

УДК 621.317.3(075.8)
В 672

Рецензенты:

лаборатория математического моделирования и метрологии
информационно-измерительных систем
Уральского научно-исследовательского института метрологии
(заведующий лабораторией
кандидат физико-математических наук В. А. Захаров);
С. М. Задворкин, кандидат физико-математических наук,
заведующий лабораторией технической диагностики
(Институт машиностроения УрО РАН)

Волегов, А. С.

В 672 Электронные средства измерений электрических величин :
[учеб. пособие] / А. С. Волегов, Д. С. Незнахин, Е. А. Степанова ;
М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. —
Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 104 с.
ISBN 978-5-7996-1330-3

Учебное пособие содержит сведения об электронных средствах измерений электрических величин, предназначенных для исследования формы электрических сигналов, измерения интервалов времени, фазовых сдвигов, частоты, напряжения. Рассматриваются наиболее распространенные методы измерения перечисленных характеристик. Приведены основные составляющие погрешности указанных средств измерений и источники их возникновения.

Для студентов физических специальностей.

УДК 621.317.3(075.8)

ISBN 978-5-7996-1330-3

© Уральский федеральный университет, 2014
© Волегов А. С., Незнахин Д. С.,
Степанова Е. А., 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
1. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ. ЭЛЕКТРОННЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ	7
1.1. Общие сведения	7
1.2. Универсальные электронно-лучевые осциллографы	8
1.3. Двухканальные и двухлучевые осциллографы	22
1.4. Скоростные и стробоскопические осциллографы	23
2. ИЗМЕРЕНИЕ ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ	29
2.1. Методы временных разверток	29
2.2. Метод преобразования интервалов времени в цифровой код	32
2.2.1. Погрешности измерения (классификация по слагаемым измерения)	33
2.2.2. Методы уменьшения погрешности дискретности	35
2.3. Метод преобразования интервала времени в напряжение	38
2.4. Нулевой метод	39
2.5. Метод совпадения	39
3. ИЗМЕРЕНИЕ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ	40
3.1. Метод преобразования фазового сдвига в интервал времени	40
3.1.1. Аналоговый электронный фазометр с магнитоэлектрическим измерителем	41
3.1.2. Электронно-счетные фазометры	44
3.2. Осциллографические методы измерения фазового сдвига	49
3.2.1. Метод круговой развертки	49
3.2.2. Метод линейной развертки	51
3.2.3. Метод эллипса	52

3.3. Метод преобразования фазового сдвига в напряжение	53
3.4. Нулевой (компенсационный) метод	54
3.5. Расширение частотного диапазона при измерениях фазовых сдвигов	55
4. ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ	57
4.1. Метод дискретного счета	57
4.1.1. Устройство и принцип действия электронно-счетного частотомера при измерении частоты колебаний	57
4.1.2. Источники погрешности измерения частоты электронно-счетным частотомером	58
4.1.3. Методы уменьшения погрешности дискретности	59
4.1.4. Устройство и принцип действия электронно-счетного частотомера при измерении периода колебаний	60
4.1.5. Источники погрешности измерения периода электронно-счетным частотомером	62
4.1.6. Возможности современных электронно-счетных частотомеров	63
4.2. Гетеродинный метод измерения частоты	64
4.3. Резонансный метод	66
4.4. Метод заряда и разряда конденсатора	67
4.5. Методы сравнения с известной частотой другого источника посредством осциллографа	68
4.5.1. Метод интерференционных фигур	69
4.5.2. Метод круговой развертки с модуляцией яркости	70
5. ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ	72
5.1. Параметры напряжений	72
5.2. Особенности электронных вольтметров	73
5.3. Классификация электронных вольтметров	74
5.4. Структурные схемы и принцип действия стрелочных электронных вольтметров	74
5.5. Детекторы стрелочных электронных вольтметров	77

5.6. Цифровые вольтметры и аналогово-цифровые преобразователи	83
5.6.1. АЦП постоянного тока с времяимпульсным преобразованием (кодированием)	84
5.6.2. Интегрирующие АЦП постоянного тока с времяимпульсным преобразованием (АЦП двойного интегрирования)	87
5.6.3. АЦП поразрядного уравнивания, или АЦП последовательных приближений	90
5.6.4. АЦП параллельного преобразования	91
5.6.5. АЦП параллельно-последовательного преобразования	92
5.6.6. Сигма-дельта АЦП	95
5.6.7. Применение АЦП в измерительных приборах	97
Контрольные вопросы	101
Список рекомендуемой литературы	102