

Princípy merania výšky hladiny (1)

Prehľad princípov spojitého merania a detekcie medzných stavov výšky hladiny kvapalín a syplých materiálov – princípy, vlastnosti a použitie.

Úvod

Meranie výšky hladiny rôznych materiálov v zásobníkoch a prevádzkových nádobách, ako sú rôzne tanky, zásobné a prevádzkové nádrže, destilačné kolóny, odparky, kryštalizátory, miesiace nádoby a pod., je skutočne kľúčovou otázkou v priemysle. Vhodné snímače sú nasadzované takmer vo všetkých priemyselných odvetviach, bez ohľadu na rozdielnosť podmienok okolia, technologického procesu a meranej látky.

Prevádzkové podmienky sú ovplyvňované najmä teplotou, hlukom, prachom, vlhkosťou, vibráciami a taktiež nebezpečenstvom výbuchu, kladú nároky na návrh robustných prístrojov, ktoré sú schopné pracovať i v týchto podmienkach.

Podľa typu zariadenia k tomu ešte prístupujú procesné faktory, ako sú tlak, vákuum alebo požiadavky aseptickosti.

Preto konštruktér môže iba v zriedkavých prípadoch pracovať s ideálnym materiálom s konštantnými vlastnosťami. Tie sú ovplyvňované mnohými parametrami, ako sú hustota, vodivosť, permeabilita, hodnota pH, pomer adhézie, prašnosť, lepivosť, abrazívnosť, korozívnosť atď.

Na druhej strane stoja požiadavky čo najpriaznivejšej ceny, jednoduchej inštalácie, obsluhy a kontroly, ako aj vysokej prevádzkovej spoľahlivosti a presnosti merania.

Táto rôznorodosť požiadaviek sa odráža vo veľkom počte meracích princípov a prístrojov, ktoré boli na meranie výšky hladiny vyvinuté. Voľba vhodnej metódy je rovnako ovplyvnená výberom podľa toho, či sa požaduje spojitý meranie, alebo len indikácia a signalizácia určitých (medzných) stavov.

Snímače na meranie výšky hladiny sa niekedy označujú aj ako hladinoměry. Rozlišujeme ich na snímače so spojitým výstupným signálom úmerným meranej hladine a snímače s vyhodnocovaním limitnej úrovne, teda spínače medzného stavu.

Podľa výstupu sa delia na snímače merania výšky hladiny bez elektrického výstupu (vizuálne odčítanie výšky hladiny) – mechanické hladinoměry – a snímače s elektrickým výstupom.

Mechanické hladinoměry

Medzi typické snímače tejto kategórie bez elektrického výstupu patria jednoduché mechanické hladinoměry a priehľadové hladinoměry.

Jednoduché mechanické hladinoměry sú vo svojej podstate dĺžkové meradlá, ktoré sa umiestňujú kolmo na meranú hladinu. Výška hladiny sa odčíta na stupnici, ktorá je buď priamo na meradle, alebo je s ním pevne spojená.

Historicky najstarším meradlom výšky hladiny je **tyčové meradlo**, ktoré sa využíva aj dnes na orientačné meranie. Všeobecne používanou aplikáciou je meranie výšky oleja v automobiloch, kde sa využíva jednoduché tyčové meradlo. V prípade merania väčších výšok



Obr.1 Tyčové meradlo

sa používajú ocelové pásky so závažím. Presnosť merania pomocou tyčového meradla ovplyvňuje dĺžková rozťažnosť materiálu v závislosti od teploty a kvalita vyhotovenia stupnice.

Ďalšiu skupinu tvoria **priehľadové hladinoměry** (sklenené trubice alebo priesozry), ktoré sa používajú na vizuálne sledovanie polohy hladiny najmä v malých zásobníkoch a nádržiach. Sklenené trubice pracujú na princípe spojených nádob. K nádrži, kde sa má merať výška hladiny, sa pripája pomocná sklenená alebo plastová trubica. Presnosť merania je limitovaná presnosťou stupnice a možnosťou odčítania. V prípade malých priemerov trubice má na odčítanie vplyv aj efekt zakrivenia hladiny. Výhodou je rýchle odčítanie stavu hladiny.



Obr.2 Priehľadové hladinoměry

Nevýhodou priehľadových hladinomerov býva zanášanie trubice nečistotami a usadeninami. V niektorých aplikáciách sa dajú používať aj pri veľmi vysokých tlakoch (do 10 MPa) a teplotách (do 500 °C).

Priesozry zo skla alebo plastu sa inštalujú do kovového rámika na bočnej stene zásobníka a sú často vybavené aj stupnicou. Dodávajú sa aj pre pomerne vysoké teploty (do 550 °C) a tlaky (do 7 MPa).

Medzi hlavné výhody mechanických hladinomerov patrí to, že:

- nevyžadujú elektrické napájanie,
- možno ich preto používať na monitorovanie aj na miestach bez elektrickej energie,
- v prípade výpadku elektrickej siete nie je meranie obmedzené,
- nie sú citlivé na zmeny vlastností kvapalín – v zásobníku možno merať výšku kvapaliny bez ohľadu na zmeny hustoty, vodivosti, pohyb hladiny atď.,
- môžu pracovať aj vo vákuu,
- merací rozsah je takmer bez obmedzenia.

Výhodou týchto meradiel je ich jednoduchosť a sú určené najmä na meranie výšky kvapalín s pomalými zmenami. Ich hlavnou nevýhodou



Obr.3 Priesozrový hladinomer



kategória	typ snímačov	výstup	princíp merania	možnosti použitia
mechanické účinky	plavákové	spojitý	snímanie polohy plaváka	vhodné najmä pre čisté a neviskózne kvapaliny
		medzný stav		
	vztlakové	spojitý	meranie a kompenzácia vztlakovej sily ponorného telesa	vhodné najmä pre čisté a neviskózne kvapaliny vrátane merania polohy rozhrania kvapalín; údaj závisí od hustoty meraného média
	elektromechanické	kvázispojité	periodické spúšťanie závažia k hladine	kvázispojité meranie výšky sypkých materiálov
	vibračné	medzný stav	vyhodnocovanie útlmu vibrácií snímacieho prvku	vhodné na limitné meranie polohy hladiny kvapalín a sypkých materiálov; nezávisí od elektrických vlastností meraného materiálu, turbulencií hladiny ani veľkosti častíc; nevyžaduje kalibráciu
	vrtulové	medzný stav	vyhodnocovanie útlmu otáčania snímacieho prvku	vhodné na limitné meranie sypkých materiálov (prach, granuláty); nelimituje ho prašné prostredie; nevyžaduje kalibráciu
hydrostatické účinky	meranie hmotnosti	spojitý	vyhodnocovanie hmotnosti materiálu v zásobníku vážením	používajú sa pri dávkovaní a zmiešavaní rôznych kvapalných i sypkých materiálov
	snímače hydrostatického tlaku	spojitý	meranie hydrostatického tlaku	vhodné najmä pre čisté kvapaliny; údaj závisí od hustoty meraného materiálu
elektrické parametre	pneumatické s prebublávaním	spojitý	meranie hydrostatického tlaku pri prebublávaní meraného média vzduchom	výhodou sú nízke vstupné náklady; údaj závisí od hustoty meraného materiálu
	vodivostné	medzný stav	vyhodnocovanie zmeny elektrickej vodivosti medzi elektródami	jednoduché a lacné snímače len pre elektricky vodivé kvapaliny; vhodné snímače pre vody a odpadové vody
	kapacitné	spojitý	meranie elektrickej kapacity snímača	použiteľné na meranie elektricky vodivých i nevodivých kvapalín a sypkých hmôt; vhodné tak na limitné, ako aj na spojité meranie, a to i pri vysokých tlakoch a teplotách; možnosť snímania polohy medzi hladinami kvapalín; pre lepkavé materiály vo verzii admitančných snímačov
	medzný stav	na limitné meranie polohy hladiny kvapalín		
tepelné	medzný stav	vyhodnocovanie zmeny odvodu tepla z vyhrievaného rezistora	na limitné meranie polohy hladiny kvapalín	
fotoelektrické	medzný stav	vyhodnocovanie zmeny intenzity svetla	jednoduché vyhotovenie, vhodné i pre vyššie teploty; nevhodné pre prašné prostredia a pre materiály usádzajúce sa na meracej sonde	
fyzikálne parametre	ultrazvukové	spojitý	meranie času šírenia ultrazvukového signálu	bezdotykové meranie; vhodné pre kvapaliny, pastovité i sypké materiály a agresívne médiá s meniacimi sa vlastnosťami; nevhodné na meranie pri veľmi nízkych a vysokých tlakoch; meranie limituje pena, turbulencia hladiny, prašné prostredie
		medzný stav	vyhodnocovanie útlmu ultrazvukového signálu	vhodné najmä na limitné meranie
	radarové	spojitý	meranie času šírenia mikrovlnného signálu	bezdotykové meranie; vhodné na použitie za extrémnych podmienok, pre veľmi agresívne aj toxické materiály, pri vysokých teplotách a tlakoch, pre viskózne a lepkavé médiá, pasty a kaly, skvapalnené plyny, prchavé a agresívne kvapaliny; nevhodné pre kvapaliny s veľmi malou permitivitou
	reflektometrické (TDR) radarové na lane/tyči	spojitý	meranie času šírenia mikrovlnného impulzu od fázového rozhrania	vhodné pre kvapaliny i sypké látky vrátane merania polohy rozhrania kvapalín; meranie nie je ovplyvňované teplotou, tlakom ani prítomnosťou peny alebo prachu; nevhodné pre kvapaliny s veľmi malou permitivitou
	rádioizotopové	spojitý	vyhodnocovanie absorpcie rádioaktívneho žiarenia	bezdotykové, neinvazívne meranie so žiaričom gama, vhodné na použitie za extrémnych podmienok pre toxické, agresívne či abrazívne materiály pri akýchkoľvek teplotách a tlakoch; snímače sa umiestňujú mimo nádrže; nutná ochrana obsluhy; povinné pravidelné kontroly
	medzný stav			

Snímače merania výšky hladiny podľa kategórie, typu, výstupu, princípu a použitia

je, že neposkytujú žiadny elektrický signál vhodný na prenos a ďalšie spracovanie nameraných údajov.

Snímače merania výšky hladiny s elektrickým výstupom

Snímače tejto kategórie majú elektrický výstup a možno ich použiť v systéme automatického riadenia výšky hladiny alebo záznamu. Snímače s elektrickým výstupom sa dajú klasifikovať podľa rôznych hľadísk. Najčastejšie sa triedia podľa použitého funkčného princípu alebo podľa spôsobu zmeny účinkov či fyzikálnych parametrov meniacej sa hladiny na vytvorenie výstupného signálu:

- hladinometry využívajúce mechanické alebo silové účinky meraného materiálu, napr. elektromechanický princíp, meranie hmotnosti, plavákové a vztlakové hladinometry a spínače medzného stavu: vibračné a vrtulové,
- hladinometry využívajúce zmeny hydrostatického tlaku kvapaliny: hydrostatické hladinometry a hladinometry s prebublávaním,

- hladinometry využívajúce zmeny elektrických a iných parametrov meraného materiálu: kapacitné/admitančné hladinometry a spínače medzného stavu: kapacitné/admitančné, vodivostné, tepelné, fotoelektrické,
- hladinometry využívajúce zmeny fyzikálnych parametrov, ako je šírenie ultrazvukových a radarových vln: ultrazvukové, radarové, reflektometrické (radar na lane/tyči), rádioizotopové hladinometry a spínače medzného stavu: rádioizotopové, mikrovlnná bariéra.

Pokračovanie v budúcom čísle.

Ing. Dušan Kiseľ, CSc.

e-mail: ktest@kbc.sk