



Téma: Stanovenie neistôt merania striedavých elektrických veličín (napätie, prúd, výkon)

Neistoty merania elektrických veličín (2)

Priame meranie jednej veličiny

Priame meranie jednej veličiny predstavuje najjednoduchší možný model merania. Ako taký má jediný zdroj neistoty typu A a jediný zdroj neistoty typu B.

Ako sme už uviedli v predchádzajúcej časti, neistota typu A je rovná výberovej smerodajnej odchýlke výberového priemeru n meraní tej istej veličiny tým istým meracím prístrojom a pri tých istých podmienkach merania. Neistota typu A teda vyjadruje istú „nestabilitu“ merania spôsobenú vo všeobecnosti náhodnými chybami meracieho prístroja, nešpecifikovanými zmenami podmienok merania, šumom a podobne. Prejavuje sa získaním rôznych hodnôt meranej veličiny pri opakovanom meraní, pričom z pohľadu experimentátora boli dodržané tie isté podmienky merania.

Pri n opakovaných meraniach veličiny X sa získa n údajov $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$. Štandardná neistota typu A je v tomto prípade rovná

$$u_A = s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (9)$$

kde výberový priemer \bar{x} je

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (10)$$

Neistota typu B sa viaže na známe, resp. identifikované a kvantifikované zdroje, ktoré už niekto v minulosti identifikoval a kvantifikoval. V prípade priameho merania jednej veličiny v najužšom význame tohto pojmu, teda tak, ako ho chápeme v tomto článku, sú jediným zdrojom neistoty typu B chyby meracieho prístroja v referenčných podmienkach, ktorých hranice $\pm \Delta_{max}$ deklaruje (zaručuje) výrobca jedným zo spôsobov uvedených v predchádzajúcej časti.

Štandardná neistota typu B sa vypočíta zo vzťahu

$$u_B = \frac{\Delta_{max}}{\chi} \quad (11)$$

kde hodnota χ vyjadruje pomer medzi maximálnou hodnotou chyby a zodpovedajúcou smerodajnou odchýlkou. Hodnota χ závisí od priebehu pravdepodobnosti chýb meracieho prístroja v intervale $\pm \Delta_{max}$. Príliš zložitý? Určite! Rozdelenie pravdepodobnosti chýb meracieho prístroja sa skutočne odhaduje veľmi ťažko. Preto sa v drvivej väčšine prípadov uvažuje s rovnomerným rozdelením, t. j. predpokladá sa, že chyby merania sa v intervale $\pm \Delta_{max}$ vyskytujú rovnako často. Pre rovnomerné rozdelenie je $\chi = \sqrt{3}$ a štandardná neistota typu B sa väčšinou počíta z maximálnej absolútnej chyby údajov meracieho prístroja Δ_{max} podľa jednoduchšieho vzťahu

$$u_B = \frac{\Delta_{max}}{\sqrt{3}} \quad (12)$$

Iné rozdelenia pravdepodobnosti chýb meracích prístrojov a príslušné hodnoty koeficientov χ čitateľ nájde v literatúre [3].

Štandardné neistoty typu A aj typu B majú charakter smerodajnej odchýlky, pričom ich zdroje nie sú navzájom korelované. Preto ich možno zlúčiť použitím Gaussovho zákona šírenia smerodajných odchýlok. Kombinovaná štandardná neistota opakovaného merania jednej

veličiny sa získa zlúčením štandardných neistôt typu A a typu B podľa vzťahu

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (13)$$

Rozšírená neistota U sa vždy počíta až na koniec všetkých výpočtov z kombinovanej štandardnej neistoty najčastejšie s použitím koeficienta rozšírenia $k_u = 2$.

$$U = 2 \cdot u_C \quad (14)$$

Výsledkom opakovaného priameho merania jednej veličiny je aritmetický priemer všetkých meraní \bar{x} s neistotou U . Výsledok merania môžeme zapísať

$$X_s = \bar{x} \pm U \quad (15)$$

Uvedme konkrétny príklad priameho merania napätia voltmetrom z príkladu 1 v predchádzajúcej časti.

Poznámka: Označenie neistoty písmenom u , resp. U , pochádza z anglického slova pre neistotu – uncertainty. Keďže elektrické napätie má v angličtine označenie v (voltage), nemajú v anglicky hovoriacich krajinách žiadny problém s týmito dvoma termínmi. U nás v oboch prípadoch používame písmeno u , resp. U , a to vyžaduje opatrnosť, aby nedošlo k omylu.

Príklad 4:

Magneoelektrickým voltmetrom triedy presnosti 1 sme na rozsahu 12 V namerali $n = 15$ hodnôt (toho istého) napätia

U_i [V]	6,09	6,06	6,08	6,05	6,06	6,04	6,09
	6,08	6,07	6,05	6,06	6,05	6,03	6,06

Najlepším odhadom skutočnej hodnoty meraného napätia je aritmetický priemer týchto pätnástich hodnôt podľa (10)

$$\bar{U} = 6,06 \text{ V}$$

Štandardná neistota typu A podľa (9) je

$$u_A = 0,0045 \text{ V}$$

Z príkladu 1 už vieme, že maximálna absolútna chyba merania napätia týmto prístrojom na rozsahu 12 V je $\Delta U = \pm 0,12 \text{ V}$. Štandardná neistota typu B podľa (12) je

$$u_B = \frac{0,12}{\sqrt{3}} = 0,0693 \text{ V}$$

Kombinovaná štandardná neistota je podľa (13) a rozšírená neistota podľa (14)

$$u_C = 0,0694 \text{ V}$$

$$U = 0,139 \text{ V}$$

Podobne ako v prípade chýb merania sa neistoty môžu vyjadrovať ako absolútne neistoty s rovnakými jednotkami ako merané veličiny alebo ako relatívne neistoty v percentách, resp. ako bezrozmerné čísla. Výsledná neistota merania sa zaokrúhľuje na dve desiatinné miesta, prednostne nahor. V našom prípade je relatívna rozšírená neistota merania napätia rovná 2,3 %.

Výsledok merania môžeme zapísať v dvoch rovnocenných tvaroch

$$U_s = (6,06 \pm 0,14) \text{ V}$$

$$U_s = 6,06 \text{ V} \pm 2,3 \%$$

Príklad 4 predstavuje najjednoduchšie možné vyhodnotenie neistôt merania. Predpokladáme, že čitateľovi je v tomto bode jasný postup stanovenia neistôt priameho merania jednej veličiny a zároveň nie je jasné, na čo je vyhodnotenie presnosti merania pomocou neistôt dobré. Výpočet maximálnej absolútnej chyby merania tým istým prístrojom v príklade 1 bol podstatne jednoduchší a dal prakticky rovnocenný výsledok $\Delta U = \pm 0,12 \text{ V}$.

Tu treba priznať, že výpočet neistôt v takom jednoduchom prípade nazaj znamená „ísť s kanónom na zajace“, ale napriek tomu tento výpočet má zmysel, pretože:

- ilustruje zdroje neistoty typu A a typu B,
- dá sa použiť ako základný vzorový výpočet neistoty priameho merania jednej veličiny,
- je východiskom pre stanovenie neistôt v zložitejších prípadoch, kde už je podstatný rozdiel medzi klasickou teóriou chýb a neistotami merania.

Celý článok „Neistoty merania elektrických veličín (2)“ si môžete prečítať na www.atpjournal.sk pri odkaze na tento článok.

doc. Ing. Peter Kukuča, PhD.

Slovenská technická univerzita
Fakulta elektrotechniky a informatiky STU
Katedra merania
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava
Tel.: 02/602 91 309
e-mail: Peter.Kukuca@stuba.sk