

Kalibrácia prietokomerov (2)

Rozdelenie verifikačných metód

Podľa typu verifikácie môžeme rozdeliť jednotlivé metódy do skupín. Tab. 1 ukazuje jednotlivé metódy verifikácie vzhľadom na kalibráciu provera etalónmi vyšších rádo.

Gravimetrické tanky

Táto hmotnostná metóda je veľmi rozšírená na verifikáciu Coriolisových prietokomerov, a to v laboratóriách a pri prevádzkových podmienkach (obr. 5 a 6).

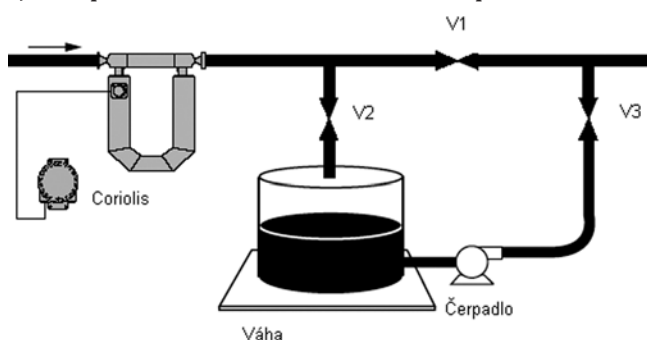
Pri používaní váziacich systémov treba zohľadniť korekciu vztlaku (buoyancy correction). Pri kalibrácii váh sa používajú kovové závažia, ktoré vytlačajú rovnaké množstvo vzduchu, ako je ich objem. Pri verifikácii je však záťažné merané médium (obvykle voda), ktorá má úplne inú hustotu, a preto objem vytlačeného vzduchu bude iný. Chyba takto spôsobená sa pohybuje okolo 0,05 až 0,2 %. Preto je definovaný korekčný faktor na vztlak kb.

$$k_b = \frac{1 - \frac{\rho_{vzuch}}{\rho_{závažia}}}{1 - \frac{\rho_{vzuch}}{\rho_{médiu}}} \quad (12)$$

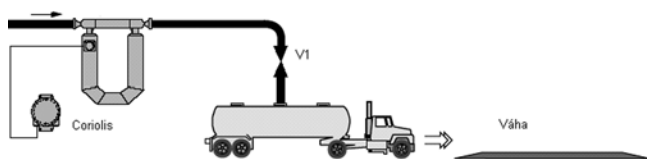
Neistota typu B na verifikáciu touto metódou je:

$$u_B = \sqrt{(u_{kal.ref.})^2 + (u_{prover.kal.})^2 + (u_{rozlišenie.proveru})^2 + (u_{vztlak})^2} \quad (13)$$

Neistota kal. ref. je certifikovaná presnosť kalibračných závaží, štandardne okolo 0,01 %. Prover možno kalibrovat s neistotou 0,01 % oproti certifikovanému závažiu v celom pracovnom rozsahu.



Obr.5 Gravimetrický proving do nádrží



Obr.6 Gravimetrický proving výstupu do cisterny

metóda provingu	kalibrácia provera	typ štandardu
gravimetrické tanky	certifikované váhy	primárny
objemové tanky	váhy a hustota alebo poľný etalón objemu	sekundárny alebo terciárny
konvenčné trubkové provery	poľný etalón objemu	terciárne
provery s malým objemom	poľný etalón objemu	terciárne
objemové master metery	konvenčné provery alebo provery s malým objemom	etalón štvrtého rádu
kmotnostné master metery	gravimetrický tank	sekundárne

Tab.1 Nadviazateľnosť jednotlivých metód provingu na národné etalóny

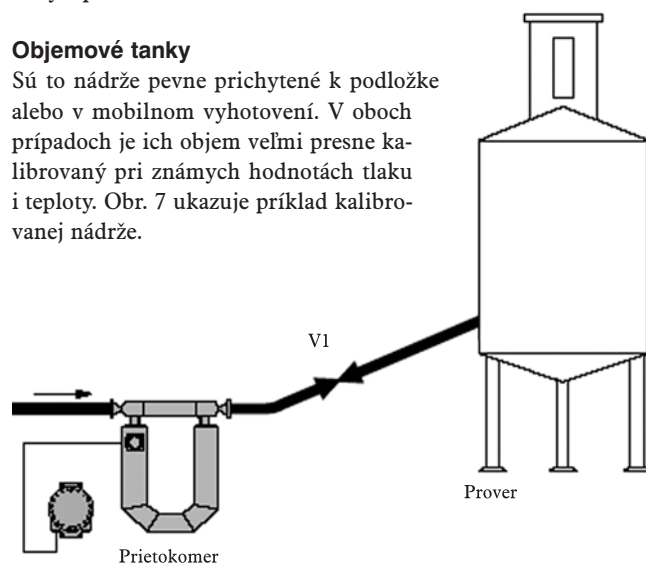
hu. Rozlíšenie provera je definované najmenším možným dielikom čítania na vyhodnocovacích zariadeniach. Túto neistotu možno minimalizovať použitím vhodnej veľkosti dávky. Obvykle sa volí taká veľkosť dávky, keď sa neistota rozlíšenia rovná 0,025 % alebo je lepšia. Neistota korekcie vztlaku je obvykle definovaná neistotou určenou hustotou jednotlivých médií a závaží. Štandardne je hodnota tejto neistoty okolo 0,01 % alebo menšia. Pre náš konkrétny prípad je štandardná neistota typu B rovná

$$u_B = \sqrt{0,01^2 + 0,01^2 + 0,025^2 + 0,01^2} = \pm 0,03 \% \quad (14)$$

Zlepšenie neistoty možno dosiahnuť zväčšením dávky alebo zlepšením rozlíšiteľnosti váhy. Teória váženia je veľmi bohatá. Neuvádzali sme efekty nadmorskej výšky, cirkulácie vzduchu, kvality vody a pod.

Objemové tanky

Sú to nádrže pevne prichytené k podložke alebo v mobilnom vyhotovení. V oboch prípadoch je ich objem veľmi presne kalibrovateľný pri známych hodnotách tlaku i teploty. Obr. 7 ukazuje príklad kalibrovanej nádrže.



Obr.7 Proving objemovým tankom

Pre presnosť merania je dôležité poznať objem v nádrži s malou neistotou. Občas sa používajú nádrže s veľkými rozmermi, kde pre deformáciu stien už nemožno odmerať nádrž dostatočne presne. Tieto nádoby sa používajú na orientačné zistenia hrubej chyby merania pretečeného množstva.

Štandardná neistota typu B pre verifikáciu hmoty touto metódou je:

$$u_B = \sqrt{(u_{kal.ref.})^2 + (u_{prover.kal.})^2 + (u_{rozlišenie.proveru})^2 + (u_{hustota})^2 + (u_{kov})^2} \quad (15)$$

Štandardná neistota kalibračného objemového štandardu je lepšia ako 0,03 %, kalibrácia provera obvykle okolo 0,01%. Pre neistotu rozlíšiteľnosti platí rovnaká poznámka ako pri gravimetrickej metóde a neprevyšuje 0,02 %. Neistota zistenej hustoty závisí od presnosti merania a kalibrácie hustoty. Štandardné prístroje majú neistotu merania okolo 1 kg/m³. Minimálna požiadavka na presnosť hustomera by mala byť 0,5 kg/m³. Technický limit použiteľných poľných prístrojov je 0,1 kg/m³. Obvyklá neistota sa pohybuje okolo 0,0125 %.

Na meranie objemu používame kovové tanky, ktoré expandujú, resp. kontrahujú so zmenou teploty a tlaku média i okolia. Preto sa zavádzajú korekčné koeficienty k_{TSP} a k_{PSP} . Neistota spojená s týmito koeficientmi je okolo 0,005 %. Celková neistota meranie je teda:

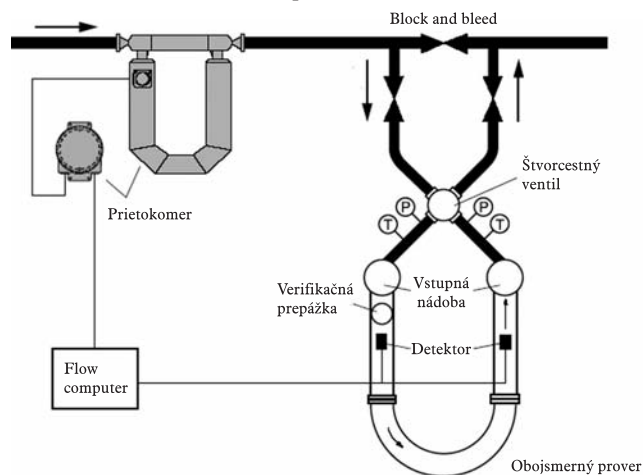
$$u_B = \sqrt{0,03^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,0125^2 + 0,005^2} = \pm 0,04 \% \quad (16)$$

Pri verifikácii objemu sa vyskytuje neistota určenia objemu kvapaliny namiesto neistoty určenia hustoty. Treba počítať neistotu určenia objemu meraného média v prietokomeri aj v proveri. Ak meriame dobre definované médium (napr. nafta), možno za túto neistotu považovať 0,01 %. Inak môžeme byť rádovo 1 v jednotkách percent. Určenie objemového množstva touto metódou bude neistota $\pm 0,039$ %.

Konvenčné rúrkové provery

Rúrkové provery sa obvykle skladajú z ohnutej rúrky a pripájacích prírub. Dôležitým parametrom rúrkového provera je práve ohnutá rúrka, hlavne jej drsnosť a ovalita. Každý výrobca uvádza špecifické požiadavky na preverenie všetkých častí provera. Meranie sa môže robiť kontinuálne bez prerušenia (oproti nádržiam). Nevýhodou je pomerne veľká vztlaková strata, spôsobená pohybujúcim sa predmetom v potrubí. Trecí odpor je dôležitým parametrom pri používaní týchto proverov, zvlášť pri médiách bez lubrifikačného efektu. Štandardná prestavitelnosť proverov je 10 : 1. Médium je uzavreté v potrubí, a preto netreba uvažovať neistotu vzniknutú efektom vyparovania meraného média (oproti nádržiam).

Štandardne sa rúrkový prover používa ako stacionárne zariadenie určené pre jeden typ média. Keď sa používa ako mobilný prover, treba definovať postup vyprázdňovania a prielachu meraného média rovnako ako prvotná kalibrácia. Obr. 8 ukazuje konfiguráciu konvenčného rúrkového provera.



Obr.8 Konvenčný rúrkový prover

Korekčný faktor pre hmotnostnú verifikáciu hmotnostného prietoku sa vypočíta pomocou vzťahu:

$$u_B = \sqrt{(u_{kal. ref.})^2 + (u_{prover kal.})^2 + (u_{rozdílenie provera})^2 + (u_{pulzov})^2 + (u_{hustota})^2 + (u_{kov})^2} \quad (18)$$

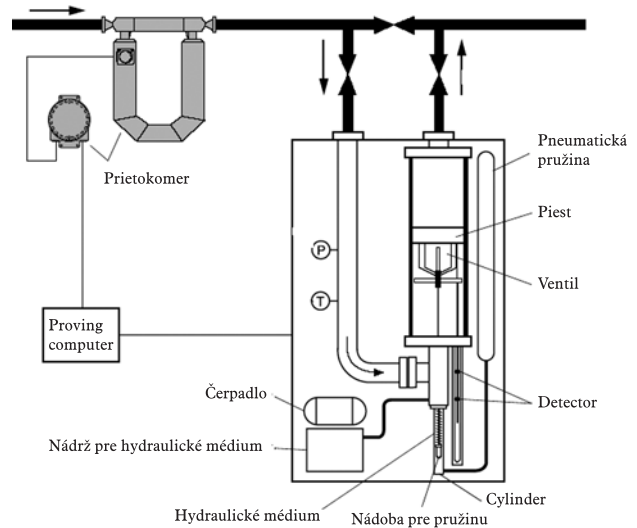
kde sa neistota impulzov definuje ako ± 1 impulz minimálne z 10 000 impulzov alebo 0,01 %. Pre štandardné meranie rúrkovým proverom je neistota daná ako:

$$u_B = \sqrt{0,03^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,01^2 + 0,0125^2 + 2 * 0,005^2} = \pm 0,041 \% \quad (19)$$

Neistota merania s neistotou merania hustoty $0,5 \text{ kg/m}^3$ je $\pm 0,074$ %. Neistota objemovej verifikácie je takisto $\pm 0,041$ %.

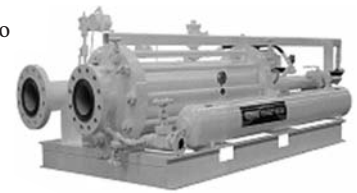
Provery s malým objemom

Provery s malým objemom sa často nazývajú compact provery. Ide o zariadenie, ktoré možno používať ako mobilné i ako stacionárne s prestavitelnosťou 1 000 : 1. Princíp činnosti je veľmi podobný ako princíp konvenčných rúrkových proverov s tým rozdielom, že tu neplatí nutnosť merania aspoň 10 000 uzlov z verifikovaného prístroja. Provery s malým objemom vyžadujú veľmi sofistikovaný flow computer na výpočet častí impulzov



Obr.9 Schéma provera s malým objemom

získaných z verifikovaného prietokomera. Obr. 9 ukazuje schému provera s malým objemom. Obr. 10 ukazuje typického zástupcu malých objemových proverov – compact prover.



Obr.10 Compact prover

Vzťahy na výpočet korekčného koeficientu a neistoty sú rovnaké ako v predchádzajúcom prípade konvenčných rúrkových proverov.

Pokračovanie v budúcom čísle.

Ing. Attila Csolle

Emerson Process Management, s. r. o.
Hanulová 5b
84101 Bratislava
Tel.: 02/64 36 19 73
Fax: 02/64 28 72 45
Mobil: 0903 705 270
e-mail: Attila.Csolle@EmersonProcess.sk

29