

# Měřicí přístroje a měřicí metody

- Základní elektrické veličiny určují kvalitativně i kvantitativně stav elektrických obvodů a objektů.
- Neelektrické fyzikální veličiny lze převést na elektrické veličiny - elektrické signály, které lze snadno elektrickými metodami dále zpracovávat.
- Elektrická měření a měřicí technika mají zásadní význam nejen v elektrotechnice, ale v mnoha oborech.

**Měření je proces, při kterém se kvantifikuje fyzikální veličina.**

Podle způsobu údaje měřené veličiny:

- Analogové měřicí přístroje (hodnota je převedena zpravidla na výchylku).
- Číslicové měřicí přístroje (hodnota je dána násobkem přesně definovaných kvant podle určitého kódu).

# Podle funkce měřicích přístrojů jsou měřicí metody:

1. výchylkové - velikost měřené veličiny se určuje z velikosti výchylek ručky měřicích přístrojů,
2. nulové - změření veličiny je podmíněno vyrovnaním (elektrickým vyvážením), např. měřicího můstku. Vyrovnaní zjistíme podle nulové výchylky ručky měřidla - indikátoru nuly.

# Metody

- a) **substituční** - člen, u něhož chceme změřit určitou vlastnost (např. elektrický odpor), zapojíme do proudového obvodu a změříme jeho účinek (např. velikost procházejícího proudu obvodem.). Potom prvek nahradíme členem stejného druhu, u něhož velikost známe a můžeme měnit velikosti měřené vlastnosti.
- b) **porovnávací** - člen s neznámou velikostí zapojíme do proudového obvodu do série s členem téhož druhu, jehož velikost, vlastnosti známe. Jsou-li účinky (např. úbytky napětí) obou členů v obvodu stejné, i velikosti jejich vlastnosti je stejná,
- c) **rezonanční** - změření velikosti veličiny (např. kapacity kondenzátoru nebo indukčnosti cívky) je podmíněno dosažením sériové nebo paralelní rezonance,
- d) **kompensační** - vlastní spotřeba měřicího přístroje může ovlivnit přesnost měření svorkového napětí zdroje naprázdno. Hrazením spotřeby měřicího přístroje z pomocného zdroje zpřesníme měření.

## Analogové měřící přístroje:

- Zjištěná hodnota veličiny měřením se vždy liší od hodnoty skutečné. Tento rozdíl vyplývá z principiálních fyzikálních důvodů.
- Jde o **chybu měření**, kterou se rozumí rozdíl mezi hodnotou naměřenou  $X_m$  a skutečnou  $X_s$ :

$$\Delta x = X_m - X_s$$

- Reálnými měřícími prostředky skutečnou hodnotu nelze nikdy zjistit. Měřením se pouze přiblížíme ke správné hodnotě.
- **Chyba relativní:**
  - Bezrozměrné číslo: chyba relativní je dána vztahem

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{X_s}$$

- Vyjádření v "%": chyba relativní je dána vztahem

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{X_s} \cdot 100$$

- Souhrnná **absolutní chyba** elektrických nebo elektronických měření:
  - **chybu měřicí metody** – vzniká zjednodušením vztahů pro výpočet měřené veličiny, zjednodušením zapojení, vlivem spotřeby měřicího přístroje, atd.
  - **vlastní chyby měřicích přístrojů** - jsou způsobeny nedokonalostí jejich provedení. Výpočet se provádí při přesných laboratorních měřeních:
    - chybná poloha nulové hodnoty,
    - odchylky od linearity,
    - nepřesné nastavení referenčních úrovní,
    - dynamická chyba u rychle se měnících veličin.
  - **chyby pozorovatele** – nesprávná volba metody měření, chybné zapojení:
    - *Systematické (soustavné) chyby* - jsou chyby, které se vyskytují pravidelně, stále se opakují (použitou měřicí metodou, vlastnostmi použitých měřicích přístrojů, pozorovatelem).
    - *Nahodilé chyby* - jsou chyby, které se vyskytují zcela nepravidelně. Zjistit je můžeme až při opakovaném měření – tím je omezíme (stanovíme střední hodnotu (aritmetický průměr)).

**Citlivost:** je dána počtem dílků výchylky přístroje při jednotkové měřené veličině.

**Konstanta:** je dána počtem jednotek měřené veličiny potřebných pro výchylku jednoho dílku.

**Měřicí rozsah stupnice:** je část stupnice s definovanou přesností.

**Spotřeba:** je dána příkonem potřebných k dosažení výchylky, odpovídající jmenovité hodnotě.

**Třída přesnost:** určuje maximální relativní chybu přístroje v % nejvyšší hodnoty měřicího rozsahu.

Číselná řada 0.05 – 0.1 – 0.2 – 0.5 – 1 – 1.5 – 2.5 – 5.

# Výpočet chyby měření analogového měřicího přístroje

|                               |                                                                     |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| $F = \frac{k \cdot E}{100}$   | $F$ absolutní chyba<br>$k$ třída přesnosti<br>$E$ horní mez rozsahu |
| $f = \frac{F \cdot 100\%}{M}$ | $f$ relativní chyba<br>$F$ absolutní chyba<br>$M$ naměřená hodnota  |
| $w_u = M - F$                 | $w_u$ dolní mez skutečné hodnoty                                    |
| $w_o = M + F$                 | $w_o$ horní mez skutečné hodnoty                                    |

**Příklad:** Vypočtete pro přístroj s uvedenou stupnicí a uvedenou hodnotou rozsahu a znázorněnou naměřenou hodnotou:

- konstantu stupnice
- naměřenou hodnotu  $M$
- absolutní chybu  $F$
- relativní chybu  $f$
- horní mez  $w_o$  skutečné hodnoty
- dolní mez  $w_u$  skutečné hodnoty

## řešení:

a) konstanta  $= \frac{\text{horní mez rozsahu}}{\text{počet dílků stupnice}} = \frac{10 \text{ V}}{100 \text{ Skt}} = 0,1 \text{ V/Skt}$

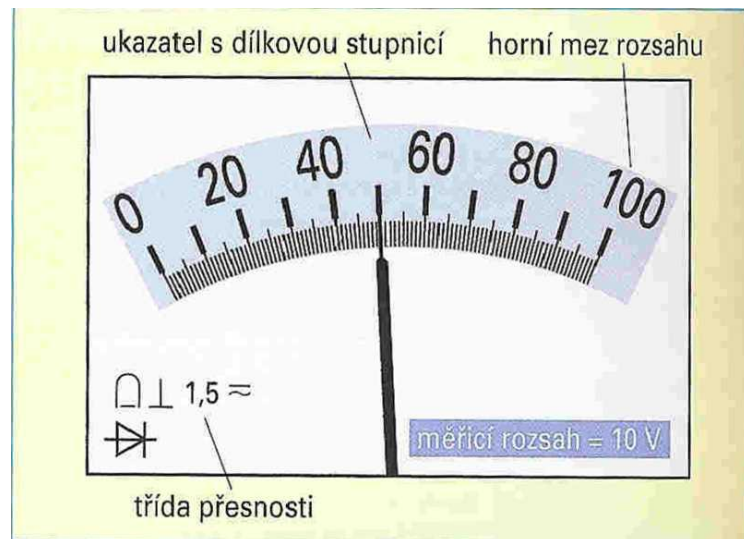
b)  $M = \text{konstanta stupnice} \cdot \text{naměřená hodnota v dílcích} = 50 \text{ Skt} \cdot 0,1 \text{ V/Skt} = 5 \text{ V}$

c)  $F = \frac{k \cdot E}{100} = \frac{1,5 \cdot 10 \text{ V}}{100} = 0,15 \text{ V}$



















d)  $f = \frac{F \cdot 100\%}{M} = \frac{0,15 \text{ V} \cdot 100\%}{5 \text{ V}} = 3 \%$

e)  $w_o = M + F = 5 \text{ V} + 0,15 \text{ V} = 5,15 \text{ V}$



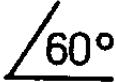










f)  $w_u = M - F = 5 \text{ V} - 0,15 \text{ V} = 4,85 \text{ V}$



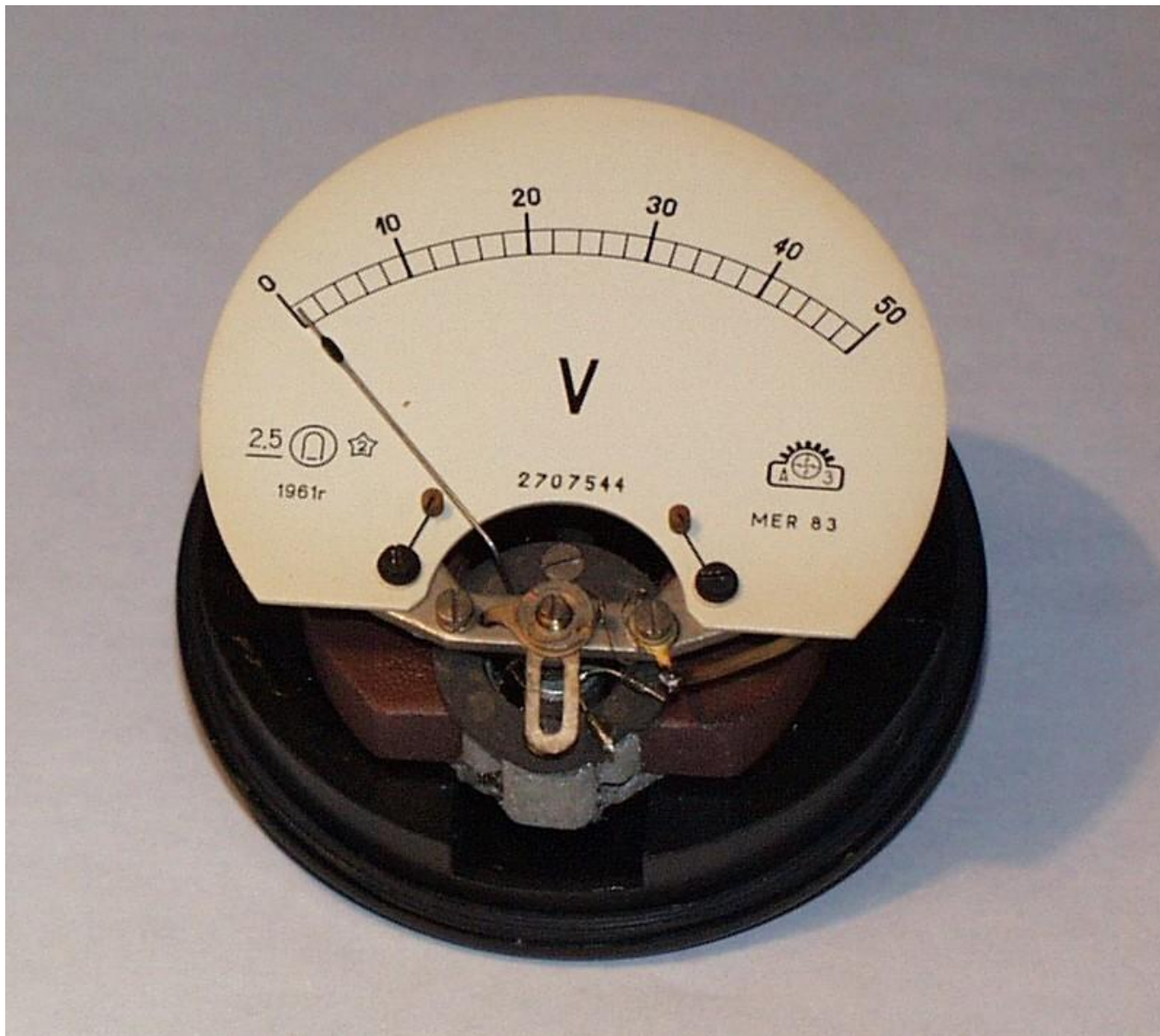


| Značky ústrojí měřicích přístrojů                                                   |                            |                                                                                     |                                  |                                                                                       |                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|    | magnetoelektrické          |    | magnetoelektrické s usměrňovačem |    | magnetoelektrické s termočlánkem*) |
|    | magnetoelektrické poměrové |    | feromagnetické                   |    | feromagnetické poměrové            |
|    | tepelné s drátem           |    | tepelné s dvojkovem              |    | elektrodynamické                   |
|    | elektrodynamické stíněné   |    | ferodynamické                    |    | elektrodynamické poměrové          |
|    | ferodynamické poměrové     |    | indukční                         |    | indukční poměrové                  |
|  | elektrostatické            |  | vibrační                         |  | elektrostatické stínění            |

Obr.1. Symboly používané na přístrojích

| Značky polohy číselníku                                                           |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                       |                                                                                     |                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  | svislá                                                                              |   | vodorovná                                                                             |  | šikmá se sklonem                                                                      |
| Značky napětí elektrické pevnosti                                                 |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                       |                                                                                     |                                                                                       |
| zkušební napětí                                                                   | 500 V                                                                               | 2 000 V                                                                            | 3 000 C                                                                               | 5 000 V                                                                             | bez zkoušky                                                                           |
|                                                                                   |    |  |    |  |    |
| Značky přesnosti                                                                  |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                       |                                                                                     |                                                                                       |
| 1,5                                                                               | vztažena na chyby vyjádřené v % z největšího hodnoty měřicího rozs.                 |   | vztažena na chyby vyjádřené v % délky stupnice                                        |  | vztažena na chyby vyjádřené v % skutečné hodnoty                                      |
| Značky vyjadřující druh proudu měřeného přístrojem                                |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                       |                                                                                     |                                                                                       |
| stejnoseměrný                                                                     |  | střídavý                                                                           |  | stejnoseměrný i střídavý                                                            |  |

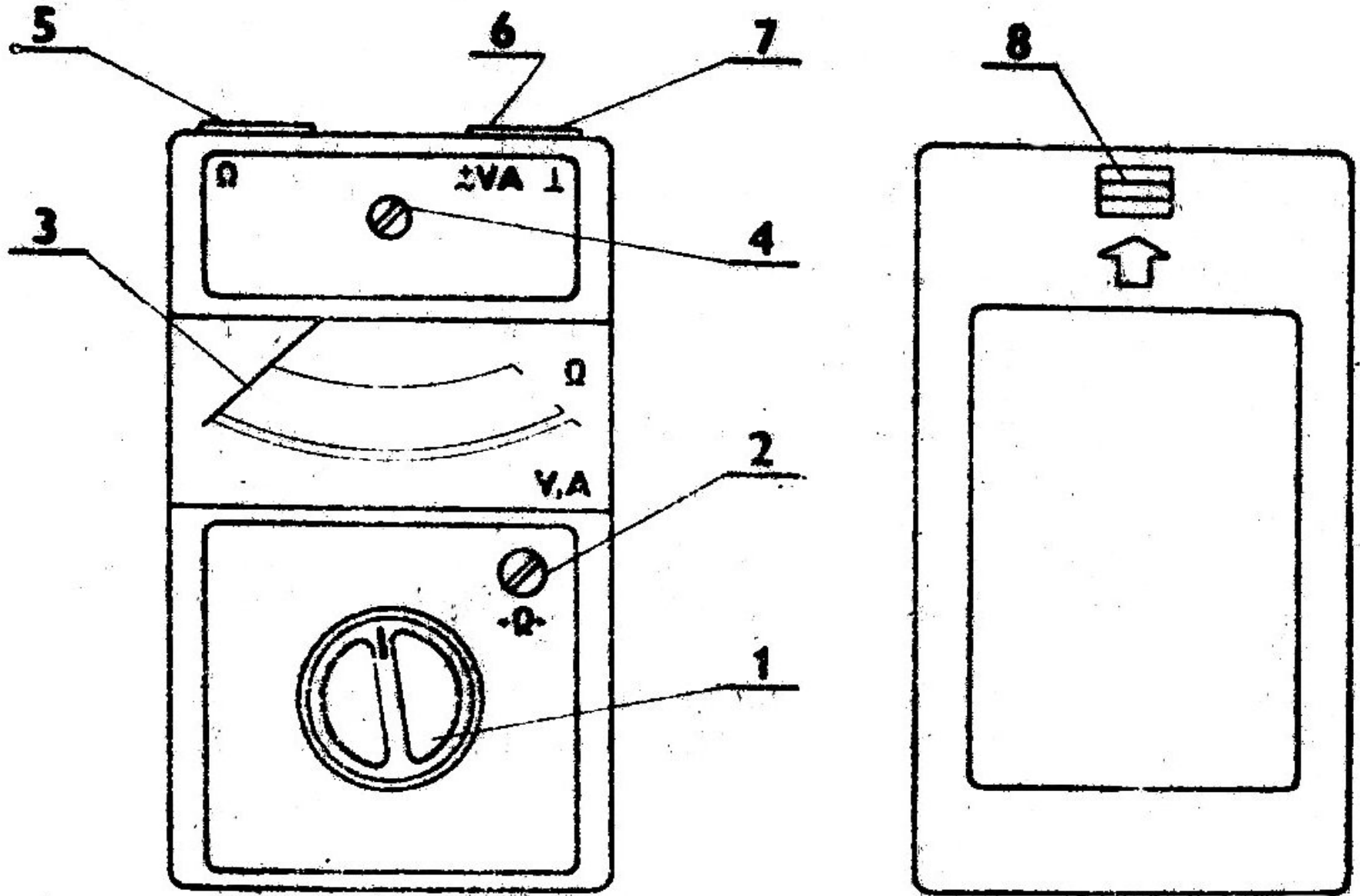
Obr.2. Symboly používané na přístrojích



Obr.3. Ukázka symbolů používaných na přístrojích



# Multimetr PU 501



## POPIS PŘÍSTROJE

Pouzdro přístroje je zhotoveno z plastické hmoty. Veškeré součástky přístroje jsou umístěny na desce plošných spojů, na které je rovněž přepínač rozsahů. Volba měřicích rozsahů je řešena pomocí jednoho přepínače 1, umístěného ve spodní části víka.

Nad přepínačem je ovládací prvek 2 označen  $\leftarrow 0 \rightarrow$ , sloužící k nastavení nulové výchylky ohmmetru při zkratovaných svorkách 0,  $\perp$ .

Měřicí ústrojí magnetoelektrické soustavy 3 je umístěno v horní části přístroje. Korekce mechanické nuly ukazovatele je umístěna v horní části víka přístroje 4.

Měřené veličiny se připojují pomocí měřicích šňůr do zdírek umístěných v horní boční straně přístroje. Přístroj má 3 zdířky. Společnou zdířku 7 označenou  $\perp$ , 6 označenou  $\sim$  VA sloužící pro připojení všech veličin mimo ohmické rozsahy, které se propojují do zdířky 5 označené 0.

Ohmické rozsahy jsou napájeny z 9 V baterie IEC 6F22, která je přístupná po sejmutí spodního dílu pouzdra po uvolnění západky přístroje 8.

# Postup měření na ručkovém MP

připojovací svorky



stupnice

přepínač rozsahů

nastavení nuly při měření odporu.

1. Zvolíme maximální měřicí rozsah dané měřené veličiny (pro SS napětí je max rozsah 1000 V)

2. Nastavíme nejbližší vyšší měřicí rozsah, než je hodnota měřené veličiny (např. pro 10 V rozsah 15, pro 4 V rozsah 5 ...) **Zapišeme**

3. Odečteme výchylku v dílcích na odpovídající stupnici. **Zapišeme**

4. Napíšeme celkový počet dílků dané stupnice (nejvyšší číslo na příslušné stupnici) **Zapišeme**

5. **Vypočteme** výsledné napětí dle vztahu:

$$U_d * MR / PDS = U$$

$$7,5 * 1,5 / 15 = 0,75 \text{ V}$$

| U <sub>d</sub><br>[dílcích] | Měřicí<br>rozsah | Počet<br>dílků<br>stupnice | U [V] |
|-----------------------------|------------------|----------------------------|-------|
| 7,5                         | 1,5              | 15                         | 0,75  |

# Vyhodnocení měření pro měření závislosti proudu na napětí při konstantním odporu

| U[V] | I[dílcích] | MR | PDS | I[mA] |
|------|------------|----|-----|-------|
| 0    | 0          | 3  | 300 | 0     |
| 2    | 91         | 3  | 300 | 0,91  |
| 4    | 182        | 3  | 300 | 1,82  |
| 6    | 273        | 3  | 300 | 2,73  |
| 8    | 36,3       | 30 | 300 | 3,63  |
| 10   | 45,5       | 30 | 300 | 4,55  |

$$I=f(U)$$

