

ПМ 01 «Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования»

МДК.01.05 Техническое регулирование и контроль качества электрического и электромеханического оборудования

Тема: «Измерительная техника»

# Раздел 1. Основы метрологии

## Тема 3: Виды погрешностей.

### Обработка результатов измерения

1. Виды погрешностей. Что называется погрешностью?
2. Обработка результатов измерения.
3. Обработка результатов измерения при косвенных методах

1. Виды погрешностей. Что называется погрешностью?

## Электрические измерения

### выполняют в несколько этапов

1	выбор прибора
2	выбор схемы
3	выбор методики
4	непосредственно опыт измерения
5	снятие результатов измерения

# классификация *погрешности измерений*

1. По источнику (причине ) возникновения погрешности измерений делят :

**-Инструментальная** обусловлена конструктивными недостатками измерительных приборов и мер, их неправильной градуировкой или их неисправностью.

- **Методическая погрешность измерений** — вызвана несовершенством выбранного метода измерений.
- **Методическая составляющая погрешности** определяется несовершенством метода измерения, приемами использования СИ, некорректностью расчетных формул и округления результатов и другими факторами, не связанными со свойствами СИ.

**-Субъективная (личная) погрешность измерения -обусловленная индивидуальными особенностями оператора, т. е. погрешность отсчета оператором показаний по шкалам СИ.**

**Они вызываются состоянием оператора, несовершенством органов чувств, эргономическими свойствами СИ.**

2. по характеру появления:

### **2.1-Систематические;**

Систематические погрешности имеют повторяющийся характер при определении одной и той же величины.

### **2.2 - Случайные;**

Случайные погрешности неопределенные по значению и знаку, возникают в результате действия неизвестных причин. Причины вызвавшие их могут быть самыми разнообразными, и не поддаются прогнозированию.

### 3-Прوماхи ( грубые)

Грубые погрешности возникают при внезапном изменении условий проведения эксперимента, например отключения установки. (например, если экспериментатор неправильно прочёл номер деления на шкале прибора или если произошло замыкание в электрической цепи).

Грубая погрешность значительно превышает ожидаемую ПИ. Иногда грубую *ПИ* называют промахом.



**3. По взаимодействию изменений во времени и входной величины погрешности делятся на**

**Статическая погрешность** - это погрешность, которая возникает в процессе измерения постоянной (не изменяющейся во времени) величины.

**Динамическая погрешность** это погрешность, численное значение которой вычисляется как разность между погрешностью, возникающей при измерении непостоянной (переменной во времени) величины, и статической погрешностью (погрешностью значения измеряемой величины в

По характеру зависимости погрешности от влияющих величин погрешности делятся на основные и дополнительные.

**Основная погрешность** - это погрешность, полученная в нормальных условиях эксплуатации средства измерений (при нормальных значениях влияющих величин).

**Дополнительная погрешность** - это погрешность, которая возникает в условиях несоответствия значений влияющих величин их нормальным значениям, или если влияющая величина переходит границы области нормальных значений.

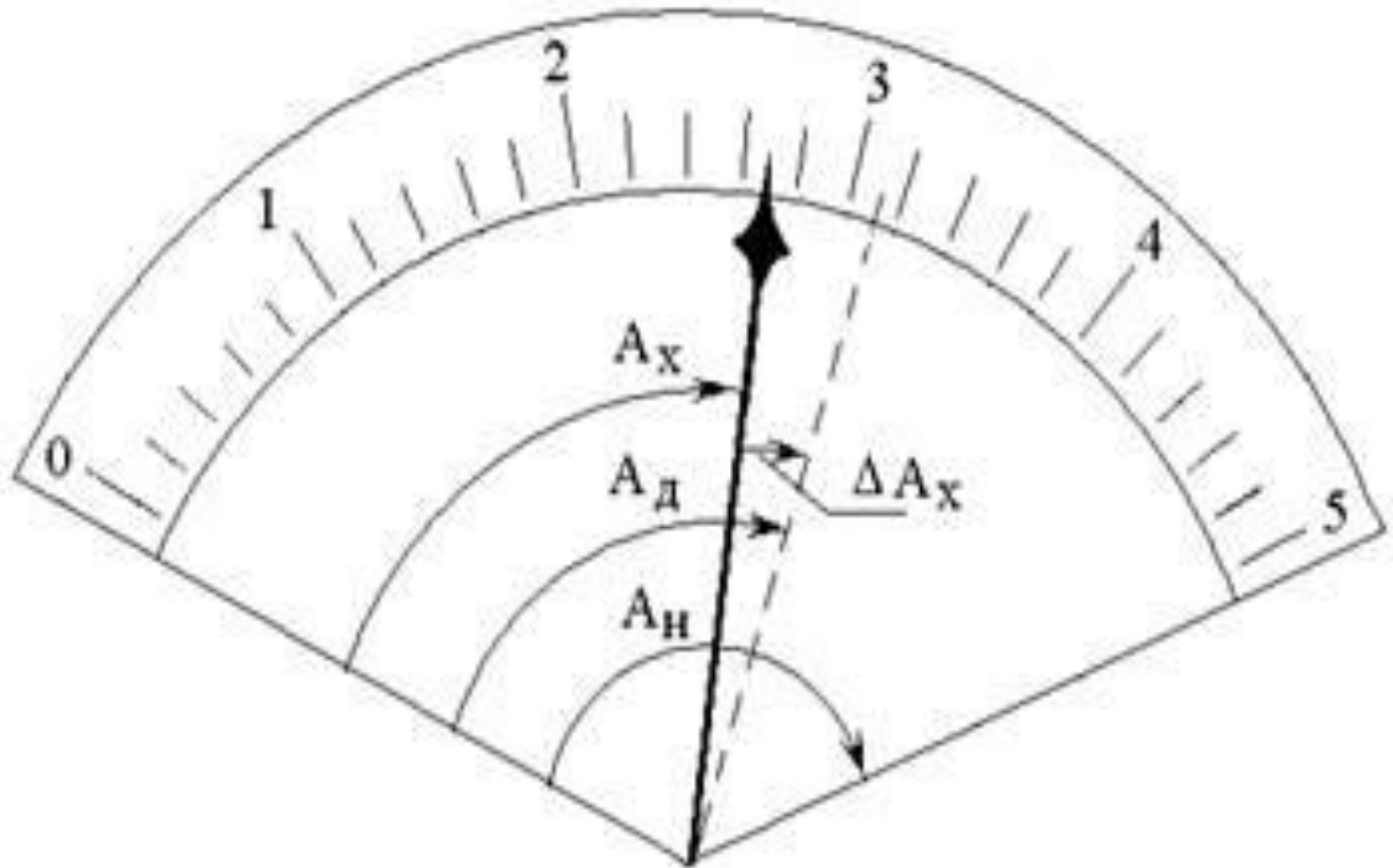


По характеру зависимости погрешности от входной величины погрешности делятся на аддитивные и мультипликативные.

**Аддитивная погрешность** - это погрешность, возникающая по причине суммирования численных значений и не зависящая от значения измеряемой величины, взятого по модулю (абсолютного).

**Мультипликативная погрешность** - это погрешность, изменяющаяся вместе с изменением значений величины, подвергающейся измерениям

По способу выражения их делят на абсолютные и относительные погрешности измерений.



**Абсолютная погрешность измерения  $\Delta$**   
равна разности между результатом  
измерения  $A_{\text{изм.}}$  и действительным  
значением измеряемой величины

$$\Delta A = /A_{\text{изм.}} - A_{\text{д}} /$$

Удобнее в практике точность измерения определять относительной погрешностью которая имеет несколько видов:

**- Действительная относительная погрешность** - отношение абсолютной погрешности  $\Delta$  к действительному значению измеряемой величины, выраженное в процентах.

$$\delta_{\text{д}} = \frac{\Delta A}{A_{\text{д}}} * 100\%$$

**- Номинальная относительная погрешность**

$$\delta_{\text{н}} = \frac{\Delta A}{A_{\text{изм.}}} * 100\%$$



**-Приведенная погрешность прибора** – это выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности измерения  $\Delta A$  к некоторому нормирующему значению  $A_H$ :

$$\gamma_{\text{пр}} = \frac{\Delta A}{A_H} * 100\%$$

где  $A_H$  – нормирующее значение, которое может быть принято равным:

- а) длине шкалы прибора, если шкала имеет резко сужающиеся деления;
- б) конечному значению шкалы прибора  $A_{\text{max}}$ , если нулевое значение находится в начальной части шкалы или вне шкалы;
- в) арифметической сумме крайних значений диапазона измерений, для прибора с нулевой отметкой посередине



**Классом точности** средства измерений называют обобщенную характеристику средства измерений, определяемую пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей.

**класс точности-** величина показывающая на допустимое отклонение в процентах

**Основная погрешность** – это погрешность, полученная в нормальных условиях эксплуатации средства измерений (при нормальных значениях влияющих величин).

**Дополнительная погрешность** – это погрешность, которая возникает в условиях несоответствия значений влияющих величин их нормальным значениям, или если влияющая величина переходит границы области нормальных значений.

**Нормальные условия** – это условия, в которых все значения влияющих величин являются нормальными либо не выходят за границы области нормальных значений.

Класс точнос ти прибор а	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1.0	1,5	2,5	4.0
Колеба ние допуст имой погреш ности	$\pm 0,0$ 2%	$\pm 0,0$ 5%	$\pm 0,1$ %	$\pm 0,2$ %	$\pm 0,5$ %	$\pm 1$ %	$\pm 1,$ 5%	$\pm 2,$ 5%	$\pm$ 4 %

## 2. Обработка результатов измерений

2.1 при непосредственных измерениях.

Результаты измерений обычно

записываются в виде 2-х величин:

- найденного значения измеренной величины

- наибольшей возможной абсолютной или относительной погрешности измерения

$$A = A_{\text{изм.}} \pm \Delta A \quad \text{или}$$

$$A = A_{\text{изм.}} \pm \frac{\Delta A}{A_{\text{д}}} * 100\% = A_{\text{изм.}} \pm \delta_{\text{д}}$$

Абсолютная погрешность, взятая с обратным знаком называется поправкой  $C$

$$C = -\Delta A$$

**Поправка** – значение величины, вводимое в неисправленный результат измерения с целью исключения составляющих систематической погрешности.

**Поправочный множитель** – числовой коэффициент, на который умножают неисправленный результат измерения с целью исключения влияния систематической погрешности.

Поправочный множитель используют в случаях, когда систематическая погрешность пропорциональна значению величины.

На шкалах измерительных приборов указывается класс точности прибора цифрой обозначающей основную наибольшую допустимую приведенную погрешность

Отсюда наибольшая возможная абсолютная погрешность выражается

Наибольшая возможная относительная погрешность

$$\delta_{\text{наиб}} = \pm K \frac{A_n}{A_{\text{изм.}}}$$

пример

Однако класс точности прибора не определяет точность самого измерения.

$$\delta_{\text{наиб}} = \gamma_{\text{пр}} \cdot A_{\text{н}} / A_{\text{изм.}}$$

Полученное выражение показывает, что относительная погрешность измерения  $\delta_{\text{наиб}}$  во столько раз больше класса точности прибора  $\gamma_{\text{пр}}$ , во сколько раз номинальное значение прибора  $A_{\text{н}}$  больше измеряемого значения  $A_{\text{изм}}$ .

При измерении электрических величин, близких к номинальному значению прибора ( $A_x \sim A_{\text{н}}$ ), относительная погрешность измерения  $\delta_{\text{наиб}}$  приближается к классу точности прибора  $\gamma_{\text{пр}}$ , а при измерении величин, малых по сравнению с номинальным значением прибора  $A_{\text{н}}$ ,  $\delta_{\text{наиб}}$  может быть во много раз больше класса точности прибора.

Пример. Вольтметром класса 1,0 с номинальным значением  $U_H=250\text{В}$  измеряют напряжение  $U_1=50\text{В}$  и  $U_2=200\text{В}$ .

В первом случае погрешность измерения будет:

$$1. \delta_{\text{наиб}} = \gamma_{\text{пр}} \cdot U_H / U_1 = 1,0 \cdot 250 / 50 = 5\%$$

Во втором случае:

$$2. \delta_{\text{наиб}} = \gamma_{\text{пр}} \cdot U_H / U_2 = 1,0 \cdot 250 / 200 = 1,25\%$$

Поэтому для повышения точности измерения следует пользоваться приборами, у которых измеряемая величина отсчитывалась бы во второй половине шкалы. Это позволяет осуществлять измерения с погрешностью, не превышающей удвоенного значения класса точности прибора.



Такая запись показывает, что истинное значение измеренной величины может отличаться от найденного значения не более чем на  $\Delta A$  или  $\delta_d$

*Пример.* На вольтметре класса точности 2.5, с пределом измерений 300 В был получен отсчет измеряемого напряжения  $x=267.5$  В.

Требуется провести оценку погрешности результата измерения.

Находят абсолютную погрешность:

$$\Delta A_{\text{наиб}} = \Delta A_{\text{н.в.}} = \frac{K \cdot A_{\text{н.}}}{100 \%} = 2,5 * \frac{300}{100} = 7.5 \text{ В}$$

относительная погрешность определяют по уравнению:

$$\delta_n = \frac{\Delta A}{A_{\text{изм.}}} * 100\% = 7.5/267,5 * 100 = 2,81\%$$

Таким образом, окончательно получаем:

1. Измерение проведено с относительной погрешностью  $\delta_n = 2.8\%$ .

2. Измеренное напряжение  $x = (267,5 \pm 7,5)$  В



50

100

150

200

0

V

250

-1,5 ⊥

M381

pribor.kz

## 2. Обработка результатов при косвенных методах

косвенный метод это когда величина определяется по формулам в которые входят значения величин измеренных непосредственно

2.2.1 Предположим , что искомая величина  $A$  и измеренные непосредственным способом величины связаны соответствием

$$\text{-если } A = B^n * C^m \qquad \delta_A = n\delta_B + m\delta_C$$

-если  $A=B-C$

$$\Delta A = \Delta B + \Delta C$$

$$\delta A = \frac{\Delta B + \Delta C}{B - C}$$

-при  $A=B + C$

$$\Delta A = \Delta B + \Delta C$$

$$\delta A = \frac{\Delta B + \Delta C}{B + C}$$

Примеры решения задач.

Для измерения сопротивления  $R$  были измерены ток  $I$  в этом сопротивлении с

$\delta_r = \pm 1,5\%$  и мощность потерь в нем  $P$  с  $\delta_p = \pm 1\%$ .

Вычислить наибольшую возможную относительную погрешность при измерении сопротивления  $R$ .

Решение:  $P = U \cdot I$ ;  $I = \frac{U}{R}$ ;  $\rightarrow U = I \cdot R$

$$P = I^2 \cdot R \rightarrow R = \frac{P}{I^2} = P \cdot I^{-2}$$

$$\pm (1 + 2 \cdot 1,5) = \pm 4\%$$

$$\delta_R = n\delta_p + m\delta_r =$$

$$\delta_R = \pm (\delta_p + 2\delta_r) = \pm (1 + 2 \cdot 1,5) = \pm 4\%$$



# Оценка погрешностей результатов измерения

При обработке результатов измерения определяют:

**-среднее арифметическое значение** (Если принять, что систематические погрешности равны близки к 0 то снижение влияния случайных погрешностей на результат измерения достигается путем многократных измерений в одинаковых условиях)

$$A_{\text{ср.}} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

$a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n$ -результаты отдельных измерений

$n$ -число измерений

**-среднее квадратическое отклонение**  
(Может быть выражено через случайные отклонения результатов)

$$\sigma = \pm \frac{\sqrt{(a_1 - A_{\text{ср.}})^2 + (a_2 - A_{\text{ср.}})^2 + \dots + (a_n - A_{\text{ср.}})^2}}{(n-1)}$$

## -средняя квадратическая погрешность

Если случайные погрешности распределены по нормальному закону, то согласно теории погрешностей средняя квадратическая погрешность среднего арифметического значения равна

$$\sigma_{\text{ср.}} = \sigma_A = \frac{\sqrt{(a_1 - A_{\text{ср.}})^2 + (a_2 - A_{\text{ср.}})^2 + \dots + (a_n - A_{\text{ср.}})^2}}{n(n-1)} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Из данного выражения видно, что увеличение количества повторных измерений  $n$  приводит к уменьшению средней квадратической погрешности  $\sigma_A$  результата измерений



## Задание для самостоятельной работы:

1. Выполнить описание классификации погрешностей.
2. Подробно описать классификацию по способу выражения погрешности ( абсолютные и относительные погрешности измерений)
3. Обработка результатов измерений

Литература: [1], стр. 27-50.,  
[4], стр. 16-28.