A lebegőtestes áramlásmérők pontossága

A rotaméternek az a tulajdonsága, hogy az általa mutatott közegáram és a helyes érték különbsége, vagyis mérési hibája egy előre megadott korláton belül marad. A pontosságot a vele fordított arányban álló, kettős előjelű megengedett hibakorlát jellemzi. Minél nagyobb a megengedett hibakorlát, annál kisebb a pontosság. Ez a százalékban kifejezett hibakorlát vonatkozhat a mérőműszer felső méréshatárára, vagy a mért mennyiségre. Az első esetben az abszolút hibakorlát állandó, és a relatív hibakorlát változik a mérési tartományban. A második esetben pedig fordítva, a relatív hibakorlát az állandó és az abszolút hibakorlát változik a mérési tartományban. A két eset különböző pontosságot takar. Konkrét példával megvilágítva: legyen 100-1000 l/h méréstartományú rotaméter megengedett hibakorlátja ±2,5%.

1. Ha a 2,5% a V_{max} felső méréshatárra vonatkozik, akkor ez azt jelenti, hogy az abszolút mérési hiba nem lehet nagyobb az egész mérési tartományban ±25 l/h-nál. Ez a skála felső pontján ±2,5%-os, a skála alján viszont ±25%-os relatív hibakorlátot jelent.
2. Ha a 2,5% a V aktuális mért térfogatáramra vonatkozik, akkor ez azt jelenti, hogy a mérési tartományban legfeljebb ±2,5%-os állandó relatív hiba léphet fel. Ez ±2,5 l/h abszolút hibakorlátot jelent a skála elején (szemben az előbbi ±25 l/h-val) és 25 l/h-t (az előbbivel megegyezőt) a skála tetején.

Belátható, hogy a második esetben nagyobb pontosságról van szó.

Az ugyanolyan pontossági követelményeket kielégítő műszereket azonos pontossági osztályba szokás sorolni. A pontossági osztály jelölésére az R5 jelű szabványos számsorozat (Renard-sorozat) tagjait használjuk. A használati mérőeszközök pontossági osztályai:

0,6 – 1,0 – 1,6 – 2,5 – 4,0

A pontossági osztályjel nem egyértelmű pontossági adat, mert ennek a mindig százalékban kifejezett értéknek kétfajta értelmezése lehet:

1. Jelentheti a műszer kettős előjelű, megengedett abszolút hibakorlátjának (alaphibájának) a nagyságát a felső méréshatárhoz viszonyítva. Ez állandó a teljes mérési tartományban, amiből következik, hogy a mért mennyiségre vonatkoztatott relatív hibakorlát viszont nagyobb a skála elején, s csökken a vége felé (lásd az előző példa 1. esetében). Így szokták jellemezni a villamos mutató- és regisztráló műszereket, a nyomásmérőket, valamint —helytelenül— néha a rotamétereket is.
2. Ritkábban, de jelentheti a műszer kettős előjelű, megengedett relatív hibakorlátjának (alaphibájának) a nagyságát az aktuálisan mért méréshatárhoz viszonyítva. Ez állandó a teljes mérési tartományban, amiből következik, hogy az abszolút hibakorlát a mért mennyiséggel arányos, tehát kisebb a skála elején s nagyobb a skála tetején (lásd előző példa 2. esetén). Így szokás jellemezni többek között a villamos hányadosmérőket és a logaritmikus, vagy hiperbolikus skálájú műszereket, valamint —helytelenül— néha a rotamétereket is.

A pontossági osztályjel ilyen kétféle értelmezése félrevezető lehet, ha nem közlik a vonatkoztatását, mert ugyanaz a pontossági osztály eltérő pontosságot jelent az értelmezése szerint.

A rotaméterek pontosságát is lehetne az előbbiek valamelyikéhez hasonlóan jellemezni. Ám a valóságot jobban megközelítő képet kapunk, ha figyelembe vesszük a rotaméter hibájának okait és azokat a tulajdonságait, amelyek a hiba nagyságát befolyásolják.

A hiba a rotaméter (úszó, mérőcső, szerelvények) gyártásánál, kalibrálásánál keletkezhet. A hiba nagyságát a rotaméter alábbi tulajdonságai befolyásolják:

1. Az úszót, mint a műszer mutatóját kiegyensúlyozó erő (az úszónak a közegben mért súlya), független a térfogatáramtól, a teljes mérési tartományban állandó. A rotaméter e kedvező —és ritka— tulajdon-

ságával különbözik a legtöbb mérőműszertől, amelyeknél ugyanis a kiegyensúlyozó erő a mutató kitérésével arányos. Ezeknél, ha a mért mennyiségre egy állandó járulékos erő (pl. csapágysúrlódás) hozzáadódik, akkor a létrejövő jelzésváltozás (hiba) ugyanakkora lesz kis és nagy kitérésnél egyaránt, ezért az abszolút hibát a végkitérés százalékában adják meg. A műszer felhasználóját azonban a mért mennyiség relatív hibája érdekli, amely a skála elején így nagyobb, mint a skála végén.
Ezzel szemben a rotamétereknél, ha a kiegyensúlyozó erőhöz (súlyerőhöz) egy állandó járulékos erő (pl. súrlódás) adódik hozzá, akkor ez egy jelzésváltozást (hibát) okoz, amely megközelítőleg a közegárammal arányos.

2. A rotaméter átfolyási karakterisztikája nem lineáris, hanem többé-kevésbé görbült. Az átfolyási görbék $\Delta h/\Delta V$ meredeksége nagyobb a skála elején, mint a végén, azaz a térfogatáram-skála az elején ritkább. Ebből következik, hogy a ΔV leolvasási hiba a mért V térfogatárammal változik. Kis térfogatáramnál kisebb, míg nagyobb térfogatáram mellett ez nagyobb. Jóllehet a leolvasás abszolút hibája nem arányos a térfogatárammal, mint azt az előző pontban láttuk, de ahhoz hasonlóan előnyös tulajdonságot képvisel, szemben a lineáris skálájú műszerekkel, amelyeknél a leolvasási hiba a teljes mérési tartományban állandó.

3. A rotaméter úszójának, mint a műszer mutatójának mozgását szabálytalan és ellenőrizhetetlen súrlódási erők befolyásolhatják. Ilyen kedvezőtlen hatásra kell számítani a vezetett úszójú áramlásmérőknél. A súrlódás kedvezőtlen hatása a műszer állapotától függ, hasonlóan a mechanikus csapágyazású mutatós műszerekhez, csak azoknál kisebb mértékben.
A szabadúszós rotamétereknél az úszó szabadon mozog az áramlásban, súrlódás okozta hibákkal nem kell számolni, de ugyanúgy szabálytalan és ellenőrizhetetlen —és a súrlódási hibával összevethető nagyságú— hibát okozhat a rotaméterek mérőcsövének és úszójának statikus elektromos feltöltődése. A tapasztalatok azt mutatták, hogy az említett hibák a mért közegárammal közelítőleg arányosak.

4. A vezetés nélküli szabad úszó nyugtalansága és billegése megnehezíti a pontos skálaleolvasást. Ezen kívül —mind vezetett, mind vezetetlen úszó esetén— számolni kell még a paralaxis hibával is. Ezek közelítőleg állandó abszolút hibaként vehetők figyelembe a teljes mérési tartományban.

A rotaméter fenti tulajdonságainak elemzéséből azt a fontos következtetést vonhatjuk le, hogy az elkerülhetetlen gyártási és kalibrálási pontatlanságok miatt keletkező ΔV abszolút mérési hibák nagyobb részben a mért V közegárammal arányosak, vagy legalábbis megközelítőleg arányosak, és csak kisebb részben állandók a mérési tartományban. Ez okból tehát a rotaméter pontossági adata akkor tükrözi jobban az alapvető tulajdonságait, ha —más műszerekkel ellentétben— a megengedett hibakorlátját az alábbi két részhiba összegeként értelmezzük:

1. a P pontossági osztályjel ¾-e a mért aktuális közegáram százalékában. Ez a közegárammal változó abszolót hiba.

$$H_1 = \frac{3}{4}\frac{P}{100}V = C_1 V$$

ahol

$$C_1 = \frac{3}{4}\frac{P}{100} = \text{állandó egy adott műszerre}$$

2. a P pontossági osztályjel ¼-e a felső méréshatár közegáramának százalékában. Ez a teljes mérési tartományban állandó abszolút hiba.

$$H_2 = \frac{1}{4}\frac{P}{100}V_{max} = C_2 V_{max}$$

ahol

$$C_2 = \frac{1}{4}\frac{P}{100} = \text{állandó egy adott műszerre}$$

Így a rotaméter megengedett abszolút hibakorlátja, vagyis a közegáram mértékegységű abszolút alaphibája:

$$H = H_1 + H_2 = C_1 V + C_2 V_{max}$$

Ugyanez a felső méréshatárra vonatkoztatva:

$$\frac{H}{V_{max}} = \frac{H_1}{V_{max}} + \frac{H_2}{V_{max}} = C_1 \frac{V}{V_{max}} + C_2$$

Ha az abszolút hibakorlátot az aktuálisan mért közegáramra vonatkoztatjuk, akkor a megengedett relatív hibakorlátot, vagyis a relatív alaphibát kapjuk

$$r = \frac{H}{V} = \frac{H_1}{V} + \frac{H_2}{V} = C_1 + \frac{V_{max}}{V}$$

A fentiek szerint a rotaméter helyesen értelmezett megengedett hibakorlátjának alakulását a mérési tartományban az alábbi táblázat, és az ebből szerkesztett diagramm mutatja. A példa egy 4 osztálypontosságú rotaméter megengedett hibakorlátját mutatja:

$$C_1 = \frac{3}{4}\frac{P}{100} = 0{,}03$$

$$C_2 = \frac{1}{4}\frac{P}{100} = 0{,}01$$

V/V_{max} [%]	H_1/V_{max} [%]	H_2/V_{max} [%]	H/V_{max} [%]	r [%]
10	0,3	1,0	1,3	13
20	0,6	1,0	1,6	8,0
40	1,2	1,0	2,2	5,5
60	1,8	1,0	2,8	4,7
80	2,4	1,0	3,4	4,3
100	3,0	1,0	4,0	4,0

Figyelemre méltó a rotaméter hibakorlátjának változása a mért közegáram növekedésével, mely szerint az abszolút hibakorlát lineárisan nő (a V_{min}-nál megengedett 1,3%-ról a V_{max}-nál lévő 4%-ra, azaz 3,08-szorosára), míg a relatív hibakorlát hiperbolikusan csökken 13%-ról 4%-ra (3,25-öd részére) a teljes mérési tartomány befutása közben. Ez jellegzetesen rotaméter tulajdonság, szemben más műszerekkel, amelyeknél vagy az abszolút, vagy a relatív hibakorlát állandó a mérési tartományban.

A pontossági osztály ismeretében a fent leírtak figyelembevételével a rotaméterek megengedett hibakorlátja könnyedén meghatározható.

Alkalmazott jelölések:

H	: hiba (a skála által meghatározott mértékegységben)
V	: az adott ponton mért közegáram
V_{max}	: a skála által meghatározott maximális közegáram
P	: pontossági osztály
r	: relatív hiba [%]

Szabó Dénes
Unirota Kft.