## Nepriame meranie - príklad 8 – nematicový prístup

Určte prúd pretekajúci obvodom a neistotu tohto určenia na základe merania úbytku napätia na obvode s nominálnou hodnotou 1 Ω digitálnym voltmetrom. Teplota okolia pri meraní je v rozmedzí (18 ± 2) °C. Veľkosť pretekajúceho prúdu je okolo 100 mA. Z certifikátu meracieho odporu vieme, že jeho hodnota pri teplote 18 °C pre prúd 100 mA je 0,9994 Ω a prislúchajúca rozšírená neistota pre koeficient rozšírenia k = 2 je 0,0003 Ω. Použitý voltmeter má podľa údajov výrobcu pri meranom rozsahu 150 mV a v rozsahu teplôt (10 až 40) °C maximálnu dovolenú chybu 0,001 % z hodnoty meranej veličiny plus 0,007 % meracieho rozsahu, čo je potvrdené v certifikáte voltmetra. Výsledok vyjadrite s pravdepodobnosťou 95 %.

**Model merania:** $Y=f\left(x\_{1},…,x\_{n}\right)=>I=\frac{U}{R} $

**Namerané hodnoty:**$ $

|  |  |
| --- | --- |
| ***n*** | ***Ui* (mV)** |
| 1 | 100,46 |
| 2 | 100,43 |
| 3 | 100,47 |
| 4 | 100,45 |
| 5 | 100,46 |
| 6 | 100,41 |
| 7 | 100,42 |
| 8 | 100,45 |
| 9 | 100,43 |
| 10 | 100,48 |

**Odhad strednej hodnoty prúdu *I:***

$$I=\frac{\overbar{U}}{R}=\frac{\frac{1}{n}∙\sum\_{i=1}^{n}U\_{i}}{R}=\frac{100,45}{0,9994}≈100,506304 mA$$

**Neistota typu A pre napätie:**

$$u\_{A}\left(U\right)=\sqrt{\frac{1}{n∙\left(n-1\right)}∙\sum\_{i=1}^{n}\left(U\_{i}-\overbar{U}\right)^{2}}≈0,00718 mV$$

**Neistota typu B pre napätie:**

$$u\_{B}(U)=\sqrt{\left(\frac{Z\_{1\_{max}}}{k}\right)^{2}}=\sqrt{\left(\frac{0,00001∙\overbar{U}+0,00007∙150}{\sqrt{3}}\right)^{2}}=\sqrt{\left(\frac{0,00001∙100,45+0,0105}{\sqrt{3}}\right)^{2}}\sqrt{\left(\frac{0,0115045}{\sqrt{3}}\right)^{2}}=0,00664 mV$$

**Neistota typu B pre odpor:**

$$u\_{B}\left(R\right)=\frac{U\_{certif.}}{k}=\frac{0,0003}{2}=0,00015 Ω$$

**Výpočet citlivostných koeficientov pre napätie deriváciou funkcie:**

$$\frac{∂f(I)}{∂U}=\frac{∂f\left(\frac{U}{R}\right)}{∂U}=\frac{1}{R}=\frac{1}{0,9994}≈1,0006 \frac{mA}{mV}$$

alebo experimentálne zmenou vstupov a sledovaním zmeny na výstupe:

$$\frac{u\_{U}(I)}{I}=\frac{∂I}{∂U}∙u(U)≈1,0006∙u\left(U\right) mA$$

**Výpočet citlivostných koeficientov pre odpor deriváciou funkcie:**

$$\frac{∂f(I)}{∂R}=\frac{∂f\left(\frac{U}{R}\right)}{∂R}=-\frac{\overbar{U}}{R^{2}}=-\frac{100,45}{0,9994^{2}}≈-100,57 \frac{mA}{Ω}$$

alebo experimentálne zmenou vstupov a sledovaním zmeny na výstupe:

$$\frac{u\_{R}(I)}{I}=\frac{∂I}{∂R}∙u\left(R\right)≈-100,58∙u\left(R\right) mA$$

**Vypočítané hodnoty môžeme zhrnúť do bilančnej tabuľky neistôt:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Veličina*Xi* | Odhadx*i* | Štandardná neistotau(x*i*) | Aproximačné rozdelenie | Citlivostný koeficientA*i* | Príspevok k štandardnej neistoteu(x*i*) |
| *U* | 100,45 mV | 0,00718 mV | normálne | 1,0006 mA/mV | 0,00718 mA |
| Chyba voltmetraΔ *U* | 0,00 mV | 0,00664 mV | rovnomerné | 1,0006 mA/mV | 0,00665 mA |
| Merací odpor *R* | 0,9994 Ω | 0,00015 Ω | normálne | -100,57 mA/ Ω | -0,0151 mA |
| *I* | 100,50630 | - | - | - | 0,01798 mA |

**Výpočet kombinovanej štandardnej neistoty bez uvažovania kovariancií**

$$u\_{c}^{2}=\sum\_{i=1}^{n}A\_{i}^{2}u\_{x\_{i}}^{2}=A\_{U}^{2}u\_{A}^{2}\left(U\right)+A\_{U}^{2}u\_{B}^{2}\left(U\right)+A\_{R}^{2}u\_{B}^{2}\left(R\right)=1,0006^{2}∙0,00718^{2}+1,0006^{2}∙0,00664^{2}+\left(-100,57\right)^{2}∙0,00015^{2}=0,000323345 mA^{2}$$

$$u\_{c}=\sqrt{u\_{c}^{2}}=\sqrt{0,000323345}=0,01798 mA$$

**Rozšírená štandardná neistota pre pravdepodobnosť 95 %:**

$$U=k∙u\_{C}=1,96∙0,01798≈0,036 mA$$

Výsledok:

$$\left(100,506\pm 0,036\right) mA$$

$$100,506(36) mA$$

Rozšírená neistota merania je vyjadrená ako štandardná neistota merania vynásobená koeficientom rozšírenia *kp* = 1,96, ktorá pri normálnom rozdelení zodpovedá konfidenčnej pravdepodobnosti približne 95 %. Štandardná neistota merania bola stanovená v súlade s GUM.