

Ako merať výšku hladiny?

Častou otázkou v automatizácii je, akým spôsobom merať výšku hladiny kvapalín, sypkého materiálu alebo skvapalneného plynu v zásobníkoch, v silách alebo v dopravných cisternách, aby meranie bolo spoľahlivé. V aplikáciách treba bežne počítať s teplotami od -200 do +400 °C a s tlakom od vákua do 40 MPa.

Metódy merania

Široká paleta meracích metód umožňuje nájsť riešenie „šité na mieru“ pre každú úlohu. Neexistuje však metóda, ktorá by bola univerzálna a ktorá by sa hodila na každú aplikáciu. Vždy však platí, že treba použiť meraciu metódu, ktorá spoľahlivo funguje pre danú aplikáciu a vyhovuje aj po ekonomickej stránke.

K meraniu výšky hladiny patrí kontinuálne meranie výšky hladiny kvapalín a sypkých materiálov, ďalej limitné meranie, tzv. detekcia prítomnosti média, ale aj meranie fázového rozhrania dvoch kvapalín alebo sypkého materiálu v kvapaline. Úlohy sú rozmanité a podobne je to aj s meracími metódami, ktoré prichádzajú do úvahy. Výber siaha od vibračných vidličiek, ktoré sa používajú na limitné meranie vo všetkých oblastiach priemyslu, až po rádiometrické metódy, ktoré sa používajú v extrémnych podmienkach.

Základný prehľad súčasnej ponuky snímačov hladiny v členení podľa použitého meracieho princípu a možného použitia vrátane je v prehľadovej tab. 1.

Technika „šité na mieru“

K výrobcovi, ktorí ovládajú najväčšie množstvo rôznych meracích princípov, patrí Endress + Hauser. Táto spoločnosť rieši každoročne viac ako 300 000 meraní výšky hladiny, na základe čoho patrí medzi výrobcov snímačov s najväčšími skúsenosťami v oblasti prevádzkových prístrojov. Okrem konvenčných metód merania výšky hladín, ako sú vibračné, kapacitné alebo vodivostné, má v ponuke aj ultrazvukové a radarové snímače, ako aj mikroimpulzné snímače (TDR) a pre najnáročnejšie aplikácie rádiometrické systémy. Veľký výber umožňuje realizovať riešenie na mieru aj pre špeciálne aplikácie. Meracie systémy vyhovujú technickým nárokom a majú presvedčivý pomer ceny a výkonu.

Jednotná filozofia ovládania

Jednotná filozofia obsluhy prístrojov pomocou viaciadkového textového displeja zjednoduší ovládanie meracích prístrojov. Vďaka

ka premyslenej segmentácii prístrojov a vyhodnocovacích zariadení zaplatí používateľ len tie technické funkcie, ktoré skutočne potrebuje.

Ultrazvukové meranie hladiny

Ultrazvukové snímače Prosonic predstavujú kompletný program na bezdotykové meranie hladín kvapalín, sypkých materiálov a prietokov kvapalín v otvorených žľaboch. Všetky snímače Prosonic sú vybavené integrovaným snímačom teploty na korekciu vplyvu teploty na rýchlosť šírenia zvuku. Identifikácia vzorového signálu s prvkami Fuzzy-Logic a nastaviteľné používateľské parametre skracujú uvedenie do prevádzky a zabezpečujú trvalé a bezporuchové meranie. Podobne ako radarové snímače hladiny Micropilot a Levelflex využívajú princíp „Time of Flight“ a na jednoduché uvedenie do prevádzky a prehľadnú diagnostiku je k dispozícii bezplatný softvérový balík ToF Tool. Stabilné meranie zabezpečí unikátne spracovanie signálu, ktoré Endress +



Obr.1 Ultrazvukový snímač Prosonic v náročných podmienkach

merací princíp/produkt	použitie			
	spojité/kontinuálne meranie		limitné meranie	
	kvapaliny	sypké materiály	kvapaliny	sypké materiály
radarový	x	x		x
radarový s vedenými impulzmi (TDR alebo mikroimpulzný systém)	x	x		
ultrazvukový	x	x	x	x
kapacitný	x	x	x	x
hydrostatický tlak	x			
tlakový rozdiel (tl. diferencia)	x			
rádiometrický	x	x	x	x
elektromechanický	x	x		x
vibračný			x	x
vodivostný			x	
vrtuľkový				x

Tab.1

Hauser dlhé roky používa vo svojich hladinometroch, ako je FEF-Algorithmus (Fisrt Echo Factor Algorithm) na optimalizáciu dynamiky echa a inteligentné rozlíšenie užitočného signálu od šumu pomocou FAC-Algoritmu (Flying Average Curve Algorithm), a preto má viac ako 25-ročné skúsenosti v tejto oblasti.

Rôzne možnosti montáže pomocou závitov, príruby alebo s prídavným smerovacím prípravkom umožňujú optimálne pripojenie k procesu. Výstupný signál môže byť analógový alebo digitálny (HART, PROFIBUS PA, Foundation Fieldbus). Snímače Prosonic sú určené pre meracie rozsahy do 70 m, teplotu do 150 °C a tlak do 4 bar.

Meranie výšky hladiny ultrazvukom je osvedčená a cenovo výhodná metóda; nezávisí od hustoty, viskozity alebo elektrickej vodivosti meraného média. Špeciálnu zostavu ultrazvukového snímača a prevodníka predstavuje typový rad CUM750 + CUS70. Táto zostava umožňuje priame meranie rozhrania vody a kalu napríklad pri aplikáciách v dosadzovacích nádržiach na čističkách odpadových vôd.

Radarové meranie hladiny

Radarové snímače hladiny Micropilot sú určené na bezdotykové meranie výšky hladiny kvapalín alebo sypkých materiálov do 70 m. Snímače radu Levelflex sú určené na meranie kvapalín a sypkých látok s meracím rozsahom do 35 m. Oba snímače využívajú princíp „Time of Flight“. Levelflex poskytuje pri meraní sypkých látok možnosť presného a spoľahlivého merania pre aplikácie aj s vysokou prašnosťou spôsobenou napr. pneumatickou dopravou meraného média do zásobníka. Je ideálnou náhradou za kapacitné systémy alebo ultrazvukové systémy, ktoré pri vysokej prašnosti neposkytujú spoľahlivý výstupný signál.

Prístroj Levelflex využíva ToF metódu TDR, ktorá je riadená pomocou patentovaného algoritmu, End of Probe algorithm®, a ktorá zabezpečí spoľahlivé a hodnoverné meranie výšky hladiny i za tých najnepriaznivejších prevádzkových podmienok, napr. v prípade meraného média s extrémne nízkou permitivitou ($\epsilon_r < 1,4$), pri ktorej je médium pri bežných radarových snímačoch nemerateľné.

Hlavné oblasti nasadenia pre Levelflex sú cementárne, vápenky, poľnohársky, mlyný, výroba PVC a iných plastových granulatov, elektrárne (prachové uhlie a popolček), výroba stavebnín a podobne.

Dvojvodičová technika šetrí kabeľáž a umožňuje jednoduché napojenie do existujúcich systémov. Jednoduché uvedenie do prevádzky a prehľadnú diagnostiku zabezpečuje bezplatný softvérový balík ToF Tool. O stabilné meranie sa postará v praxi overené



Obr.2 Neinvazívne meranie cez priezor pomocou radarového snímača Micropilot, inštalácia na Slovensku



Obr.3 Meranie hladiny v cementárni pomocou radarového snímača Micropilot

spracovanie signálu pomocou Fuzzy-Logic a pomocné algoritmy, ako sú FEF a FAC, podobne ako je to aj pri ultrazvukových snímačoch opísaných vyššie.

Výstupný signál môže byť analógový alebo digitálny (HART, PROFIBUS PA, Foundation Fieldbus). Radarové snímače sú vhodné pre procesné tlaky od vákua do +400 bar a pre teplotný rozsah od -200 °C až do +400 °C.

Meranie výšky hladiny mikrovlnným radarom je bezpečnejšou a spoľahlivejšou metódou oproti ultrazvukovej metóde, hlavne v prípade extrémnych procesných podmienok, ako sú silné výpary, vákuum alebo vysoká prašnosť, resp. veľký teplotný gradient meraného média vo vysokých silách. Práve v týchto podmienkach vydobyli radary Micropilot a Levelflex pevné miesta.

Rádiometrické meranie hladiny

V niektorých náročných aplikáciách, napríklad pri vysokotoxických, abrazívnych alebo agresívnych médiách, nemožno použiť tradičné kontaktné alebo bezdotykové metódy merania výšky hladiny. Pre takéto aplikácie je optimálnym riešením rádiometrické meranie systémom Gammapilot, ktorý nie je limitovaný parametrami meraného média ako procesná teplota, tlak a pod. Navyše



Obr.4 Kontinuálne rádiometrické meranie výšky hladiny inštalované na Slovensku

systém Gammapiilot je úplným bezkontaktným spôsobom merania výšky hladiny, lebo vôbec nezasahuje do procesu. Metóda využíva absorpčný efekt hmoty; izotop umiestnený z jednej strany zásobníka vysiela gama lúče, ktoré sú tlmené priechodom cez steny zásobníka a cez merané médium. Na protiláhlej strane zásobníka alebo potrubia je umiestnený detektor, ktorý prijíma žiarenie. Vďaka najmodernejšej technike je zostatkové žiarenie, ktoré preniká do okolia, nepatrné. Zariadenie týmto žiarením zodpovedá zhruba prirodzenému žiareniu v nadmorskej výške 3 000 m. Tento merací systém sa hodí predovšetkým tam, kde iné metódy zlyhajú, napr. pre extrémne procesné podmienky, pre mechanické a geometrické podmienky alebo pre podmienky osadenia meracej sústavy.

Rádiometrický systém Gammapiilot možno použiť na kontinuálne meranie hladiny, hustoty, fázového rozhrania a viacvrstvovej hladiny. Používateľ potrebuje na tieto rôzne úlohy len jediný prístroj, čo výrazne znižuje prípadné skladové zásoby náhradných dielov. Obsluha je podobná ako pri všetkých ostatných prístrojoch na meranie výšky hladiny. Na prenos dát sa používajú štandardizované komunikačné protokoly, ako sú HART, PROFIBUS PA a Foundation Fieldbus.

Hlavné oblasti nasadenia sú chemický a petrochemický priemysel, cementárne a vápenky, papierenský, ako aj potravinársky priemysel.

Kapacitné meranie hladiny

Prístroje radu Multicap a Solicap využívajú kapacitný princíp merania výšky hladiny. Pomocou kapacitných sond možno merať kontinuálne aj limitne v kvapalinách či v sypkých materiáloch. Rozmanité konštrukčné vyhotovenie kapacitných sond, plne izolovaná, čiastočne izolovaná, s tienením, s kompenzáciou nánosu atď., umožňuje pre každú aplikáciu zvoliť optimálne riešenie.

Sondy sú certifikované na mnoho aplikácií a sú univerzálne použiteľné v rôznych odvetviach priemyslu. Limitujúcim faktorom pre kapacitnú metódu je zmena permitivity meraného média. Permitivita média sa mení vplyvom teploty, vlhkosti a niekedy aj vplyvom tlaku. Jeho hodnota sa totiž môže meniť aj napriek tomu, že na prvý pohľad sa nič nedeje s meranou látkou, preto môže napr. kolísat presnosť merania. Pre takéto aplikácie je ideálne použiť mikrovlnný radarový snímač Levelflex, ktorý využíva patentovaný algoritmus spracovania signálu EoP (End of Probe Detection), umožňujúci spoľahlivé a presné meranie aj za medzných podmienok, ako je zmena permitivity alebo veľmi nízka hodnota permitivity. Kapacitné sondy možno použiť na kontinuálne meranie výšky hladín, na limitnú detekciu, ale aj na meranie rozhrania dvoch kvapalín. Prevádzková teplota môže byť až do 450 °C a tlak do 500 bar.

Hydrostatické meranie hladiny

Snímače typu Deltapilot a Waterpilot sú špeciálne prevodníky tlaku určené na meranie výšky hladiny. Vyrábajú sa vo vyhotovení so suchou keramikou meracou bunkou. Deltapilot a Waterpilot je vo vyhotovení s vodotesnou, dlhodobou stabilnou meracou bunkou, kde je kondenzácia atmosféry v hlavici prevodníka, resp. meracej bunky zamedzená pomocou špeciálneho filtra GORE-TEX a vývodkami káblov zaliatych v skle, kde je snímacia časť – meracia bunka dokonale vodotesná, preto aj jeho názov CONTITE (Condensation-free Watertight Measuring Cell). Prístroje Deltapilot sú preto ideálnym riešením pre potravinárske aplikácie a pre farmaceutiku. Prevodníky tlakovej diferencie Deltabar sú vyhotovené v dvoch vyhotoveniach; so suchou keramikou meracou bunkou bez oleja alebo s konvenčným kovovým snímačom s olejovou náplňou. Najväčšou výhodou keramikých meracích buniek oproti kovovým je spoľahlivá funkčnosť aj vo vákuu a vysoká odolnosť proti preťaženiu.



Obr.5

Samodiagnostika, monitorovanie procesných údajov, integrovaná prepätová ochrana a dvojité zapuzdrenie senzora na zvýšenie bezpečnosti sú garanciou spoľahlivého merania aj v najnáročnejších podmienkach. Obsluha je podobná ako pri všetkých ostatných prístrojoch na meranie výšky hladiny od Endress + Hauser.

Nastaviteľné používateľské parametre pomocou menu skrácujú uvedenie do prevádzky a zabezpečujú trvalé a bezpečné meranie. Integrovaný DATmodul s archívom meraných hodnôt tlaku (tlakovej diferencie), teploty, hodnôt potrebných na diagnostiku a zálohou konfigurácie prevodníka slúži na vyhodnocovanie trendov, stráženie preddefinovaných limitných stavov pre tlak (tlakovú diferenciu) a teplotu. Deltabar poskytuje výstup 4 – 20 mA HART alebo PROFIBUS PA, resp. Foundation Fieldbus. Prístroje sú vhodné pre procesný tlak do 420 bar a teplotu až do +350 °C.

Elektromechanické meranie hladiny

Prístroje typu Silopilot sú určené na kontaktné meranie výšky hladiny sypkých materiálov, ale aj kvapalín. Závažie na konci oceľovej pásky je spúšťané v definovaných intervaloch smerom k hladine. Pri dotyku závažia a hladiny sa motor zastavuje v parkovacej polohe. Na páske sú vyznačené body, pri spúšťaní sa menia na elektrické impulzy zaznamenávané vyhodnocovacou jednotkou. Merací rozsah prístroja je 70 m. Používa sa hlavne v cementárskom a v ťažkom priemysle, avšak vďaka modernej radarovej technológii, použitej v radarových snímačoch Micropilot a Levelflex, táto mechanická metóda merania je na ústupe.

Plavákové hladinoměry, tzv. servohladinoměry, ako je Proservo, sú vysokoprecízne snímače hladiny pre veľkoobjemové nádrže s chybou merania do 0,7 mm v meracom rozsahu do 28 m. Využívajú sa hlavne pri ropných produktoch v rafinériách alebo pri chemikáliách v chemickom priemysle. Ich hlavnou výhodou je vysoká presnosť a možnosť merania rozhrania, hustoty a merania profilu hustoty. Koncept prístroja Proservo je súčasťou technologického riešenia System&Gauging, ktoré opíšeme ďalej.

Metóda System&Gauging

Na meranie v nádržiach slúži veľká skupina špecializovaných zariadení a prístrojov. Cieľom merania je väčšinou poskytnúť používateľovi údaj o objeme alebo normalizovanom objeme hodnotného produktu v nádrži. Nejde teda vždy len o vysokoprecízne meranie hladiny, ale aj o prepočty a kompenzácie, z ktorých najdôležitejšie sú kompenzácia teploty a hustoty a kompenzácia zmeny geometrického tvaru veľkoobjemovej nádrže.

Metóda System&Gauging je meranie v nádržiach a zahŕňa aj prevádzkové prístroje na zber údajov, komunikačné systémy na prenos informácií do dozorne a systém na riadenie a manažment skladu, ktorý zabezpečí potrebné výpočty objemu a poskytne operátorské rozhranie. Spoločnosť Endress + Hauser má celosvetovo

najväčší počet inštalovaných prístrojov pre skladový manažment; veľkokapacitné nádrže, sklady produktov, terminály a hmotné rezervy.

Vysokoprecízny radar na meranie výšky hladiny od Endress + Hauser, Micropilot S, je jediným radarom na precízne meranie v nádržiach s iskrovou bezpečnosťou a zabudovaným displejom, ktorý zobrazuje naraz aktuálnu hladinu aj priebeh odrazového signálu. Radar Micropilot S je kalibrován na kalibračnom zariadení spoločnosti Endress + Hauser s certifikáciou NMI a PTB. Presnosť prístroja dosahuje $\pm 0,5$ mm. Medzi výhody radarového merania oproti servohladinomerom patria veľmi nízke náklady na údržbu, vysoká presnosť a neinvazívne bezdotykové meranie. Prístroje podporujú rôzne štandardy komunikácie, ako je HART, V1- Sakura, RS485 Rackbus, Whessoe Matic 550 a ďalšie.

Vibračné meranie hladiny

Vibračný limitný spínač hladiny Liquiphant a Soliphant nevyžaduje kalibráciu ani údržbu. Prevádzkovou teplotou až do 280 °C a tlakom do 64 bar pokrývajú vibračné spínače Endress + Hauser široké spektrum aplikácií. Limitný spínač Liquiphant je ideálnym strážcom limitných hodnôt kvapalín, keďže merací princíp nezávisí od elektrických vlastností meraného média. Je ideálnym riešením na detekciu hraničných hodnôt pri výskyte nánosov, turbulencií, vzduchových bublín alebo peny. Možno ich montovať v akejkoľvek polohe a vďaka malým rozmerom vidličky aj do potrubia od svetlosti DN 25. Pre vibračné spínače radu Liquiphant je k dispozícii široká ponuka montážneho príslušenstva, ako napr. návarky pre štandardne alebo čelne lícovanú montáž s možnosťou natočenia spínača do optimálnej prevádzkovej polohy, slepé príruby so závitom alebo presunuté priechodky na nastavenie presného bodu zopnutia pri verzii s predlžovacou rúrkou.



Obr.6 Vysokoteplotný vibračný spínač Liquiphant pre teplotu do +280 °C inštalovaný u slovenského zákazníka v prostredí SNV

Vyhotovenie FTL20 so svojimi miniatúrnymi rozmermi je najmenší vibračný snímač na svete, ktorý našiel uplatnenie v širokom spektre aplikácií. Liquiphant FTL 20 je určený najmä pre vodárenský priemysel (úpravne vody, distribučné siete, čističky odpadových vôd), chladiace okruhy v každom type priemyslu,

potravinárstvo a strojárstvo (výška hladiny emulzií pri mechanických obrábacích strojoch, ochrana čerpadiel). Má WHG certifikát pre limitný spínač ako ochrana proti preplneniu.

Elektromechanické limitné meranie hladiny

Limitný spínač Soliswitch je univerzálny detektor pre sypké materiály s nízkou hustotou. Prístroj využíva rotačný princíp. Typické využitie je detekcia hladiny drevných štiepkov a pilín v drevárskom, nábytkárskom a papierenskom priemysle, alebo sledovanie hladiny v silách pre obilie v potravinárskom priemysle a poľnohospodárstve.

Vodivostné meranie hladiny

Limitný spínač Liquipoint je snímač pracujúci na báze vodivosti meranej kvapaliny. Snímač má možnosť využiť 5 snímacích elementov a tým sa využíva na detekciu 5 rôznych výšok, a preto sa dá využiť nielen na dvojpolohovú reguláciu, ale aj na kompletnú reguláciu výšky hladiny. Používa sa pri vodivých kvapalinách v nenáročných aplikáciách, napr. hladinách farieb a lakov v automobilovom priemysle, na sledovanie hladiny surovín v potravinárskom priemysle alebo v aplikáciách vo vodárenstve. Prevádzková teplota je do 250 °C a tlak do 160 bar.

Záver

Spoločnosť Endress + Hauser, jedna z vedúcich firiem v oblasti vývoja, výroby a predaja meracích prístrojov pre priemyselné aplikácie, poskytuje širokú paletu fyzikálnych princípov merania pre jednotlivé segmenty priemyslu. Venuje sa výrobe a vývoju priemyselných snímačov hladiny od roku 1953 a po celý čas je na špičke technického rozvoja tohto odboru vďaka neustálym investíciám do výskumu a vývoja. Spoločnosť vždy ponúkala a naďalej uvádza na trh výroby nielen zodpovedajúce momentálnym požiadavkám, ale i orientované na budúcnosť a pripravené na jednoduchšie začlenenie do nových automatizačných systémov. Moderné prístroje sú certifikované pre rôzne prostredia, samozrejmosťou sú certifikáty pre výbušné prostredie podľa ATEX, ako aj certifikáty SIL2 alebo SIL3 podľa IEC61508.

Endress+Hauser 
People for Process Automation


TRANSCOM
technik

TRANSCOM TECHNIK, spol. s r. o.

výhradné zastúpenie Endress + Hauser pre SR
Bojnická 14, P. O. BOX 25
830 00 Bratislava 3
Tel.: 02/35 44 88 00
Fax: 02/35 44 88 98
e-mail: info@transcom.sk
http://www.transcom.sk