

# Измерительные приборы

- ✓ Значение электрических измерений
- ✓ Приборы и меры
- ✓ Требования
- ✓ Классификация
- ✓ Погрешности приборов, точность
- ✓ Методы измерения электрических ве



# Значение эл. измерений



Электрические приборы показывают значение напряжения, тока, сопротивления, мощности на соответствующих участках, позволяют определить параметры электрических цепей, учесть расход электрической энергии и т.д.

# Значение эл. измерений



## Преимущества:

- ✓ *Высокая чувствительность* (Осциллограф обнаруживает токи  $10^{-6}$  –  $10^{-9}$  А)
- ✓ *Возможность производить измерения на больших расстояниях* (Измерения на искусственных спутниках Земли)
- ✓ *Возможность измерять не электрические величины* (температура, давление, скорость)
- ✓ *Высокая точность измерений* (с погрешностью до 0,001%)
- ✓ *Широкий диапазон измерений* (токи от 0,01 мкА до десятков тысяч ампер)

# Приборы и меры

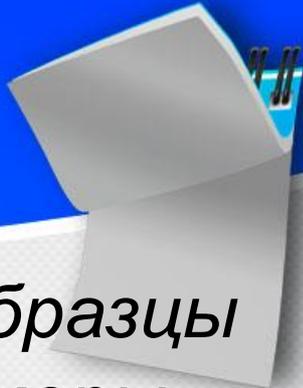


*Электроизмерительным прибором называется устройство, служащее для измерения электрических величин.*

(Первый измерительный прибор, названный «электрический указатель», был изобретен и применен М. В. Ломоносовым и Г. В. Рихманом в 1752 году)

Прибор с градуированной шкалой введен в технику русским академиком Б. С. Якоби

# Приборы и меры



*Мерами называют материальные образцы единиц измерения (эталон), с помощью меры градуируют шкалы электроизмерительных приборов.*

Электроизмерительные приборы подразделяются на **рабочие**, служащие для практических измерений, и **образцовые**, обладающие высокой точностью и служащие для периодической проверки рабочих приборов и мер.

# Требования

- |   |  |
|---|--|
| ✓ Быть точными и чувствительными, надежными в работе  | ✓ Обеспечивать быстрое успокоение стрелки  |
| ✓ Выдерживать случайные кратковременные перегрузки  | ✓ Иметь шкалу, как можно ближе к равномерной   |
| ✓ Потреблять при измерении минимальную энергию на отклонение подвижной системы  | ✓ Иметь погрешность, соответствующую классу точности прибора   |
| ✓ Потреблять при измерении минимальную энергию на нагрев обмотки прибора (при измерении малых мощностей особенно важно) | ✓ Как можно меньше реагировать на воздействие внешних магнитных и электрических полей, температуры и влажности воздуха |

# Погрешности



## Систематические

Называются погрешности, возникающие вследствие недостатков в самих измерительных приборах, в методах измерений, неправильной установки прибора, а также несовершенства органов зрения, слуха, производящего измерения

## Случайные

Называются погрешности, возникающие в результате влияния окружающей среды на прибор, из-за ошибок в отсчете показаний. Для уменьшения случайных погрешностей можно произвести измерение несколько раз и взять среднее значение этих результатов

# Погрешности



Абсолютная погрешность  $\Delta A$  – это разность между показанием прибора  $A_{и}$  и действительным значением измеряемой величины  $A$ .

$$\Delta A = A_{и} - A$$

Относительная погрешность  $\gamma$  – это отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины и выражается в процентах.

$$\gamma = \Delta A / A * 100\%$$

# Погрешности



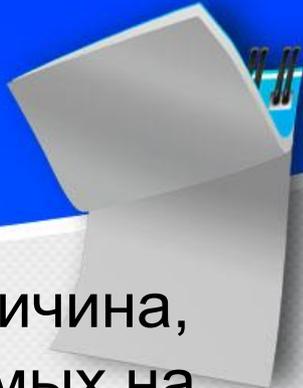
Приведенная относительная погрешность  $u_{пр}$  – это отношение наибольшей абсолютной погрешности к пределу измерения прибора  $A_{ном}$ . Эта погрешность выражается в процентах.

$$u_{пр} = \Delta A / A_{ном} * 100\%$$

Предел измерения прибора – это наибольшая величина, на которую рассчитан прибор.

Точность прибора – это степень достоверности его показаний. Чем меньше погрешность, тем прибор точнее.

# Чувствительность



Чувствительностью прибора называется величина, определяемая количеством единиц, отсчитываемых на приборе, приходящихся на единицу измеряемых величин.

$S = \Delta n / A$ , где  $\Delta n$  – это число делений отклонения стрелки;  $A$  – это измеряемая величина.

**Пример:** есть два вольтметра с одинаковым числом делений на шкале, равным 150, причем один из них с пределом 150В, а другой 50В. Значит, в первом вольтметре на 1 В приходится одно деление шкалы, а во втором три. Значит у второго вольтметра разрешающая способность выше, чем у первого.

# Постоянная прибора



**Постоянной прибора** называется величина, обратная чувствительности прибора. Это цена деления шкалы прибора.

У вольтметров из предыдущего примера постоянные приборов  $C_1 = 150/150 = 1 \text{ В/дел}$ ,  $C_2 = 50/150 = 0,3 \text{ В/дел}$

Для определения измеряемой величины нужно умножить постоянную прибора на число делений отклонения стрелки. Например, если стрелка второго вольтметра отклонилась на  $\alpha = 10$  делений, то измеряемое напряжение  $U = C_2 * \alpha = 0,3 * 10 = 3 \text{ В}$ .

# Классификация



## 1. По роду измеряемой величины:

- ✓ Амперметры
- ✓ Вольтметры
- ✓ Счетчики
- ✓ Омметры
- ✓ Частотомеры
- ✓ Фазометры...

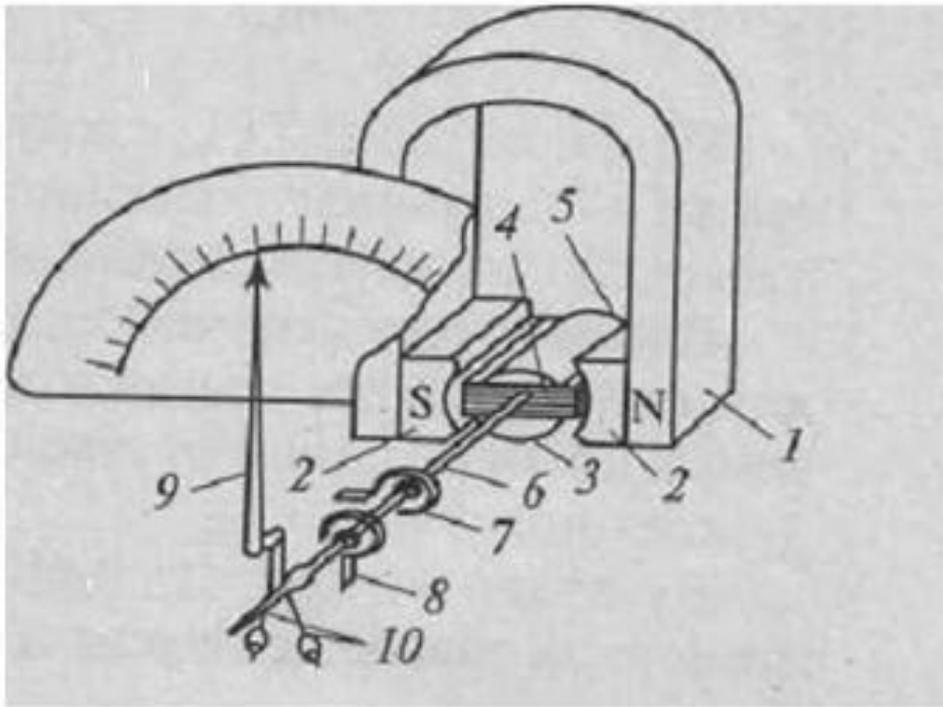
## 2. По классу точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4

Эти цифры означают наибольшую допустимую приведенную относительную погрешность приборов.

## 3. По принципу действия:

# По принципу действия

## Прибор магнитоэлектрической системы



1 – постоянный магнит; 2 – полюсные наконечники; 3 – неподвижный сердечник; 4 – обмотка; 5, 6 – полуоси; 7, 8 – пружины; 9 – стрелка; 10 - уравнивающий груз.

### Достоинства:

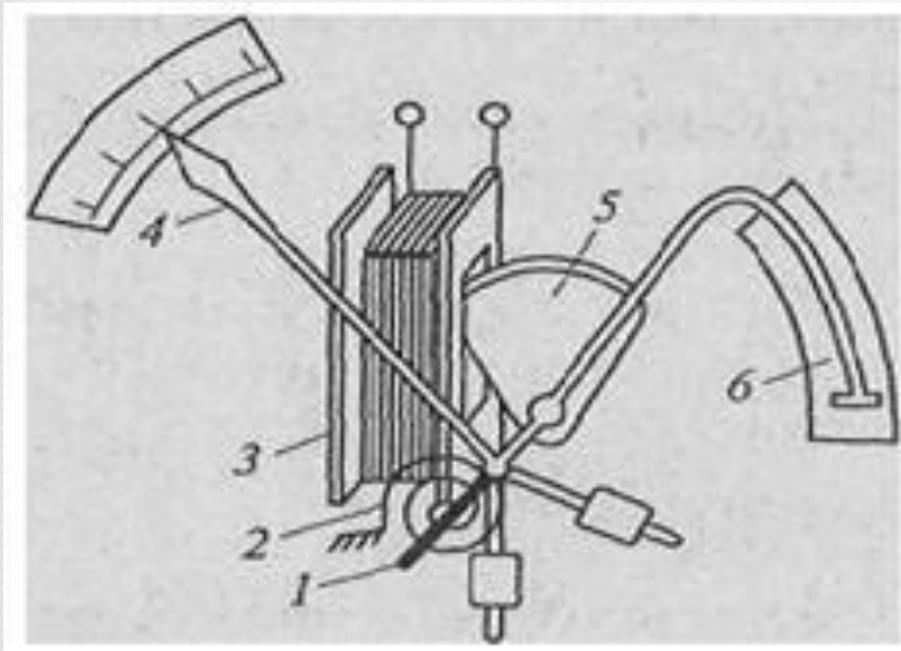
- ✓ Высокая точность
- ✓ Высокая чувствительность
- ✓ Равномерная шкала

### Недостатки:

- ✓ невозможность измерять переменный ток без дополнительных устройств

# По принципу действия

## Прибор электромагнитной системы



1 - ось; 2 – пружина; 3 – катушка; 4 – стрелка; 5 – сердечник; 6 – успокоитель.

### **Достоинства:**

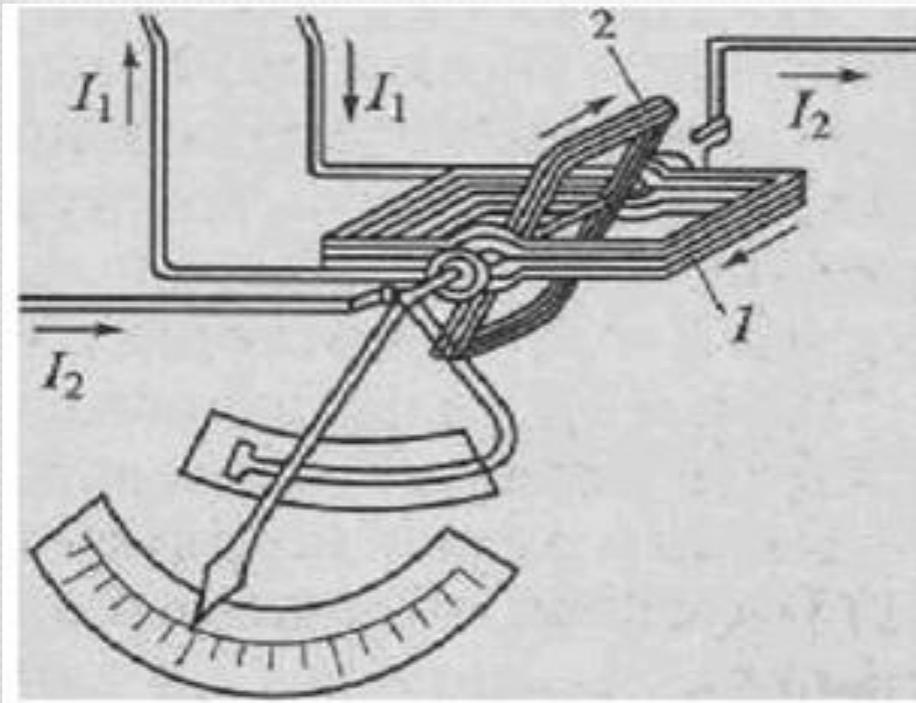
- ✓ Пригоден для измерения как постоянного так и переменного токов и напряжений низких частот
- ✓ Простота конструкции
- ✓ Допускает кратковременные перегрузки

### **Недостатки:**

- ✓ Недостаточная точность
- ✓ Неравномерная шкала
- ✓ Недостаточная чувствительность

# По принципу действия

## Прибор электродинамической системы



1 - неподвижная катушка; 2 —  
подвижная катушка

### Достоинства:

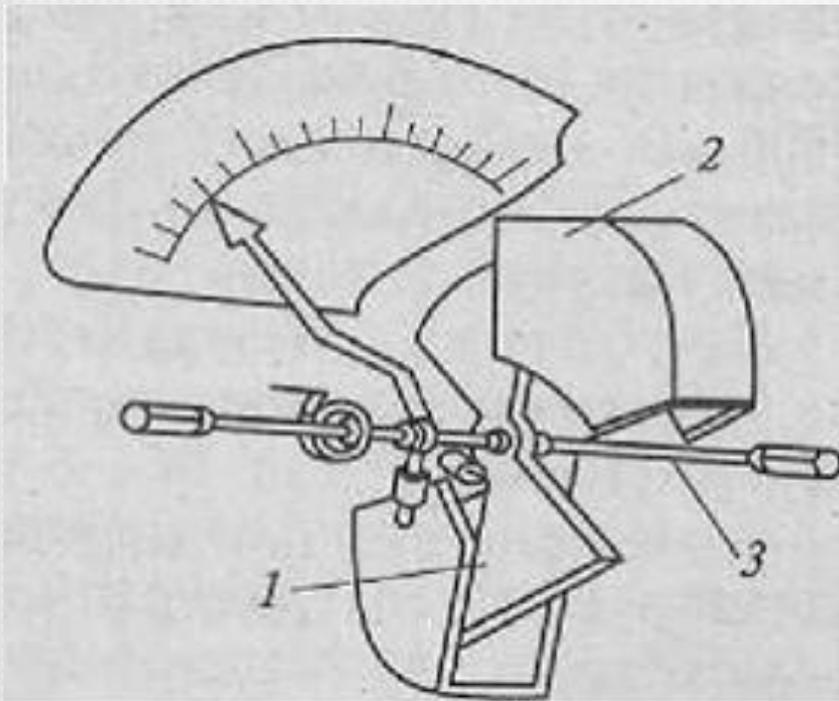
- ✓ Пригоден для измерения как постоянного так и переменного токов и напряжений низких частот
- ✓ Отсутствие погрешностей по потерям в сердечнике
- ✓ Равномерная шкала у ваттметров

### Недостатки:

- ✓ Недостаточная точность
- ✓ Неравномерная шкала
- ✓ Недостаточная чувствительность
- ✓ Недопустимость перегрузок

# По принципу действия

## Прибор электростатической системы



1 – подвижная пластина; 2 – неподвижные пластины; 3 – ось.

### **Достоинства:**

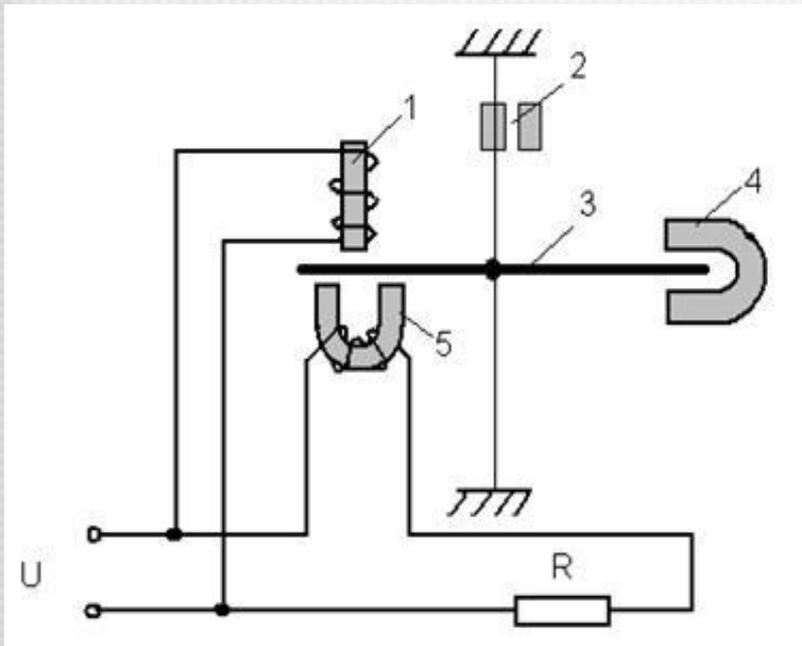
- ✓ Пригоден для измерения высоких напряжений переменного тока
- ✓ При измерении активная мощность прибором не потребляется

### **Недостатки:**

- ✓ Недостаточная чувствительность
- ✓ Класс точности не выше 1,5
- ✓ Влияние внешних факторов на показания прибора

# По принципу действия

## Прибор индукционной системы



1 – катушка напряжения; 2 – счетный механизм; 3 – алюминиевый диск; 4 – постоянный магнит; 5 – токовая катушка.

### Достоинства:

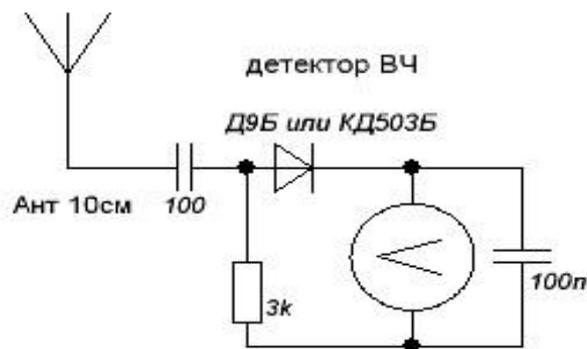
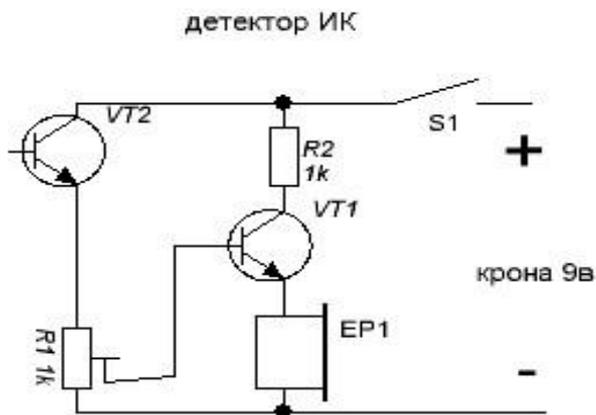
- ✓ Стойкость к перегрузкам
- ✓ Прочность конструкции
- ✓ Малое влияние магнитных полей на работу прибора

### Недостатки:

- ✓ Пригоден только для измерения энергии
- ✓ пригоден только для измерений в цепях переменных токов технической частоты
- ✓ Влияние внешних факторов на показания прибора

# По принципу действия

## Прибор детекторной системы



### Достоинства:

- ✓ Высокая чувствительность
- ✓ Потребление малой мощности
- ✓ Часто используются в качестве индикаторов настройки радиопередатчиков, измерителей уровня сигнала и т.д.

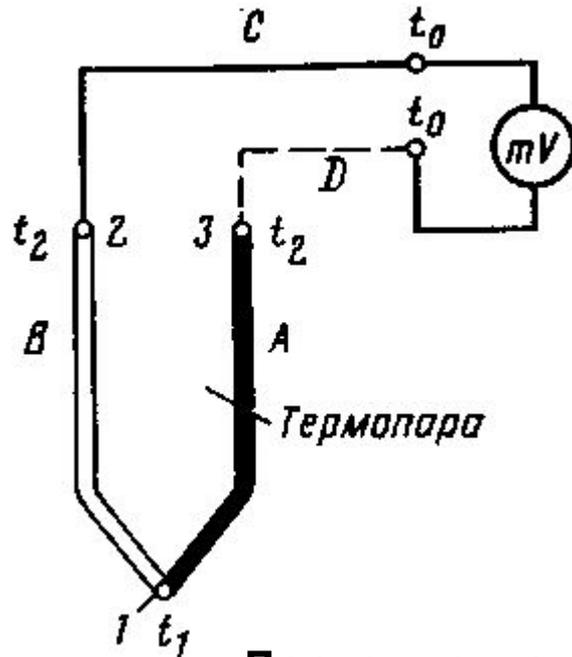
### Недостатки:

- ✓ Частотные погрешности не позволяют применять при частотах сотен килогерц
- ✓ Класс точности не превышает 1,5

Термоэлектрические (ТЭ) измерительные приборы основаны на преобразовании электрической энергии в тепловую и затем вновь в электрическую. Приборы этой системы состоят из термоэлектрического преобразователя (ТП) и магнитоэлектрического измерительного механизма. Термоэлектрический преобразователь представляет собой объединение нагревателя (тонкая проволока из нихрома или константана) и термопары

# По принципу действия

## Прибор термоэлектрической системы



Термоэлектрический датчик выполнен из двух сваренных вместе проволок или пластин из разнородных металлов или сплавов. Когда два таких проводника A и B соединяются в какой-либо точке и включаются в замкнутую электрическую цепь, при изменении температуры места их соединения в цепи возникает электродвижущая сила, называемая термо-э. д. с. Спай 1 двух разнородных металлов термопары называют горячим спаем, концы 2 и 3 — свободными или холодными спаями.

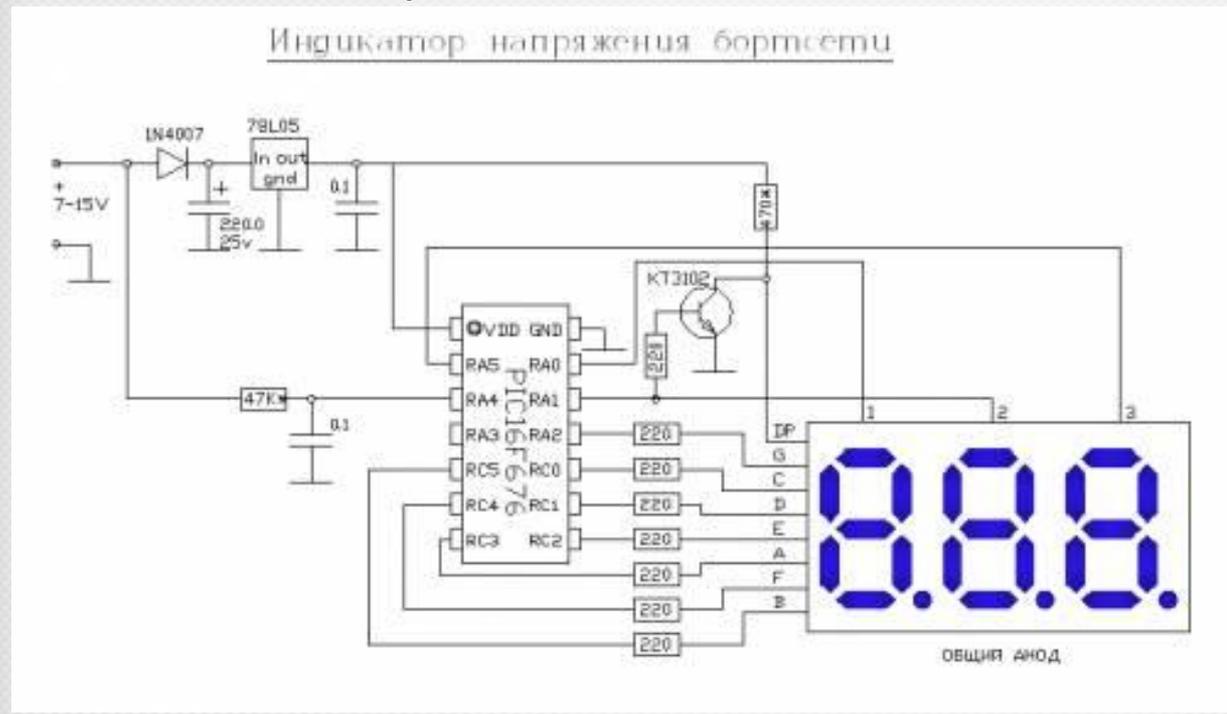
**Достоинства:** Пригодность для измерения переменных токов высоких частот (до 50 МГц) **Недостатки:** Чувствительность даже к кратковременным перегрузкам и влияние окружающей среды

Термоэлектрические (ТЭ) измерительные приборы основаны на преобразовании электрической энергии в тепловую и затем вновь в электрическую. Приборы этой системы состоят из термоэлектрического преобразователя (ТП) и магнитоэлектрического измерительного механизма. Термоэлектрический преобразователь представляет собой объединение нагревателя (тонкая проволока из нихрома или константана) и термопары

# По принципу действия



Прибор электронной системы (Вольтметр для автомобиля)



# Классификация



## 4. По характеру применения:

- ✓ Стационарные
- ✓ Переносные
- ✓ Для подвижных установок

# Общие методы измерения

