

# Meracie členy mechanických veličín, odporová tenzometria a kalibrácia (4)

## 5. Kalibrácia meracích členov mechanických veličín

Už od počiatku merania sa všeobecne požívané meradlá navzájom porovnávali, t. j. kalibrovali sa podľa presnejších (alebo tzv. zaručene správnych) meradiel, ktorých pôvodný názov znel vzorové meradlo a neskôr sa zmenil na etalón (z francúzštiny). Pôvodne etalón musel byť desaťkrát presnejší ako kalibrované meradlo, a tento etalón bol zasa porovnávaný s etalónom s desaťkrát vyššou presnosťou – teda o rad presnejším. Tak vznikali etalóny s hierarchicky rastúcou presnosťou pri vertikálnom usporiadaní, čiže vytvárali prekrývajúci sa reťazec etalónov zabezpečujúcich tzv. nadväznosť meraní. So zvyšujúcimi sa požiadavkami na presnosť meradiel sa upravovalo aj pravidlo o rad presnejšom etalón, napríklad pri etalónoch teploty sa ustálilo pravidlo vyžadujúce neistotu kalibračného meradla trikrát menšiu, ako je neistota merania kalibrovaného meradla. Podobne aj norma STN IEC 770 [2] vyžaduje pre kontrolné meradlo už len štvornásobne menšiu neistotu.

**Kalibrácie tenzometrických snímačov relatívnej deformácie** sa delia podľa toho, či sú určené na odnímateľné aplikácie (príložné) tenzometrov alebo snímačov, ktoré sú pevnou súčasťou meracieho systému (napr. prilepené). Prvá skupina sa vyznačuje pomerne veľkou základňou – desať až niekoľko sto milimetrov. Ich kalibračné zariadenie odpovedá kalibračnému zariadeniu pre posuv [6]. Druhá skupina, tzv. pásikové tenzometre, sa nemôžu kalibrovať priamo, pretože po nalepení a kalibrácii je snímač v inej aplikácii nepoužiteľný. Kalibrujú sa preto iba vzorky tenzometrov vyrobené v jednej sérii. Kalibračné zariadenie predstavuje votknutý nosník (napr. obr. 7) s definovanými pevnostnými parametrami. Z Priehybovej rovnie nosníka možno určiť relatívnu deformáciu v mieste nalepenia kalimetrovaných denzometrov. Takto zistená hodnota súčiniteľa deformačnej citlivosti sa potom uvádza ako hodnota platná pre celú sériu tenzometrov.

**Kalibrácia meracích členov tlaku** je riešená staticky, t. j. pôsobením tlaku definovanej veľkosti vytváraného etalónmi. Primárne (aktívne) etalóny tlaku reprezentujú hlavne piestové tlakomery vychádzajúce z definície tlaku. Piest s efektívnou plochou  $S$  rotuje v puzdre naplnenom olejom alebo vzduchom. Pri zatažení piestu a závažím s hmotnosťou  $m$  sa vytvára vo valci tlak  $p$

$$p = \frac{m \cdot g}{S}$$

kde  $g$  je hodnota gravitačného zrýchlenia v mieste merania. Vytvorený tlak sa prenáša hydraulickým vedením ku kalibrovanému meraciemu členu. Etalóny tlaku dosahujú presnosť merania 0,01 až 0,025 pre tlaky 20 kPa až 3 MPa. Pasívne (sekundárne) etalóny pracujúce s precíznymi snímačmi tlaku majú presnosť 0,1 až 0,25 pre tlaky 0,1 MPa až 70 MPa.

**Meracie členy síl** sa kalibrujú zatažovacou silou známej veľkosti, ktorú vytvárajú etalóny. Aktívne etalóny sú zatažovacie zariadenia, kde sa sila vytvára tiažou závaží. Hodnoty síl sú odstupňované a vytvorená sila  $F$  závisí od gravitačného zrýchlenia v mieste merania, hustoty vzduchu  $\rho$ , objemovej hmotnosti závažia  $\rho_z$  a od hmotnosti závažia  $m$

$$F = m \cdot g \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_z} \right)$$

Vlastné zatažovanie môže byť priame alebo nepriame. Pri priamom pôsobí tiaž závažia bezprostredne na snímač meracieho členu. Presnosť takéhoto merania je daná presnosťou určenia hmotnosti závažia, ktorá dosahuje hodnotu  $1 \cdot 10^{-5}$ . Pri nepriamom zatažovaní definovanou silou sú kalibračné náklady nižšie, pretože sa sila na kalibráciu vytvára pomocou niekoľkých závaží a vhodný mechanický (pákový) alebo hydraulický prevodom s nastaviteľným prevodovým pomerom. Dosahovaná presnosť generovania sily je  $(1 \text{ až } 5) \cdot 10^{-4}$ .

Sekundárne (pasívne) etalóny sily sú vlastne etalónové snímače sily s dosahovanou presnosťou (2 až 6)  $10^{-4}$ . Pri zariadeniach na váženie sa vyžaduje pravidelná kalibrácia meracích členov síl podľa záväzných predpisov.

**Kalibrácia meracích členov momentov** sa vykonáva v statickom alebo dynamickom režime. Pri statickej kalibrácii sa postupuje podľa definičnej rovnice momentu, ktorá udáva súvislosť medzi momentom  $M$  a uhlovým zrýchlením telesa  $\varepsilon$  a momentom zotrvačnosti  $J$

$$M = J \cdot \varepsilon$$

Moment sa vytvára známou silou  $F$  pôsobiaceou na rameno  $p$ . Ak sa sila realizuje pomocou závaží (do niekoľko kN.m) presnosť generovania kalibračného momentu dosahuje menšie hodnoty ako 1. Pri hydraulickom vytváraní sily je presnosť menšia.

Pri dynamickej kalibrácii sa brzdiaci moment vytvára dynamometrom a meria sa snímačom sily alebo sa použije etalónový snímač momentu.

## Literatúra

- [1] ŠTURCEL, J.: Snímače a prevodníky. Bratislava, STU 2002. IS-BN 80-227-1712-6
- [2] ŠTURCEL, J.: Meranie tlaku a tlakovej diferencie. AT&P journal, 6, 1999, s. 17 - 19.
- [3] MORRIS, A. S.: Principles of Measurement and Instrumentation. Prentice Hall (GB) 1996, pp. 470. ISBN 0-13-489709-9
- [4] NIEBUHR, J., LINDNER, G.: Physikalische Meßtechnik mit Sensoren. Oldenbourg Verlag 1994. 523 s. ISBN 3-486-21948-0
- [5] ZEHNULA, K.: Čidla robotů. Praha.
- [6] KLEMENTEV, I., KYŠKA, R.: Elektrické meranie mechanických veličín. Bratislava, Alfa 1991. 328 s.
- [7] Odborné periodiká: Technisches Messen (D), Sensors, Peterborough (USA), Automatizace, Praha (CZ), AT&P journal, Bratislava (SK), AUTOMA, Praha (CZ).

doc. Ing. Ján Šturcel, CSc.

Fakulta elektrotechniky a informatiky STU  
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava  
Tel.: 02/6029 1678  
e-mail: jan.sturcel@kar.elf.stuba.sk

42