

Название «метрология» образовано от двух греческих слов: metron — мера и logos — слово, учение; дословно: учение о мере.

В современном понимании **метрологией** называют науку об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

РМГ 29-99. Государственная система обеспечения единства измерений. МЕТРОЛОГИЯ. Основные термины и определения

Предмет метрологии – извлечение количественной информации о свойствах объектов и процессов с заданной точностью и достоверностью.

Средства метрологии – это совокупность средств измерений и метрологических стандартов, обеспечивающих их рациональное использование.

Объекты метрологии:

- измеряемая (в том числе физическая) величина;
- единица физической величины;
- измерение;
- погрешность измерений;
- метод измерений;
- средство измерений.

К задачам метрологии относятся:

- 1) обеспечение единства измерений;
- 2) унификация единиц величин и признание их законности;
- 3) разработка путей измерений, а также методов установления точности и верности измерений;
- 4) передача размеров единиц от эталонов и образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.



Метрология

Теоретическая метрология

занимается вопросами фундаментальных исследований, созданием системы единиц измерений, физических постоянных, разработкой новых методов измерения



Прикладная метрология

занимается вопросами практического применения в различных сферах деятельности результатов теоретических исследований в рамках метрологии



Законодательная метрология

включает совокупность взаимообусловленных правил и норм, направленных на обеспечение единства измерений, которые возводятся в ранг правовых положений и имеют обязательную силу и находятся под контролем государства.



Мера – это средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера

Физическая величина — это свойство, общее в качественном отношении для множества объектов, физических систем, их состояний и происходящих в них процессов, но индивидуальное в количественном отношении для каждого из них. По принадлежности к различным группам физических процессов физические величины делятся на электрические, магнитные, пространственно-временные, тепловые и пр.


Физические величины делятся на измеряемые и оцениваемые.

Измеряемые физические величины могут быть выражены количественно в установленных единицах измерения (единицах физической величины).

Оцениваемые физические величины это величины, для которых единицы измерений не могут быть введены. Их определяют при помощи установленных шкал.

Физические величины классифицируются по следующим видам явлений:

- а) **вещественные** – они описывают физические и физико-химические свойства веществ, материалов и изделий из них;
- б) **энергетические** – описывают энергетические характеристики процессов преобразования, передачи и поглощение (использование) энергии;
- в) физические величины, характеризующие протекание процессов **во времени**.



Значение физической величины — это оценка физической величины в принятых единицах измерения (например, 5 мА — значение силы тока, причем 5 — это числовое значение). Именно этот термин применяют для выражения количественной характеристики рассматриваемого свойства.

Единица физической величины — это физическая величина, которой по определению присвоено стандартное числовое значение, равное единице. Единицы физических величин подразделяются на основные и производные.



Кратная единица физической величины

всегда больше основной (системной) в целое число раз. Например, мегаом (10^6 Ом), киловольт (10^3 В)

Дольная единица физической величины

меньше основной (системной) в целое число раз. Например, нанофарад (10^{-9} Ф), микроампер (10^{-6} А).

Электрические единицы измерения

Электрическая величина		Единицы измерения						Соотношение между кратными и дольными единицами и основной
Наименование	Принятое обозначение	Основная			Кратная или дольная			
		Наименование	Русское обозначение	Международное	Наименование	Русское обозначение	Международное	
Сопротивление	R, r	ом	Ом	Ω	мегаом	МОм	$M\Omega$	$1 \text{ МОм} = 10^6 \text{ Ом}$
					килоом	кОм	$k\Omega$	$1 \text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}$
Ток	I, i	ампер	А	А	миллиампер	мА	mA	$1 \text{ мА} = 10^{-3} \text{ А}$
					микроампер	мкА	μA	$1 \text{ мкА} = 10^{-6} \text{ А}$
Напряжение и ЭДС	U, u E, e	вольт	В	V	киловольт	кВ	kV	$1 \text{ кВ} = 10^3 \text{ В}$
					милливольт	мВ	mV	$1 \text{ мВ} = 10^{-3} \text{ В}$
					микровольт	мкВ	μV	$1 \text{ мкВ} = 10^{-6} \text{ В}$
Мощность	P	ватт	Вт	W	гигаватт	ГВт	GW	$1 \text{ ГВт} = 10^9 \text{ Вт}$
					мегаватт	МВт	MW	$1 \text{ МВт} = 10^6 \text{ Вт}$
					киловатт	кВт	kW	$1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт}$
					милливатт	мВт	mW	$1 \text{ мВт} = 10^{-3} \text{ Вт}$
Индуктивность	L	генри	Гн	H	микроватт	мкВт	μW	$1 \text{ мкВт} = 10^{-6} \text{ Вт}$
					миллигенри	мГн	mH	$1 \text{ мГн} = 10^{-3} \text{ Гн}$
					микрогенри	мкГн	μH	$1 \text{ мкГн} = 10^{-6} \text{ Гн}$



Эталон единицы физической величины – это средство измерения, предназначенное для хранения и воспроизведения единицы физической величины с целью её передачи другим средствам измерений данной величины.



Классификация эталонов



Основные требования к первичному эталону:
Неизменность - способность удерживать неизменным размер воспроизводимой им единицы в течение длительного интервала времени;
Воспроизводимость - воспроизведение единицы с наименьшей погрешностью для данного уровня развития измерительной техники);
Сличаемость - способность не претерпевать изменений и не вносить каких-либо искажений при проведении сличений.



Рабочие средства измерения (РСИ)



Эталон сравнения – вторичный эталон, применяемый для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом.

Эталоны-свидетели предназначены для проверки сохранности государственного эталона и замены его в случае порчи или утраты.

Эталон-копия – вторичный эталон, предназначенный для передачи размеров единиц рабочим эталонам. Эталон-копия не всегда является физической копией государственного эталона, он копирует лишь метрологические свойства государственного эталона.

Рабочий эталон воспринимает размер единицы от вторичных эталонов и, в свою очередь, служит для передачи размера менее точному рабочему эталону (низшего разряда) или рабочим средствам измерений.





Погрешность измерения – это отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Истинное (действительное) значение физической величины — это значение, свободное от погрешности.

Измеренное значение физической величины — это значение величины, отсчитанное по рабочей мере (прибору).



Критерии качества измерений

Качество измерений характеризуется точностью, достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью измерений, а также размером допустимых погрешностей.

Точность - это качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Высокая точность измерений соответствует малым погрешностям как систематическим, так и случайным. Точность количественно оценивают обратной величиной модуля относительной погрешности. Например, если погрешность измерений равна 10^{-6} , то точность равна 10^6 .

Достоверность измерений характеризует степень доверия к результатам измерений. Достоверность оценки погрешностей определяют на основе законов теории вероятностей и математической статистики. Это даёт возможность для каждого конкретного случая выбирать средства и методы измерений, обеспечивающие получение результата, погрешности которого не превышают заданных границ с необходимой достоверностью.



Под **правильностью** измерений понимают качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в результатах измерений.

Сходимость - это качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в одинаковых условиях. Сходимость измерений отражает влияние случайных погрешностей.

Воспроизводимость - это такое качество измерений, которое отражает близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в различное время, в различных местах, различными методами и средствами).



Основные достоинства единиц СИ

- **Универсальность** – охват всех областей науки, техники и производства.
- **Унификация единиц физических величин для всех видов измерений** механических, тепловых, электрических, магнитных, акустических, световых и других величин.
- **Удобные по размеру для практического применения** основные и производные единицы.
- **Когерентность** (согласованность, связанность) системы: все производные единицы системы получают из уравнений связи между величинами, в которых коэффициенты равны безразмерной величине.



Область применения единиц СИ

- В Западной Европе переход на СИ завершен в 1978 г.
- В СССР единицы СИ введены с 1-го января 1981 года государственным стандартом ГОСТ 8.417-81 Метрология. Единицы физических величин.
- В России с 01.09.2003 действует актуализированная версия единиц СИ, утвержденная межгосударственным стандартом ГОСТ 8.417-2002 Единицы величин.
- В настоящее время практически все страны мира перешли на систему СИ.



МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ (СИ)

ВЕЛИЧИНА	НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	ВЕЛИЧИНА	НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ
ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ			ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ		
ДЛИНА	метр	м	ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ	фарад	Ф [1Ф = 1Кл/В]
МАССА	килограмм	кг	ЧАСТОТА	герц	Гц
ВРЕМЯ	секунда	с	СКОРОСТЬ	метр в секунду	м/с
СИЛА ТОКА	ампер	А	УСКОРЕНИЕ	метр в секунду в квадрате	м/с ²
СИЛА СВЕТА	кандела	кд	ПЛОТНОСТЬ	килограмм на кубический метр	кг/м ³
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА	кельвин	К	СИЛА	ньютон	Н [1н = 1кг·м/с ²]
КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА	моль	моль	ИМПУЛЬС	килограмм на метр в секунду	кг·м/с
ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ			ДАВЛЕНИЕ	паскаль	Па [1Па = 1Н/м ²]
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД	кулон	Кл [1Кл = 1А·с]	РАБОТА, ЭНЕРГИЯ	джоуль	Дж [1Дж = 1Н·м]
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ЭДС	вольт	В [1В = 1Дж/Кл]	МОЩНОСТЬ	ватт	Вт [1Вт = 1Дж/с]
НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ	вольт на метр	В/м	МАГНИТНЫЙ ПОТОК	вебер	Вб [1Вб = 1Тл·м ²]
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ	ом	Ом [1Ом = 1В/А]	ИНДУКТИВНОСТЬ	генри	Гн [1Гн = 1Вб/А]
			МАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ	тесла	Тл [1Тл = 1В/(А·м)]



Основные виды и методы измерений, их классификация

Измерение физической величины - совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.



Разновидности измерений

от способа
получения

числового значения

- **прямые**
(измерение, при котором искомое значение физической величины получают непосредственно)
- **косвенные**
(определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной)
- **совокупные**
(производимые одновременно измерения нескольких одноименных (однородных) величин, при которых искомые значения величин определяют путём решения системы уравнений, получаемых при измерении этих величин в различных сочетаниях)
- **совместные**
(производимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для определения зависимости между ними. Результат измерений получают путем решения системы уравнений)

по числу
измерений

- **однократные**
(измерение, выполненное один раз)
- **многократные**
(измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений)

по характеристике
точности

- **равноточные**
(ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений и в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью)
- **неравноточные**
(ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях)

по отношению к
изменяемой

- **статические**
(измерение физической величины, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения)
- **динамические**
(измерение изменяющейся по размеру физической величины, для получения результата измерения которой необходимо учитывать это изменение)



Средство измерений - техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Средство измерений должно реализовывать одну из следующих функций:

- воспроизводить величину заданного размера;
- вырабатывать сигнал, несущий информацию о значении измеряемой величины.

Средства измерений бывают:

- основные;
- вспомогательные.

- стандартизованные
- нестандартизованные.

- автоматические;
- автоматизированные.

Разновидности мер



**По способу выдачи результата
измерительные приборы подразделяются на:**

- **аналоговые** (со стрелочным индикатором, самопишущие), показания которых являются непрерывной функцией измерения и измеряемой величины;

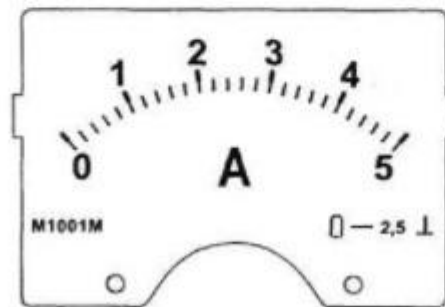
- **цифровые**, показания которых образуются в результате автоматического выработки дискретных сигналов измерительной информации, представленной в цифровой форме.

Шкала измерительных приборов

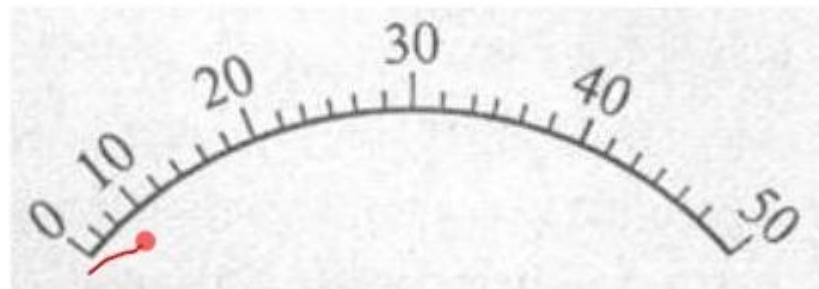
—

Шкала измерительных приборов классифицируется по следующим признакам:

1. По признаку равномерности различают:
-равномерная шкала — это шкала с делениями постоянной длины и с постоянной ценой деления. Такую шкалу имеют электромеханические приборы только магнитоэлектрической системы;

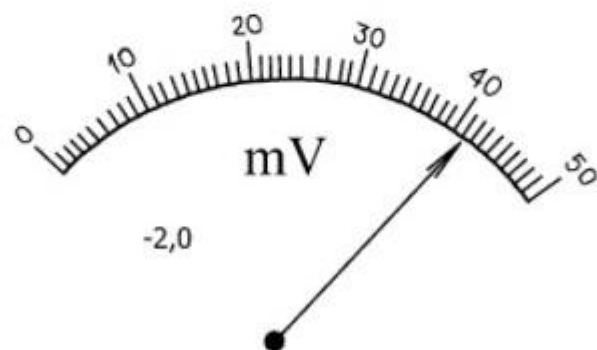


- **неравномерная шкала** — это шкала с делениями непостоянной длины и с непостоянной ценой деления. Такую шкалу имеют электромеханические приборы выпрямительной, электромагнитной, электродинамической, ферродинамической, электростатической, термоэлектрической систем.

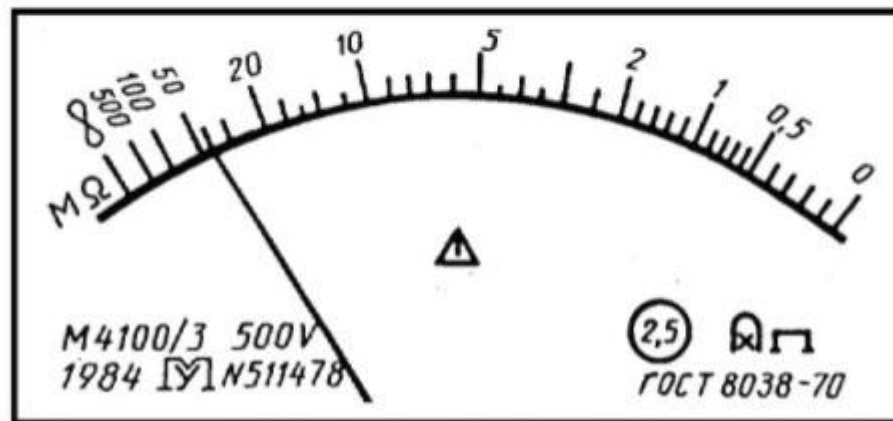


2. По признаку направления градуирования различают:

- **прямая шкала** градуирована слева направо, т.е. нуль на шкале расположен слева. Такая шкала является самой распространенной в АИП;

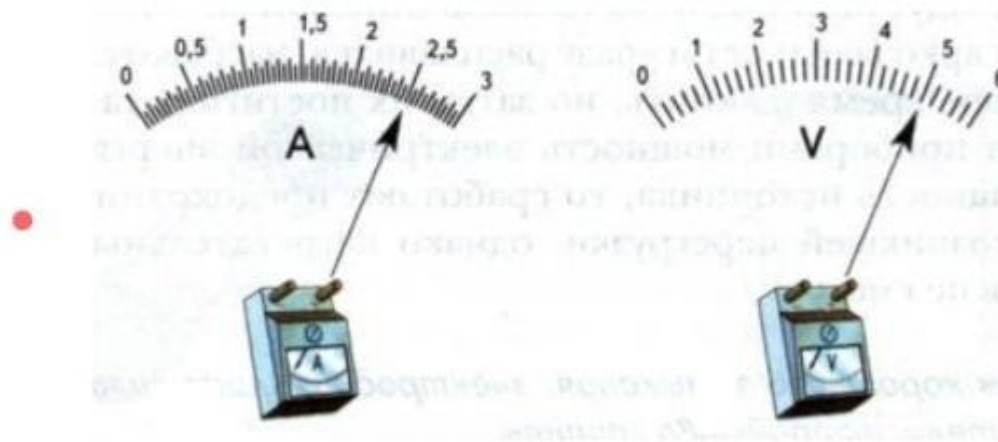


- **обратная шкала** градуирована справа налево, т.е. нуль на шкале расположен справа. Такая шкала используется, например, в аналоговых мультиметрах при отсчете значения сопротивления резисторов и емкости конденсаторов.

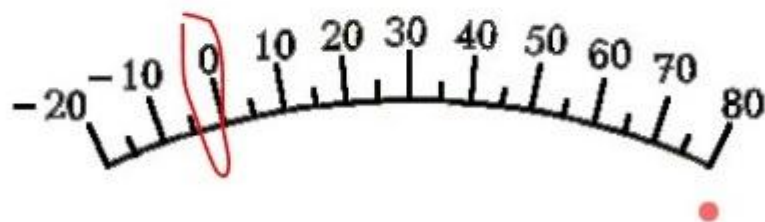


3. По положению нуля на шкале и направлению движения стрелки индикатора различают:

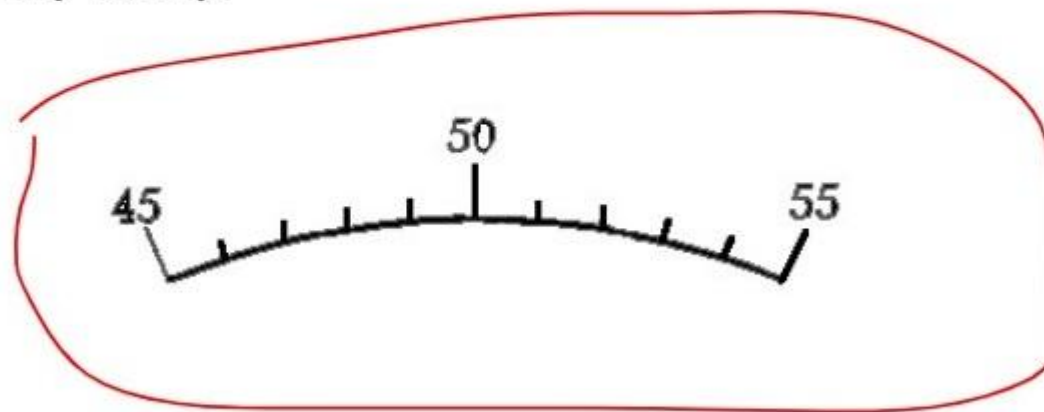
- **односторонняя шкала** — это шкала, стрелка индикатора которой при измерении отклоняется только в одну сторону от нуля. Такая шкала является самой распространенной;



- **двухсторонняя шкала** — это шкала, стрелка индикатора при измерении которой отклоняется как влево, так и вправо от нуля. Причем отклонение влево от нуля дает отрицательные значения измеряемой величины, а отклонение вправо - положительные. Такую шкалу имеют индикаторы аналоговых измерительных мостов и гальванометры;

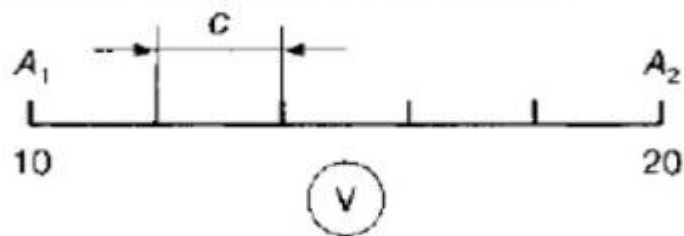


- **безнулевая шкала** — это шкала, на которой отсутствует нулевая отметка. Такую шкалу имеют электромеханические частотомеры, генераторы, градуированные по частоте, длительности импульсов, временному сдвигу.



Деление шкалы — это промежуток между двумя соседними отметками шкалы.

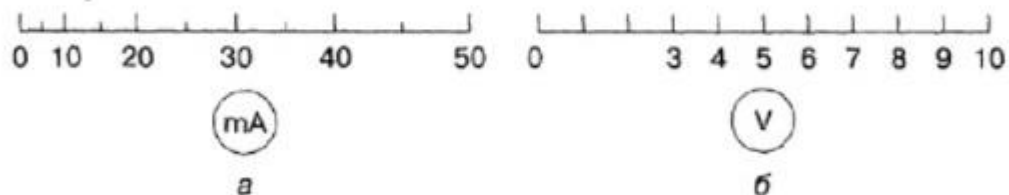
Цена деления шкалы (постоянная прибора), **C**, указывает число единиц измеряемой величины, приходящееся на одно деление шкалы:



$$C = \frac{A_2 - A_1}{n} \quad \text{где } A_1, A_2 \text{ — соседние оцифрованные деления; } n \text{ — количество делений между двумя цифрами.}$$

Шаг шкалы — это интервал оцифрованных делений на шкале прибора. Например, если на шкале индикатора нанесены оцифрованные деления 0—10—20—30—40—50, то шаг шкалы равен 10.

Рабочий участок шкалы — это участок, в пределах которого погрешность прибора не выходит за указанный класс точности. Для шкалы миллиамперметра, показанной на рис. а, рабочим участком является участок от 10 до 50 мА (он же является диапазоном измерения в однопредельном приборе). Для шкалы вольтметра, показанной на рис. б, рабочим участком является участок от 3 до 10 В.



Чувствительность, S , прибора по измеряемому параметру показывает число делений шкалы, приходящееся на единицу измеряемой величины, т.е. является величиной, обратной цене деления:

$$S = \frac{1}{c} = \frac{n}{A_2 - A_1}$$

Класс точности — обобщённая характеристика средств измерений, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также рядом других свойств, влияющих на **точность** осуществляемых с их помощью измерений.




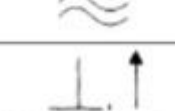
- Рабочее положение прибора может быть разным:
- горизонтальным (на шкале обозначается символами « Γ » или « \rightarrow »);
 - вертикальным (на шкале обозначается символами « \perp » или « \uparrow »);
 - наклонным (на шкале обозначается символом « \angle » с указанием угла наклона).

Если допускается любое рабочее положение, то обозначение отсутствуют.

Расшифровка знаков и символов, указанных на лицевой панели прибора

Наименование	Условное обозначение	Буквенный шифр
Прибор магнитоэлектрической системы с подвижной рамкой		М
Прибор электромагнитной системы		Э
Прибор электродинамической системы		Д
Прибор ферродинамической системы		д
Прибор электростатической системы		С

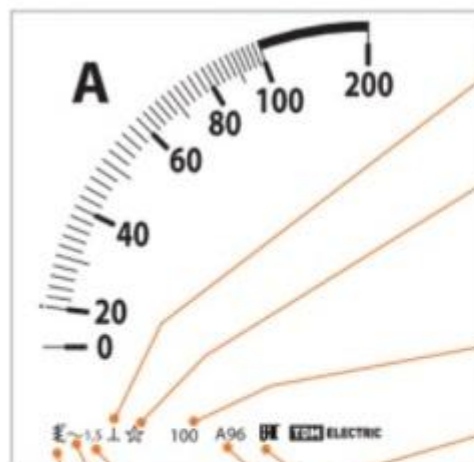


Наименование	Условное обозначение	Буквенный шифр
Прибор выпрямительной системы с выпрямителем (выпрямительный прибор)		В
Прибор магнитоэлектрический с электронным преобразователем в измерительной цепи (электронный прибор)		-
Прибор термоэлектрической системы		Т
Прибор вибрационной системы		-
Ток постоянный		-
Ток переменный (однофазный)		-
Ток постоянный и переменный (универсальный прибор)		-
Ток трехфазный переменный (общее обозначение)		-
Прибор применять при вертикальном положении шкалы		-
Прибор применять при горизонтальном положении шкалы		-
Наклонное (с углом 60°)		-

Наименование	Условное обозначение	Буквенный шифр
Класс точности прибора, например 1,5		-
Напряжение испытательное, например 2 кВ		-
Прибор защищен от влияния внешнего магнитного поля (1 категория защищенности)		-
Прибор защищен от влияния внешнего электрического поля (1 категория защищенности)		-
Внимание! Смотри указания в инструкции по эксплуатации прибора		-



Расшифровка обозначений на шкале



Установка в вертикальном положении $\pm 5^\circ$.

Изоляция прибора сохраняет работоспособность при напряжении 2 кВ.

100 – Максимальный измеряемый ток.

Данный тип приборов имеет декларацию соответствия.


Название и размер прибора: А – амперметр, 96 – 96x96 мм.

Класс точности прибора.

Измерение переменного тока и напряжения.

Электромагнитный прибор.





Предел измерений параметра, A_{max} — это наибольшее значение диапазона измерений.

Диапазон измерений параметра — это область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности АИП.



Погрешности результата измерений **— отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.**

1. Абсолютная погрешность
2. Относительная действительная погрешность
3. Относительная приведенная погрешность
4. Систематическая погрешность
5. Аддитивная погрешность
6. Мультипликативная
7. Статическая
8. Динамическая
9. Основная
10. Дополнительная
11. Методическая
12. Инструментальная
13. Субъективная погрешность
14. Грубые промахи



Погрешности результата измерений

— отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

1. Абсолютная погрешность
2. Относительная действительная погрешность
3. Относительная приведенная погрешность
4. Систематическая погрешность
5. Аддитивная погрешность
6. Мультипликативная
7. Статическая
8. Динамическая
9. Основная
10. Дополнительная
11. Методическая
12. Инструментальная
13. Субъективная погрешность
14. Грубые промахи

$$\delta_D = \delta_{\text{пр}} \cdot \frac{A_{\text{и}}}{A_{\text{н}}}$$
$$\delta_D = 1,5 \cdot \frac{20}{40}$$

10 15 20 40

1,5

Контроль - это процесс получения и обработки информации об объекте (параметре детали, механизма, процесса и т. д.) с целью определения его годности или необходимости введения управляющих воздействий на факторы, влияющие на объект.



2. Полнота охвата продукции контролем

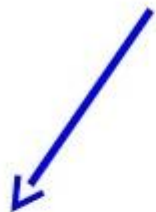
- сплошной контроль;
- выборочный контроль;
- летучий контроль;
- непрерывный контроль;
- периодический контроль

3. Этап процесса производства продукции

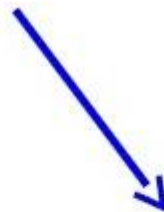
- входной контроль сырья, материалов, комплектующих изделий;
- операционный контроль качества продукции;
- приемочный контроль;
- выходной контроль готовой продукции;
- инспекционный контроль.



4. Влияние на объект контроля



разрушающий
контроль



неразрушающий
контроль



5. Применение средств контроля

- измерительный контроль;
- регистрационный контроль;
- органолептический контроль;
- визуальный контроль;
- технический осмотр.

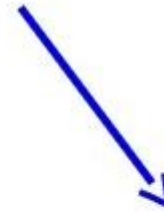
6. В зависимости от исполнителя контроль разделяется на:

- **самоконтроль,**
- **контроль мастером,**
- **контроль ОТК и**
- **инспекционный контроль.**

7) По характеру воздействия на ход
производственного (технологического) процесса



Активный контроль



Пассивный контроль



По роду измеряемой величины

электроизмерительные приборы подразделяют на амперметры, вольтметры, ваттметры, счетчики электрической энергии, фазометры, частотомеры, омметры и т. д.

Условное обозначение по роду измерительной величины (табл.) наносится на лицевую сторону прибора.

**Классификация
электроизмеритель-
ных приборов по
роду измеряемой
величины**

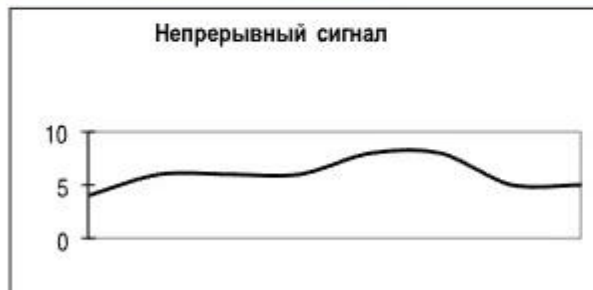
Наименование прибора	Условное обозначение
Амперметр	A
Вольтметр	V
Вольтамперметр	VA
Ваттметр	W
Варметр	var
Микроамперметр	μ A
Миллиамперметр	mA
Милливольтметр	mV
Омметр	Ω
Мегаомметр	M Ω
Частотомер	Hz
Волномер	λ
Фазометр: измеряющий сдвиг фаз	φ
измеряющий коэффициент мощности	cos φ
Счетчик ампер-часов	Ah
Счетчик ватт-часов	Wh
Счетчик вольт-ампер-часов реактивный	varh
Вольтметр с цифровым отчетом	
Вольтметр с непрерывной регистрацией	
Амперметр, подвижная часть которого отклоняется в обе стороны от нулевой стрелки	
Гальванометр	
Осцилограф	

На шкалах электроизмерительных приборов указывают также условные обозначения, отражающие род измеряемого тока, класс точности прибора, испытательного напряжения изоляции, рабочего положения прибора и т. д.



Измерительные приборы бывают **аналоговыми** и **цифровыми**.

- ✓ *Аналоговые* - это приборы, показания которых являются непрерывной функцией.
- ✓ *Цифровые* - это приборы, показания которых являются дискретными и представляются в цифровой форме.



Классификация приборов по способу отчета

Измерительные приборы:

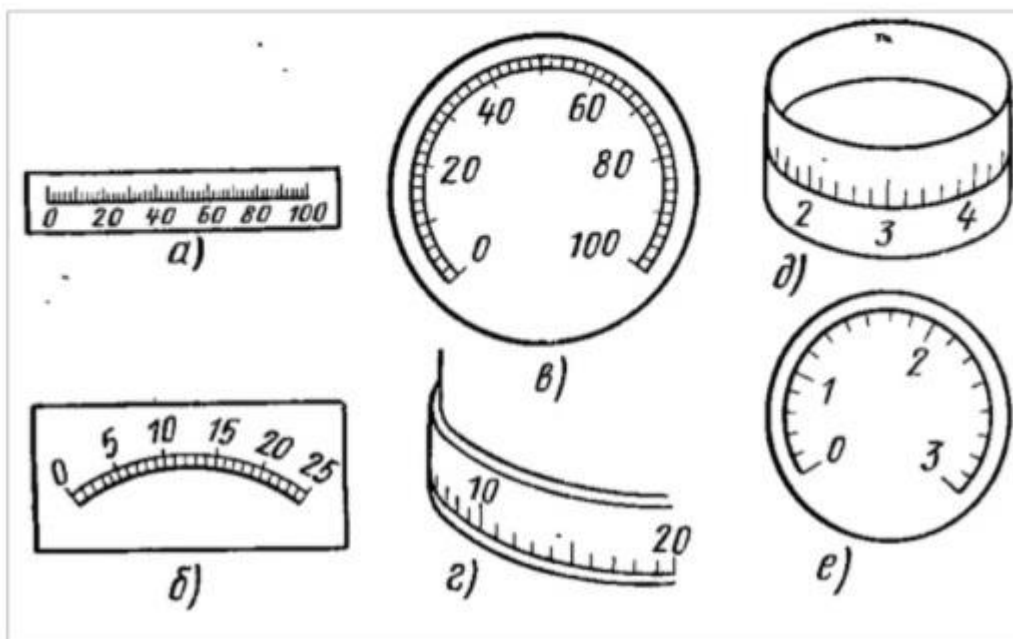
- ✓ компарирующие;
- ✓ показывающие;
- ✓ самопишущие;
- ✓ комбинированные;
- ✓ суммирующие и интегрирующие.

Шкалы:

а – прямолинейная; б – дуговая;

в – круглая равномерная; г – профильная;

д – барабанная; е – круговая неравномерная



К электроизмерительным приборам предъявляются **следующие основные требования:**

1) погрешность прибора не должна превышать указанного на лицевой стороне предела (класса точности) и не должна изменяться с течением времени;

2) шкала прибора должна быть проградуирована в единицах СИ;

3) прибор должен быть снабжен успокоительной системой;

4) магнитные и электрические поля, температура окружающей среды не должны оказывать заметного влияния на показания прибора;

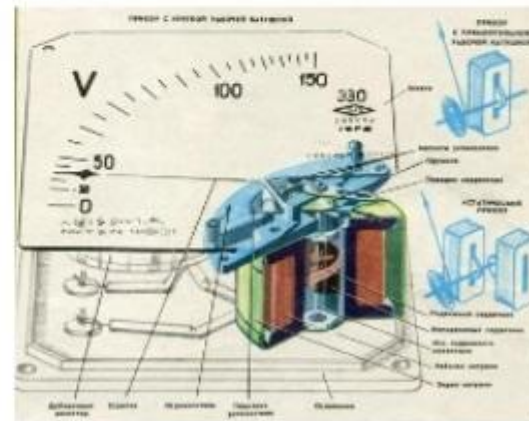
5) прибор должен потреблять минимальное количество энергии и должен выдерживать установленную соответствующим ГОСТом перегрузку.

По принципу действия электроизмерительные приборы подразделяются на следующие основные типы:

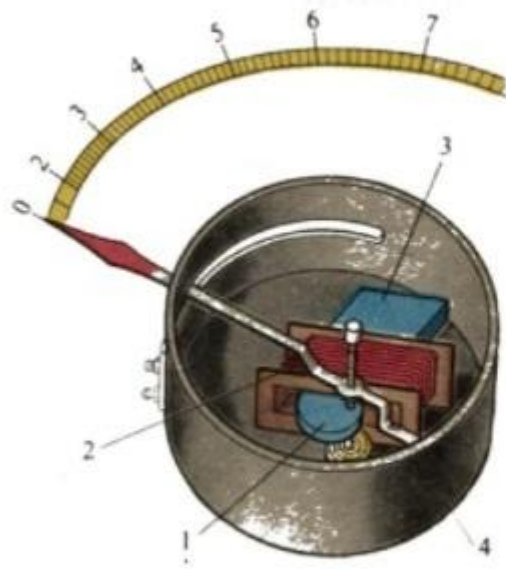
1. **Приборы магнитоэлектрической системы**, основанные на принципе взаимодействия катушки с током и внешнего магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом.
2. **Приборы электродинамической системы**, основанные на принципе электродинамического взаимодействия двух катушек с токами, из которых одна неподвижна, а другая подвижна.
3. **Приборы электромагнитной системы**, в которых используется принцип взаимодействия магнитного поля неподвижной катушки с током и подвижной железной пластинки, намагниченной этим полем.
4. **Тепловые измерительные приборы**, использующие тепловое действие электрического тока. Нагретая током проволока удлиняется, провисает, и вследствие этого подвижная часть прибора получает возможность повернуться под действием пружины, выбирающей образовавшуюся слабину проволоки.

ПРИБОРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ

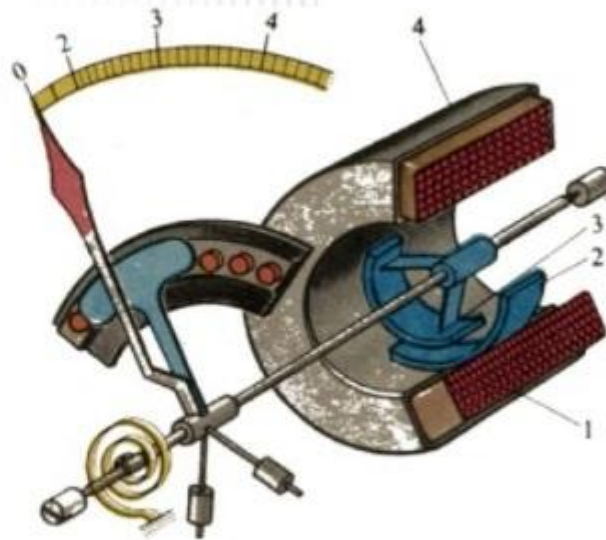
Принцип действия приборов электромагнитной системы основан на механизме втягивания подвижного ферромагнитного сердечника внутрь неподвижной катушки под действием ее магнитного поля, создаваемого в катушке проходящим через нее измеряемым током.



Электромагнитная система приборов




Электромагнитный механизм с плоской катушкой:
1 — подвижный сердечник, 2 — катушка, 3 — неподвижный сердечник, 4 — экран




Электромагнитный механизм с круглой катушкой:
1 — катушка, 2 и 3 — сердечники, 4 — экран





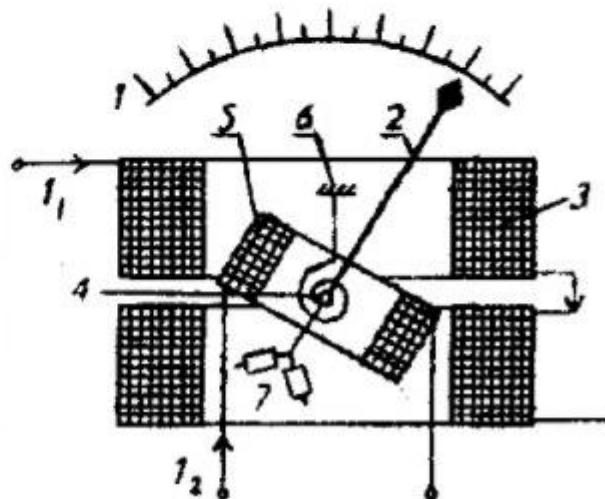
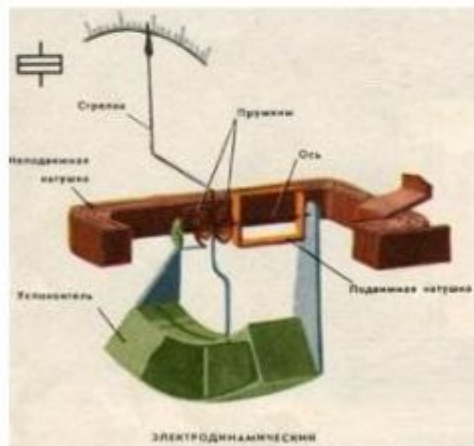
Основные достоинства приборов электромагнитной системы - простота и надежность устройства, высокая перегрузочная способность (сечение провода для катушки может быть взято с запасом), дешевизна и возможность использования для измерений в цепях постоянного и переменного токов.

К недостаткам приборов этой системы можно отнести невысокий класс точности измерений; относительно большое собственное потребление мощности (в катушках амперметров - до 1 Вт. а в вольтметрах с потреблением мощности в добавочных сопротивлениях - до 6 Вт); неравномерность шкалы (особенно сильно она сжата в начале); низкая чувствительность, из-за чего эти приборы непригодны для измерения малых токов и напряжений; зависимость показаний от внешних магнитных полей, так как собственное поле катушки расположено в воздушной среде и поэтому его индукция незначительна; ограниченность диапазона частот (не выше 8000 Гц).

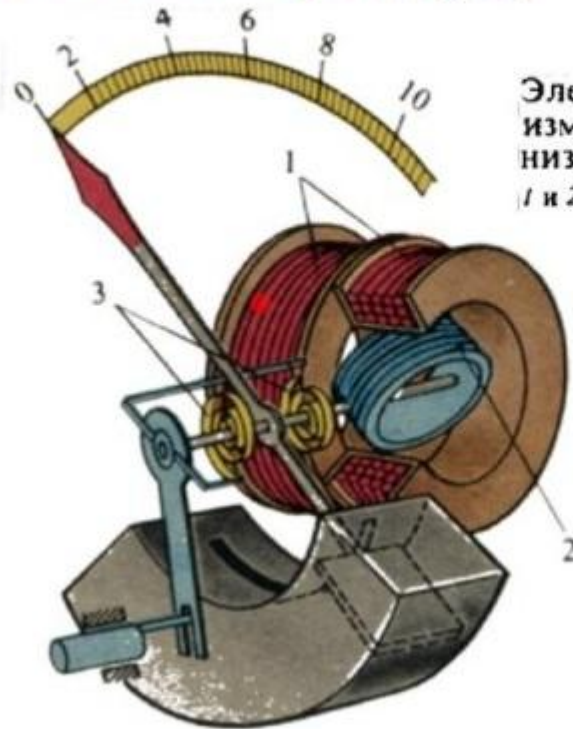


ПРИБОРЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Принцип действия приборов электродинамической системы основан на взаимодействии проводников с токами. Известно, что два проводника с токами взаимно отталкиваются, если токи в них имеют одинаковое направление, и взаимно притягиваются при различном направлении токов.




Электродинамическая система приборов



Электродинамический
измерительный меха-
низм:


1 и 2 – катушки, 3 – пружины





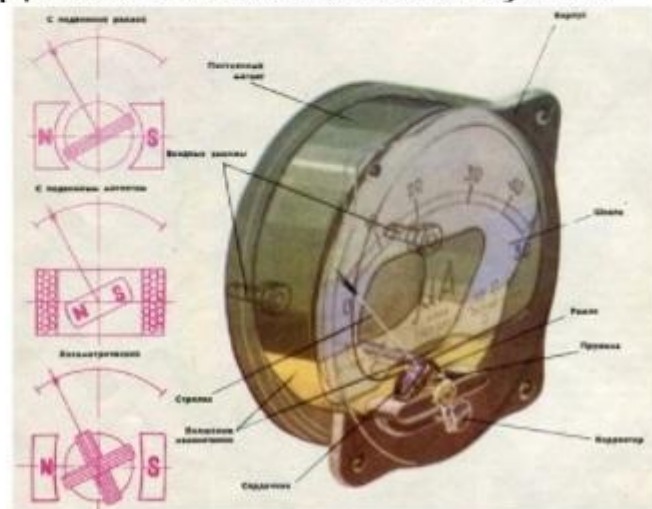
Достоинства: Приборы имеют высокую точность, что обусловлено отсутствием ферромагнитных сердечников, и могут использоваться для измерений в цепях постоянного и переменного тока. При измерениях в цепях переменного тока электродинамические приборы являются самыми точными. Их выполняют в основном в виде переносных приборов, имеющих классы точности 0,1; 0,2; 0,5. Высокая точность приборов обусловлена тем, что для создания вращающего момента подвижной части приборов используют магнитные потоки, действующие в воздухе, что исключает возможность возникновения погрешностей из-за вихревых токов, гистерезиса и т. д.

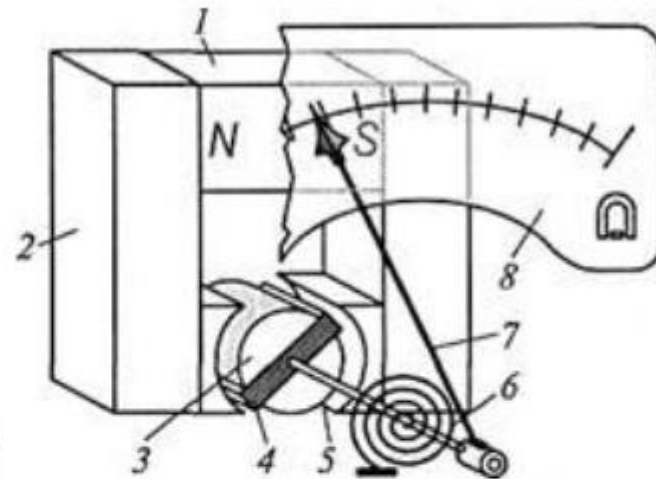
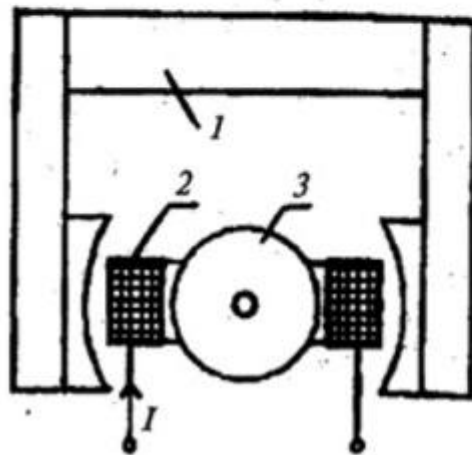
Недостатками приборов электродинамической системы являются зависимость их показаний от внешних магнитных полей из-за незначительного собственного магнитного поля и слабая перегрузочная способность из-за того, что подвод тока к подвижной катушке осуществляется через тонкие спиральные пружинки. Кроме того, эти приборы потребляют довольно значительную мощность, так как для создания достаточного вращающего момента приходится из-за слабости собственного магнитного поля заметно увеличивать число витков неподвижной и подвижной катушек.



ПРИБОР МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Принцип действия приборов магнитоэлектрической системы основан на взаимодействии магнитного поля постоянного магнита с магнитным полем катушки, которое возникает при прохождении по обмотке катушки электрического тока.

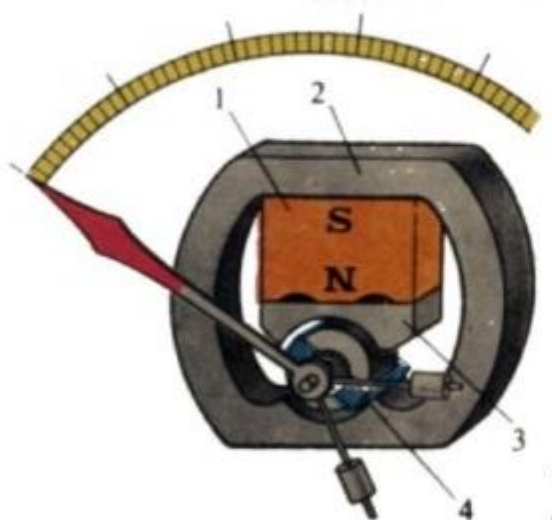




- 1 – постоянный магнит;
- 2 – магнитопровод;
- 3 – цилиндрический сердечник из магнитомягкого материала;
- 4 – рамка с измеряемым током;
- 5 – ось; 6 – спиральная пружина;
- 7 – стрелка; 8 – шкала

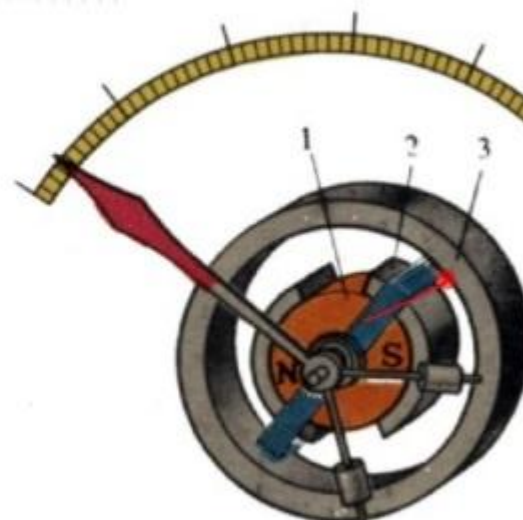


Магнитоэлектрическая система приборов



Магнитоэлектрический механизм с внешним магнитом:

1 — постоянный магнит, 2 — магнитопровод, 3 — полюсные наконечники, 4 — подвижная катушка



Магнитоэлектрический механизм с внутрирамочным магнитом:


1 — постоянный магнит, 2 — накладки, 3 — магнитопровод





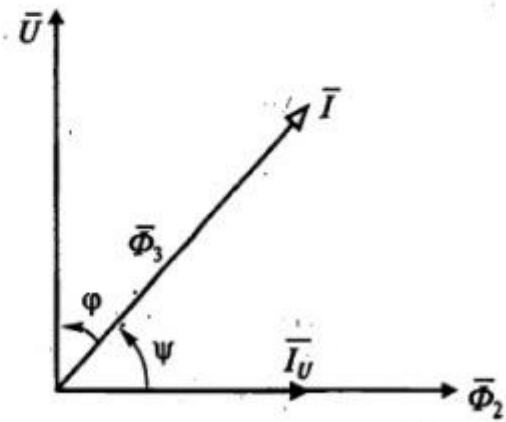
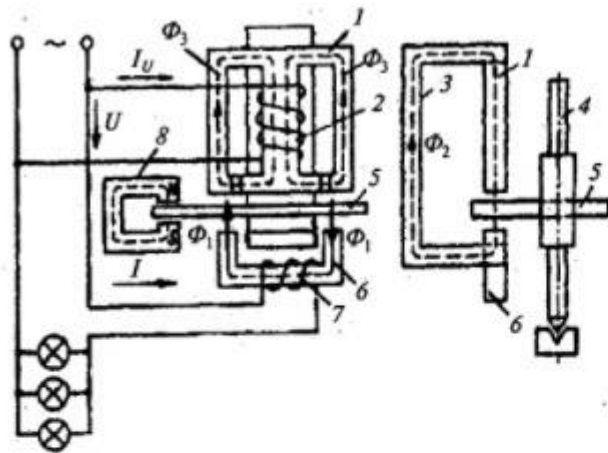
Достоинства приборов магнитоэлектрической системы: высокая чувствительность, большая точность, относительно небольшое влияние внешних магнитных полей, малое потребление энергии, малое влияние температуры, равномерность шкалы.

Недостатки: работает только в цепи постоянного тока, чувствителен к перегрузкам, высокая стоимость, обусловленная сложностью конструкции.

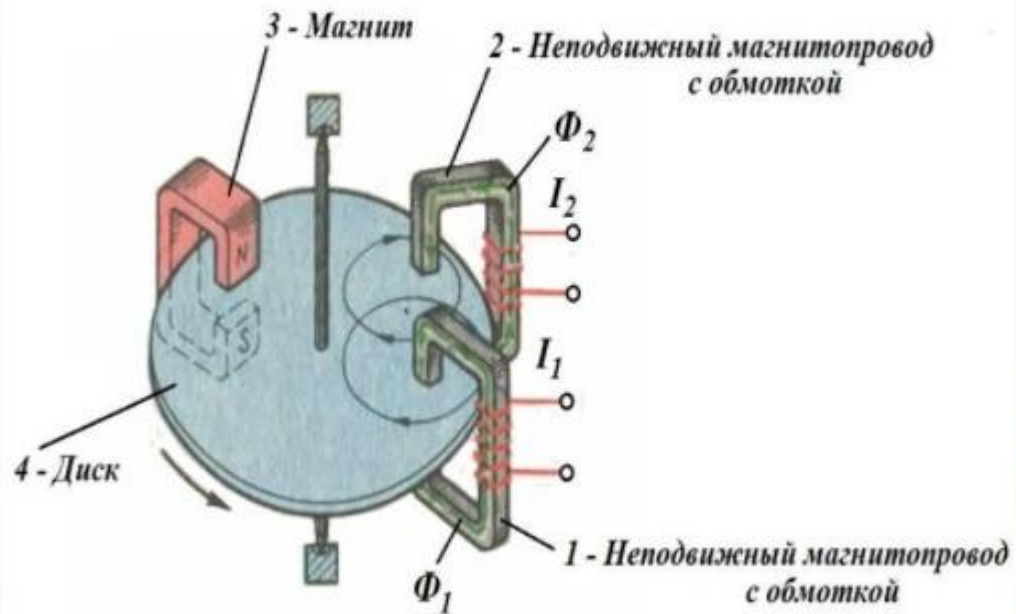


ПРИБОР ИНДУКЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Принцип работы приборов индукционной системы основан на действии вращающегося, бегущего или переменного магнитного поля переменного тока (создаваемого одним или несколькими неподвижными электромагнитами) на подвижную часть, представляющую собой чаще всего металлический диск. Укрепленный на одной оси с указательной стрелкой алюминиевый диск помещается между электромагнитами таким образом, что их магнитные потоки, пронизывая диск, индуцируют в нем ЭДС и токи. Взаимодействие между индуцированными токами и переменными потоками электромагнитов вызывает вращение диска.



ИНДУКЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ

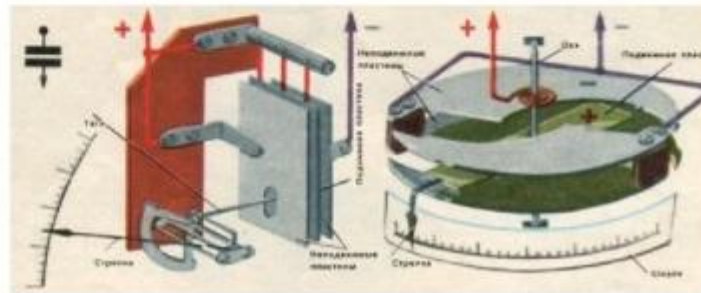


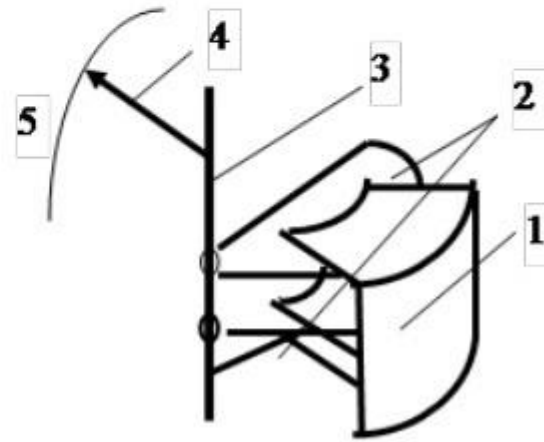
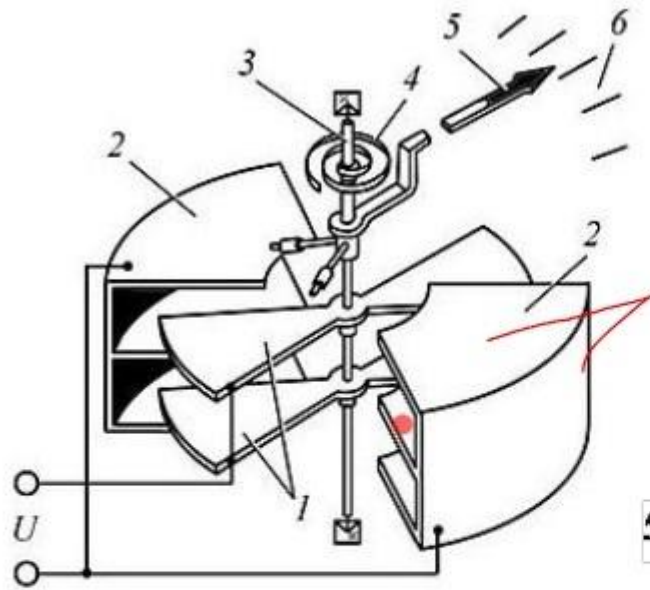
К **достоинствам** индукционных приборов следует отнести их большую надежность в работе, значительную перегрузочную способность по току (~300%), незначительную чувствительность к внешним магнитным полям и большое значение вращающего момента.

Приборы пригодны для переменного тока одной определенной частоты, что является в какой-то степени **недостатком** таких приборов. Другим недостатком можно считать зависимость показаний прибора от температуры окружающей среды: с повышением температуры окружающей среды увеличивается сопротивление прибора и уменьшаются вихревые токи, что приводит к уменьшению вращающего момента (примерно на 0,4% при нагревании на 1 °С).

ПРИБОР ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Принцип работы приборов электростатической системы основан на работе электростатического измерительного механизма, который представляет собой систему подвижных и неподвижных электродов. Под действием напряжения, приложенного к электродам, подвижные электроды отклоняются относительно неподвижных. В электростатических измерительных механизмах отклонение подвижной части связано с изменением емкости.





Достоинства электростатических приборов являются:

- 1) малое собственное потребление мощности, что объясняется малыми токами утечки и малыми диэлектрическими потерями в изоляции, малой емкостью измерительного механизма;
- 2) большой диапазон измеряемых напряжений;
- 3) возможность измерений на постоянном и на переменном токе;
- 4) независимость показаний от частоты в широком диапазоне и формы измеряемого напряжения;
- 5) независимость показаний от внешних магнитных полей.

К недостаткам электростатических приборов можно отнести:

- 1) малую чувствительность по напряжению;
- 2) влияние внешних электростатических полей, что требует экранирование измерительного механизма;
- 3) неравномерную шкалу (при соответствующем выборе формы подвижных и неподвижных электродов можно получить практически равномерную шкалу на участке от 15-25 % до 100 % от ее номинального значения).

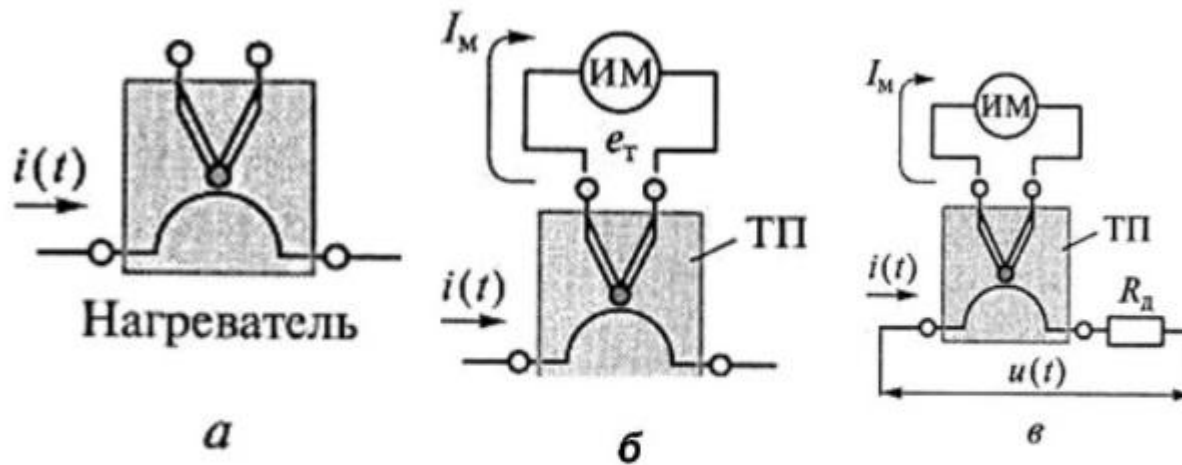


ПРИБОРЫ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Термоэлектрические измерительные приборы основаны на преобразовании электрической энергии в тепловую и затем вновь в электрическую.



Схемы термоэлектрических приборов



а - ТЭ преобразователя; б - ТЭ амперметра;
в - ТЭ вольтметра

К достоинствам ТЭ приборов можно отнести следующие:

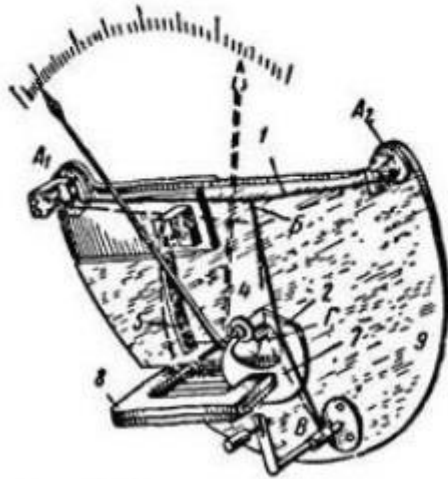
- работа как с постоянными, так и с переменными токами и напряжениями;
- реакция на истинное среднее квадратическое (действующее) значение независимо от формы сигнала;
- широкий диапазон частот измеряемых сигналов (до десятков мегагерц);
- сравнительно высокая точность приборов (типичные классы точности 1,0... 1,5).

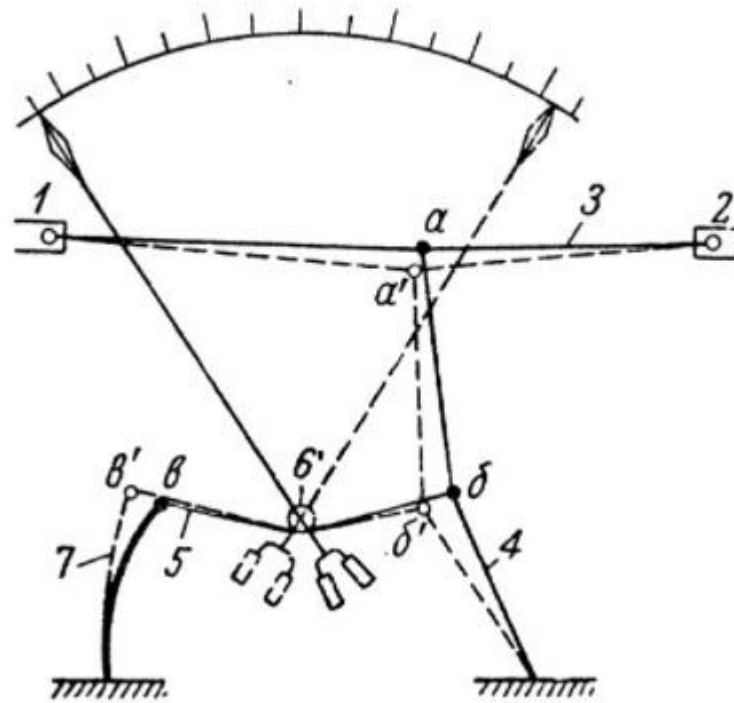
К недостаткам ТЭ приборов относятся:

- невысокое быстродействие в силу значительной тепловой инерционности ТП;
- заметное собственное потребление приборов от источника исследуемого сигнала;
- неравномерность (квадратичность) шкалы приборов;
- зависимость точности от изменения температуры свободных концов термодпары;
- малая перегрузочная способность.

ТЕПЛОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Принцип действия тепловых приборов основан на удлинении металлической нити при нагревании ее током, которое затем преобразуется во вращательное движение подвижной части прибора.





Достоинства:

Тепловой прибор может работать в цепях постоянного и переменного тока, причем в последнем случае прибор будет показывать действующее значение измеряемой величины. Поскольку в работе прибора не участвуют магнитные поля, на его показания не влияют внешние магнитные поля. Отсутствие железа и ничтожная индуктивность короткой нити обеспечивают независимость показаний теплового прибора от изменений частоты тока в широких пределах. Этим обстоятельством объясняется широкое применение приборов этого типа в цепях с повышенной и высокой частотой.

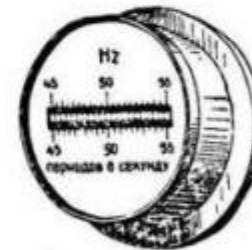
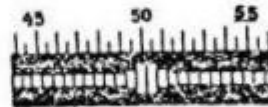
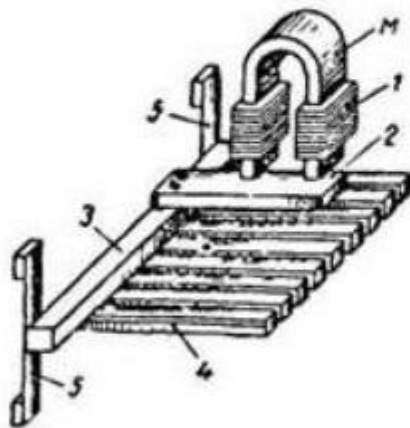
Недостатки:

Наиболее существенным из них является зависимость показаний прибора от внешней температуры. Для уменьшения такого влияния плата 9, на которой крепятся все части прибора, изготавливается из двух различных металлов, имеющих тот же коэффициент теплового расширения, что и платиноиридиевая нить, благодаря чему при действии внешней температуры плата и нить расширяются одинаково и натяжение нити остается без изменений. Имеются и другие способы компенсации влияния внешней температуры. Тепловые приборы боятся перегрузки, так как в этом случае нить перегорает или получает остаточную деформацию, после чего шкалу прибора приходится градуировать заново.

Расход мощности очень велик и достигает у амперметров на 5 а 1—3 вт, у вольтметров на 150 в 20—30 вт.

ПРИБОРЫ ВИБРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Эта система характеризуется применением ряда настроенных пластин, имеющих разные периоды собственных колебаний и позволяющих производить измерение частоты благодаря резонансу частоты колеблющейся пластины с измеряемой частотой.



Достоинство приборов вибрационной системы — независимость показаний от напряжения сети.

Недостатки — зависимость показаний от механических вибраций, невозможность измерения высоких частот и прерывность шкалы, вследствие чего затрудняются измерения на промежуточных частотах, когда одновременно колеблется несколько вибраторов.

ИЗМЕРЕНИЕ И РЕГИСТРАЦИЯ
ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ВО
ВРЕМЕНИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ВЕЛИЧИН



В зависимости от числа одновременно регистрируемых величин различают **одноканальные** и **многоканальные** регистрирующие приборы.

В зависимости от формы регистрации различают **самопишущие** измерительные приборы - приборы, производящие запись в виде диаграмм, и **печатающие** измерительные приборы - приборы, в которых предусмотрено печатание показаний в цифровой форме.

В зависимости от структурной схемы самопишущие измерительные приборы делятся на две группы: **приборы прямого действия** (с разомкнутой структурной схемой) и **приборы уравнивания** (с замкнутой структурной схемой).

Запись может быть **непрерывной**, т. е. такой, когда значение измеряемой величины записывается сплошной линией на диаграмме, и **точечной**, при которой значения измеряемой величины регистрируются на диаграмме точками, располагающимися относительно друг друга на некотором расстоянии.



В зависимости от числа одновременно регистрируемых величин различают **одноканальные** и **многоканальные** регистрирующие приборы.

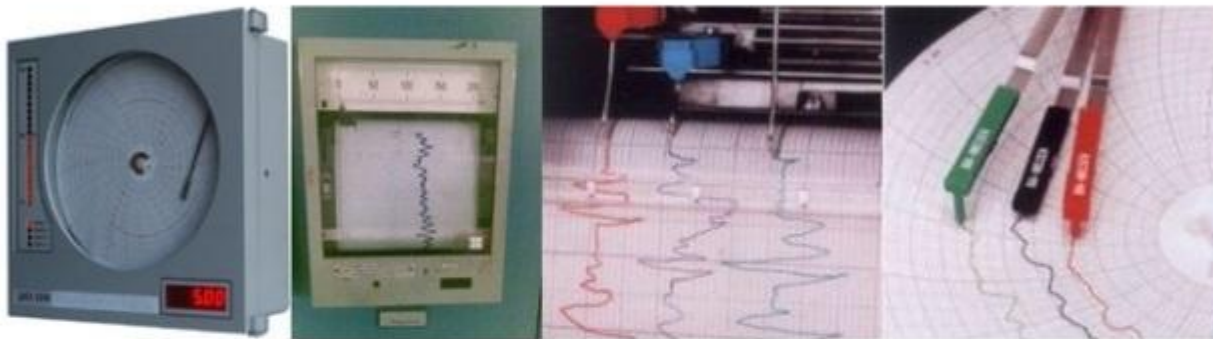
В зависимости от формы регистрации различают **самопишущие** измерительные приборы - приборы, производящие запись в виде диаграмм, и **печатающие** измерительные приборы - приборы, в которых предусмотрено печатание показаний в цифровой форме.

В зависимости от структурной схемы самопишущие измерительные приборы делятся на две группы: **приборы прямого действия** (с разомкнутой структурной схемой) и **приборы уравнивания** (с замкнутой структурной схемой).

Запись может быть **непрерывной**, т. е. такой, когда значение измеряемой величины записывается сплошной линией на диаграмме, и **точечной**, при которой значения измеряемой величины регистрируются на диаграмме точками, располагающимися относительно друг друга на некотором расстоянии.



ЛЕНТОЧНЫЙ САМОПИСЕЦ



ОСЦИЛЛОГРАФ

Осциллограф (лат. *oscillo* — качаюсь + греч. $\gamma\rho\alpha\phi\omega$ — пишу) — прибор, предназначенный для исследования (наблюдения, записи; измерения) амплитудных и временных параметров электрического сигнала, подаваемого на его вход, либо непосредственно на экране, либо записываемого на ленту.

Современные осциллографы позволяют исследовать сигнал гигагерцовых частот.

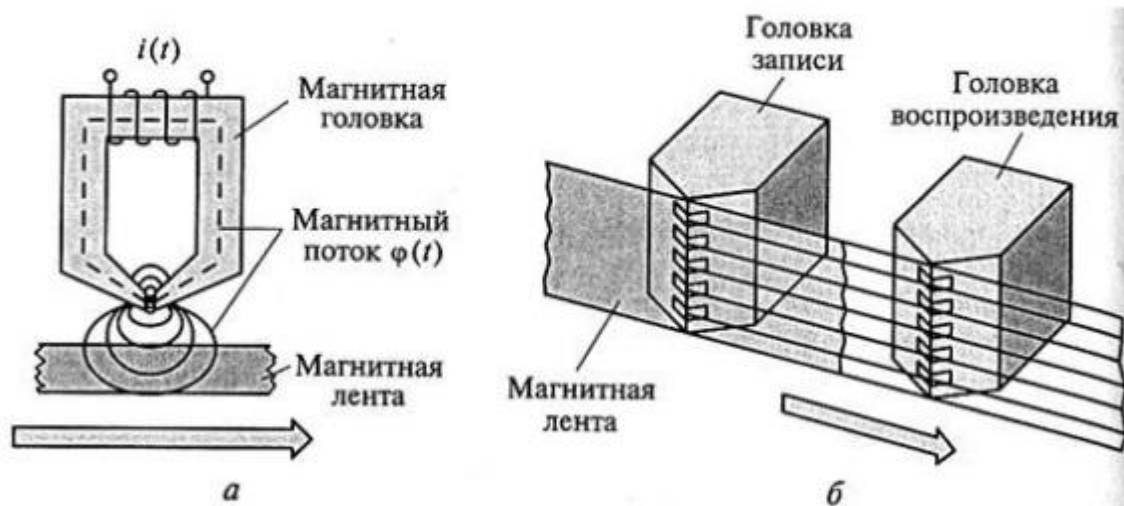
По количеству лучей: однолучевые, двухлучевые и т. д. Количество лучей может достигать 16-ти и более (n -лучевой осциллограф имеет n -ное количество сигнальных входов и может одновременно отображать на экране n графиков входных сигналов).

Осциллографы делятся на: универсальные (обычные), скоростные, стробоскопические, запоминающие и специальные.

Цифровые осциллографы могут сочетать возможность использования разных функций.

Осциллограф также может существовать не только в качестве автономного прибора, но и в виде приставки к компьютеру.

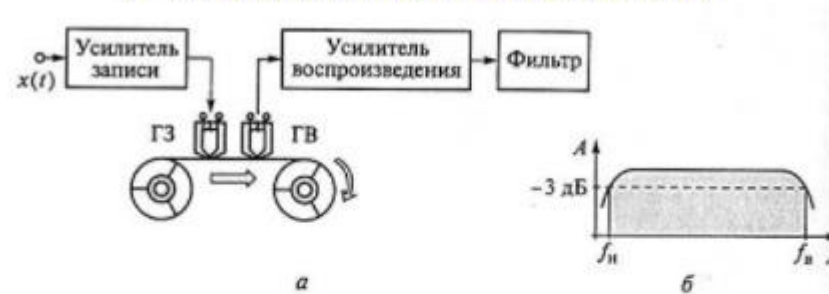
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАГНИТОГРАФЫ



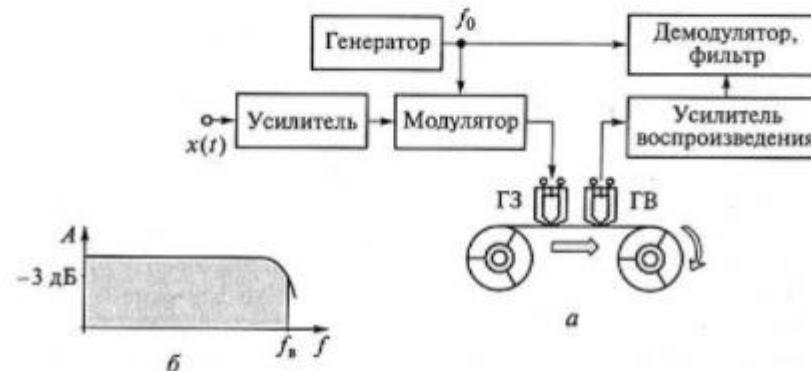
Магнитная запись: а – принцип действия; б - реализация



Магнитограф с прямой записью: а - упрощенная структура; б - характеристика преобразования



Магнитограф с частотно-модулированной записью: а - упрощенная структура; б - характеристика преобразования



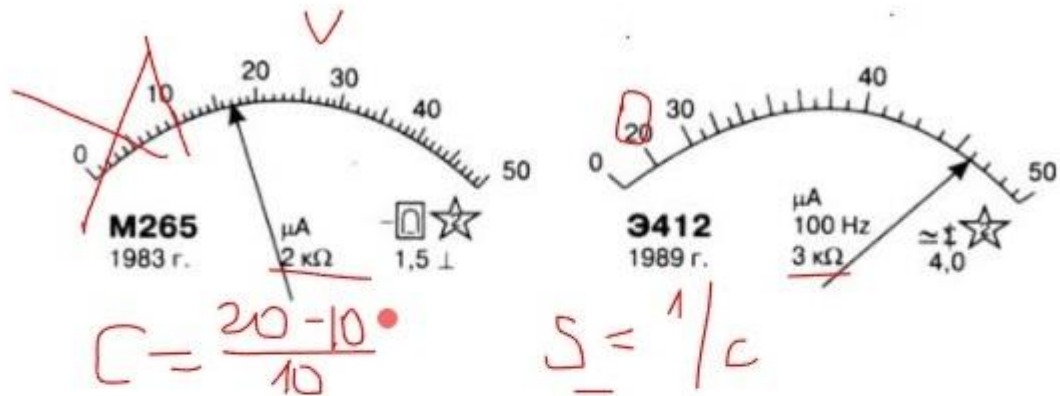
приборы_электромеханические_приборы.ppt

ПРИБОРЫ.ppt



ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ





Система прибора	Тип прибора	u_H $\frac{I_{\text{ном}} \cdot R}{\text{мкА}}$ \checkmark	$\gamma_{\text{пр}}, \%$	$r_A, \text{Ом}$ \checkmark	$C, \text{мкА/дел.}$	$S, \text{дел./мкА}$	γ_A $U_A, \text{В}$	$P_A, \text{мВт}$	Диапазон измерения тока $D_I = I_{\text{max}} - I_{\text{min}}, \text{мкА}$	Частотный диапазон $D_f = F_{\text{max}} - F_{\text{min}}, \text{Гц}$
μ	μA	50	1,5	2000 \pm	1	1	100	0,005	40	0
\exists	μA	50	1,0	3000 \pm	1	1	150	0,005	30	100

$$u = \gamma \cdot R =$$

$$P = \gamma^2 \cdot R =$$



ГОСТ 23217-78

Группа ПЗ0

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ПРИБОРЫ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ АНАЛОГОВЫЕ С
НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ОТСЧЕТОМ

Наносимые условные обозначения

Direkt-reading indicating electrical measuring instruments. Marking symbols

Дата введения 1980-01-01

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19 июля 1978 г. N 1946 срок введения установлен с 01.01.80
ПЕРЕИЗДАНИЕ. Октябрь 1992 г.

1. Настоящий стандарт распространяется на приборы электроизмерительные показывающие с непосредственным отсчетом и устанавливает условные обозначения, наносимые на них.

Стандарт полностью соответствует Публикации МЭК 51.

2. Номенклатура условных обозначений и места их расположения на приборе должны устанавливаться стандартами технических условий на электроизмерительные приборы конкретного вида.

Номенклатура и изображения условных обозначений, наносимых на электроизмерительные приборы и их вспомогательные части, приведены в таблице*.

* Номенклатура и изображения условных обозначений, наносимых на электроизмерительные приборы и их вспомогательные части, разработанные до утверждения настоящего стандарта, приведены в справочном приложении.

Стандарт не устанавливает графического построения и размеров условных обозначений.

Условные обозначения, наносимые на электроизмерительные приборы и вспомогательные части



