

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра автоматизации производственных процессов

**С.П. Санников**

**В.М. Машков**

# **МЕТРОЛОГИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ**

Часть 2

Методические указания

к выполнению лабораторной работы

для студентов направлений «Автоматизация технологических процессов и производств», «Управление в технических системах»

Екатеринбург

2011

Печатается по рекомендации методической комиссии ЛИФ.  
Протокол № 84 от 26 октября 2010 г.

Рецензент – доцент, канд. техн. наук Г.Г. Ордуянц

Редактор К.В. Корнева  
Оператор компьютерной верстки Г.И. Романова

---

Подписано в печать 27.09.11		Поз. 15
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 75 экз.
Заказ №	Печ. л. 0,7	Цена 4 руб. 00 коп.

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» преподается с целью изучения основ метрологии, стандартизации и сертификации системы метрологического обеспечения электрических измерений, их основных методов, а также знакомство со структурными схемами и устройством основных типов электрических и электронных измерительных приборов.

Курс «Метрология, стандартизация и сертификация» основан на знаниях, приобретаемых студентами в процессе изучения физики, математики электроники.

В итоге обучения студенты должны ЗНАТЬ:

- основы метрологии, правила выбора методик проведения измерений и обработки результатов измерений;

- основы стандартизации и сертификации;

- назначение, принципы и особенности построения структурных схем основных видов электронных измерительных приборов, а также устройство, особенности и области применения основных типов электрических измерительных приборов.

- основные правила работы с ними и методики проведения измерений в электронных схемах.

Кроме того, студенты в итоге обучения должны УМЕТЬ:

- правильно выбрать методику и средство измерения для каждой конкретной задачи;

- грамотно провести сами измерения; обработать экспериментальные данные, полученные в процессе измерения; оценить погрешность измерений, достоверность и воспроизводимость полученных результатов;

- произвести осциллографические измерения основных параметров радиосигналов.

В настоящем пособии рассмотрены вопросы определения приборных и методических погрешностей при прямых и косвенных измерениях таких основных электрических параметров, как: ток, напряжение, сопротивление и мощность (для цепей постоянного и переменного тока). Расчетные задания, содержащиеся в данном пособии, посвящены также изучению методик и правил обработки результатов измерения. Общие метрологические вопросы получения и обработки экспериментальных данных рассмотрены применительно к электрическим измерениям. Осциллографические измерения основных параметров электрических сигналов имитированы с помощью пакета схемотехнического моделирования ELECTRONICS WORKBENCH 5.0.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

**Цель работы** – изучение методик осциллографических измерений (с использованием пакета схемотехнического моделирования ELECTRONICS WORKBENCH 5.0).

### Внимание!

1. В свойствах амперметра для каждой схемы следует устанавливать предел внутреннего сопротивления амперметра « $m\Omega$ ».

2. В свойствах диодов подтвердить идеальную модель диода нужно нажатием кнопки «ОК».

### 1. Построение шкал вольтметров. Вольтметр СВЗ.

1.1. Собрать схему рисунка 1.

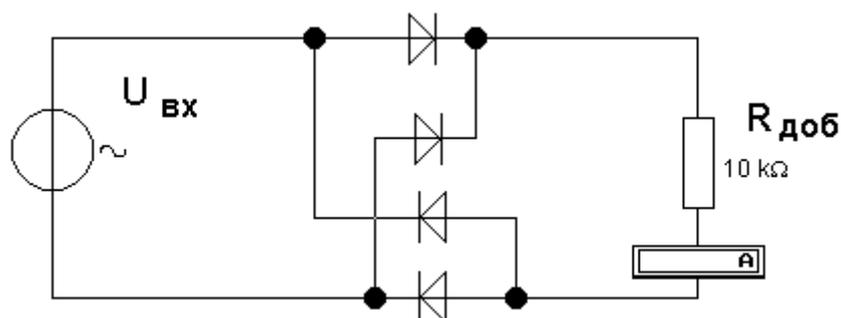


Рис. 1. Схема

1.2. Проградуировать шкалу вольтметра СВЗ в указанных точках:

$U_{вх}, В$	0	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5
$I, mA$	0										
$L_{ш}, мм$	0										100

1.3. Построить шкалу графически (рис. 2).

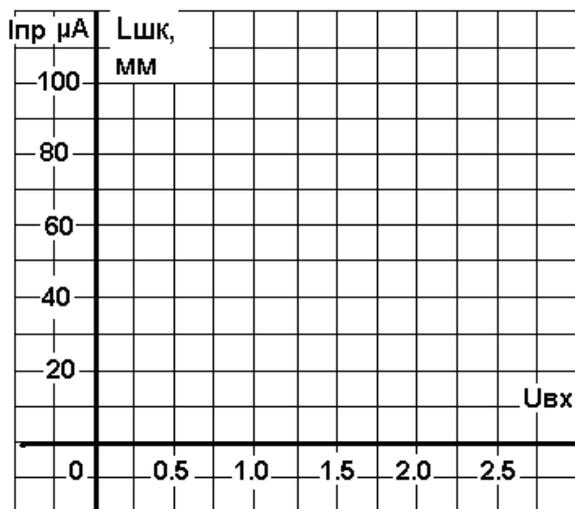


Рис. 2. Графическое построение шкалы

## 2. Вольтметр СКЗ с линейной шкалой.

2.1. Собрать схему рисунка 3.

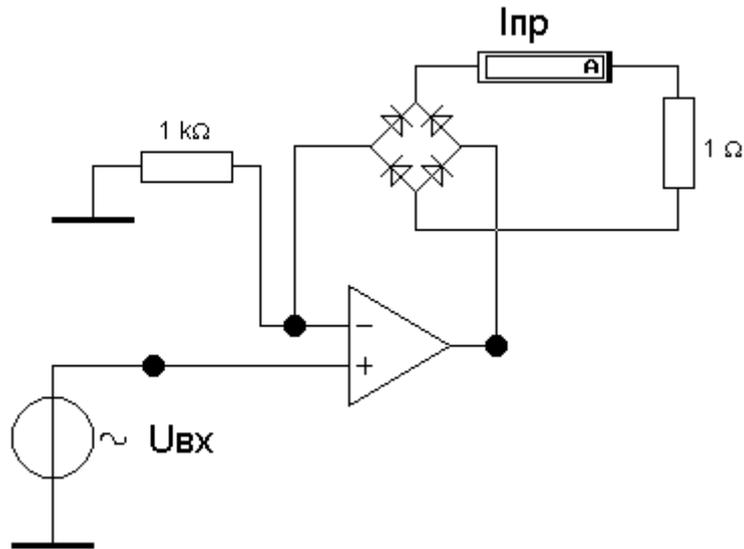


Рис. 3. Схема

2.2. Проградуировать шкалу вольтметра СВЗ в указанных точках:

$U_{вх}, В$	0	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5
$I, мА$											
$L_{ш}, мм$	0										100

2.3. Построить шкалу графически (аналогично пункту 1.3).

## 3. Исследование пульсаций напряжения.

3.1. Собрать схему однополупериодного выпрямителя (рис. 4).

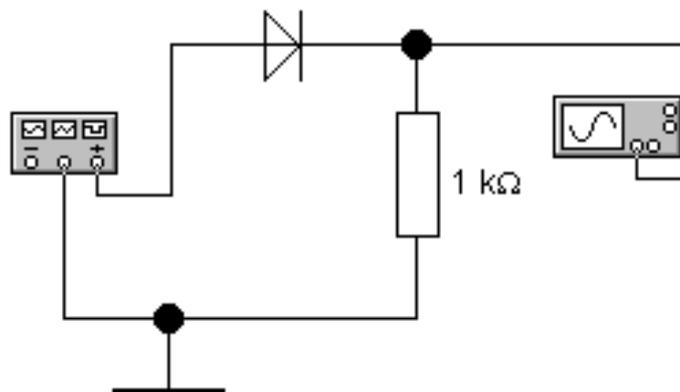


Рис. 4. Схема

3.2. Измерить уровень постоянной и переменной составляющих выпрямленного напряжения, используя открытый и закрытый входы осциллографа.

3.3. Собрать схему двухполупериодного выпрямителя (рис. 5).

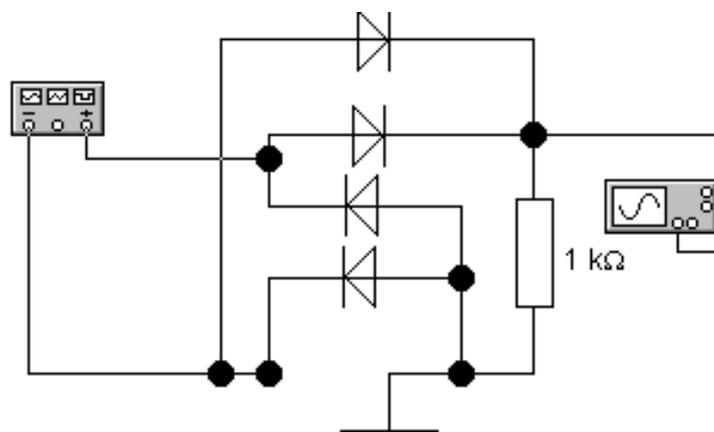


Рис. 5. Схема

3.4. Измерить уровень постоянной и переменной составляющей выпрямленного напряжения, используя открытый и закрытый входы осциллографа.

3.5. Собрать схему двухполупериодного выпрямителя с фильтрующей емкостью  $C_{\Phi}$  (рис. 6).

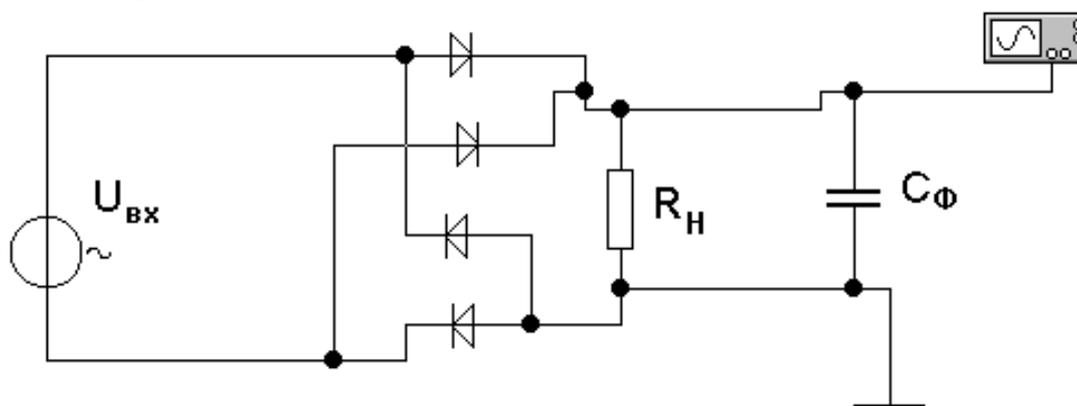


Рис. 6. Схема

3.6. Снять зависимость напряжения пульсаций  $U_{п}$  выходного напряжения от величины нагрузки  $R_{н}$ , емкости фильтрующего конденсатора  $C_{\Phi}$  и частоты входного сигнала  $f_{вх}$  при следующих значениях параметров схемы:

- 1)  $R_{н}=1\text{к}, 10\text{к}, 100\text{к}$  при  $C_{\Phi}=100\text{мкФ}$  и  $f_{вх}= 100\text{Гц}$ ;
- 2)  $C_{\Phi}=10\text{мкФ}, 100\text{мкФ}, 1000\text{мкФ}$ ; при  $R_{н}=1\text{к}$  и  $f_{вх}= 100\text{Гц}$ ;
- 3)  $f_{вх}= 100\text{Гц}, 1\text{кГц}, 10\text{кГц}$  при  $R_{н}=1\text{к}$  и  $C_{\Phi}=10\text{мкФ}$ .

3.7 Построить в логарифмическом масштабе графики зависимостей  $U_{\text{п}}=f(R_{\text{н}})$ ;  $U_{\text{п}}=f(C_{\text{ф}})$ ;  $U_{\text{п}}=f(f_{\text{вх}})$ .

3.8. Собрать схему трехфазного однополупериодного и двухполупериодного выпрямителя (рис. 7). Измерить уровень пульсаций.

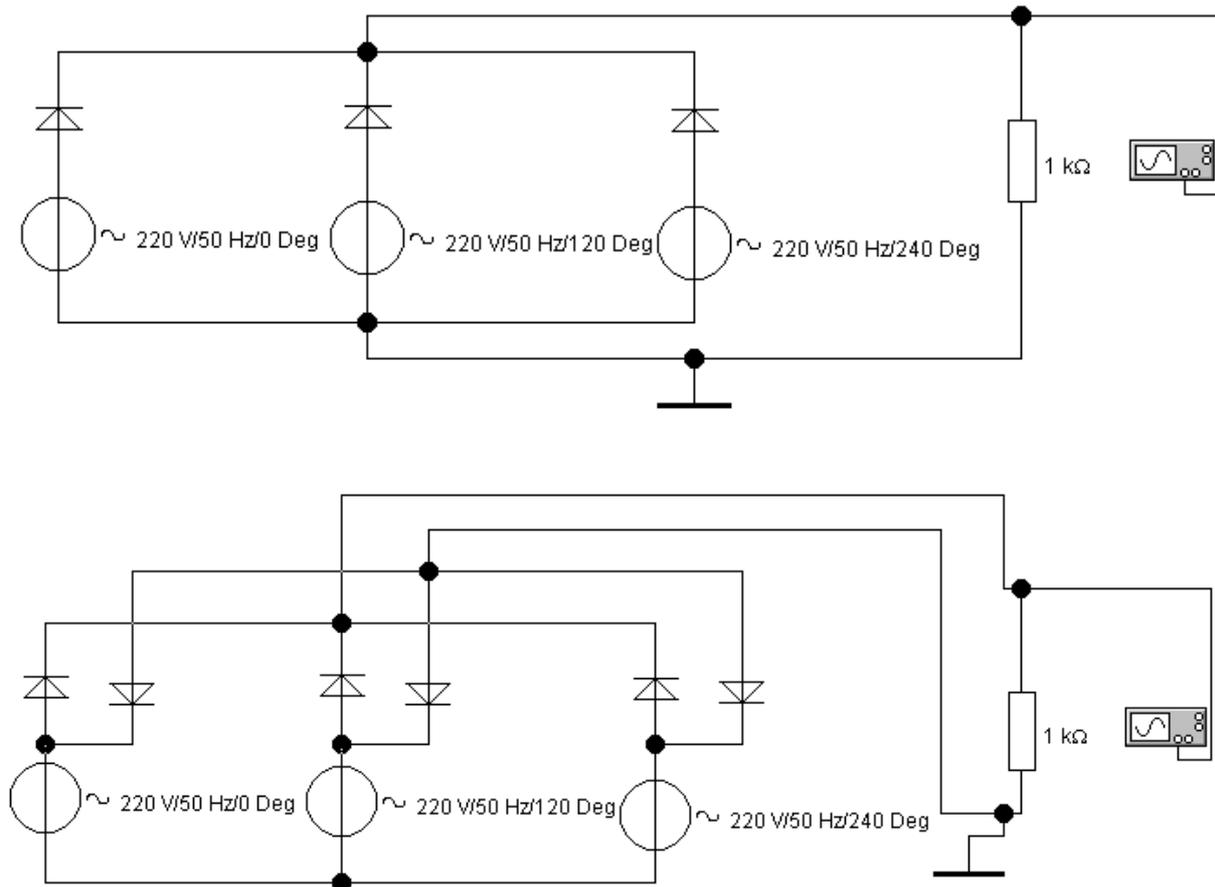


Рис. 7. Схема

#### 4. Построение ЛАЧХ и ЛФЧХ.

4.1. Собрать схему интегрирующей цепи (рис. 8).

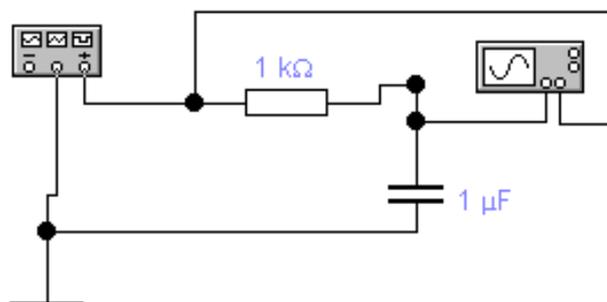


Рис. 8. Схема

4.2. Построить ЛАЧХ и ЛФЧХ интегрирующей цепи в диапазоне  $\pm 2$  декады от частоты сопряжения  $\omega = 2\pi f$  (где  $\omega = 1/RC$ ) с шагом 0,25 декады.

4.3. Собрать схему дифференцирующей цепи (рис. 9).

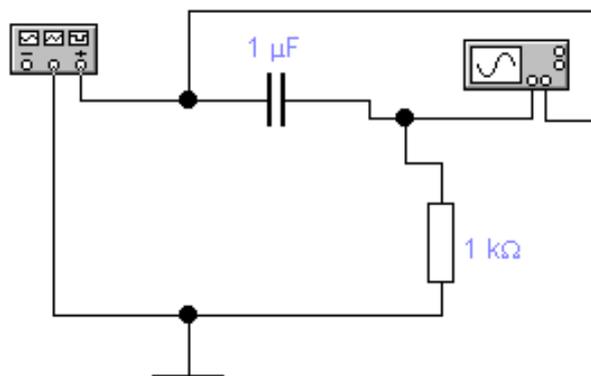


Рис. 9. Схема

4.4. Построить ЛАЧХ и ЛФЧХ дифференцирующей цепи в диапазоне  $\pm 2$  декады от частоты сопряжения  $\omega = 2\pi f$  (где  $\omega = 1/RC$ ) с шагом 0,25 декады.

## 5. Измерение частоты и фазы.

5.1. Собрать схему рисунка 10.

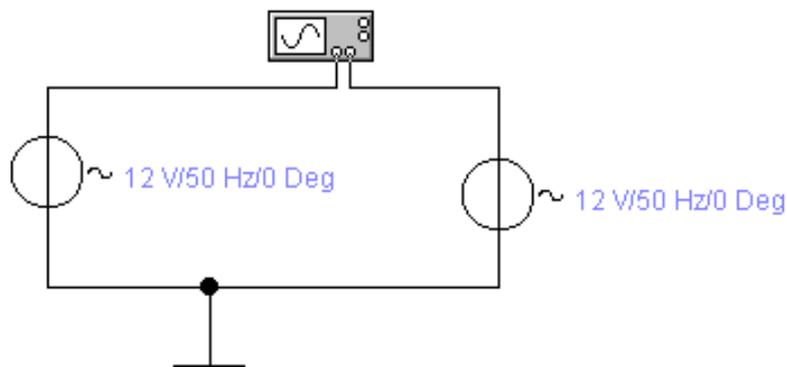


Рис. 10. Схема

5.2. Осциллограф переключить в режим А/В или В/А.

Меняя фазовый сдвиг одного из источников на 30, 45 и 60 градусов, наблюдать изменение фигуры Лиссажу на экране осциллографа. Повторить тоже, меняя кратность частот источников в отношении 2:3, 3:4, 4:5 и 5:6 при различных фазовых сдвигах.

5.3. Осциллограф переключить в режим Y/T. Менять фазовый сдвиг одного из источников на 30, 45 или 60 градусов, измерить фазовый сдвиг двух синусоид и период сигнала.

## 6. Исследование ВАХ диода.

6.1. Собрать схему рисунка 11.

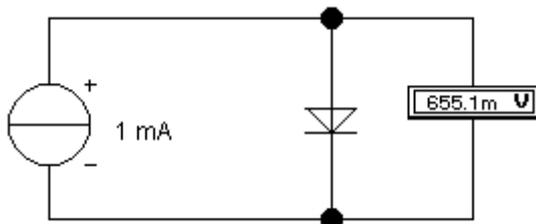


Рис. 11. Схема

6.2. Изменяя параметры источника тока от  $0,1\mu\text{A}$  до  $0,1\text{A}$  через декаду, построить ВАХ диода  $U=f(I)$  в полулогарифмическом масштабе.

6.3. Процесс исследования ВАХ может быть автоматизирован с помощью характериографа, в котором формирование изображения ВАХ осуществляется в режиме развертки A/V осциллографа. При этом используются сигналы с функционального генератора и с нагрузки диода. Собрать схему с указанными параметрами (рис. 12).

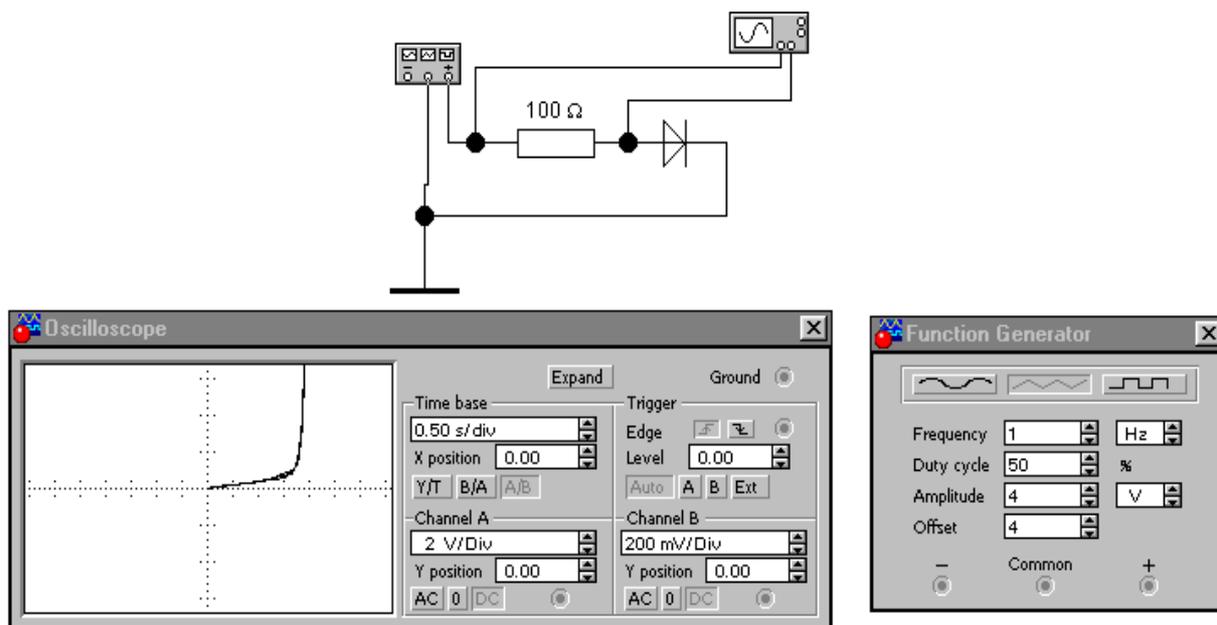


Рис. 12. Схема

## Список литературы

### Основной

1. Крылова, Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии / Г.Д. Крылова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1998, 1999, 2001.
2. Танкович, Т.И. Основы метрологии КГТУ / Т.И. Танкович, 2000.
3. Сергеев, А.Г. Метрология / А.Г. Сергеев, В.В. Крохин. – М.: Логос, 2000.
4. Сергеев, А.Г. Метрология, стандартизация, сертификация / А.Г. Сергеев, М.В. Латышев. – М.: Логос, 2001.
5. Электрические измерения // под ред. А.В. Фремке, Е.М. Душина – Л.: Энергия, 1980.
6. Винокуров, В.И. Электрорадиоизмерения / В.И. Винокуров, С.И. Каплин, И.Г. Петелин. – М.: Высшая школа, 1986.
7. Мирский, Г.Я. Электронные измерения / Г.Я. Мирский. – М.: Радио и связь, 1986.
8. Карпов, Р.Г. Электрорадиоизмерения / Р.Г. Карпов, Н.Р. Карпов. – М.: Высшая школа, 1978.
9. Атамалян, Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин / Э.Г. Атамалян. – М.: Высшая школа, 1982.
10. Хромой, Б.П. Электрорадиоизмерения / Б.П. Хромой, Ю.Г. Моисеев. – М.: Радио и связь, 1985.
11. Основы метрологии и электрические измерения // под ред. Е.М. Душина. – Л.: Энергоатомиздат, 1987.
12. Кравцов, А.В. Метрология и электрические измерения / А.В. Кравцов. – М.: Колос, 1999.
13. Бурдун, Г.Д. Основы метрологии: учеб. пособие [для вузов] / Г.Д. Бурдун, Б.Н. Марков. – 3 изд. перераб. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 256 с.
14. Электрорадиоизмерения: учебник / В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюков [и др.] / под ред. А.С. Сигова – М.: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2004.
15. Метрология и радиоизмерения / учебник [для вузов] // под ред. В.И. Нефедова. – М.: Высшая шк., 2003. – 526 с.

### Дополнительный

1. Логинов, В.Н. Электрические измерения механических величин / В.Н. Логинов. – М.: МРБ, Энергия, 1976.
2. Миронов, Э.Г. Погрешности измерений / Э.Г. Миронов. – Екатеринбург: УПИ, 1994.
3. Розманов. Погрешности измерений / Розманов. – Красноярск: КПИ, 1985.
4. Тартаковский, Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений / Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребов. – М.: Высшая школа, 2001.



С.П. Санников  
В.М. Машков

# **МЕТРОЛОГИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ**

Часть 2

Екатеринбург  
2011