

Princípy merania výšky hladiny (4)

Tento seriál sa venuje prehľadu princípov spojitého merania a detekcie medzných stavov výšky hladiny kvapalín a sypkých materiálov. V prvej časti sme rozdelili snímače merania výšky hladiny podľa kategórie, typu, výstupu, princípu a použitia. V nasledujúcich častiach sme sa venovali kapacitnému meraniu výšky hladiny, priamemu meraniu hydrostatického tlaku a pneumatickým, plavákovým a vztlakovým hladinomerom. Témou tejto časti budú ultrazvukové, radarové a rádioizotopové hladinomyery.

Spojité meranie výšky hladiny

Ultrazvukové hladinomyery

Overený ultrazvukový princíp spojitého merania sa využíva na meranie výšky hladiny kvapalín a sypkých materiálov. Piezokeramický menič zvuku periodicky vysiela ultrazvukové impulzy (série impulzov) smerom k povrchu meranej látky. Tento povrch pôsobí ako reflektor: impulzy sú odrážané späť a prijímané meničom. Čas nameraný medzi odoslaním a prijatím impulzu je priamo úmerný vzdialenosti k meranému povrchu, a tým aj mierou výšky hladiny.

Na vyhodnocovanie medzného stavu úrovne hladiny sa používa aj iný princíp, keď sa vyhodnocuje útlm ultrazvukových vln v závislosti od zloženia prostredia, ktorým ultrazvuk prechádza. Podrobnejšie informácie o tomto princípe sú uvedené v kapitole o ultrazvukových spínačoch medzného stavu.

V praxi sa používajú meniče zvuku s výkonným piezokrystalom, ktorý sa periodicky mení na vysielač a potom na prijímač. Snímač sa vyznačuje aj tzv. mŕtvou zónou (minimálne asi 25 cm od povrchu membrány), ktorá nie je merateľná, pretože to predstavuje časový interval, počas ktorého sa prepína menič z funkcie vysielača na funkciu prijímača.

Frekvencia zvukových impulzov je podľa meracieho rozsahu 10 – 100 kHz. Ultrazvukové vlny vyžadujú medzi meničom zvuku a meraným povrchom transportné médium, ktorým je vzduch alebo plyn. Vo vákuu tento princíp nepracuje. Prevádzkový tlak býva od 0,3 bar do 3 bar. Pri väčších prevádzkových tlakoch je ťažké generovať ultrazvukové impulzy s dostatočným výkonom. Zároveň rýchlosť prenosu závisí od transportného plynu a jeho teploty. Preto sú v meničoch zvuku integrované aj snímače teploty. Zmena rýchlosti prenosu zvuku je týmto presne vykompenzovaná. Ultrazvukové vlny sú pri svojom šírení vystavené frekvenčné závislému tlmeniu – poklesu intenzity podľa vzdialenosti – vplyvom strát trením medzi molekulami plynu. Tieto efekty závisia od hustoty, frekvencie, teploty a vlhkosti.

Použitie

Ultrazvukové senzory sú určené na bezdotykové kontinuálne meranie výšky kvapalín a sypkých materiálov tak v otvorených, ako aj v uzatvorených nádržiach. Možno ich použiť aj na meranie znečistených, kašovitých a pastovitých materiálov. Zo sypkých materiálov sú to štrk, drobný štrk, piesok, cement, obilie, cukor a mnoho ďalších. Vzhľadom na použitie vysoko stabilných plastických látok na konštrukciu meniča sú tiež použiteľné bez ďalších prídavných zariadení aj v agresívnych kyselinách a zásadách. Ďalšou aplikáciou je meranie prietoku vôd a odpadových vôd v otvorených žľaboch a kanáloch pomocou štandardizovaných meracích žľabov. Tu sa pri známej výške hladiny jednoducho určuje prietok kvapaliny.



Obr.16 Ultrazvukové meranie výšky

Moderné meracie systémy obsahujú inteligentné spracovanie signálu na báze logiky Fuzzy. V prázdnom zásobníku sa vykoná „učenie sa“ falošných odrazov, keď sa zaznamenajú všetky odrazy, ktoré prijímač prijme, a zaznamená sa čas prechodu i amplitúda odrazeného signálu. Výsledok sa uloží do pamäte snímača ako tzv. zvukový obraz nádoby. Pri ďalšom meraní sa už vyhodnocuje len premenlivý signál odrazený od hladiny a všetky falošné signály sa potlačia. Toto umožňuje mimoriadny záznam odrazov s vysokou dynamikou a číslcovou analýzou odrazov. Súčasne s funkciou automatického cyklu „učenia sa“ sa zaznamenáva história a stav meranej látky.

Zhodnotenie

Zvláštnou prednosťou tohto meracieho princípu je, že pracuje bez priameho dotyku s meraným médiom. Tým odpadá mechanické spojenie s meranou látkou. Vďaka samočisteniu čelnej membrány od kondenzátu a prachu sa podstatne znižujú nároky na údržbu. Metóda umožňuje realizovať merania až do 70 m s presnosťou lepšou ako 0,1 % a v rozsahu teplôt od -20 do +80 °C. Prevádzkové tlaky sú od 0,03 do 0,15/0,3 MPa (podľa meracieho rozsahu). V prípade meracieho rozsahu nad 10 m sa používa už 4-vodičové zapojenie snímačov, keďže treba dodávať veľký výkon do ultrazvukového meniča na prekonanie meraných rozsahov.

Presnosť a spoľahlivosť merania je ovplyvňovaná prítomnosťou vstavaných prekážok, ako sú rebríky, snímače, miešadlá, potrubia, ale aj prítomnosť peny a pod.

Meranie nevyžaduje nastavenie snímača s plnením zásobníka meraným materiálom, ako je to napr. pri kapacitných snímačoch. Odrazené signály nie sú ovplyvňované permitivitou a vodivosťou materiálu. Konštrukciou sú snímače vyhotovené ako kompaktné s vyhodnocovaním meranej výšky a výstupom 4 – 20 mA HART alebo s číslcovým signálom Profibus PA a FF. Presnosť merania sa pohybuje rádovo v mm.

Obmedzením merania je prítomnosť hustej peny na povrchu meraných kvapalín, možná kondenzácia na studenej membráne, ako aj silné turbulencie hladiny spôsobené miešadlom. V prípade sypkých materiálov je to silné prášenie a hluk z pneumatického plnenia. Všetky tieto faktory spôsobujú výpadok šírenia ultrazvuku alebo jeho prenosu v zásobníku. V neposlednom rade sú aj prekážky v ceste ultrazvukového vlnenia, ktoré sa niekedy nedajú potlačiť a meranie je nefunkčné. Limitujúce sú aj teplota a tlak.

Radarové hladinomyery

Tento merací princíp pracuje podobne ako ultrazvukový. Princíp merania je založený na meraní času, ktorý potrebujú elektromagnetické vlny (mikrovlny) na prekonanie vzdialenosti medzi vysielačom, hranicou rozhrania dvoch prostredí a prijímačom vlnenia. Mikrovlny sa šíria rýchlosťou svetla a na rozdiel od zvuko-



Obr.17 Radarové meranie výšky



vých vln nepotrebnú prenosové médium. Meranie je možné tak vo vákuu, ako aj v prostredí s vysokým tlakom. Dnes sa dá povedať, že radarové snímače sa stávajú hlavnými snímačmi výšky hladiny na trhu a postupne nahrádzajú všetky ostatné princípy spojitého merania výšky hladiny.

Kombinovaný vysielač/prijímač vysiela a prijíma impulzy odrazené od meraného povrchu. Vďaka špeciálnemu spôsobu spracovania a veľmi rýchlym konštrukčným prvkom sú merateľné aj extrémne krátke časové hodnoty trvania návratu signálu od meraného povrchu.

Na meranie výšky sa bežne používajú frekvencie v rozsahu 5 – 25 GHz (cm pásmo). S ohľadom na telekomunikačné odporúčania sa vysielať frekvencia radarových senzorov volí tak, že je v rozsahu frekvencií povolených pre priemyselné použitie. Takým je tzv. ISM rozsah (Industrial Scientific Medicine).

Priemerná hodnota emitovaného (vysielaného) žiarenia v f. výkonu radarov býva približne 90 μW (asi 3,18 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), pričom dovolená medzná hodnota pre telekomunikačné zariadenia je 1 mW (približne 10 mW/cm^2).

Na trhu priemyselných aplikácií na meranie výšky sa objavujú radarové systémy využívajúce dva základné princípy:

1. **radar FMCW** (frequency modulated continuous wave). Radar FMCW pri meraní výšky hladiny nepriamo využíva meranie rozdielu frekvencií vysielača a prijímača. Vysielač generuje spojitý signál s moduláciou zmeny frekvencie v určitom rozsahu (10 – 11 GHz) počas presne určeného času (pílovitý charakter zmeny frekvencie). Z rozdielu vysielačnej a prijímačnej frekvencie odrazu možno po zložitej analýze (FFT) získať meranú vzdialenosť. Nevýhodou tohto spôsobu merania je potreba precízneho generátora vysokej frekvencie, náročná analýza odrazeného signálu a vznik tzv. mŕtvej zóny medzi povrchom meranej látky a senzorom (vyplýva to z času výpočtu).

2. **pulzný radar**, ktorý vznikol z dvoch príčin:

- tento princíp používali výrobcovia v prípade ultrazvukových senzorov už mnoho rokov,
- radar FMCW je často pomalý vzhľadom na rýchle zmeny povrchu meranej látky.

Princíp pulzného radaru je taktiež dobre známy. Je využívaný najmä na sledovanie objektov vo vzduchu a na vode vo vojenskej aj v civilnej oblasti.

Radarové systémy na meranie výšky hladiny vysielajú mikrovlnné impulzy s frekvenciou 5,8/6,3 GHz alebo 24 GHz, ktoré sa od povrchu meranej látky odrážajú späť k anténe. Anténa sa prepne do funkcie príjmu a prijíma impulzy odrazených signálov. Vyhodnocuje sa vzdialenosť meraním času medzi vyslaním a prijatím impulzov. Skutočnú výšku meraného materiálu určí merací systém odpočítaním meranej vzdialenosti od zadanej výšky zásobníka. Výška zásobníka sa vkladá do programu radarového/ultrazvukového snímača pri jeho inštalácii na zásobník.

Kvalita odrazu elektromagnetických vln pri meraní radarom pri rozličných materiáloch závisí hlavne od ich vodivosti a relatívnej permitivity ($\epsilon_r = DK$). Elektricky vodivé materiály, ako sú napr. kyseliny, zásady atď., majú veľmi dobrú odrážavosť, ich meranie prebieha bez problémov a nezávisí od hodnoty ϵ_r . Ak je látka elektricky nevodivá, potom má veľkosť ϵ_r podstatný vplyv na účinnosť odrazu. V prípade nízkej hodnoty ϵ_r ($\epsilon_r < 1,6$) časť mikrovln preniká do meranej látky – iba malá časť sa odráža späť k prijímaču a možno ju využiť na meranie. Tento efekt je veľmi častý v prípade merania suchých sypkých materiálov.

Zo skúsenosti možno povedať, že pri meraných látkach s relatívnou permitivitou $\epsilon_r \geq 1,6$ alebo s elektrickou vodivosťou $\gamma > 10 \text{ S/cm}$ je odraz dostatočný a možno ich ľahko merať. Normálne kvapaliny generujú veľmi silné odrazy, dokonca aj v prípade zvlnenej hladiny možno výšku kvapalín merať bez väčších problémov.

Hodnota ϵ_r klesá s rastúcou frekvenciou mikrovlnného žiarenia, a tak je výber pracovnej frekvencie radaru veľmi dôležitý pre aplikácie, kde sa vyskytujú pary či pena (pri 24 GHz aj malá vrstva peny spôsobuje

značný útlm a absorpciu signálu). Preto je vhodnejšie použiť radarové snímače s nižšou frekvenciou (6,3 GHz).

Pri vytváraní kuželov sypkých jemnozrnných materiáloch vznikajú pri meraní rovnaké problémy ako v prípade merania pomocou ultrazvuku. Avšak moderné radarové snímače špeciálne určené na meranie sypkých materiálov sa vyznačujú mimoriadnou citlivosťou a sú schopné detegovať odrazené signály, ktoré sú 100 x slabšie ako signál potrebný na meranie výšky kvapalín konvenčnými radarom.

Na vyhodnocovanie skutočnej hladiny a potlačenie všetkých odrazov od falošných prekážok sa používa spracovanie signálov pomocou špeciálnych algoritmov s číslicovou filtráciou, ktorá je optimálne prispôbená príslušnej aplikácii.

Dá sa povedať, že práve vyhodnocovanie odrazených signálov je kľúčové. Každý výrobca využíva svoje skúsenosti z dlhoročného nasadzovania snímačov do rozličných aplikácií.

Na správne posúdenie odrazov sa využívajú funkcie ako:

- historická pamäť (zobieranie kriviek odrazov počas merania do pamäte pre porovnanie),
- expertný systém s logikou Fuzzy na analýzu jednotlivých odrazov, kde sa zaznamenáva:
 1. veľkosť odrazu,
 2. tvar odrazu,
 3. viacnásobný odraz,
 4. falošný odraz,
- výpočet pravdepodobnosti odrazu.

Na základe týchto skutočností sú všetky odrazy spracované a odraz s najvyššou pravdepodobnosťou je vyhodnotený ako meraná výška. Takéto spracovanie signálu zaisťuje vysokú spoľahlivosť aj vo veľmi náročných aplikáciách.

Podobné spracovanie signálov sa používa aj v prípade ultrazvukových snímačov.

K odrazom od meranej hladiny sa pridružujú ďalšie rušivé odrazy, ktoré senzor sníma. Dôležitou úlohou pri spracovaní signálov je, aby sa vyhodnotil skutočný, pravý odraz od meranej hladiny. Ak nie je možné eliminovať zdroje falošných odrazov, rebríky, steny, výstupky v zásobníku atď., potom jedinou schodnou metódou je potlačenie (prekrytie) odrazov pomocou ich pevného utlmenia vo vyhodnocovacej elektronike. Lepšie meranie sa dosiahne, ak sa spracovanie odrazov realizuje s „plávajúcou“ strednou krivkou (floating average curve), ako aj využitím prvkov logiky Fuzzy na identifikáciu odrazov meranej hladiny.

Na zlepšenie merania a zmenšenie množstva falošných odrazov je dôležité použiť vhodnú anténu, ktorá sa často volí podľa aplikácie a podľa podmienok technologického procesu.

Najčastejšie sa používajú antény kovové kuželové, parabolické, plastové tyčové, kovové rúrové a zapuzdrované kovové v plaste.

Kuželová anténa (tzv. Hornova) je kovový kužel, ktorý umožňuje optimálne smerovanie mikrovln a dosahuje veľmi vysoké zosilnenie. Je to anténa najvhodnejšia pre väčšinu aplikácií. Vyznačuje sa dobrou mechanickou stabilitou, možnosťou voľby veľkosti príruby, možnosťou výberu materiálov antény, ktoré odolávajú aj veľmi agresívnym látkam a prostrediam s teplotou od -200 do 1000 °C a viac, s tlakmi do 6,4 MPa.

Dielektrická tyčová anténa. Táto nevodivá, dielektrická (PTFE) anténa má tvar tyče, ktorej priemer sa smerom ku koncu znižuje – tzv. end-fire žiarič. Často sa označuje aj ako polyrod. Priemer tyče je odstupňovaný smerom dolu a ako mikrovlny postupujú tyčou, stále viaccej a viacej energie vyžaruje z tyče cez jej povrch. Hlavný smer vyžarovania je v smere hrotu. Dielektrická tyč teda pôsobí ako vlnovod a žiarič. Veľkou výhodou tohto typu antén je to, že ich mechanická konštrukcia dovoľuje použitie minimálnej príruby DN 50. Vzhľadom na použitý materiál tyče sa dosahuje odolnosť voči extrémne agresívnym látkam. Anténa sa dodáva v rôznych dĺžkach. Ľahko sa čistí, je

najvhodnejšia pre potravinársky a farmaceutický priemysel. Tyčová anténa je vhodná pre teploty od -100 do $+200$ °C a tlaky do 2,5 MPa.

Rúrová anténa. Ďalšou možnosťou, ako realizovať merania radarom, je inštalácia radaru do kovového alebo pokovovaného potrubia, ktoré je vstavané v zásobníku alebo mimo zásobníka (tzv. bajpas). Týmto spôsobom sa dá zaistiť presné smerovanie mikrovln a veľmi dobrý signál odrazu aj v prípade materiálov so slabou odrážavosťou ($\epsilon_r < 1,5$). Inštalácia je možná už na rúru s priemerom DN 50 (v špeciálnych prípadoch DN 40). Meranie nie je citlivé na silne zvlhčený povrch a prípadné pary. Vysoká spoľahlivosť systému sa dosahuje aj pri teplotách od -200 do $+200$ °C a tlakoch do 6,4 MPa. Meracie potrubie predstavuje pre mikrovlny vodič. Preto je rýchlosť šírenia mikrovln v rúre vyššia a závisí od priemeru rúry. Vo vyhodnocovacom prístroji sa musí naprogramovať vnútorný priemer rúry a tak prispôsobiť rýchlosť šírenia vlnenia.

Kuželová anténa je anténa používaná najmä pre radarové snímače s frekvenciou 24 GHz a je špeciálne určená na meranie výšky sypkých materiálov až do 70 m. Vyznačuje sa vynikajúcou smerovosťou lepšou ako 4° .

Zapuzdrovaná anténa predstavuje malú kuželovú anténu, ktorá je zapuzdrovaná v plaste. Sú to cenovo veľmi výhodné antény pre jednoduché aplikácie a keďže sa dajú ľahko čistiť a sanovať, sú ideálne pre potravinársky a farmaceutický priemysel, resp. aj pre priemysel vodného hospodárstva.

Meranie „cez okno“

Radarové mikrovlny môžu prenikáť nevodivými látkami, ako sú sklo alebo plasty. V prípade veľmi agresívnych látok (kyseliny, zásady) je výhodné, ak meranie možno realizovať cez stenu plastových zásobníkov.

Meranie je možné v prípade, ak sa merané látky vyznačujú dobrou odrážavosťou. Pre elektricky vodivé látky alebo látky s $\epsilon_r > 10$ možno meranie spoľahlivo realizovať cez stenu zásobníka. Takto je možné merať výšku hladiny aj v pohyblivých plastových zásobníkoch.

Pri inštalácii radarov je dôležité správne zvoliť miesto a polohu snímača nad plastovým zásobníkom. V prípade, že ide o kovový zásobník, možno na meranie použiť „okno“, ktoré je z materiálu prepúšťajúceho mikrovlny (sklo, keramika, PTFE alebo PP). Výhodou merania je, že anténa je chránená od kontaminácie v procese a senzor možno posúvať bez ovplyvňovania procesu.

Pri voľbe meracieho okna nie je dôležitý len materiál okna, ale aj jeho hrúbka z dôvodu potreby eliminácie alebo kompenzácie odrazov na medzných vrstvách okna (horný a dolný povrch). Hrúbka stien materiálov okna sa nachádza v rozmedzí 8 – 18 mm a v ich celočíselných násobkoch (pričom tenšie hrúbky okna sú dané pre väčšie hodnoty ϵ_r a opačne).

„Cez okno“ možno merať aj pri podstatne vyššom tlaku, ktorý je limitovaný iba pevnosťou „okna“.

Veľkou výhodou radarového merania je, že pracovné podmienky v zásobníku hrajú pri ňom iba zanedbateľnú úlohu.

Takto možno s primeraným vyhotovením senzora merať výšku v zásobníku:

- pri teplotách aj nad 1000 °C,
- pri tlakoch až do 6,5 MPa,
- v zásobníkoch s intenzívnou tvorbou prachu a pár bez utlmenia mikrovln,
- s neobmedzeným vrstvením plynov v zásobníku,
- plne nezávisle od hluku a rýchlosti prúdenia vzduchu, napr. pri pneumatickom plnení,
- bezproblémovo aj pri zmenách vlastností materiálu, t. j. kolísaní permitivity a vodivosti alebo hustoty meranej látky,
- aj cez stenu plastových alebo sklenených zásobníkov,
- bez tzv. mŕtvej zóny (možnosť merať výšku hladiny až po koniec antény) s vysokou presnosťou lepšou ako 0,1 %,

- s minimalizáciou kondenzácie vodných pár na anténach vhodnou konštrukciou antén.

Reflektometrické meranie (TDR) – radar na lane/tyči

Reflektometrické hladinoměry tvoria medzi radarovými snímačmi špeciálnu skupinu kontaktného merania. Tieto prístroje s vedeným mikrovlnným signálom využívajú šírenie elektromagnetického impulzu v telese, ktoré je ponorené do meraného materiálu v nádrži (lano, tyč, koaxiálna tyč). Mikrovlnné impulzy sa šíria rýchlosťou približne $300\,000$ km/s a prenášaný signál sa odráža v rovine rozhrania (meranej hladiny). Intenzita odrazeného signálu závisí od permitivity materiálu ϵ_r . Vyhodnocuje sa (rovnako ako pri radarových snímačoch) čas medzi vyslaním impulzu a prijatím odrazeného impulzu (Time Domain Reflection – TDR). Frekvenčný rozsah signálov je 0 až 2 GHz.

Pri použití radarov s koaxiálnou tyčou možno spoľahlivo merať aj látky s permitivitou od 1,4. Čím je permitivita väčšia, tým je odraz intenzívnejší (pri vode sa odráža až 80 % energie impulzov). Presnosť merania pri kvapalinách je lepšia než 3 mm.

Použitie reflektometrických hladinomev prináša mnoho výhod. Signál nie je ovplyvňovaný falošnými a viacnásobnými odrazmi od inštalácií v zásobníkoch. Pretože sa impulzy šíria po vedení, nie sú utlmované prostredím medzi anténou a meraným materiálom a na presnosť merania nemá vplyv teplota, tlak ani prítomnosť prachu, pár alebo peny. Tieto snímače sú ideálne na meranie výšky práškových a granulovaných materiálov. Prirodzene nájdu uplatnenie aj v prípade merania výšky kvapalín. Reflektometrické snímače so špeciálnou konštrukciou možno využiť aj na meranie rozhrania dvoch kvapalín. Dôležitou podmienkou je, aby permitivita spodnej kvapaliny bola asi o 10 jednotiek vyššia, ako je permitivita hornej kvapaliny. Pomocou vhodného vyhodnocovacieho prístroja možno získať zo snímača 3 analógové signály, ktoré zodpovedajú výške dolnej hladiny, výške hornej hladiny a hrúbke hornej kvapaliny.

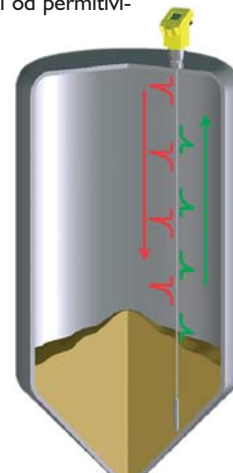
Prednosťou reflektometrického merania je vysoká spoľahlivosť, opakovateľnosť a široký rozsah merania (pre lanové verzie až do 70 m).

Prevádzkové teploty sa môžu pohybovať od -50 až do $+200$ °C a tlaky od vákua do 10 MPa. Nevýhodou je kontakt antény s meraným materiálom a prípadné nebezpečenstvo pretrhnutia lana pri meraní sypkých materiálov. Preto sa dajú laná ale aj tyče podľa potreby meniť a prípadne aj skracať.

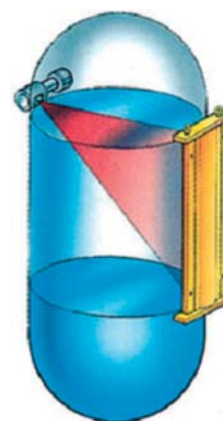
Rádioizotopové hladinoměry

Rádioizotopové hladinoměry využívajú známou skutočnosť, že intenzita rádioaktívneho žiarenia klesá úmerne s hrúbkou vrstvy medzi materiálom a detektorom. Vyhodnocuje sa teda zoslabenie zväzku ionizujúceho žiarenia pri jeho prechode meraným priestorom. Meracie zariadenie pozostáva z rádioaktívneho žiariča a detektora žiarenia s elektronickými obvodmi.

Ako rádioaktívne žiariče sa používajú zdroje žiarenia gama, ktoré veľmi dobre prenikajú materiálom, ale vyvolávajú jeho rádioaktivitu. Aby neboli potrebné časté kalibrácie, používajú sa izotopy s dlhším polčasom rozpadu, napr. Co 60 (polčas 5,3 roka) alebo Cs 137 (30 rokov). Žiarič musí byť opatrený oloveným ochranným krytom s hrúbkou niekoľko centimetrov/decimetrov.



Obr.18
Reflektometrické
meranie výšky – TDR



Obr.19 Rádiometrické
spojité meranie výšky

Na detekciu žiarenia sa používa buď Geigerov-Müllerov detektor (pri teplotách väčších ako 60 °C je elektronická časť oddelená od detektora), alebo citlivý scintilačný detektor s fotonásobičom. Scintilačné detektory sú citlivé na teplotu, ktorá by nemala prekročiť limitnú hodnotu asi 55 °C. Intenzita žiarenia dopadajúceho na detektor závisí od hrúbky meraného materiálu.



**Obr.20 Žiarič
radiometrického
hladinomera**

Snímanie výšky hladiny s využitím rádioaktívneho žiarenia sa používa pri bodovom alebo spojitom meraní, a to tam, kde je väčšina ostatných technológií neúspešná. Pri detekcii medzného stavu sa vyhodnocuje útlm materiálom v jednej definovanej úrovni, v mieste inštalácie žiariča a detektora.

Rádioizotopové detektory predstavujú jedno- alebo viacbodové Geigerove-Müllerove trubice na monitorovanie žiarenia gama prechádzajúce cez zásobník. Ak sa nachádza v zásobníku meraný materiál, dochádza k poklesu intenzity žiarenia gama a tento je vyhodnotený do spínacieho impulzu. Ako redundantné možno použiť druhé relé alebo indikovať pomocou neho stav spínača.

V ďalšej časti tohto seriálu za budeme venovať elektromechanickým hladinomerom a hladinomerom založeným na meraní hmotnosti a začneme sa venovať vyhodnocovaniu medzného stavu hladiny.

Ing. Dušan Kiseľ, CSc.

e-mail: ktest@kbc.sk

31