

**Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Кафедра общей физики и ядерного синтеза

учебная лаборатория

“Электричество и магнетизм”

**Измерение и расчет погрешностей  
электрических величин**

# ИЗМЕРЕНИЯ

Прямые

Косвенные

Погрешность прямых измерений

$$\Delta x = \sqrt{(\Delta x_{\text{сл}})^2 + (\Delta x_{\text{СИ}})^2}$$

случайная погрешность

$$\Delta x_{\text{сл}} = t_{p,n} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

погрешность средств измерения

$$\Delta x_{\text{СИ}} = \Delta_{\text{пред}}$$

Погрешность косвенных измерений

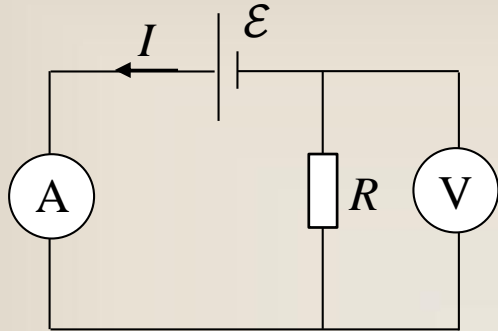
$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots)$$

$$\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial x_1}\right)^2 (\Delta x_1)^2 + \dots + \left(\frac{\partial y}{\partial x_i}\right)^2 (\Delta x_i)^2 + \dots}$$

$$y = x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \dots,$$

$$\delta_y = \frac{\Delta y}{y} = \sqrt{\alpha_1^2 (\delta_{x_1})^2 + \alpha_2^2 (\delta_{x_2})^2 + \dots}$$

# Пример



Данные установки:  $R = 0,20 \text{ Ом}$ ;  $\Delta R = 0,005 \text{ Ом}$

Измерено вольтметром:  $U = 0,65 \text{ В}$

Задание: Рассчитать силу тока в цепи. Записать результат в стандартном виде

$$I = \frac{U}{R} = \frac{0,65}{0,2} = 3,25 \text{ А}$$

$$\delta_I = \frac{\Delta I}{I} = \sqrt{(\delta_U)^2 + (-1)^2 (\delta_R)^2},$$

$$\delta_R = \frac{\Delta R}{R} = \frac{0,005}{0,20} = 0,025$$

$$\delta_U = \frac{\Delta U}{U}$$

$\Delta U$  зависит от типа измерительной системы прибора,  
определяется его паспортными данными.

# Типы приборов, измеряющих электрические величины

стрелочные

$$\Delta U = U_{\Pi} K / 100$$

Класс точности прибора (К) – максимально возможная погрешность прибора, выраженная в процентах от наибольшего значения величины, измеряемой в данном диапазоне работы прибора;

$U_{\Pi}$  – предел измерения



$$K = 2,5$$

$$U_{\Pi} = 1 \text{ В}$$

$$\Delta U = U_{\Pi} K / 100 = 1 \cdot 2,5 / 100 = 0,025 \text{ В}$$

цифровые

Погрешность рассчитывается по формулам, представленным в паспорте прибора.

Пример паспортных данных:

Предел измерений	Разрешение $k$	Погрешность
<i>Измерение <u>постоянного</u> напряжения</i>		
400 мВ	0,1 мВ	$\pm(0,005X + 5k)$ X – измеренное значение
4 В	1 мВ	
40 В	10 мВ	
400 В	100 мВ	
1000 В	1 В	

$U_{\Pi}$  - предел измерения (выбирается из заданного ряда чисел)

X – результат измерения,  $X < U_{\Pi}$

# Результаты измерений напряжения постоянного тока:



$$U = 0,65 \text{ B}$$

$$\Delta U = U_{II} K / 100 = 1 \cdot 2,5 / 100 = 0,025 \text{ B}$$

$$U = 0,650 \pm 0,025 \text{ B}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{0,65}{0,2} = 3,25 \text{ A}$$

$$\delta_U = \frac{\Delta U}{U} = \frac{0,025}{0,65} = 0,0385$$

$$\delta_I = \frac{\Delta I}{I} = \sqrt{(\delta_U)^2 + (-1)^2 (\delta_R)^2} = \sqrt{0,0385^2 + (0,025)^2} = 0,0459$$

$$\Delta I = \delta_I I = 0,0459 \cdot 3,25 = 0,1492$$

$$I = (3,25 \pm 0,15) \text{ A}$$



$$U = 0,647 \text{ B}$$

$$\Delta U = 0,005 X + 5k = 0,005 \cdot 0,647 + 5 \cdot 10^{-3} = 0,008235 \text{ B}$$

$$U = 0,647 \pm 0,008 \text{ B}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{0,647}{0,2} = 3,235 \text{ A}$$

$$\delta_U = \frac{\Delta U}{U} = \frac{0,008235}{0,647} = 0,0127$$

$$\delta_I = \frac{\Delta I}{I} = \sqrt{(\delta_U)^2 + (-1)^2 (\delta_R)^2} = \sqrt{0,0127^2 + 0,025^2} = 0,0280$$

$$\Delta I = \delta_I I = 0,0280 \cdot 3,235 = 0,0906$$

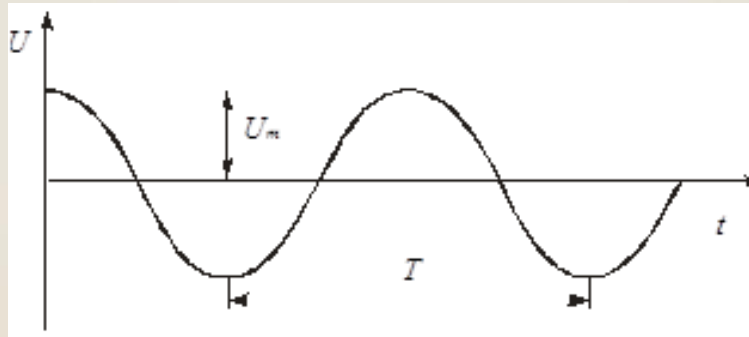
$$I = (3,24 \pm 0,09) \text{ A}$$

# Измерение параметров периодических электрических сигналов

Вольтметр показывает действующее значение напряжения переменного тока  $U_D$ , которое связано с амплитудным значением следующим образом:

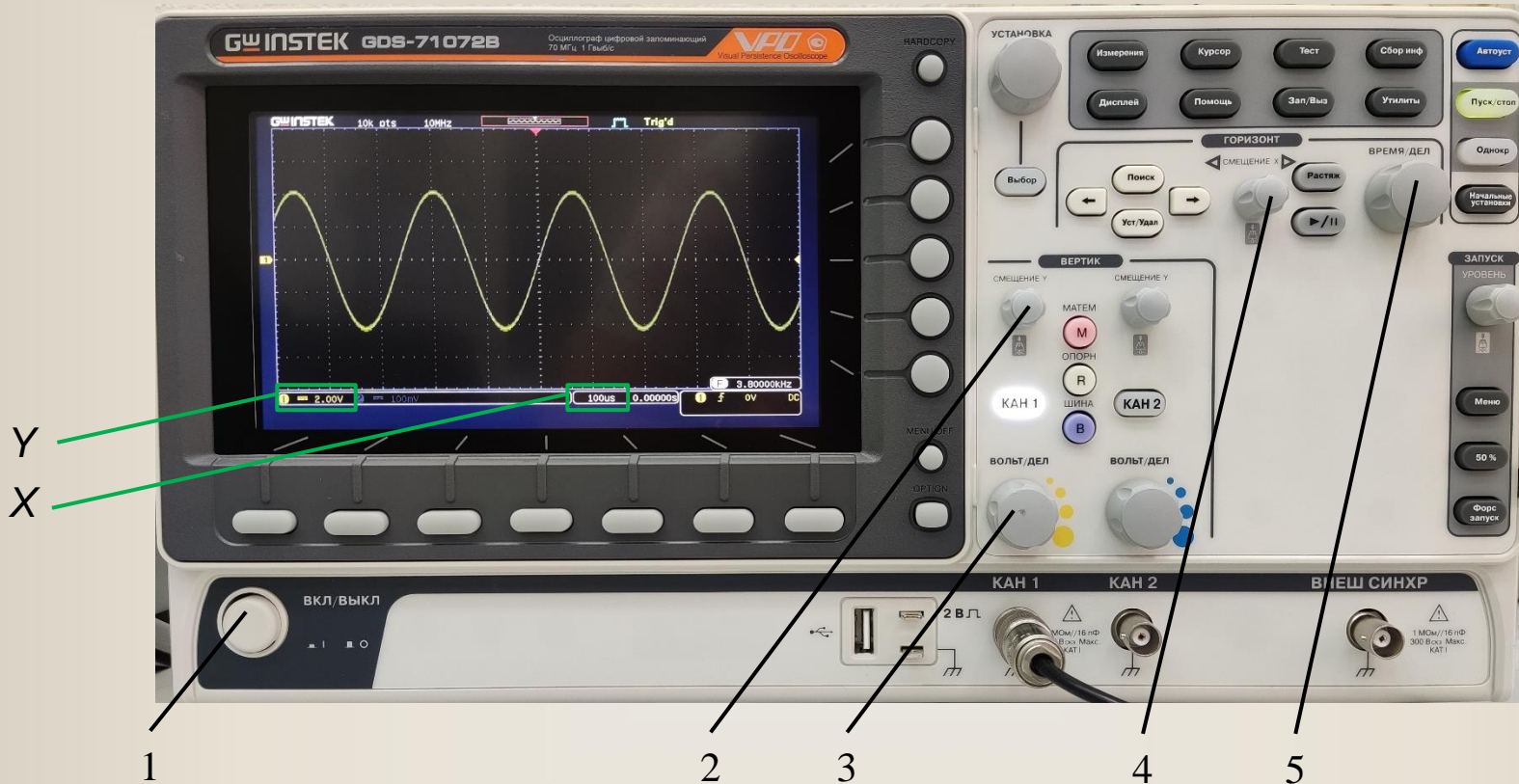
$$\frac{U_D^2}{R} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{u^2(t)}{R} dt$$

Пример:  $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi_0)$



$$U_D = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

# Цифровой осциллограф



## Панель управления осциллографом GDS-71072B

- 1 — кнопка включения/выключения осциллографа
- 2 — ручка управления положением сигнала по вертикали
- 3 — регулятор коэффициента усиления (ВОЛЬТ/ДЕЛ)
- Y — установленное значение коэффициента усиления
- 4 — ручка управления положением сигнала по горизонтали
- 5 — регулятор коэффициента развертки (ВРЕМЯ/ДЕЛ)
- X — установленное значение коэффициента развертки