рекомендуемых, обеспечивающая право потребителя на приобретение товаров надлежащего качества за приемлемую цену, а также право на безопасность и комфортность труда.

Сертификация – в переводе с латыни означает «сделано верно». Для того чтобы убедиться в том, что продукт «сделан верно», надо знать, каким требованиям он должен соответствовать и каким образом возможно получить достоверные доказательства этого соответствия. Общеизвестным способом такого доказательства служит *сертификация соответствия*.

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация в электронике» неразрывно связана с курсами физики и теоретических основ электротехники, поскольку измерениям подвергаются различные физические величины и физические параметры процессов, а для средств измерений используются многие физические закономерности. Следует отметить взаимное обогащение указанных дисциплин и курса «Метрология, стандартизация и сертификация в электронике», что проявляется в использовании новых достижений в области физики и теоретической электротехники, а достижения метрологии и измерений, прежде всего в отношении точности и достоверности измерений физических величин, позволяют обнаруживать новые явления и закономерности и уточнять уже известные.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Контрольные работы студенты выполняют самостоятельно до начала занятий в лаборатории, предварительно изучив самостоятельно теоретический материал курса в соответствии с программой дисциплины «Основы электрических измерений метрологии и стандартизации». Программу можно скопировать на электронный носитель на кафедре в период установочной сессии.

Для облегчения изучения курса учебными планами предусмотрены установочные лекции по отдельным разделам.

Задание на контрольную работу состоит из пяти задач. Вариант контрольной работы выбирается по двум последним цифрам учебного шифра студента.

Если учебный шифр студента представляет однозначное число, то за предыдущую цифру следует принять 0.

Студенты должны выполнять данную контрольную работу в сроки, установленные планом учебной работы.

В целях оказания помощи студентам при выполнении контрольной работы кафедра «Промышленная электроника» проводит устные групповые или индивидуальные консультации для студентов в дни, установленные администрацией вуза для кафедры.

Оформление контрольных работ должно удовлетворять следующим требованиям:

1. В начале каждой контрольной работы должны быть указаны: номер контрольной работы; дисциплина; фамилия, имя, отчество; курс, факультет, специальность; учебный шифр и домашний адрес студента.

2. Контрольные работы оформляются в тетради только чернилами (перьевой, шариковой или гелевой авторучкой), аккуратно, без помарок и должны быть выполнены так, чтобы можно было без затруднения прочесть каждую букву, знак, слово.

Работы, оформленные небрежно, вызывающие затруднения или сомнения при их чтении, возвращаются студенту для переработки.

Страницы тетради должны быть пронумерованы, на каждой из них следует оставлять поля шириной не менее 3 см для замечаний рецензента.

3. Все расчетные действия должны сопровождаться краткими, но четкими пояснениями.

4. Для обозначения физических и электрических величин и их размерности в тексте могут применяться только условные буквенные обозначения в соответствии с действующим ГОСТом.

Буквенные обозначения единиц измерения могут применяться в тексте только после числовых значений величин (например: 5 А, 127 В, 800 Вт).

5. Обозначения электрических величин в тексте, в формулах, на векторных диаграммах и электрических схемах должны быть согласованы и расшифрованы один раз в каждой задаче.

6. Схемы, векторные диаграммы и графики должны выполняться с применением чертежных инструментов или компьютерных технологий. При выполнении схем следует пользоваться ЕСКД «Обозначения условные графические в схемах». Схемы, рисунки, векторные диаграммы и графики должны быть пронумерованы и должны иметь подрисуночные надписи. В тексте контрольной работы нужно обязательно делать ссылки на соответствующие схемы, диаграммы и графики.

Кривые и графики должны иметь размеры не менее 10×10 см. Графики должны быть построены на миллиметровой бумаге и подклеены к тексту работы. При выборе масштабов надо иметь в виду, что число единиц в 1 см (или отрезке длины, принятом за единицу, например, в стороне одной клетки бумаги) должно выражаться числами 1×10^n ; 2×10^n или 5×10^n , где n – любое число.

Масштаб должен быть указан на координатных осях. Надписи, обозначающие величины, откладываются по осям, делать слева от оси ординат у ее конца и под осью абсцисс также у ее конца, а условные знаки единиц измерений ставить у последних числовых значений величин. (Допускается выполнение графиков с использованием компьютерных технологий, но с соблюдением требований к их исполнению, указанных в п. 7).

Работа должна быть подписана с указанием даты ее завершения.

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Задача № 1

Поверка технических приборов и основы метрологии

Технический амперметр магнитоэлектрической системы с номинальным током I_n , числом номинальных делений $a_n = 50$ имеет оцифрованные деления от нуля до номинального значения, проставленные на каждой пятой части шкалы (стрелки обесточенных амперметров занимают нулевое положение).

Поверка технического амперметра осуществлялась образцовым амперметром той же системы.

Исходные данные для выполнения задачи указаны в табл. 1.

1. Указать условия поверки технических приборов.
2. Определить поправки измерений.
3. Построить график поправок.
4. Определить приведенную погрешность.
5. Указать, к какому ближайшему стандартному классу точности относится данный прибор. Если прибор не соответствует установленному классу точности, указать на это особо.
6. Написать ответы на вопросы:
 - Что называется измерением?
 - Что такое мера и измерительный прибор? Как они подразделяются по назначению?
 - Что такое погрешность? Дайте определение абсолютной, относительной и приведенной погрешности.
 - Что такое неопределенность в измерениях?

Методические рекомендации к решению задачи № 1

В метрологии рассматриваются общие вопросы измерений: единицы физических величин и их системы, эталоны и способы передачи размеров единиц от эталонов к образцовым и рабочим средствам измерений, общие методы обработки результатов измерений и оценки их точности и достоверности, основы обеспечения единства измерений. Под единством измерений понимают такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах. Такие единицы устанавливаются в каждой стране особым законодательством с учетом рекомендаций международных организаций.

Международную унификацию системы единиц СИ приняла XI Генеральная конференция по мерам и весам в 1960 г. Единство измерений необходимо для обеспечения сопоставления результатов измерений, выполненных в разных местах, в разное время, с использованием разных методов и средств измерений.

Точность измерений характеризуется близостью их результатов к истинному значению измеряемой величины.

В зависимости от степени точности показывающие и самопишущие электроизмерительные приборы, согласно ГОСТу, делятся на девять классов:

0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Число, обозначающее класс, является наибольшей приведенной погрешностью прибора на всех отметках рабочей части его шкалы.

Таблица 1

Числовые значения для задачи № 1

Поверяемый параметр	Последняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Абсолютная погрешность, ΔI , А	–	–0,02	+0,04	–0,05	+0,03	–0,04	+0,06	–0,05	+0,03	–0,07	+0,03
	–	+0,03	–0,05	+0,07	–0,09	+0,06	–0,09	+0,04	+0,05	–0,04	+0,03
	–	–0,04	+0,06	–0,04	+0,08	+0,05	–0,05	+0,07	–0,06	+0,09	–0,05
	–	+0,05	–0,07	+0,03	–0,06	–0,09	+0,03	–0,08	+0,07	–0,03	+0,05
	–	–0,06	+0,08	–0,02	+0,04	–0,07	+0,04	–0,03	–0,09	+0,06	–0,03
Номинальный ток I_n , А	0; 5	0,5	10	5	10	2,5	5	2,5	5	5,5	5
	1; 6	5	0,5	10	5	0,5	0,5	5	10	2,5	0,5
	2; 7	2,5	5	0,5	0,5	0,5	10	5	0,5	5	2,5
	3; 8	10	5	0,5	5	2,5	2,5	10	2,5	10	5
	4; 9	5	0,5	5	2,5	10	5	0,5	5	0,5	10

Примечание. Абсолютная погрешность ΔI в табл. 1 указана для каждого оцифрованного деления шкалы после нуля в порядке их возрастания, включая номинальный ток амперметра.

Приборы более высокого класса точности, применяемые в лабораторной практике, называются лабораторными, в отличие от приборов ограниченной степени точности, используемых для технических измерений.

Весь необходимый теоретический материал, а также формулы для решения этой задачи могут быть получены из рекомендуемых учебников [5, с. 11–22], [12, с. 14–27]. Результаты решения задачи 1 записать в табл. 2.

Таблица 2

Оцифрованные деления шкалы, А	Абсолютная погрешность ΔI , А	Поправки измерений δI , А	Приведенная погрешность $\gamma_{\text{п}}$, %

Задача № 2

Измерение тока и напряжения в цепях постоянного тока

Измерительный механизм (ИМ) магнитоэлектрической системы рассчитан на ток $I_{\text{и}}$ и напряжение $U_{\text{и}}$ и имеет шкалу на $\alpha_{\text{и}}$ делений.

1. Составить схему включения измерительного механизма с шунтом и дать вывод формулы $R_{\text{ш}}$.

2. Определить постоянную измерительного механизма по току C_j , величину сопротивления шунта $R_{\text{ш}}$ и постоянную амперметра C'_I , если этим прибором нужно измерять ток $I_{\text{н}}$.

3. Определить мощность, потребляемую амперметром при номинальном значении тока $I_{\text{н}}$.

4. Составить схему включения измерительного механизма с добавочным сопротивлением и дать вывод формулы R_d .

5. Определить постоянную измерительного механизма по напряжению C_U , величину добавочного сопротивления r и постоянную вольтметра C'_U , если этим прибором нужно измерять напряжение $U_{\text{н}}$.

6. Определить мощность, потребляемую вольтметром при номинальном значении напряжения $U_{\text{н}}$.

Методические рекомендации к решению задачи № 2

Весь необходимый теоретический материал, а также формулы для решения этой задачи могут быть получены из рекомендуемых учебников [5, с. 59–70, 88–90], [12, с. 70–76].

Таблица 3

Числовые значения для задачи № 2

Величина	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напряжение ИМ $U_{\text{и}}$, мВ	–	45	75	50	100	75	60	100	75	80	100
Ток ИМ $I_{\text{и}}$, мА	–	5	7,5	10	10	15	30	25	25	40	50
Число делений $\alpha_{\text{и}}$	–	50	75	100	50	150	75	100	150	50	100

Величина	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напряжение U_n , В	0; 5	45	300	15	200	30	60	25	75	200	100
	1; 6	90	150	45	20	60	30	50	150	40	15
	2; 7	18	75	50	150	90	150	100	300	80	30
	3; 8	135	225	100	50	120	300	150	15	100	50
	4; 9	180	15	150	100	150	15	250	30	150	10
Ток I_n , А	0; 1	1,0	1,5	2,0	10	1,5	3,0	25	30	20	5
	6; 2	1,5	3,0	10	2,0	3,0	1,5	2,5	25	5,0	15
	7; 3	2,0	6,0	5,0	3,0	4,5	6,0	5,0	15	10	0,5
	8; 4	2,5	4,5	1,5	5,0	15	4,5	7,5	1,5	0,5	1,0
	9; 5	3,0	7,5	0,5	2,5	30	0,3	0,5	7,5	4,0	20

Задача № 3

Методы и погрешности электрических измерений

Для измерения сопротивления косвенным методом использовались два прибора: амперметр и вольтметр магнитоэлектрической системы.

Измерение сопротивления производилось при температуре t °С приборами группы А, Б или В. Данные приборов, их показания, а также группа приборов и температура окружающего воздуха, при которой производилось измерение сопротивления, приведены в табл. 4.

Определить:

- величину сопротивления R_{x1} по показаниям приборов и начертить схему;
- величину сопротивления R_x с учетом схемы включения приборов;
- наибольшие возможные (относительную γ_r и абсолютную ΔR) погрешности результата измерения этого сопротивления;
- в каких пределах находятся действительные значения измеряемого сопротивления.

Числовые значения для задачи № 3

Величина	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предел измерения U_n	–	300	150	15	75	300	30	300	150	75	30
Ток полного отключения стрелки при U_n , мА	–	3	7,5	1	1	7,5	1	1	3	1	7,5
Класс точности γ_d , %	–	0,2	0,5	1,0	0,2	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	1,0
Показания вольтметра U , В	0; 5	220	10	12	60	240	27	270	100	50	20
	1; 6	280	130	10	70	260	25	180	110	60	26
	2; 7	250	120	8	65	210	23	230	140	70	18
	3; 8	170	110	11	75	250	28	240	120	65	22
	4; 9	290	150	14	55	200	29	160	130	75	25
Предел измерения I_n , А	–	1,5	3,0	1,5	7,5	0,3	15	1,5	1,5	0,3	15
Падение напряжения на зажимах при I_n , мВ	–	100	95	100	140	27	100	100	100	27	100
Класс точности γ_d , %	–	0,5	1,0	0,2	0,5	1,0	0,2	1,0	0,5	0,2	1,5
Показания амперметра I , А	0; 1	1,0	0,5	1,0	5	0,2	9	0,5	0,4	0,1	10
	6; 2	1,3	0,7	1,2	6	0,2	10	0,6	0,5	0,2	8
	7; 3	1,1	0,9	0,9	7	0,3	1	1,1	1,0	0,2	14
	8; 4	1,5	1,1	0,8	4	0,3	12	1,3	1,2	0,3	14
	9; 5	1,4	1,3	0,7	3,5	0,2	13	1,5	0,8	0,3	5
Группа приборов	–	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	А	А
Температура t , °С	–	10	0	–10	30	10	0	25	30	40	10

Методические рекомендации к решению задачи № 3

При измерении сопротивления методом двух приборов – амперметра и вольтметра – применяются две схемы. В этом случае приближенное значение сопротивления R_{x1} , согласно закону Ома, определяется как

$$R_{x1} = \frac{U}{I}.$$

Одна из схем (без учета внутреннего сопротивления приборов) используется в тех случаях, когда измеряемое сопротивление велико по сравнению с сопротивлением амперметра; другая – в тех случаях, когда измеряемое сопротивление мало по сравнению с сопротивлением вольтметра. Поскольку в практике измерений этим методом подсчет сопротивления R_{x1} обычно производится по приближенной формуле, то необходимо знать, какую схему следует выбрать для того, чтобы величина погрешности была наименьшей. Чтобы правильно выбрать схему,

необходимо сначала определить соотношения R_{x1}/R_A и R_V/R_{x1} и по наибольшему из них принять и вычертить схему включения приборов.

Величина сопротивления R_x определяется с учетом внутреннего сопротивления R_A или R_V в зависимости от принятой схемы.

Приступая к решению п. 3, необходимо иметь в виду, что погрешности электроизмерительных приборов разделяются на две категории:

а) основная погрешность, зависящая только от внутренних свойств и состояния самого прибора;

б) дополнительные погрешности, обусловленные влиянием внешних факторов и отклонением условий эксплуатации прибора от нормальных (например, отклонением температуры окружающего воздуха от нормальной).

Погрешность измерения γ будет представлять собой сумму основной погрешности γ_d (класс точности прибора) и дополнительно погрешности γ_t , вызванной отклонением температуры окружающего воздуха от нормальной (принимается обычно $t_n = 20^\circ\text{C}$); причем следует принимать случай наиболее неблагоприятный, когда

$$\pm \gamma = \pm \gamma_d \pm \gamma_t.$$

Относительная погрешность при косвенном методе измерения сопротивления определяется по формуле $\pm \gamma_r = \pm \gamma_u \pm \gamma_i$, где γ_u и γ_i относительные погрешности измерений напряжения и тока.

Величины γ_u и γ_i могут быть определены по формулам, приведенным в рекомендуемой литературе [12, с. 11]. Так, относительная погрешность при измерении напряжения выражается через класс точности прибора (приведенная относительная погрешность γ):

$$\pm \gamma_U = \frac{\Delta U}{U} 100\% = \pm \frac{\gamma U_n}{100\%} \cdot \frac{100\%}{U} = \pm \gamma \frac{U_n}{U}.$$

Аналогично определяется погрешность при измерении тока.

Для определения абсолютной погрешности ΔR , а также пределов изменения действительного значения измеренного значения сопротивления R следует воспользоваться соотношением

$$\pm \gamma_r = \frac{\Delta R}{R_x} 100\%.$$

По исполнению от условий эксплуатации приборы разделяются на три группы: А, Б и В. В табл. 5 приводятся нормы для рабочих климатических условий по температуре для приборов различных групп.

Таблица 5

Нормы по температуре для приборов различных групп

Параметры окружающего воздуха	Группы приборов		
	А	Б	В
Температура	От +10 до +35 °С	От –30 до +40 °С	От –50 до +60 °С

Изменения показаний прибора, вызванное отклонением температуры окружающего воздуха от нормальной до любой в пределах рабочих температур, не должно превышать значений, указанных в табл. 6, на каждые ± 10 °С изменения температуры.

Таблица 6

Нормы допускаемых изменений температуры

Класс точности прибора	Допускаемое изменение показаний приборов групп, %		
	А	Б	В
0,05	$\pm 0,05$	–	–
0,1	$\pm 0,1$	–	–
0,2	$\pm 0,2$	$\pm 0,15$	$\pm 0,15$
0,5	$\pm 0,5$	$\pm 0,4$	$\pm 0,3$
1,0	$\pm 1,0$	$\pm 0,8$	$\pm 0,5$
1,5	$\pm 1,5$	$\pm 1,2$	$\pm 0,8$
2,5	$\pm 2,5$	$\pm 2,0$	$\pm 1,2$
4,0	$\pm 4,0$	$\pm 3,0$	$\pm 2,0$

Задача № 4

Измерение активной мощности в цепях трехфазного тока

Для измерения активной мощности трехпроводной цепи трехфазного тока с симметричной активно-индуктивной нагрузкой, соединенной звездой или треугольником, необходимо выбрать два одинаковых ваттметра с номинальным током I_n ; номинальным напряжением U_n и числом делений шкалы $\alpha_n = 150$ дел.

Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 7.

1. По данным варианта, для нормального режима работы цепи:

- начертить схему включения ваттметров в цепь;
- доказать, что активную мощность трехпроводной цепи трехфазного тока можно представить в виде суммы двух слагаемых;
- построить в масштабе векторную диаграмму, выделив на ней векторы напряжений и токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров;

– определить мощности P_1 и P_2 , измеряемые каждым из ваттметров;

– определить число делений шкалы α_1 и α_2 , на которые отклоняются стрелки ваттметров.

2. По данным варианта, при обрыве одной фазы приемника энергии:

– начертить схему включения ваттметров в цепь;

– построить в масштабе векторную диаграмму, выделив на ней векторы напряжений токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров;

– определить мощности P_1 и P_2 , измеряемые каждым из ваттметров;

– определить число делений шкалы α_1 и α_2 , на которые отклоняются стрелки ваттметров.

Результаты расчетов записать в табл. 8.

Примечание. Заданная трехпроводная цепь трехфазного тока представляет собой соединение трех неподвижных магнитно-несвязанных катушек.

Методические рекомендации к решению задачи № 4

При решении п. 1 этой задачи необходимо в соответствии с заданием своего варианта начертить схему включения ваттметров в трехпроводную цепь трехфазного тока и дать на ней разметку генераторных зажимов последовательной и параллельной обмоток каждого из ваттметров.

После этого следует привести доказательство, что активная мощность в трехфазной цепи может быть измерена двумя ваттметрами, при этом должна быть учтена схема соединения приемников энергии (табл. 7).

Если приемники энергии соединены по схеме звезда, то вывод формулы активной мощности для этого случая приведен в рекомендуемой литературе, если приемники энергии соединены по схеме треугольник, то мгновенную мощность трехфазной цепи следует представить как

$$P = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = u_{ab}i_{ab} + u_{bc}i_{bc} + u_{ca}i_{ca},$$

где u_{ab} , u_{bc} , u_{ca} – мгновенные значения фазных напряжений; i_{ab} , i_{bc} , i_{ca} – мгновенные значения фазных токов.

После этого следует воспользоваться вторым законом Кирхгофа, по которому $u_{ab} + u_{bc} + u_{ca} = 0$. Из этого уравнения исключается одно из напряжений, например, $u_{ab} = -u_{bc} - u_{ca}$ (для схемы, в которой обмотки

ваттметров находятся под действием напряжений u_{bc}, u_{ca}). Затем производятся необходимые преобразования, чтобы получить окончательное выражение мощности, соответствующее схеме включения ваттметров.

Определив токи и напряжения, под действием которых находятся последовательные и параллельные обмотки ваттметров, необходимо выбрать два одинаковых ваттметра с номинальным током $I_H = 5$ А или $I_H = 10$ А, номинальным напряжением $U_H = 150$ В, $U_H = 300$ В или $U_H = 600$ В и числом делений шкалы $\alpha_H = 150$ дел.

Постоянная ваттметра определяется по формуле $U_H I_H$:

$$C_p = \frac{U_H I_H}{\alpha_H}.$$

При решении п. 2 этой задачи необходимо также начертить схему включения ваттметров, указав на ней обрыв одной из фаз приемника энергии (табл. 7).

Если приемники энергии соединены по схеме треугольник, то при обрыве одной из фаз сопротивление ее будет равно бесконечности, следовательно, ток в ней будет равен нулю. Токи в двух других фазах останутся такими, какими были до обрыва фазы. Вследствие этого изменятся линейные токи, что и должно быть учтено при построении векторной диаграммы и определении показаний ваттметров.

Если приемники энергии соединены по схеме звезда, то при обрыве одной из фаз ток в ней будет равен нулю. Две другие фазы окажутся соединенными между собой последовательно и включенными на линейное напряжение. Для определения тока в этих фазах необходимо предварительно определить сопротивление фазы, исходя из данных для нормального режима работы приемника $Z_\phi = \frac{U_\phi}{I_\phi}$.

Для симметричной трехфазной системы ток в последовательно соединенных фазах определяется как $I' = \frac{U_\Delta}{2Z_\phi}$.

Это значение тока и должно быть принято при построении векторной диаграммы и определении показаний ваттметров при обрыве фазы приемника.

Более подробно с методами измерения активной мощности в цепях трехфазного тока можно познакомиться в рекомендуемой литературе [5, с. 144–160], [12, с. 230–251].

Таблица 7

Числовые значения для задачи № 4

Величина	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность цепи S , кВА	0; 5	3,0	6,0	5,5	5,0	3,2	1,5	2,0	2,5	3,5	1,8
	1; 6	3,5	5,5	6,0	5,5	3,0	2,0	2,5	2,0	3,0	2,2
	2; 7	2,5	5,0	6,5	6,0	3,6	2,5	1,5	1,8	2,5	2,8
	3; 8	2,0	4,5	5,0	4,5	5,0	3,0	5,0	3,0	2,0	1,4
	4; 9	1,8	4,0	4,5	4,0	6,0	3,5	4,5	3,6	1,5	3,5
Коэффициент мощности $\cos \varphi$	0; 1	0,7	0,8	0,9	0,72	0,82	0,88	0,83	0,92	0,84	0,72
	6; 2	0,72	0,82	0,92	0,74	0,83	0,80	0,85	0,90	0,86	0,70
	7; 3	0,74	0,84	0,73	0,76	0,84	0,81	0,87	0,88	0,85	0,76
	8; 4	0,76	0,86	0,75	0,78	0,85	0,82	0,89	0,86	0,83	0,74
	9; 5	0,78	0,88	0,71	0,80	0,86	0,84	0,91	0,83	0,74	0,80
Фазное напряжение U_{ϕ}	–	127	220	380	220	380	127	380	220	127	127
Схема соединения	–	–	–	Δ	–	Δ	–	Δ	Δ	–	–
Последовательные обмотки ваттметра включены в провода	–	A и B	B и C	C и A	A и B	B и C	C и A	A и B	B и C	C и A	A и B
Обрыв фазы	–	A	B	AB	C	BC	A	CA	AB	B	C

Таблица 8

Сводная таблица результатов решения задачи № 4

Задание	Величина	Результаты расчета
Определить по п. 1	Мощность цепи P , Вт	
	Линейное напряжение $U_{\text{л}}$, В	
	Линейный ток $I_{\text{л}}$, А	
	Номинальное напряжения ваттметра $U_{\text{н}}$, В	
	Номинальный ток ваттметра $I_{\text{н}}$, А	
	Постоянная ваттметра C_p , Вт/дел	
	Мощность, измеряемая первым ваттметром, P_1 , Вт	
	Мощность, измеряемая вторым ваттметром, P_2 , Вт	
	Число делений шкалы α_1	
	Число делений шкалы α_2	
Определить по п. 2	Мощность, измеряемая первым ваттметром, P_1 , Вт	
	Мощность, измеряемая вторым ваттметром, P_2 , Вт	
	Число делений шкалы α_1	
	Число делений шкалы α_2	

Задача № 5

Измерение реактивной энергии в цепях трехфазного тока

Симметричный трехфазный приемник электрической энергии соединен по схеме звезда или по схеме треугольник.

Напряжение на фазе приемника U_{ϕ} .

Активное и индуктивное сопротивления фаз приемника, соответственно, равны R_{ϕ} и X_{ϕ} .

В цепь приемника включен одноэлементный счетчик активной энергии для измерения реактивной энергии. Последовательная обмотка счетчика включена в один из проводов трехфазной цепи, как указано в табл. 9.

Приемник электрической энергии работает непрерывное время t .

1. Начертить схему включения счетчика в соответствии с данными варианта, сделать разметку генераторных зажимов его обмоток.

2. Определить линейное напряжение $U_{л}$, линейный ток $I_{л}$, коэффициент мощности $\cos \varphi$ и угол φ .

3. Для заданной цепи построить в масштабе векторную диаграмму, выделить в ней векторы напряжения и тока, под действием которых находятся параллельная и последовательная обмотки счетчика.

4. Пользуясь векторной диаграммой, доказать, что счетчик, включенный по такой схеме, измеряет реактивную энергию.

Определить расход реактивной энергии, учитываемой счетчиком за время t .

5. Подсчитать за время t реактивную энергию всего приемника.

6. Найти численное соотношение между энергией, учитываемой счетчиком, и энергией приемника.

Таблица 9

Числовые значения для задачи № 5

Наименование величин	Единица измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Схема соединения	–	–	Δ	Δ	*	Δ	*	Δ	*	*	Δ	Δ
Последовательная обмотка вкл. провод	–	–	В	А	А	С	С	В	В	А	А	С
Время t	Ч	–	30	50	20	20	40	40	30	30	50	30
Фазное напр U_{ϕ}	В	–	220	380	127	220	220	380	127	220	220	380
Активное сопротивление фазы R_{ϕ}	Ом	0; 5	20	30	10	16	15	25	15	20	14	20
	Ом	1; 6	19	29	11	17	16	24	18	21	16	14
	Ом	2; 7	18	28	12	18	17	23	21	22	18	16
	Ом	3; 8	17	27	13	19	18	22	24	23	20	18
	Ом	4; 9	16	26	14	20	19	21	27	24	22	26

Наименование величин	Единица измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Индуктивное X_{ϕ} сопротивление фазы	Ом	0; 1	18	25	15	24	20	30	10	18	28	40
	Ом	6; 2	19	26	16	23	21	29	11	17	27	38
	Ом	7; 3	20	27	17	22	23	28	12	16	26	36
	Ом	8; 4	21	28	18	21	24	27	13	15	25	31
	Ом	9; 5	22	29	19	20	25	26	14	21	24	32

Методические рекомендации к решению задачи № 5

Весь необходимый теоретический материал, а также формулы для решения этой задачи могут быть получены из рекомендуемых учебников [5, с. 160–166], [12, с. 256–270].

ЛИТЕРАТУРА

1. Демидова-Панферова, Р. М. Задачи и примеры расчетов по электроизмерительной технике / Р. М. Демидова-Панферова, В. Н. Малиновский, Ю. С. Солодов. – М. : Энергоатомиздат, 1990.
2. Информационно-измерительная техника и технологии / В. И. Калашников [и др.] ; под ред. Г. Г. Раннева. – М. : Высш. шк., 2002. – 336 с.
3. Раннев, Г. Г. Методы и средства измерений : учеб. для вузов / Г. Г. Раннев, А. П. Тарасенко. – М. : Издат. центр «Академия», 2003. – 336 с.
4. Методы электрических измерений : учеб. пособие для вузов / Л. Г. Журавин [и др.] ; под ред. Э. И. Цветкова. – Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990.
5. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учеб. для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. – М. : Высш. шк., 2001. – 205 с. : ил.
6. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : учеб. для вузов / В. И. Нефедов [и др.] ; под ред. В. И. Нефедова. – М. : Высш. шк., 2001. – 383 с. : ил.
7. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие / К. К. Ким [и др.]. – СПб. : Питер, 2010. – 368 с. : ил.
8. Основы метрологии и электрические измерения / под ред. В. М. Душина. – М. : Высш. шк., 1985.
9. Сборник задач и упражнений по электрическим и электронным измерениям / под ред. Э. Г. Атамалян. – М. : Высш. шк., 1980.
10. Справочник по электроизмерительным приборам / под ред. К. К. Илюнина. – Л. : Энергоатомиздат, 1983.
11. Электрические измерения / под ред. А. В. Фремке, Б. М. Душина. – М. : Энергия, 1980. – 392 с.
12. Электрические измерения / под ред. Малиновского. – М. : Высш. шк., 1985.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Общие методические рекомендации	8
Задание на контрольную работу и методические рекомендации к решению задач	10
Задача № 1. Поверка технических приборов и основы метрологии ...	10
Задача № 2. Измерение тока и напряжения в цепях постоянного тока	12
Задача № 3. Методы и погрешности электрических измерений.....	13
Задача № 4. Измерение активной мощности в цепях трехфазного тока	16
Задача № 5. Измерение реактивной энергии в цепях трехфазного тока.....	20
Литература	22

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Мизгайлов Владимир Николаевич

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

**Методические указания
к контрольным работам
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 04 02
«Промышленная электроника»
заочной формы обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор *А. В. Власов*
Компьютерная верстка *М. В. Аникеенко*

Подписано в печать 06.03.12.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,36.

Изд. № 4.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр Учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48