

Санкт – Петербургский государственный
университет аэрокосмического
приборостроения



Кафедра ВВС



Групповое занятие № 5 «Электромеханические измерительные механизмы»

Дисциплина: «Технические средства метрологического обслуживания вооружения и военной техники Военно-воздушных сил»

ЦЕЛИ ЗАНЯТИЯ:

- 1. Изучить классификацию ЭИП**
- 2. Изучить назначение и основные узлы ЭИП.
Условные обозначения, наносимые на корпус ЭИП**
- 3. Изучить общий принцип работы электроизмерительных механизмов**
- 4. Изучить конструкцию и принцип работы магнитоэлектрических, электромагнитных, электродинамических, электростатических и ферромагнитных механизмов**

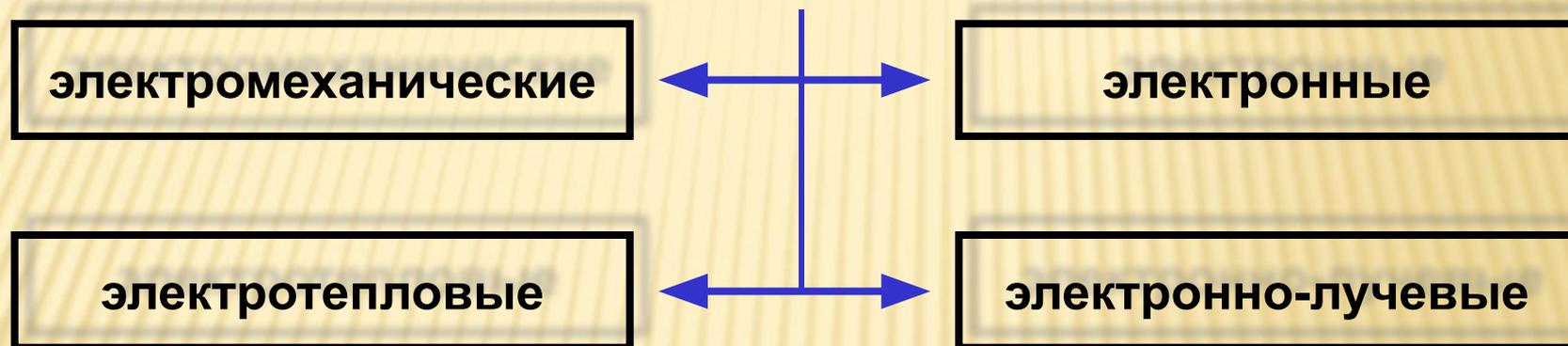


ВОПРОСЫ:

- 1. Классификация электроизмерительных приборов**
- 2. Основные узлы и принцип работы электроизмерительных механизмов**
- 3. Магнитоэлектрические механизмы**
- 4. Электромагнитные механизмы**
- 5. Электродинамические механизмы**
- 6. Электростатические механизмы**

1. Классификация электроизмерительных приборов

**Электроизмерительные приборы
классифицируют:**



1. Классификация электроизмерительных приборов

электротепловые



Для перемещения подвижной части прибора используется тепловое действие электрического тока

электронные



Представляют собой сочетание электронного преобразователя и измерителя (аналогового или цифрового)

электронно-лучевые



Используют подводимую энергию электромагнитного поля для перемещения электронного луча в электронной трубке. Это перемещение пропорционально значению измеряемой величины

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

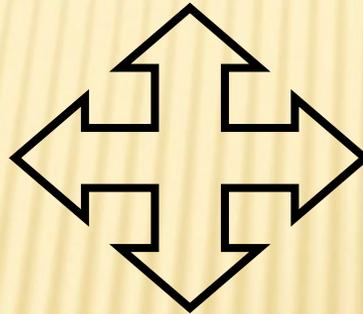
электромеханические



Для перемещения подвижной части прибора используются различные электромагнитные процессы

магнитоэлектрические

электростатические



электромагнитные

электродинамические

2. Основные узлы и принцип работы электроизмерительных механизмов

2.1. Структурная схема электромеханического прибора



2.2. Принцип работы электроизмерительных механизмов

Если ЭИМ включить в цепь постоянного или переменного тока, то под действием вращающего момента, функционально связанного с измеряемой величиной, подвижная часть поворачивается по отношению к неподвижной.

Вращающий момент для любой конструкции ЭИМ может быть определен из общего уравнения динамики системы, согласно которому момент, действующий в системе, определяется через изменение энергии W :

$$M_B = \partial W / \partial \alpha$$

Для обеспечения перемещения подвижной части пропорционально измеряемой величине в ЭИМ создается противодействующий момент M_p . Противодействующий момент можно создать за счет механических или электрических сил.

2. Основные узлы и принцип работы электроизмерительных механизмов

Противодействующий момент, возникающий при закручивании пружины (растяжки, подвеса), пропорционален углу поворота α :

$$M_{\Pi} = K_{\Pi} \alpha$$

Под действием вращательного момента подвижная часть прибора поворачивается на угол α , при котором наступает равенство вращающего и противодействующего моментов $M_{\text{в}} = M_{\Pi}$, т. е. наступает равновесие подвижной части. Тогда с учетом формул можно определить угол поворота подвижной части:

$$\alpha = \frac{1}{K_{\Pi}} \frac{\partial W}{\partial \alpha}$$

Если противодействующий момент создается за счет электрических сил (подобно вращающему), то движение подвижной части прекращается при равенстве двух моментов противоположного направления. Обозначив соответственно M_1 и M_2 вращающий и противодействующий моменты, формулы можно записать в следующем виде:

$$M_1 = K_1 f_1(\alpha) x_1 \quad \text{и} \quad M_2 = K_2 f_2(\alpha) x_2$$

При равенстве моментов $M_1 = M_2$:

$$f_1(\alpha) / f_2(\alpha) = K_2 x_2 / K_1 x_1$$

2. Основные узлы и принцип работы электроизмерительных механизмов

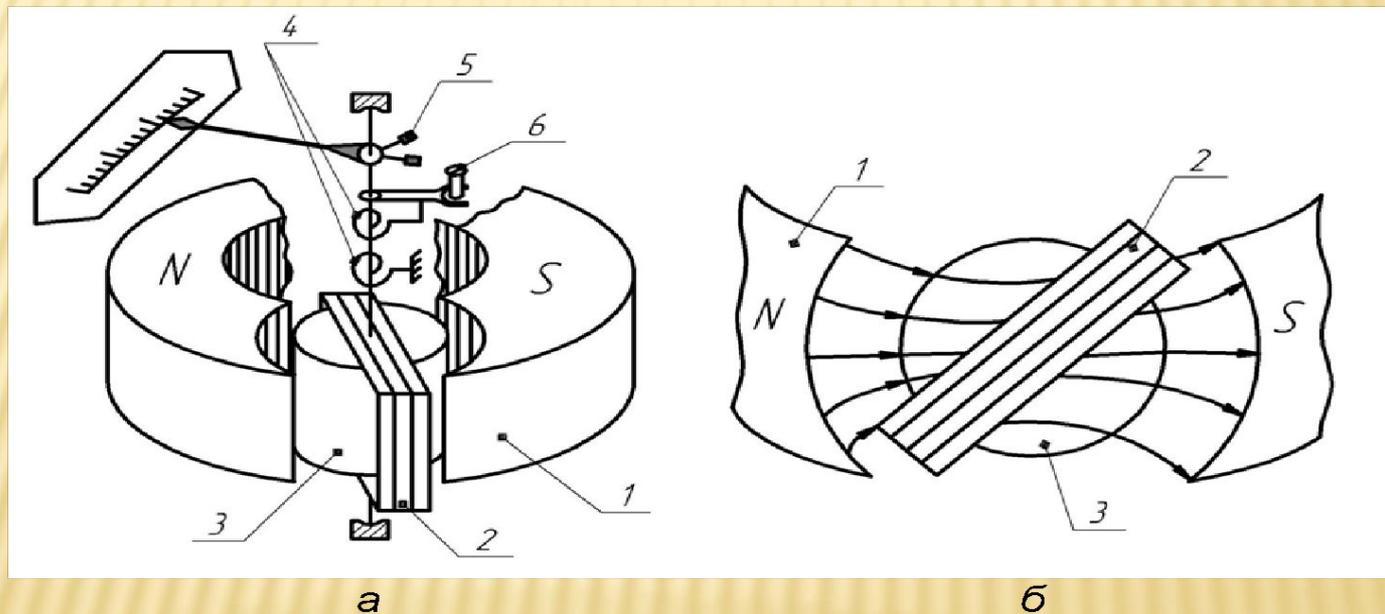
2.3. Основные узлы электроизмерительных механизмов



3. Магнитоэлектрические механизмы.

Принцип работы магнитоэлектрических механизмов

Принцип действия магнитоэлектрических механизмов основан на взаимодействии токов, протекающих в одном или нескольких контурах с полями одного или нескольких постоянных магнитов. Подвижными могут быть как контуры с током, так и постоянные магниты (первые получили большее распространение).



Структура магнитоэлектрического механизма (а)
и принцип его действия (б)

3. Магнитоэлектрические механизмы.

3. Принцип работы магнитоэлектрических механизмов

$$\alpha = \frac{B_0 S \omega}{K_n} I = S_I I,$$

B_0 – магнитная индукция в зазоре;

S – площадь катушки;

ω – число витков катушки.

Из уравнения следует :

- угол отклонения подвижной части (стрелки) магнитоэлектрического механизма прямо пропорционален току;

- чувствительность механизма постоянна, следовательно, шкала равномерная

- магнитоэлектрический механизм реагирует на постоянный ток, а при включении в цепь переменного тока вследствие инерционности подвижной части стрелка будет совершать колебательные движения только на низких частотах.

3. Магнитоэлектрические механизмы.

Достоинства и недостатки

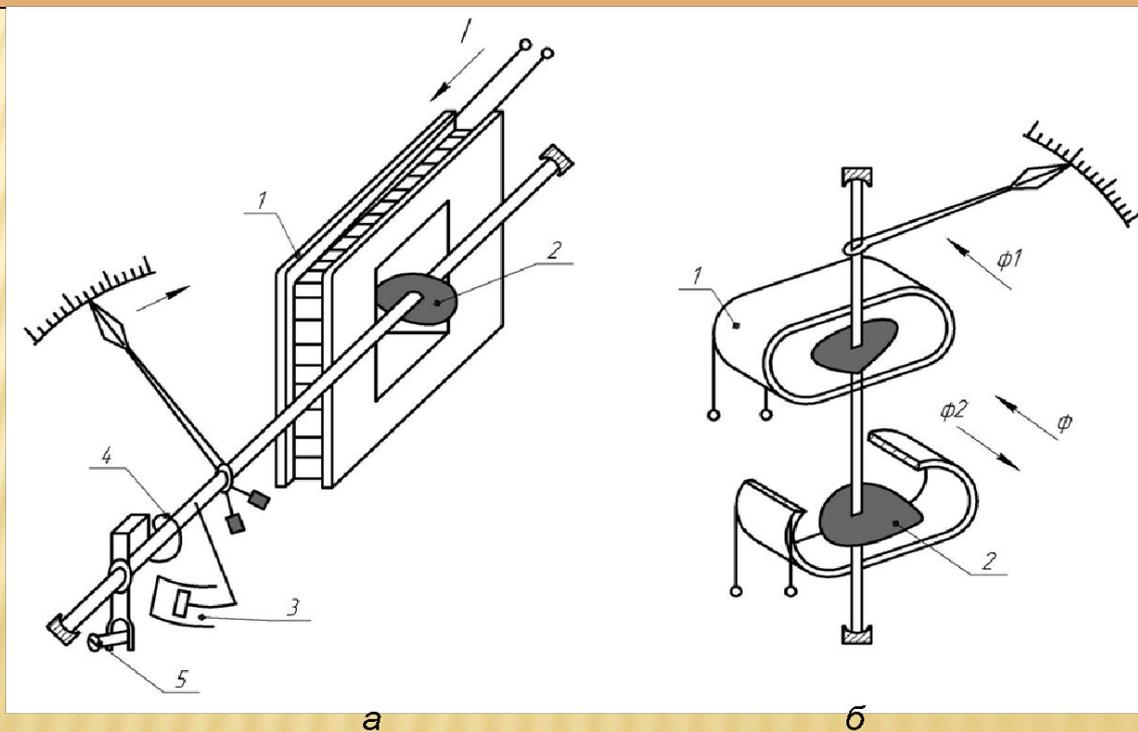
Достоинства: малое потребление мощности, высокая чувствительность, равномерная шкала, небольшие погрешности измерений.

Недостатки: малая перегрузочная способность и сравнительная сложность (особенно ремонта).

4. Электромагнитные механизмы.

Принцип работы электромагнитных механизмов механизмов

Принцип работы электромагнитных механизмов основан на взаимодействии магнитного поля катушки с током и ферромагнитного сердечника. Подвижным элементом является ферромагнитный сердечник, перемещающийся в магнитном поле катушки, по обмотке которой протекает измеряемый ток. Электромагнитные механизмы могут выполняться с плоской, круглой катушками или с замкнутым магнитопроводом.



а
б
Структура электромагнитного механизма с плоской катушкой (а) и логометра (б)

4. Электромагнитные механизмы.

4. Принцип работы электромагнитных механизмов

$$\alpha = \frac{1}{2K_{\text{П}}} I^2 \frac{\partial L}{\partial \alpha}.$$

Из уравнения следует :

- шкала электромагнитного механизма неравномерная, но подбором формы сердечника и места его расположения в катушке, т. е. изменяя множитель можно улучшить линейность шкалы (за исключением начального участка);

- отклонение подвижной части не зависит от направления тока в обмотке и механизм пригоден для измерений в цепях постоянного и переменного токов.

4. Электромагнитные механизмы.

Достоинства и недостатки

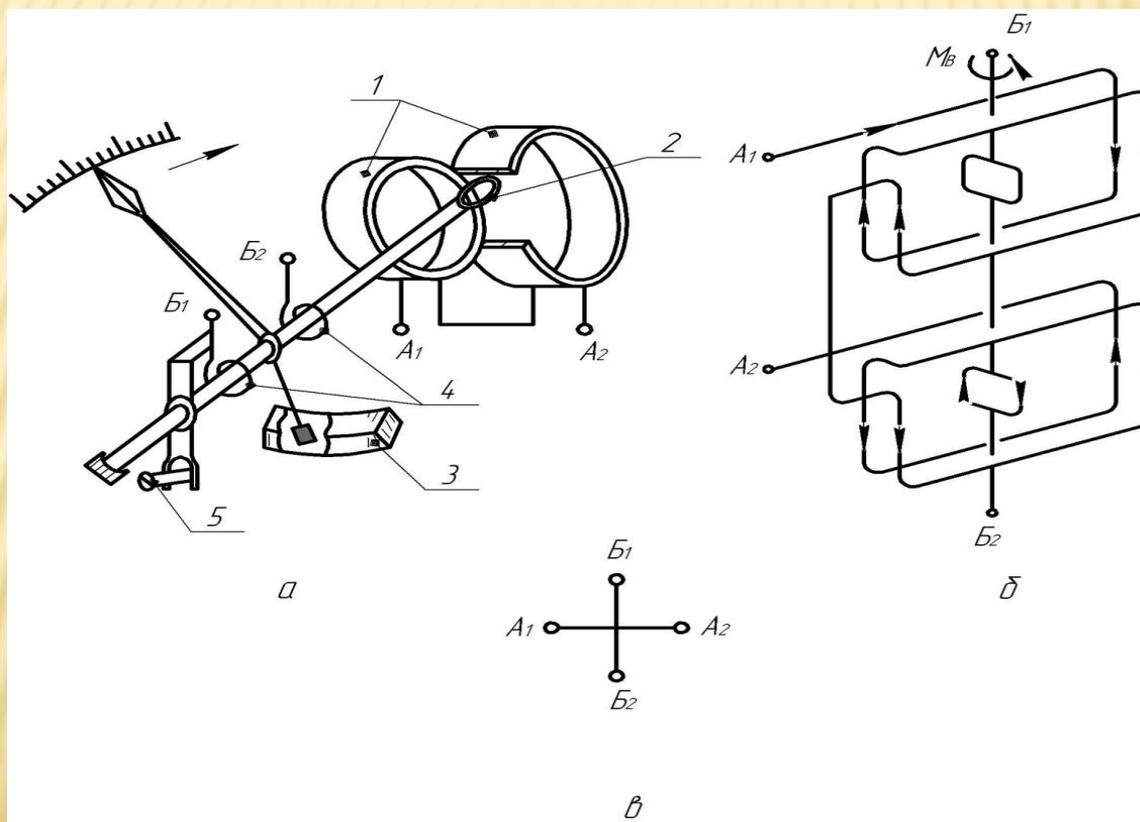
Достоинства: надежность и сравнительно низкая стоимость.

Недостатки: неравномерность шкалы и сравнительно большая погрешность, зависящая от магнитного гистерезиса материала сердечника, температуры и влияния магнитных полей.

5. Электродинамические механизмы.

Принцип работы электродинамических механизмов

Принцип действия электродинамических механизмов заключается во взаимодействии магнитных полей неподвижных и подвижных контуров (катушек) с токами.



Структура электродинамического механизма (а), его астатическая схема (б) и условное обозначение (в)

5. Электродинамические механизмы.

5. Принцип работы электродинамических механизмов

$$\alpha = \frac{1}{K_n} I_1 / I_2 \frac{\partial M_{1,2}}{\partial \alpha}.$$

Из уравнения следует :

- характер шкалы измерительного механизма зависит от произведения токов и от закона изменения взаимной индуктивности между неподвижными и подвижными катушками, т. е. от формы катушек и их взаимного расположения; меняя зависимость можно обеспечить равномерность шкалы;

- при одновременном изменении направления (знака) токов I_1 и I_2 не изменяется и направление отклонения стрелки механизма, поэтому электродинамические механизмы пригодны для измерений в цепях постоянного и переменного тока.

5. Электродинамические механизмы.

Достоинства и недостатки

Достоинства: возможность измерения тока, мощности, разности фаз между током и напряжением на нагрузке, применение на постоянном и переменном токах.

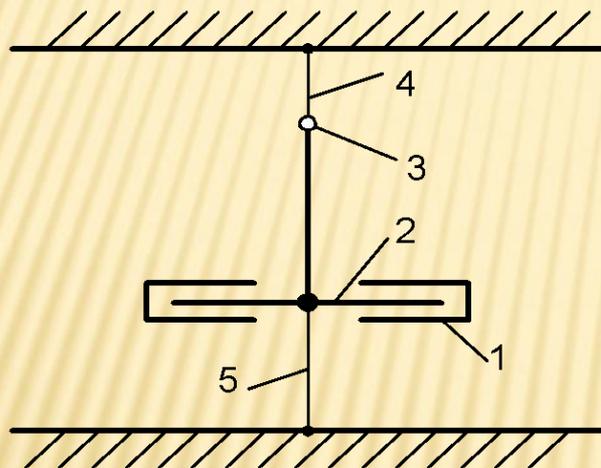
Недостатки: сравнительно небольшая чувствительность, значительное потребление мощности, нелинейность шкалы, влияние температуры, частоты и внешних магнитных полей.

6. Электростатические механизмы.

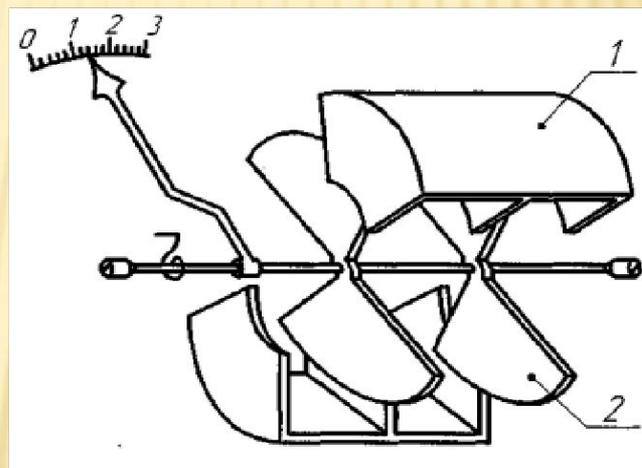
Принцип работы электростатических механизмов

В электростатических измерительных преобразователях и приборах вращающий момент создается в результате взаимодействий двух систем заряженных пластин, одна из которых является неподвижной.

Применяются две конструкции электростатических приборов.



а

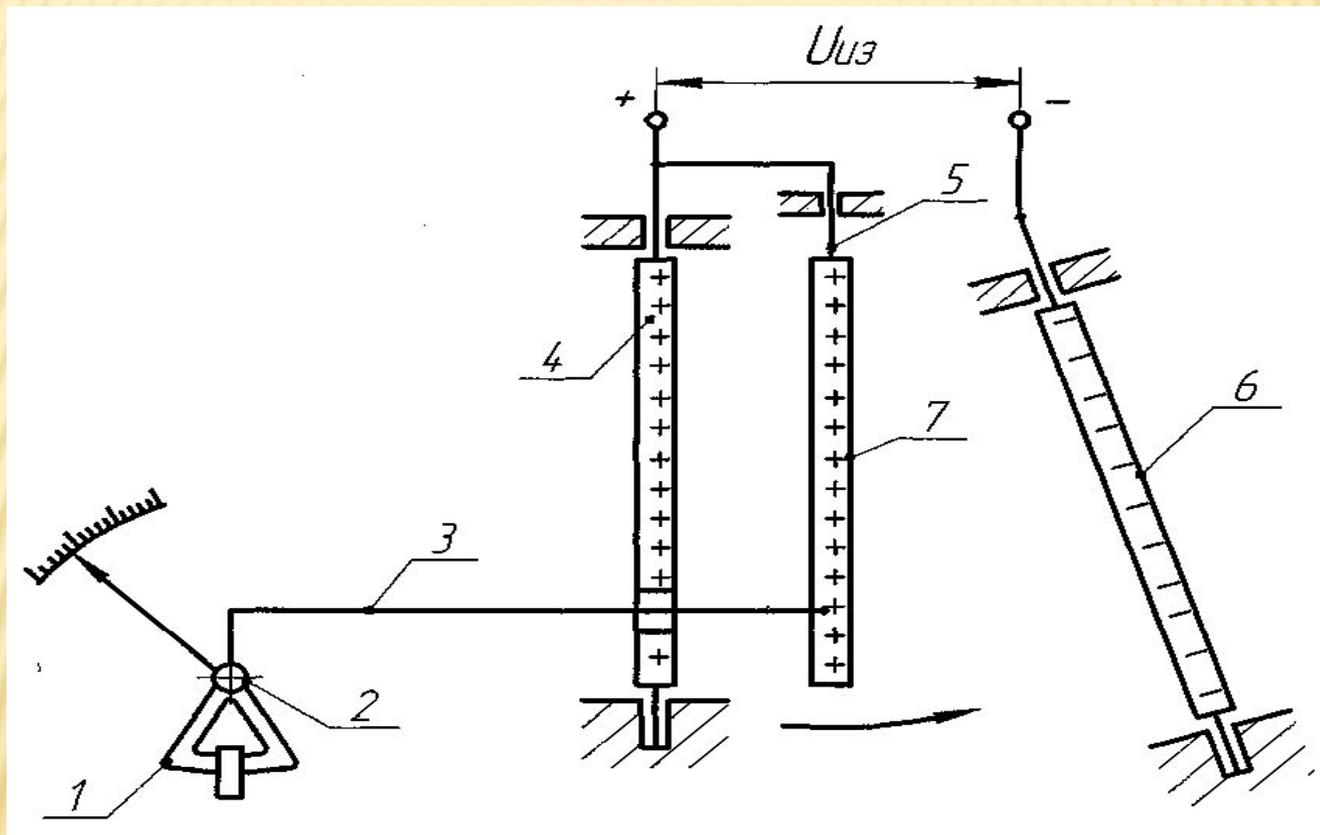


б

Устройство (а) и конструкция (б)
электростатического измерительного
механизма, применяемого для измерений
низких напряжений

6. Электростатические механизмы.

Принцип работы электростатических механизмов механизмов



Устройство электростатического измерительного механизма, применяемого для измерений высоких напряжений:

6. Электростатические механизмы.

6. Принцип работы электростатических механизмов

$$\alpha = \frac{1}{2W} \frac{\partial C}{\partial \alpha} U^2.$$

Из уравнения следует :

- зависимость угла поворота подвижной части от напряжения нелинейна;

- поворот подвижной части одинаков при постоянном и при переменном напряжении, имеющем действующее значение, равное значению постоянного напряжения;

- показание прибора не зависит от формы кривой измеряемого напряжения.

6. Электростатические механизмы.

Достоинства и недостатки

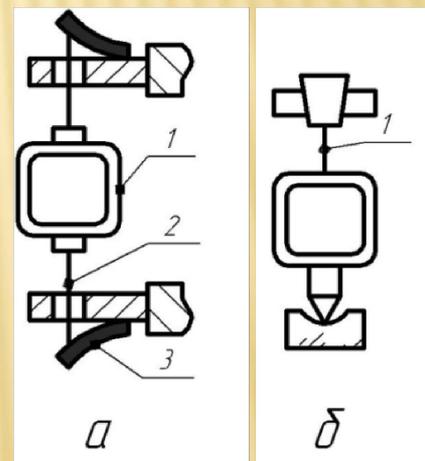
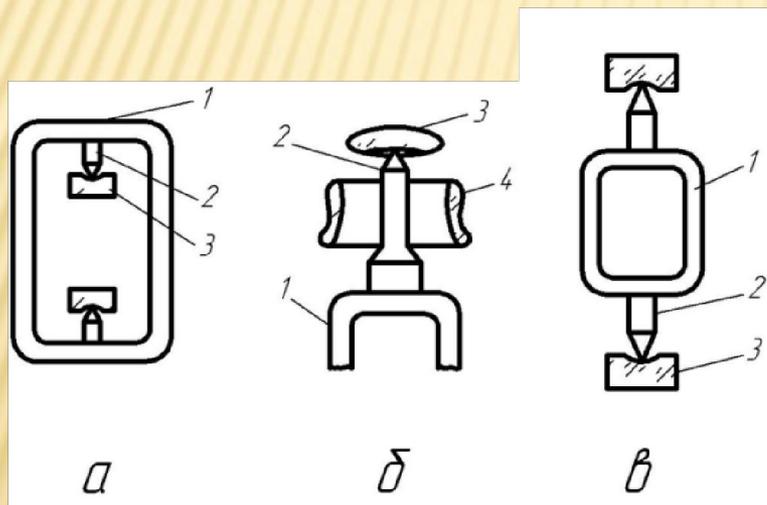
Достоинства: очень малое собственное потребление мощности от измеряемой цепи.

Недостатки: малая чувствительность, неравномерность шкалы в пределах только 25 – 100 % и сильное влияние внешних электростатических полей, для защиты от которых измерительный механизм помещается в заземляемый металлический экран.

2. Основные узлы и принцип работы электроизмерительных механизмов

Электромеханический измерительный механизм (ЭИМ) прибора прямого действия состоит из **неподвижной**, соединенной с корпусом прибора, и **подвижной** частей. Неподвижная часть в зависимости от системы ЭИМ состоит из постоянного магнита, катушек или ферромагнитных элементов. Подвижная часть (рамки, катушки, сердечники) механически или оптически связана с отсчетным устройством.

Схема крепления подвижной части ЭИМ:



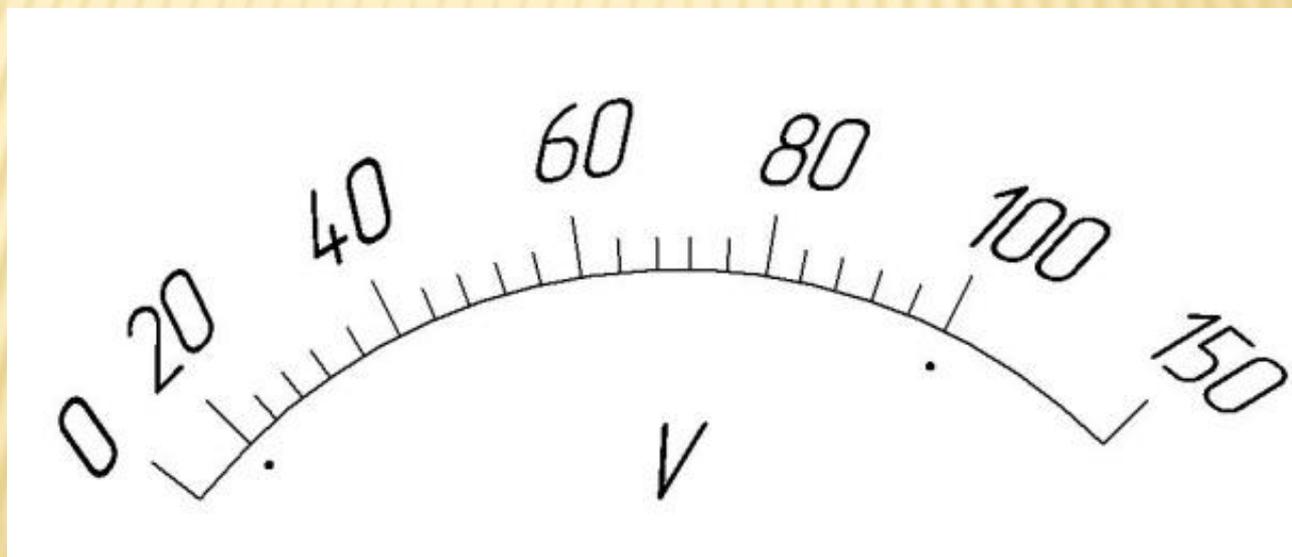
а – с внутренними кернами; б – на цапфах; в – с наружными кернами

а – на растяжках; б – на подвесе

← назад

2. Основные узлы и принцип работы электроизмерительных механизмов

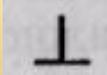
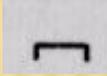
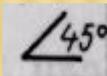
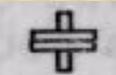
Шкала – часть отсчетного устройства, представляющая собой совокупность отметок и проставленных у некоторых из них чисел или других СИМВОЛОВ



2. Основные узлы и принцип работы электроизмерительных механизмов

Условные обозначения, наносимые на шкалу и вспомогательные части ЭИМ

Начало таблицы

Наименование обозначений	Знак	Наименование обозначений	Знак
Магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой		Класс точности S процентах от диапазона измерения	1,0
Магнитоэлектрический логометр с подвижной рамкой		Класс точности в процентах от длины шкалы	
Магнитоэлектрический прибор с подвижным магнитом		Вертикальное положение шкалы	
Магнитоэлектрический логометр с подвижным магнитом		Горизонтальное положение шкалы	
Электромагнитный прибор		Наклонное положение шкалы под углом к горизонту	
Электромагнитный логометр		Изоляция испытана напряжением 2 кВ	
Электродинамический прибор		Ссылка на соответствующий документ	

2. Основные узлы и принцип работы электроизмерительных механизмов

Условные обозначения, наносимые на шкалу
и вспомогательные части ЭИМ

Конец таблицы

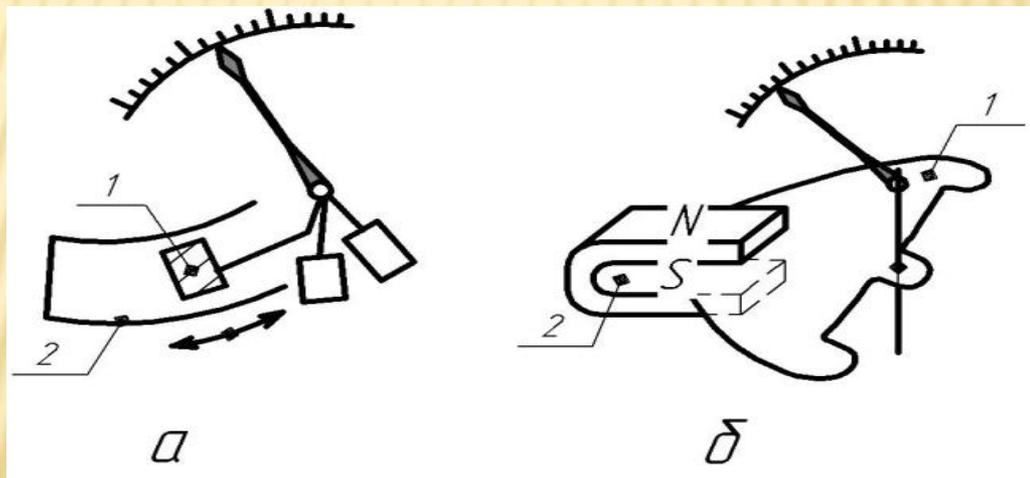
Электродинамический логометр		Постоянный ток	
Ферродинамический прибор		Переменный (однофазный) ток	
Ферродинамический логометр		Постоянный и переменный ток	
Термоэлектрический прибор		Трёхфазный переменный ток (общее обозначение)	
Выпрямительный прибор		Единицы измерений	$A, mV, Hz, ^\circ C$
Электронный прибор		Электростатический экран	
Электростатический прибор		Магнитный прибор	
Индукционный прибор		Ориентирование прибора во внешнем магнитном поле	

назад

2. Основные узлы и принцип работы электроизмерительных механизмов

В воздушных успокоителях пластина или поршень 1, связанные с подвижной системой, перемещаются в закрытой камере 2 и тормозятся за счет сопротивления воздуха.

Магнитоиндукционный успокоитель основан на взаимодействии вихревых токов, индуцируемых в подвижной пластине 1, с полем постоянного магнита 2. Согласно принципу Ленца это взаимодействие создает



Структура успокоителей:
а – воздушного; б – магнитоиндукционного

Механический корректор



Механический корректор



Механический корректор

