

Основные сведения о метрологии

ГПОУ «СЦБТ»

РАСОВ Д.Д.

Условные обозначения

- C — цена деления (постоянная прибора)
- S — чувствительность прибора
- r_{AV} — внутреннее сопротивление амперметра, вольтметра
- $K_{ш}$ — пересчетный коэффициент шкалы в многопредельном приборе
- A — действительное значение измеряемой величины (показание рабочего прибора)
- $A_{н}$ — истинное значение измеряемой величины (показание образцового прибора)
- $A_{ном}$ — номинальное значение
- A_{max} — максимальное значение измеряемого параметра
- A_{min} — минимальное значение измеряемого параметра
- P_V — потребляемая вольтметром мощность
- P_A — потребляемая амперметром мощность
- I_V — потребляемый вольтметром ток
- U_A — падение напряжения на амперметре
- ν — точность измерения
- Δ — абсолютная погрешность
- γ_a — относительная действительная погрешность измерения
- $\gamma_{пр}$ — относительная приведенная погрешность (класс точности)

- k_1, k_2, \dots, k_n — показатели степени
 c — поправка
 R — сопротивление резистора
 W_C — энергия, запасенная конденсатором
 W_L — энергия, запасенная катушкой индуктивности
 C — емкость конденсатора
 L — индуктивность катушки
 f — высокая (несущая) частота
 F — низкая частота
 β — коэффициент усиления транзисторов
 D_I — диапазон измерения силы тока
 D_U — диапазон измерения напряжения
 $D_{f(F)}$ — диапазон измерения частоты
 $R_{\text{уд-}I}$ — удельное сопротивление по постоянному току (указывается в паспорте на мультиметр)
 $R_{\text{уд-}f}$ — удельное сопротивление по переменному току
 r_x — измеряемое сопротивление резистора

- ▶0◀ — установка показаний индикатора на нуль
- ▼ — калибровка
- $U_{дБ}$ — напряжение, измеряемое в децибелах
- C_x — цена одного деления масштабной сетки осциллографа по горизонтали
- C_y — цена одного деления масштабной сетки осциллографа по вертикали
- S_x — чувствительность осциллографа по каналу X
- S_y — чувствительность осциллографа по каналу Y
- A_r — значение параметра сигнала по горизонтали
- A_v — значение параметра сигнала по вертикали
- n_x — линейный размер параметра по горизонтали в делениях (клетках) масштабной сетки осциллографа
- n_y — линейный размер параметра по вертикали в делениях (клетках) масштабной сетки осциллографа
- $A_U (K_U)$ — коэффициент усиления по напряжению
- U^0 — уровень логического нуля (значение напряжения в нуле)
- U^1 — уровень логической единицы (значение напряжения в единице)

- h_{216} (h_{21s}) — коэффициент передачи тока в схеме с общей базой (общим эмиттером)
- $I_{к,60}$ ($I_{сво}$) — обратный ток коллектора (ток неосновных носителей)
- U_F — прямое напряжение
- $I_{обр}$ — обратный ток
- $U_{ст}$ — напряжение стабилизации
- h_{22} — выходная проводимость
- $f_{гр}$ — граничная частота
- U_{01} (U_{02}) — выходное напряжение на первом (втором) выходе микросхемы
- U_{10} ($U_{см}$) — напряжение смещения
- $I_{пот}$ — потребляемый ток
- $I_{вх}$ (I_1 , I_2) — входной ток (на прямом — 1 и инвертирующем — 2 входах)
- $U_{н.п}$ — напряжение источника питания
- U_m — амплитудное значение напряжения
- U — среднеквадратическое значение синуса идеального напряжения

Рассмотрим классификацию шкал аналоговых приборов по различным признакам.

1. Различают равномерную (линейную) и неравномерную шкалы.

Равномерной является шкала прибора, имеющая деления постоянной длины и постоянную цену деления (рис. 1.1, *а*). Равномерная шкала используется только в приборах магнитоэлектрической системы.

Неравномерной является шкала прибора, имеющая деления непостоянной длины и непостоянную цену деления (рис. 1.1, *б*). Неравномерная шкала используется в приборах выпрямительной, термоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, ферродинамической и электростатической систем.

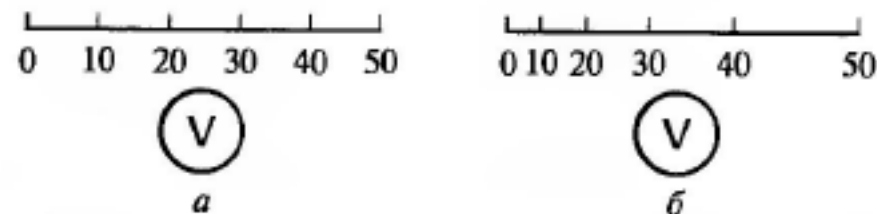


Рис. 1.1: Примеры равномерной (*а*) и неравномерной (*б*) шкал приборов

2. Различают прямую и обратную шкалы.

Прямая шкала отградуирована слева направо, т.е. нуль на прямой шкале расположен слева (рис. 1.2, *а*). Это самая распространенная шкала в аналоговых приборах.

Обратная шкала отградуирована справа налево, т.е. нуль на обратной шкале расположен справа (рис. 1.2, *б*). Такая шкала используется в аналоговых мультиметрах при отсчете значения сопротивления резисторов и емкости конденсаторов.

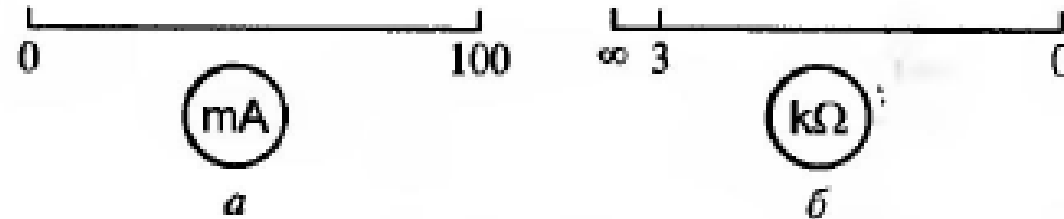


Рис. 1.2. Примеры прямой (*а*) и обратной (*б*) шкал приборов

3. По положению нуля на шкале и направлению отклонения стрелки индикатора различают *одностороннюю* и *двухстороннюю* шкалы. Существует также *безнулевая* шкала.

При использовании односторонней шкалы (самой распространенной) стрелка индикатора отклоняется при измерении только в одну сторону от нуля (рис. 1.3, *а*).

При использовании двухсторонней шкалы стрелка индикатора при измерении может отклоняться как вправо, так и влево от нуля. Причем при отклонении стрелки влево от нуля прибор показывает отрицательные значения измеряемой величины, а при отклонении вправо — положительные (рис. 1.3, *б*). Такую шкалу имеют гальванометры и измерительные аналоговые универсальные мосты.

Безнулевая шкала индикатора не имеет нулевого значения. Такая шкала используется в генераторах для установки частоты, длительности импульсов, временного сдвига и в электромеханических частотомерах (рис. 1.3, *в*).

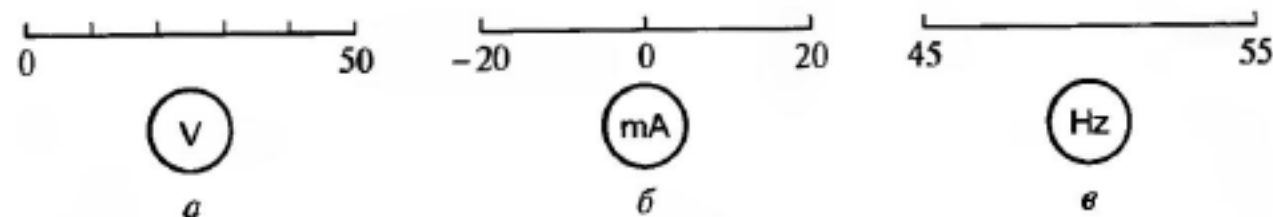


Рис. 1.3. Примеры односторонней (*а*), двухсторонней (*б*) и безнулевой (*в*) шкал приборов

Шкала аналогового прибора имеет рабочий участок, представляющий собой часть шкалы, в пределах которой погрешность показаний данного прибора не выходит за указанный класс точности.

Например, для шкалы миллиамперметра, показанной на рис. 1.4, *а*, рабочим является участок от 10 до 50 мА, который также определяет его диапазон измерения, если прибор однопредельный.

Для шкалы вольтметра, показанной на рис. 1.4, *б*, рабочим является участок от 3 до 10 В.

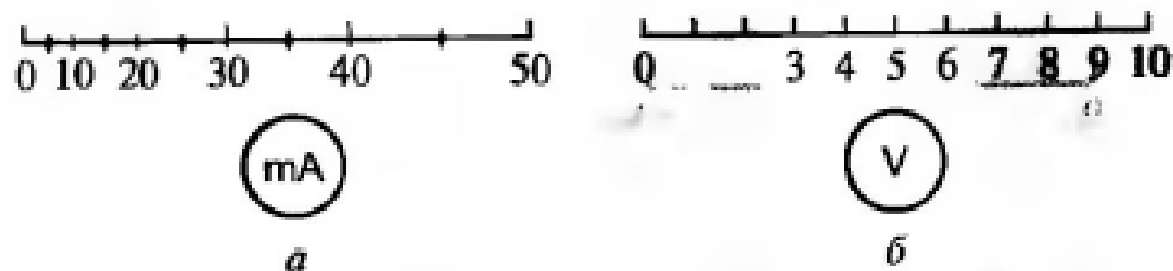


Рис. 1.4. Примеры (*а*, *б*) шкал приборов с разными рабочими участками

Иными словами, завод-изготовитель гарантирует указанный класс точности прибора начиная с первого оцифрованного деления шкалы индикатора.

Деление шкалы — это промежуток между двумя соседними ее отметками (рис. 1.5).

Цена деления (постоянная прибора) — это число единиц измеряемой величины, приходящееся на одно деление шкалы:

$$C = \frac{A_2 - A_1}{n}$$

Например, на рис. 1.5 цена деления шкалы

$$C = \frac{(20 - 10) \text{ мА}}{5 \text{ дел.}} = 2 \text{ мА/дел.}$$

Цена деления неравномерной шкалы определяется на участке (только не в ее начале) между двумя соседними оцифрованными делениями.

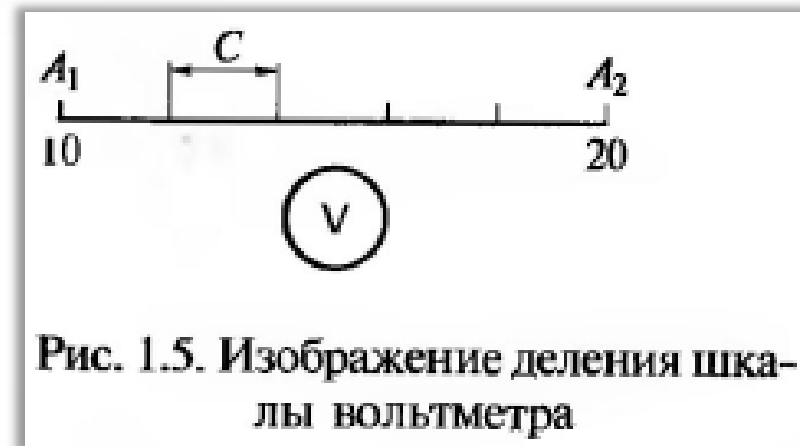


Рис. 1.5. Изображение деления шкалы вольтметра

Чувствительность — это число делений шкалы, приходящееся на единицу измеряемой величины, т.е. это величина, обратная цене деления:

$$S = \frac{1}{C} = \frac{n}{A_2 - A_1} = \frac{1}{2 \text{ мА/дел.}} = 0,5 \text{ дел./мА.}$$

Чувствительность многопредельного прибора определяется для самого малого его предела измерения.

Коэффициент шкалы ($K_{ш}$) — это отношение предельных значений двух диапазонов измерений: используемого и исходного, для которого проградуирована шкала.

Коэффициент шкалы в однопредельных приборах всегда равен единице, а в многопредельных — имеет свое значение для каждого предела измерения.

Так, например, в трехпредельном миллиамперметре с пределами 50; 200; 1 000 мА (рис. 1.6) шкала прибора проградуирована для одного предела — 50 мА, но она также может применяться для измерения токов и в остальных указанных пределах посредством умножения этого значения на соответствующий $K_{ш}$. В данном случае для шкалы с $I_{ном} = 200$ мА коэффициент $K_{ш} = \frac{200 \text{ мА}}{50 \text{ мА}} = 4$,

а для шкалы с $I_{ном} = 1000$ мА коэффициент $K_{ш} = \frac{1000 \text{ мА}}{50 \text{ мА}} = 20$.



Рис. 1.6. Изображение шкалы миллиамперметра

Номинальное значение шкалы прибора определяется по формуле

$$A_{\text{НОМ}} = A_{\text{max}} - A_{\text{min}},$$

где A_{max} — верхний предел шкалы прибора; A_{min} — нижний предел шкалы прибора.

В приборах с односторонней шкалой $A_{\text{НОМ}} = A_{\text{max}}$, т. е. на рис. 1.3, *а* $A_{\text{НОМ}} = 50$ В.

В приборах с двухсторонней шкалой $A_{\text{НОМ}} = A_{\text{max}} - (-A_{\text{min}}) = 2A_{\text{max}}$, т. е. на рис. 1.3, *б* $A_{\text{НОМ}} = 40$ мА.

В приборах с безнулевой шкалой $A_{\text{НОМ}} = A_{\text{max}} - A_{\text{min}}$, т. е. на рис. 1.3, *в* $A_{\text{НОМ}} = 10$ Гц.



Рис. 1.3. Примеры односторонней (*а*), двухсторонней (*б*) и безнулевой (*в*) шкал приборов

Для грамотного использования приборов при измерениях, т. е. для обеспечения минимальной погрешности измерения, необходимо учитывать частотный диапазон применимости приборов: различать приборы, предназначенные для цепей постоянного тока, переменного тока и универсальные.

В приборах для цепей постоянного тока частота равна нулю, а частотный диапазон электромеханических приборов переменного тока и универсальных обычно указывают на шкалах и в паспортах. Например, частотный диапазон применимости миллиамперметра, показанного на рис. 1.6, составляет от 0 до 400 Гц.








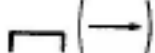

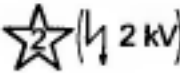


Рис. 1.6. Изображение шкалы миллиамперметра

Внутреннее сопротивление прибора (амперметра, вольтметра) обычно указывается в паспорте и прямо или косвенно на лицевой панели. Для амперметров характерно малое внутреннее сопротивление — r_A , а для вольтметров большое — r_V .

Потребляемая мощность для вольтметров определяется по формуле $P_V = U_{\text{НОМ}}^2 / r_V$, а для амперметров по формуле $P_A = I_{\text{НОМ}}^2 r_A$.

Потребляемый вольтметром ток $I_V = U_{\text{НОМ}} / r_V$, а *падение напряжения на амперметре* $U_A = I_{\text{НОМ}} r_A$.

Рабочее положение прибора может быть горизонтальное, вертикальное или наклонное (с указанием угла наклона). Знаки, наносимые на шкалы для указания рабочего положения прибора, представлены в приложении 4. Если соответствующего знака на шкале нет, значит, положение прибора может быть любым.

Условное обозначение	Расшифровка обозначения
	Переменный однофазный ток
	Постоянный ток
	Постоянный и переменный токи
	Переменный трехфазный ток
	Вертикальное рабочее положение прибора
	Горизонтальное рабочее положение прибора
	Рабочее положение прибора с наклоном 60° к горизонтальной плоскости
0,5—1,0—1,5—2,5	Класс точности (приведенная погрешность) прибора (например, 0,5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,5 %)
	Измерительный механизм прибора изолирован, и сопротивление изоляции испытано, например напряжением 2 кВ
	Наличие защиты от влияния внешнего магнитного поля
	Наличие защиты от влияния внешнего электрического поля

Шаг шкалы — это интервал между двумя соседними оцифрованными делениями на шкале прибора. Например, если на шкале индикатора оцифрованы деления 0, 10, 20, 30, 40, 50, то шаг шкалы равен 10.

Род тока указывается на шкале прибора с помощью следующих знаков: «—» — приборы, предназначенные для работы только в цепях постоянного тока, «~» — приборы для цепей переменного тока, «∞» — универсальные.

Действительное значение измеренной величины A — это значение, полученное с помощью рабочего прибора.

Истинное значение измеренной величины A_n — это (с определенным допуском) значение, полученное с помощью образцового прибора.

Основное требование, предъявляемое к образцовому прибору, следующее: погрешность его измерения должна быть на один-два порядка меньше погрешности измерения рабочего прибора. Однако существует прямая связь между погрешностью измерения прибора и его стоимостью, т. е. прибор, имеющий в 100 раз меньшую погрешность, и стоит в 100 раз больше. Следовательно, использование образцовых приборов для массовых измерений экономически нецелесообразно, поэтому в лабораториях учебных заведений и на производстве чаще всего используются рабочие приборы, а образцовые приборы применяются в основном для поверки рабочих приборов.