

Ultrazvukové prietokomery rozširujú okruh priaznivcov

Ultrazvukové prietokomery upriamili na seba pozornosť najmä v poslednom období, predovšetkým vďaka schopnosti merať prietok zemného plynu. Postupne nahrádzajú merače tlakovej diferencie a turbínkové merače v mnohých aplikáciách týkajúcich sa zemného plynu. Ultrazvukové prietokomery sú však pomerne rozšírené aj pri meraní kvapalín, pričom nie sú obmedzené ich čistotou. Špeciálny typ ultrazvukového prietokomera je dokonca schopný merať prietok kalných suspenzií a kvapalín s množstvom nečistôt.

Princíp činnosti

Podstatou ultrazvukových prietokomerov je meranie zmeny rýchlosti šíriaceho sa ultrazvukového signálu v prúdiacej tekutine. Keď sa ultrazvuk šíri v smere prúdenia tekutiny, jeho rýchlosť sa zvyšuje, keď sa šíri proti smeru prúdenia, jeho rýchlosť sa znižuje. Ultrazvukové vlny sa šíria z vysielača spojito alebo impulzne s pracovnou frekvenciou 0,5 až 4 MHz. V prípade spojitého signálu sa vyhodnotenie výstupného signálu zisťuje rozdielom fáz alebo frekvencií medzi vysielačným a prijímaným signálom. V prípade impulzného signálu sa vyhodnocuje doba medzi vyslaním a opätovným zachytením impulzu alebo rozdiel fázy medzi vyslaným a zachyteným signálom. Ultrazvukové prietokomery sa rozdeľujú podľa šírky pásma ultrazvukového signálu na úzkopásmové a širokopásmové. Podľa uloženia prietokomera sa delia na pevné (omocené) a prenosné (upevňovacie). Podľa metód snímania ultrazvukového signálu sa rozdeľujú do troch skupín. Sú založené na zmene rýchlosti šírenia signálu prúdom tekutiny, na snímaní času prechodu signálu a využití Dopplerovho javu.

Pevné ultrazvukové prietokomery sú zabudované priamo do potrubia. Ich výhodou je možnosť priameho nastavenia osi vyžarovania pod pevným uhlom. Preto nepotrebujú počítať uhol odrazu na rozhraní kvapalina – stena potrubia ako prenosné prístroje.

Prenosné prietokomery sa montujú z vonkajšej časti potrubia. Môžu pracovať v ľubovoľnej polohe aj na ťažko prístupných miestach, kde by bolo použitie iných prístrojov náročné alebo nemožné. Takéto bezdotykové meranie však vyžaduje dodatočné premeranie hĺbky steny potrubia a následnú korekciu na túto hrúbku a materiál potrubia.

Ultrazvukový prietokomer založený na zmene rýchlosti šírenia signálu prúdom tekutiny

Pevný prietokomer má na jednej strane potrubia zabudovaný elektroakustický menič M_1 , ktorý obsahuje vysielač (generátor) a prijímač (detektor). Na druhej strane potrubia sa nachádza podobný menič M_2 . Obidva meniče pracujú vo funkcii vysielača a prijímača ultrazvukových vln zároveň. Uhol α , ktorý zvierá smernica vysielačného signálu so smerom prúdiacej tekutiny, sa pre obidva vysielače zhoduje. Rýchlosť šírenia vlny proti prúdu je nepatrne menšia, a preto je nameraná diferencia času na rovnakej dráhe šírenia. Táto diferencia je priamo úmerná rýchlosti prúdenia média a zo známej svetlosti potrubia je daný objemový prietok.

Ultrazvukové prietokomery s touto konštrukciou sa používajú v rozsahu rýchlostí prúdenia tekutiny od 0,03 do 30 m/s. Horný merací rozsah sa ohraničuje približne na 450 000 m³/h pri dovolenom tlaku 10 MPa a viac, v rozsahu teplôt prúdiacej tekutiny približne -200 až 250 °C. Dovoľená chyba dosahuje štandardne 2 %, v špeciálnych prípadoch až 0,5 %. Priemer potrubia môže byť v rozsahu od niekoľko mm až po 10 m.

Ultrazvukový prietokomer založený na snímaní času prechodu

Tento typ prietokomera pracuje na princípe posúvania fázy. Každý ultrazvukový prevodník vysiela impulzy ultrazvukových signálov, ktoré zachytáva prijímač. Fáza dvoch signálov sa modifikuje prúdiacou tekutinou, pričom rozdiel fázy je funkcia rýchlosti prúdenia a meranej tekutiny. V praxi sa používajú pevné aj prenosné ultrazvukové prietokomery založené na snímaní času prechodu. Bezdotykové meranie vyžaduje poznať hrúbku steny potrubia. Do merania sa pritom vnáša chyba, ktorú spôsobujú pevné usadeniny na stenách potrubia a zdanlivo zväčšujú hrúbku steny potrubia. Hrúbka steny a materiál, z ktorej je vyrobená, sa ukládajú do programovej jednotky. Softvér v prietokomeri zohľadňuje tieto údaje a počítaný prietok následne koriguje. Problémom však zostáva stanovenie presnej polohy vysielača a prijímača najmä vtedy, keď sa nachádzajú na opačných stranách potrubia. Preto sa uvedený typ prietokomera používa iba na orientačné merania, chyba prístroja je asi 2 až 5 % z meracieho rozsahu. Prietokomery umiestnené na jednej strane sa používajú najmä v prípade malého priemeru potrubia. Vtedy merajú pomocou jedného alebo viacerých odrazov od vnútornej steny potrubia.

Ultrazvukový prietokomer založený na využití Dopplerovho javu

Princíp činnosti takéhoto prietokomera sa zakladá na odraze ultrazvukového signálu od pevnej častice, resp. plynovej bubliny v prúdiacej tekutine. Takéto častice môžu byť prirodzenou súčasťou tekutiny alebo sa do nej umelo pridávajú.

Na jednej strane potrubia sa v tesnej blízkosti nachádza vysielač aj prijímač. Vysielač ultrazvukový signál postupuje prúdiacou tekutinou známou rýchlosťou až narazí na časticu, ktorú unáša prúd. Od nej sa ultrazvukový signál odrazí a zachytí ho prijímač. Frekvencia prijatého signálu sa však líši od frekvencie vyslaného signálu, pričom výpočet rozdielu týchto frekvencií opisuje definičný vzťah.

Objemový prietok tekutiny je úmerný práve rozdielu týchto frekvencií. Podobne pracuje aj ultrazvukový prietokomer s generátorom a detektorom na protilahlých stenách potrubia.

Činnosť Dopplerovho prietokomera ovplyvňujú zmeny rýchlostného profilu, pretože prijímače zvyčajne snímajú harmonické frekvencie. Nižšie frekvencie prichádzajú od častičiek blízko steny a vyššie frekvencie prichádzajú od častičiek v osi potrubia. Aby sa získala stredná rýchlosť, používajú sa na váhovanie každej frekvencie techniky spracovania signálu. Táto možnosť prináša dobré výsledky pri rovnomernom rozvrstvení častičiek. Pri zmene koncentrácie častičiek sa meranie zťažuje ďalšími chybami. Správna hodnota prietoku sa získa vtedy, keď ultrazvukový signál prechádza cez celé potrubie. Ak sa signál odráža najmä od častičiek v osi potrubia, nameria sa vyšší prietok ako v skutočnosti.

Keď sa signály odrážajú od čiastočiek blízko steny, zistí sa nižší prietok, ako je v skutočnosti. Z toho vyplýva, že chyba merania pomocou Dopplerovho ultrazukového prietokomera sa zvyčajne pohybuje v rozpätí od 1 do 5 % meracieho rozsahu.

Ako sa všetko začalo

História ultrazukových prietokomerov sa začala písať v roku 1963, keď ich spoločnosť Tokyo Keiki uviedla na japonský trh vo forme prístrojov na priemyselné použitie. Odvtedy sa Tokyo Keiki premenovala na Tokimec a v jej výrobnom programe stále figurujú ultrazukové prietokomery. Prvým americkým výrobcom dodávajúcim ultrazukové prietokomery sa v roku 1972 stala spoločnosť Controlotron. Koncom 70-tych a začiatkom 80-tych rokov minulého storočia experimentovali ďalšie americké firmy Ultrafux a Panametrics s využitím ultrazukových prietokomerov pri meraní prietoku plynov. Toto obdobie by sa dalo považovať za začiatky vývoja ultrazukovej technológie v prietokomeroch.

V samotných začiatkoch využívania boli ultrazukové prietokomery často nesprávne nasadzované, a preto aj zle pochopené. Mnohí klienti v dôsledku toho zaujali k týmto typom prietokomerov negatívny postoj. Množstvo technologických vylepšení prišlo predovšetkým v ostatnom desaťročí, čo malo priamy vplyv aj na zvýšenie dôvery ľudí voči týmto prístrojom.

Výhody ultrazuku

Ultrazukové prietokomery majú v porovnaní s ostatnými princípmi merania niekoľko výhod. Tá základná spočíva v bezproblémovom meraní potrubí s veľkým priemerom. Oproti magnetickým prietokomerom sa tie ultrazukové vyznačujú tým, že môžu merať prietok nevodivých tekutín, plynov a pár. To je jeden z kľúčových dôvodov rýchlejšieho rastu trhu ultrazukových prietokomerov oproti magnetickým. V porovnaní s vírovými prietokomermi majú tú výhodu, že oveľa lepšie merajú malé prietoky. Vírové prietokomery majú ťažkosti s nízkymi prietokmi, pretože tie vytvárajú slabé víry. Ultrazukové prietokomery sú v podstate neintruzívne, čiže až na niektoré prípady mechanicky vôbec nezasahujú do vnútorného priestoru potrubia. Vírové prietokomery sú vystavené prietoku tekutiny a ich vírové telesá môžu byť vychýlené zo svojej pôvodnej polohy nečistotami v tekutine.

V porovnaní s turbínkovými prietokomermi je najväčším kladom ultrazukových takisto neintruzívnosť, resp. malá intruzívnosť, v závislosti od modelu. Nedisponujú ani pohyblivými komponentmi, ktoré podliehajú opotrebeniu. Napriek tomu, že výrobcovia vyvíjajú neustále dokonalejšie turbínkové prietokomery s čoraz dlhšou životnosťou, opotrebovanosť rotorov je tradične najslabším článkom ich mechanickej konštrukcie.

Zdroje

[1] JESSE YODER: Ultrasonic Flowmeters, <http://www.flowresearch.com/articles/0205-Ultrasonic.pdf>

[2] CHUDÝ, V., PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., HALAJ, M.: Meranie technických veličín. Vydavateľstvo STU v Bratislave, 1999, 688 s., ISBN 80-227-1275-2.

[3] www.transcom.sk