

Podiel dynamickej chyby na meraní prietoku plynu turbínovým plynomerom

Jaroslav Rákoš¹

Share of dynamic errors on the measured flow gas by turbine gasmeter

Present paper analyses the energy status of the turbine flow-meter as related to the reaction of change in the parameters of the flow and its impact upon the dynamic error of measurement. The calculation was carried out based on the cut-out from the bleeder diagram for meter G 650 (T150) installed in the natural gas distribution networks. The cut-out analyses proves, that the dynamic component of the error for the given measurement method of gas flow is always negligible in comparison to the static error, the size of which may be influenced by the change of the meter construction only.

Key words: dynamic errors, static error, measured flow gas

Úvod

Aj v distribučnej sieti zemného plynu rastú nároky na presnosť merania spolu s vývojom konkurencie na trhu plynárenských armatúr - plynomerov. Tieto plynometry pre náročné nasadenia sú určené pre stacionárny prietok v rozmedzí povoleného minimálneho a maximálneho rozsahu prietoku. Často býva položená otázka aký je podiel dynamickej chyby prietoku, pokiaľ dochádza zmenám s určitou dynamikou v odbere. Číslkové spracovanie umožňuje na túto otázku efektívne a presne odpovedať. Vzhľadom na informačné obmedzenia, bol pre spracovanie za účelom výskumu poskytnutý v roku 1998 fragment záznamu odberového diagramu, na ktorom boli overené niektoré aspekty merania prietoku turbínovým plynomerom.

Teoretické východiská

Všeobecne známa statická prietoková charakteristika merania rotačnými plynomerami sa vzťahuje aj na model G 650. Pracovný rozsah $Q_{\min} = 32 \text{ m}^3/\text{h}$ až $Q_{\max} = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$ pri tlaku $p_{\max} = 16 \text{ bar}$ pripúšťa statickú chybu merania $\pm 1 \%$. Meranie sa uskutočňuje diaľkovou telemetrickou sústavou. Lokálne vyhodnocované stavové parametre plynu umožňujú, ako je pre systém SCADA bežné, prepočítať aj lokálny objemový prietok, pričom 1 impulz má hodnotu 1 m^3 prietochného množstva. Dynamika odberu má ten dôsledok, že rotujúca turbínka sa správa ako dynamická sústava s momentom zotrvačnosti J , ktorej energia pri uhlovej rýchlosti ω je daná vzťahom

$$W_A = 0,5 \cdot J \cdot \omega^2 \quad [\text{J}] \quad (1)$$

Zmena tejto energetickej hodnoty závisí od privádzanej zmeny energie pretekajúceho média dW a dynamickej strate sústavy dW_O ,

$$\text{teda} \quad dW - dW_O = dW_A = 0,5 J \cdot \omega^2 \cdot d\omega \quad (2)$$

$$\text{keďže pre mechanické sústavy platí} \quad \frac{dW}{dt} = P \quad \text{a súčasne} \quad \frac{P}{\omega} = M, \quad (3)$$

kde P je výkon dodávaný sústave médiom, vytvárajúcim tak hnací moment M , rovnicu (2) je možné na základe vzťahov (3) upraviť na používaný tvar:

$$M - M_O = M_A = J \cdot \frac{d\omega}{dt}, \quad (4)$$

Ak zavedieme linerizáciu $M_O = \omega \cdot C$ (C je vhodná konštanta odporu), potom rovnica (4) bude mať normovaný tvar:

¹ Ing. Jaroslav Rákoš, CSc., Technical University in Kosice, Faculty of Metallurgy, Department of Furnaces and thermal Technics, Letna 9, 042 00 Kosice, Slovak Republic, Jaroslav.Rakos@tuke.sk
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 16.8.2004)

$$\frac{J}{C} \cdot \frac{d\omega}{dt} + \omega = \frac{M}{C}, \quad (5)$$

Keďže nový prietok je úmerný otáčkam možno vykonať substitúciu:

$$\omega(t) = Q(t), \quad \frac{M}{C} = Q_N \quad a \quad \frac{J}{C} = \tau \quad (6)$$

kde τ má význam časovej konštanty. Potom rovnica (5) prejde na prietokový tvar s štandardným riešením

$$\tau \cdot \frac{dQ(t)}{dt} + Q(t) = Q_N, \quad Q(t) = Q_N \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \quad (7)$$

kde Q_N je nominálne skutočné prietocné množstvo, ktoré za určitých počiatočných podmienok (v tomto prípade) spôsobilo zmenu prietoku. Model prvého rádu bol zvolený bez straty na všeobecnej platnosti výsledku.

Spracovanie meraní

Sústava merača musí byť konštruovaná tak, aby pri vzorkovacej dobe $T = 1$ min, za ktorú možno prijať maximálne jeden impulz odpovedajúci prietoku 1 m^3 média, bol prechodový dej ukončený. Táto podmienka je obvyčajne splnená pre 5τ nábehovej doby. Uvažujme, že $\tau \leq 10$ s. Dynamickú chybu merania môžeme očakávať vždy pri zmene prietoku. Ak stanovíme pravdepodobnú hodnotu chyby ako jednorazovú hodnotu plochy regulačnej odchýlky, môžeme odčítať jej odhad B

$$B = \int_0^{\infty} \left[(Q_n - Q_{n-1}) - (Q_n - Q_{n-1}) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \right] dt = \tau \cdot (Q_n - Q_{n-1}), \quad (8)$$

kde n je aktuálny index vzorky nominálneho prietoku. Korekcia pre jeden impulz má potom hodnotu:

$$|B| = \tau \cdot |Q_n - Q_{n-1}|_{\max} = 0,6 \cdot |57 - 49| = 1,333 \quad [\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}], \quad (9)$$

Hodnoty vo vzťahu (9) boli zistené vyšetrením pomocou grafickej lupy pozdĺž priebehu celého odberového diagramu. Ide teda o maximálne sa vyskytujúci sekvenčný rozdiel prietokových množstiev za jednu vzorkovacia periódu.

Chybu merania pri každom kroku sprevádza korekčný znamienkový faktor K, ktorý nadobúda hodnotu +1 pri náraste a -1 pri poklese odberu. Potom za 24 hodín merania má dynamická chyba merania hodnotu:

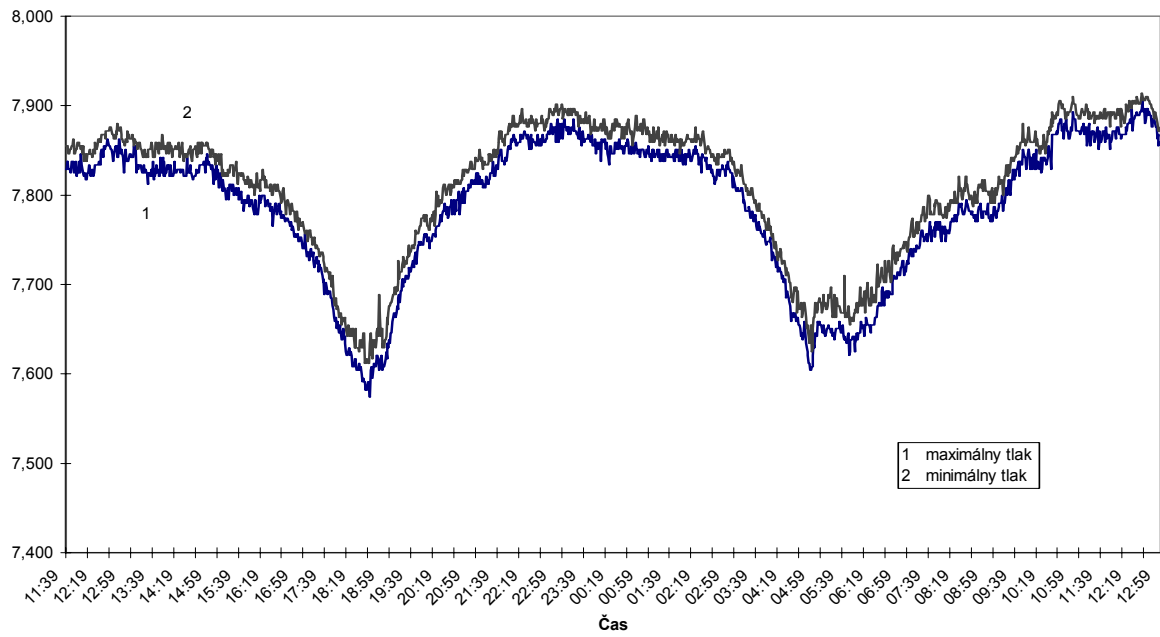
$$\varepsilon_{dyn} = \sum_{i=1}^{1440} K_i \cdot B = 3 \cdot 1,333 = 4 \text{ m}^3/24 \text{ hod}, \quad (10)$$

ako vyplýva z obr. 3. Pritom ide o objemové množstvá prepočítané na normálne podmienky. Relatívna dynamická neistota vzhľadom na celkový odber má hodnotu

$$\varepsilon_{dyn,rel.} = \frac{\varepsilon_{dyn}}{Q_{24}} = \frac{4}{82980} \sim 0,00482 \%,$$

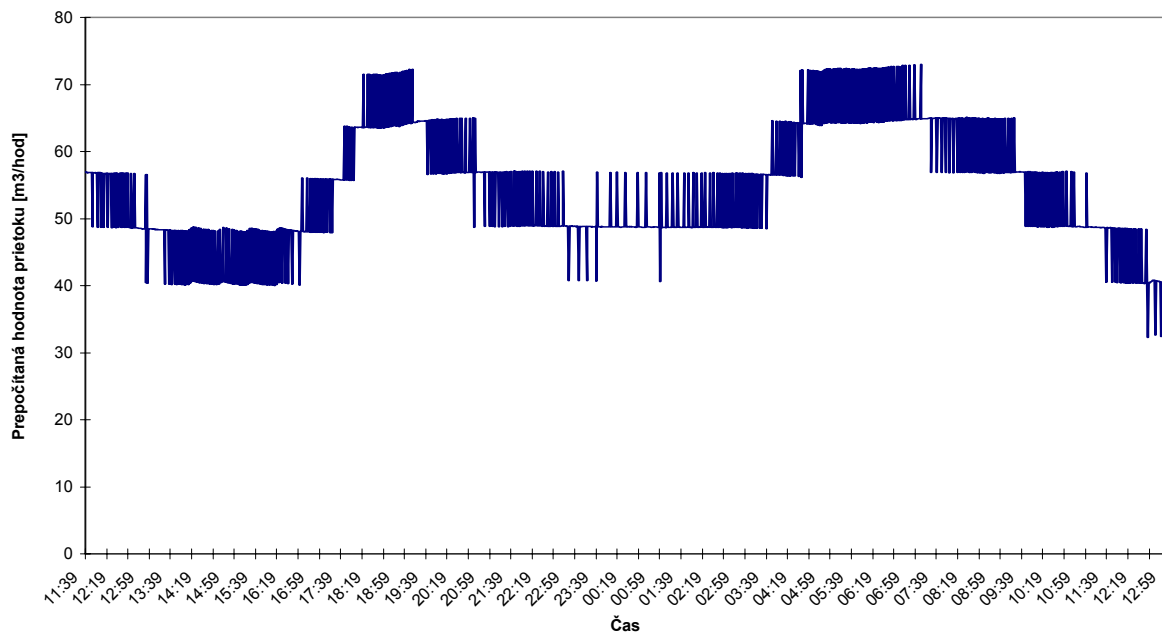
čo je 2,41 % statickej neistoty merania prietoku.

Denný priebeh tlaku

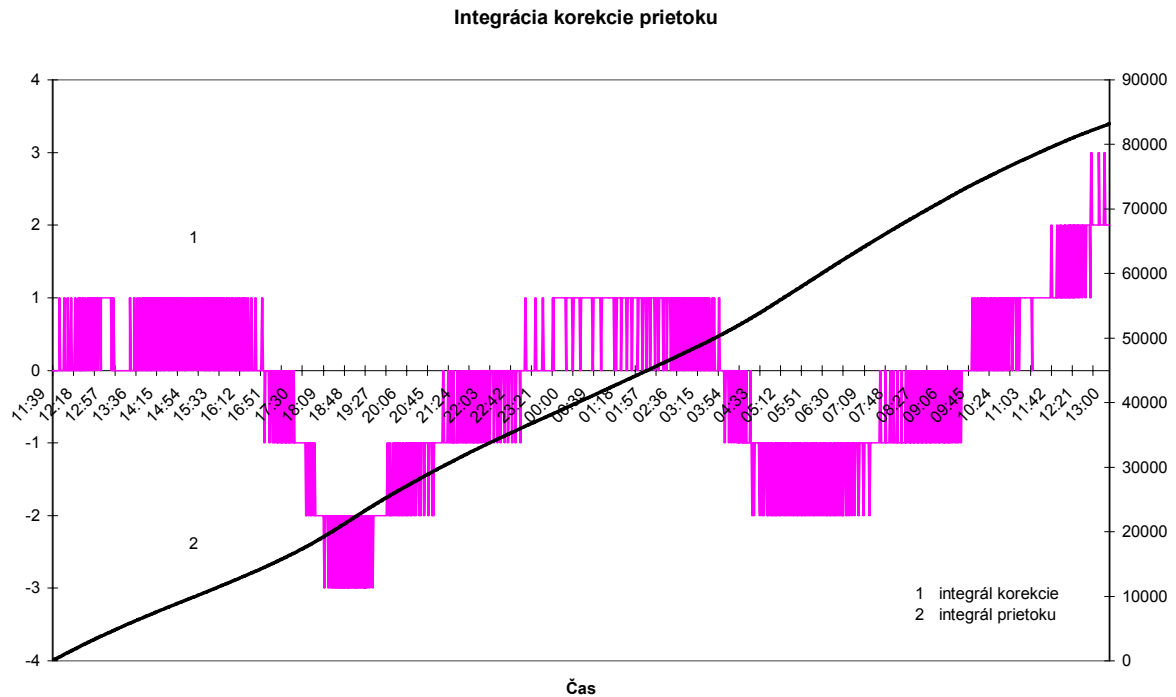


Obr. 1 Denný priebeh tlaku
Fig. 1 The daily pressure view

Denný odberový diagram



Obr. 2 Denný odberový diagram
Fig. 2 The daily flow diagram



Obr. 3. Integrácia korekcie prietoku
Fig. 3. Integration of flow error correction

Záver

Na obr. 1 je priebeh hraničných nameraných tlakov. Obr. 2 predstavuje 24 hodinový záznam odberu. Na obr. 3 sa nachádza integrál korekčného faktora K , ako aj krivka integrálu prietoku, čiže okamžitý súčet odberu. Z vyhodnotení výsledkov a priebehu grafov je zrejmé, že prudké zmeny tlaku majú síce vplyv na veľkosť korekčného faktora K , avšak ich počet je menší oproti úsekom, kde sa priebeh prietoku nemení. Takto vstupuje do merania tzv. diferenciálny faktor merania, ktorý zabezpečí vysoké „spriemernenie“ meraní.

Vzhľadom na súčasné reálne hodnoty statickej aj dynamickej chyby merania prietoku existuje teda vzhľadom na vykonanú analýzu značne veľký priestor pre znižovanie statickej chyby turbínkových meračov prietoku plynu ďalším vylepšovaním ich konštrukcie.

Literatúra - References

- [1] Rákoš, J.: Regulácia a riadenie v plynárenstve., *Skriptum. C-Press, Košice, 2002.*
- [2] Ficeriová, Mikušáková, A.: Diplomová práca, *TU Košice, HF, 1998.*
- [3] Špakovský, E.: Meranie a regulácia. *Skriptum., VST Košice, 1988.*