1. **Что называется измерениями?** Измерения – это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. В радиотехнике объектами измерения являются параметры и характеристики радиотехнических цепей и сигналов в широком диапазоне частот вплоть до оптического.
2. **Метрология как наука об измерениях.** Метрология – это наука об измерениях и методах обеспечения их единства. Метрология изучает широкий круг вопросов, связанных как с теоретическими проблемами, так и с задачами практики. К их числу относятся: общая теория измерений, единицы физ. величин и их системы, методы и средства измерений, методы определения точности измерений, основы обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений, эталоны и образцовые средства измерений, методы передачи размеров единиц от эталонов к рабочим средствам измерения. Большое значение имеет изучение метрологических характеристик средств измерений, влияющих на результаты и погрешности измерений.
3. **Методы измерений.** Метод измерений – это совокупность приемов использования принципов и средств измерений. Все без исключения методы измерения являются разновидностями одного единственного метода – метода сравнения с мерой, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (однозначной или многозначной). Различают следующие разновидности этого метода:

***метод непосредственной оценки***, (значение измеряемой величины определяют непосредственно по отсчетному устройству многозначной меры, на которую непосредственно действует сигнал измерительной информации, например, измерение электрического напряжения вольтметром);

***метод противопоставления*** (измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения – компаратор, например – равноплечие весы).

***дифференциальный метод*** (сравнение меры длины с образцовой на компараторе)

***нулевой метод*** (результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения равен нулю)

***метод замещения –*** измеряемую величину заменяют известной величиной, воспроизводимой мерой (взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну чашу весов)

***метод совпадений –*** разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадение меток шкал или периодических сигналов (измерение длины при помощи штангенциркуля с нониусом)

1. **Методы измерений в зависимости от способа получения результата**

**4.1 Прямое измерение –** измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных.

**4.2 Косвенное измерение** – измерение, при котором искомое значение величины находят по известной зависимости межу этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям (нахождение плотности по массе и размерам)

**4.3 Совокупные измерения** – производимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин находят из системы уравнений, получаемых при прямых измерениях (нахождение массы гири в наборе по известной массе одной из них и по результатам сравнения масс различных сочетаний гирь)

**4.4 Совместные измерения** – проводимые одновременно измерения двух или более неодноименных величин для выявления зависимости между ними.

1. **Методы сравнения** – противопоставления, дифференциальный, нулевой замещения, совпадений (см. п.3)
2. **Единица физической величины** – физическая величина (ФВ) фиксированного размера, которой условно присвоено значение, равное единице, и применяемая для количественного выражения однородных физических величин. Различают основные, производные, кратные, дольные, когерентные, системные, внесистемные единицы.

**Производная единица –** единица производной ФВ системы единиц, образованная в соответствии с уравнением, связывающим ее с основными единицами или же с основными и уже определенными производными. Производная единица называется **когерентной**, если в этом уравнении числовой коэффициент равен единице.

1. **Международная система СИ –** когерентная система единиц ФВ. Включает в себя следующие величины:
	1. длина (метр)
	2. масса (килограмм)
	3. время (секунда)
	4. сила тока (ампер)
	5. температура (кельвин)
	6. сила света (кандела)
	7. количество вещества (моль)
2. **Основные единицы электрорадиоизмерений –**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Частота** | **герц** | **Гц** | **Hz** | **С-1** |
| **Энергия (работа)** | **джоуль** | **Дж** | **J** | **Н . м** |
| **Мощность** | **ватт** | **Вт** | **W** | **Дж/с** |
| **Электрический заряд** | **кулон** | **Кл** | **C** | **с . А** |
| **Напряжение** | **вольт** | **В** | **V** | **Вт/А** |
| **Емкость** | **фарад** | **Ф** | **F** | **Кл/В** |
| **Сопротивление** | **ом** | **Ом** | **Ω** | **В/А** |
| **Проводимость** | **сименс** | **См** | **S** | **А/В** |
| **Индуктивность** | **генри** | **Г** | **H** | **Вб/А** |

1. **Погрешности измерений –** отклонения результатов измерения от истинного значения измеряемой величины. Погрешности неизбежны, выявить истинное значение невозможно.

**А)** По числовой форме представления

А.1) Абсолютная погрешность

ΔА=Ад-Аизм (действит. минус измерянное)

А.2) Относительные погрешности

А.2.1) Относительная действительная 

А.2.2) Относительная измерянная 

А.2.3) Относительная приведенная 

Amax – максимальное значение шкалы прибора

B) По характеру проявления

В.1) Систематические (могут быть исключены из результатов)

В.2) Случайные

В.3) Грубые или промахи (как правило, не включаются в результаты **изм)**

1. **Классификация погрешностей в зависимости от способа возникновения** (См. п 9-В)
2. **Абсолютная и относительная погрешности** (см. пп А1 и А2)
3. **Приведенная погрешность** (см. п А.2.3)
4. **Классификация погрешностей в зависимости от эксплуатации приборов**

**13.1 Основная –** это погрешность средства измерения при нормальных условиях

**13.2 Дополнительная погрешность** – это составляющая погрешности средства измерения, дополнительно возникающая из-за отклонения какой-либо из влияющих величин или неинформативных параметров от нормативного значения или выхода за пределы нормальной области значений. Дополнительных погрешностей столько, сколько функций влияния или неинформативных параметров.

1. **Средства измерений (СИ) –** технические средства, предназначенные для измерений. Хранят единицу или шкалу ФВ, имеют нормированные метрологические характеристики, которые принимаются неизменными (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени. В общем случае, СИ включает в себя меру, измерительный преобразователь и устройства сравнения или индикации.
2. **Измерительные преобразователи (Пр) как средства измерений.** Пр – техническое средство, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или сигнал измерительной информации, удобный для обработки, хранения, индикации или передачи и имеющее нормированные метрологические характеристики. Различают: первичные Пр – первые в измерительной цепи, к которым подведена измеряемая величина; промежуточные; передающие; масштабные. Конструктивно обособленные Пр называют также датчиком.
3. **Измерительные установки и измерительные информационные системы.** Измерительный прибор (ИП) – наиболее распространенное СИ, предназначенное для выработки измерительной информации в форме, доступной для восприятия наблюдателем (оператором). Имеют в своем составе меру. Различают ИП аналоговые, цифровые, показывающие, регистрирующие самопишущие, печатающие, интегрирующие, суммирующие, сравнения. СИ могут быть функционально объединены в измерительные установки. Если в них включены образцовые СИ, их называют поверочными установками. Если СИ соединяются между собой каналами связи и предназначаются для выработки измерительной информации в форме, доступной для восприятия, обработки и передачи, такую совокупность называют измерительной системой.
4. **Дольные и кратные приставки**

**17.1 Дольные приставки**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 10-1 | Деци | д | d |
| 10-2 | Санти | с | C |
| 10-3 | Милли | м | m |
| 10-6 | Микро | мк | μ |
| 10-9 | Нано | н | n |
| 10-12 | Пико | п | p |
| 10-15 | Фемто | ф | f |
| 10-18 | Атто | а | a |

**17.2 Кратные приставки**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1018 | Экса | Э | E |
| 1015 | Пета | П | P |
| 1012 | Терра | Т | T |
| 109 | Гига | Г | G |
| 106 | Мега | М | M |
| 103 | Кило | к | k |
| 102 | Гекто | г | h |
| 101 | Дека | да | da |

1. **Отсчетное устройство (шкала и стрелка).** Отсчетное устройство – часть конструкции средства измерения, предназначенная для отсчета показаний. Может быть в виде шкалы, указателя, дисплея, экрана осциллографа и т.п. Шкала – часть конструкции отсчетного устройства, состоящая из отметок и чисел, соответствующих последовательным значениям измеряемой величины. Отметки могут быть в виде черточек, точек, зубцов и пр. Указатели могут быть в виде каплевидных, ножевидных и световых стрелок.
2. **Виды шкал.** Шкалы могут быть односторонние и двухсторонние, в зависимости от положения нуля. Если «0» находится в центре шкалы, то такая двусторонняя шкала называется симметричной. Шкалы характеризуются числом делений, длиной деления, ценой деления, диапазоном показаний, диапазоном измерений и пределами измерений. Деление – это промежуток между двумя соседними отметками шкалы. Длина деления – это расстояние, измеренное между осевыми двух соседних отметок по воображаемой линии, проведенной через середины самых коротких отметок шкалы. Диапазон показаний – это область значений шкалы, ограниченная начальным и конечным значениями. Диапазон измерений – это область значений величин, для которой нормирована предельная допустимая погрешность. Предел измерения – это наибольшее или наименьшее значение диапазона измерения. На каждом диапазоне прибор имеет два предела: ХВ – верхний предел, ХН – нижний предел.
3. **Цена деления** – это разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Для шкал с одним диапазоном измерения цена деления определяется по формуле , где *С* – цена деления, n – количество делений на участке между двумя соседними числовыми отметками Х1 и Х2;Х1 и Х2 **–** значения физической величины, соответствующие двум соседним числовым отметкам. Цена деления для приборов, имеющих несколько диапазонов измерения, вычисляется по формуле , где ХВ **– верхний** предел измерения, N – количество делений или номер последнего деления шкалы.
4. **Чувствительность прибора** (или чувствительность средства измерения) – это реакция на подведение к нему измеряемой величины. Чувствительность может вычисляться как абсолютная  так и относительная , характеризующая чувствительность в данной отметке; так и по формуле , которая характеризует чувствительность по отношению к данному значению величины. Абсолютная чувствительность обратно пропорциональна цене деления Sa=1/C.
5. **Класс точности средств измерения –** это обобщенная характеристика средства измерения, определяемая пределами основной и допускаемых дополнительных погрешностей и другими свойствами, влияющими на точность средства измерения, значения которых указаны в стандартах и технических условиях на данный вид средств измерений.

**Правила обозначения класса точности:** обозначение класса точности зависит от способа выражения предела допустимой погрешности (основной)

**А)** Если предел основной погрешности выражается в виде **абсолютной погрешности**, то класс обозначается в виде больших букв латинского алфавита или римских чисел, например: C, M, I. Классам точности, обозначаемым буквам, находящимся ближе к началу алфавита, или меньшими значащими цифрами, соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей.

**В)** Для средств измерений, пределы основной допускаемой погрешности которых принято выражать в форме **приведенной погрешности**, классы точности следует писать в виде чисел из предпочтительного ряда чисел: 110n; 1,510n; 210n; 2,510n; 410n; 510n; 610n, где n=1; 0; -1; -2; -3 и т.д.

**С)** Если предел допускаемой погрешности выражается в виде относительной погрешности, то класс выбирается из приведенного ряда чисел, и обводится окружностью. Например , класс точности 2,5

**D)** Если предел допускаемой основной погрешности выражается в виде двухчленной формулы относительной погрешности, то класс обозначается в виде дроби **c/d** причем числа “c” и “d” выбираются из приведенного предпочтительного ряда.

Например: класс точности — 0,02/0,01

1. **Обработка прямых равноточных многократных измерений одной и той же величины**

Принцип подсчета – заменяем математическое ожидание средним арифметическим. **а)** Делаем несколько измерений одной и той же величины, высчитываем среднее арифметическое Сср. **б)** Далее подсчитываем  для каждого значения Сі . **в)** Возводим каждое из значений в квадрат. **г)** Вычисляем среднеквадратическую погрешность среднего арифметического по формуле , где n – количество измерений. **д)** используя из условия данные доверенной вероятности (р) определяем по таблице коэффициент Стьюдента, а затем значение доверенного интервала в единицах измеряемой величины. При р=0,95  tpn=2,18; доверенный интервал –  = 2,180,19  **е)**Окончательный результат записываем в виде формулы [единица изм. величины]

1. **Классификация средств измерений.** Средства измерений классифицируются по весьма разнообразным признакам, которые в большинстве случаев взаимно независимы, и в каждом СИ могут находиться почти в любых сочетаниях. Основные критерии:
* Принцип действия
* Способ образования показаний
* Способ получения числового значения измеряемой величины
* Точность
* Условия применения
* Степень защиты от внешних магнитных и электрических полей
* Устойчивость против механических воздействий и перегрузок
* Стабильность
* Чувствительность
* Пределы и диапазоны измерений

По некоторым признакам классификация различных СИ одинакова, по другим она различна. Некоторые признаки применимы к одним видам СИ и неприменимы к другим. Наибольшее число признаков охватывает классификация электроизмерительных приборов.

1. **Классификация СИ в зависимости от устойчивости к механическим воздействиям.** По степени защиты от внешних воздействий различают СИ обыкновенные, пылезащищенные, брызго- водо- газозащищенные, герметические и взрывобезопасные. К обыкновенным по устойчивости к механическим воздействиям приборам и их вспомогательным частям относятся такие приборы и части, которые в упаковке для перевозки выдерживают без повреждения транспортную тряску на протяжении двух часов. Следующая категория – приборы обыкновенные с повышенной механической прочностью. Еще более требования предъявляются к приборам, тряскопрочным, вибропрочным и ударопрочным. Важна также устойчивость к перегрузкам. Электроизмерительные приборы могут выдерживать только кратковременную перегрузку. Их испытывают ударами током (девятью) в 10 раз превышающим номинальный, продолжительностью в 0,5 с и интервалом в одну минуту, с последующим одним ударом таким же током, продолжительностью в 5 сек.
2. **Поверка средств измерений.** Поверка – совокупность действий, выполняемых для определения или оценки погрешностей СИ. Поверки бывают государственные (внеплановые), обязательные (при производстве прибора) и периодические. При поверке сравниваются меры или показатели измерительных приборов с более точной образцовой мерой или с показаниями образцового прибора. Класс точности образцового прибора должен быть на 3 единицы выше поверяемого.
3. **Операции поверки средств измерений.** В операцию поверки входит предварительный внешний осмотр и проверка комплектности прибора. Поверка производится по поверочной схеме, составленной соответствующей метрологической организацией. Сроки и методы поверки регламентируются нормативной документацией. Результаты поверки оформляются в виде протокола и по окончании поверки делается вывод про пригодность данного прибора к эксплуатации.
4. **Методы поверки средств измерений.** Поверка – совокупность действий, выполняемых для определения или оценки погрешностей СИ.

Основные методы поверки:

* Путем непосредственного сличения
* С помощью приборов сравнения
* Поверка СИ по образцовым мерам
* Поэлементная поверка СИ
* Поверка измерительных приборов сравнения
* Поверка измерительных преобразователей