



Kontinuálne snímanie hladiny v zásobníkoch (vysoká prašnosť)

Výber vhodného princípu

Rôzne fyzikálne princípy ponúkajú širokú paletu meracích metód, ktoré umožňujú nájsť ideálne riešenie 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. Preto je pri riešení merania výšky hladiny sypkého materiálu rozumné obrátiť sa na takého odborníka, ktorý má viacročné skúsenosti s hladinomeri rôzneho druhu a rôzneho princípu alebo na výrobcu, ktorý má v ponuke ozaj širokú paletu meracích princíпов.

Kritériá výberu hladinomera

Nájsť vhodný hladinomer pre sypké materiály znamená nájsť odpoveď na nasledujúce otázky:

- výška sila/zásobníka, priemer a tvar,
- vlastnosti meraného materiálu:
 - sypná/merná hmotnosť,
 - dielektrická konštanta (pre radar),
 - nánosy, lepkavosť,
 - teplota,
 - abrazívnosť,
- metóda plnenia, umiestnenie,
- vnútorná štruktúra sila/zásobníka,
- požadovaná presnosť,
- možnosti umiestnenia hladinomera,
- rozpočet na kúpu meracieho zariadenia,
- náklady na inštaláciu a pravidelnú údržbu hladinomera.

V tab. 1 sú uvedené najčastejšie používané technológie a princípy merania výšky hladiny sypkého materiálu. Ako vidíme, v porovnaní s inými technológiami majú najširšie uplatnenie radarové hladinomyery.

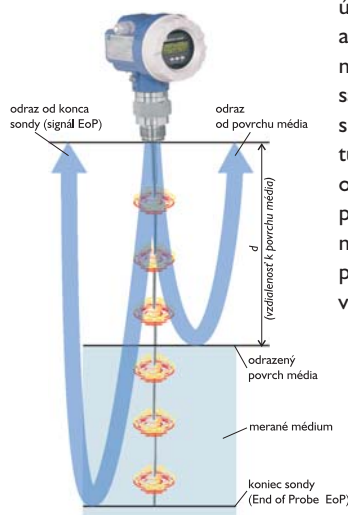
Radar TDR (lanový radar)

Radar TDR je radarový snímač hladiny s vedenými impulzmi (TDR – Time Domain Reflectometry). Prístroj spoľahlivo meria výšku hladiny sypkých materiálov v zásobníkoch a v silách, kde nemožno použiť bežný radar vysielač impulzný alebo frekvenčný signál do voľného priestoru.

Merací princíp TDR

Prečo sú niektoré TDR radary spoľahlivejšie?

Niektoré radary, ako napr. Levelflex M od Endress + Hauser, používajú špeciálny algoritmus, aby nestratili signál z merania. Lanový snímač hladiny Levelflex M má presne definovanú dĺžku. Okrem odrazu od povrchu meraného média dochádza navyše k ďalšiemu výraznému odrazu mikrovlnného signálu od konca vodiaceho prvku, tzv. End of Probe (EoP). Od rozhrania kovu a meraného média na konci sondy sa odrazí zvyšok energie signálu späť do sondy a ako tzv. signál EoP sa vráti späť k vysielaču. Pri kalibrácii vo výrobnom závode vyhodnocovacia jednotka v snímači hladiny vyhodnotí čas letu signálu EoP s vodiacim prvkom obklopeným vzduchom a kalibrované údaje uloží do pamäte snímača Levelflex. Pri čiastočnom ponorení vodiaceho prvku do meraného média sa čas letu signálu EoP zmení v závislosti od hodnoty permitivity meraného média (väčšie ϵ_r znamená menšiu rýchlosť pohybu signálu) a od hrúbky vrstvy meraného média, cez ktorú musí signál prejsť. Vyhodnocovacia jednotka snímača hladiny Levelflex M automaticky kontroluje a vyhodnocuje kvalitu odrazeného signálu od povrchu meraného média a kvalitu signálu EoP počas prevádzky. Z dvoch nameraných údajov (hladina a EoP) sa vypočíta aktuálna permitivita (relatívna permitivita) meraného média a ukladá sa v pamäti prístroja. Takýmto spôsobom prístroj robí nepretržitú „samokalibráciu“ (self-calibration) za bežných podmienok, kým pri strate signálu od hladiny vyhodnocovacia jednotka automaticky prejde do interpolačného režimu a vypočítava polohu hladiny z času letu EoP a z poslednej uloženej hodnoty permitivity ϵ_r . Tento patentovaný algoritmus, End of Probe algorithm[®], zabezpečí spoľahlivé a hodnoverné meranie výšky hladiny i za tých najnepriaznivejších prevádzkových podmienok.



Obr.1 Merací princíp TDR radaru

	ultrazvuk	tenzometer	radar (bezdotykový)	radar TDR (lanový)	váženie	kapacitné	rádiometrické	elektromechanické	laser
rozsah*	70 m	∞	70 m	35 m	20 m	20 m	∞	70 m	300 m
vysoká prašnosť	!	✓	✓	✓	!	✗	✓	✓	✗
vákuum	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
vysoká ťažná sila	✓	✓	✓	!	!	!	✓	!	✓
nános	!	✗	!	!	✗	✗	✓	!	✗
teploty nad 150 °C	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	!	✓
bez pohybujúcich sa mechanických častí	✓	✓	✓	✓	!	✓	✓	!	✓

* uvedené sú maximálne rozsahy typické pre daný princíp

Tab.1



Obr.2 Meranie výšky hladiny vápna (extrémne prašné prostredie)



Výhody a použitie TDR radarov

Najväčšou výhodou TDR radarov je nepochybne to, že netreba prijímať špeciálne opatrenia na jeho prevádzku a že vodiace lano snímača je vyrobené z ocele a je pružné, preto ho nepoškodí ani hrubé kusy sypkého materiálu v zásobníku. Dôkazom je kaž-

dodenná prevádzka niekoľko tisíc zásobníkov v cementárniach, kameňolomoch a doloch po celom svete, kde sú osadené hladinomer Levellex. Vďaka End of Probe algorithm® nemá žiadny významnejší vplyv ani nános nalepený na lano snímača, v tom najhoršom prípade narastie nepresnosť merania o niekoľko milimetrov. TDR radar je ideálny na meranie jemných materiálov s vysokou prašnosťou, ako sú cement, vápno, slinok, uhlie, popol, múka, granuly a pod. TDR radar je podobne ako bezdotkový radar bezúdržbový, keďže hladinomer je bez pohybujúcich sa mechanických častí. Nevýhodou metódy je lano hladinomeru, ktoré sa nachádza v zásobníku, a preto treba kontrolovať ťažnú silu, ako je to uvedené v prehľadovej tabuľke. Ťažná sila závisí od typu a hrúbky lana. Na minimalizáciu ťažnej sily sa používa plastový povlak lana. TDR radar sa nehodí pre veľmi abrazívne materiály, kde môže dôjsť k mechanickému zničeniu lana. Pre abrazívne aplikácie je lepšie použiť bežný bezdotkový radar.

Radarový hladinomer

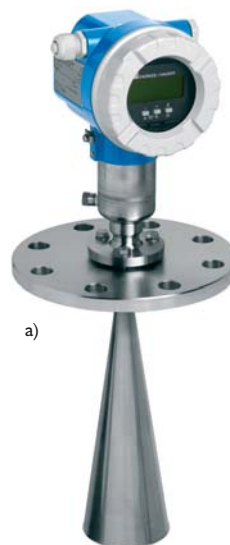
Radarový hladinomer je ideálny na bezdotkové meranie výšky hladiny sypkého materiálu. Poskytuje možnosť presného a spoľahlivého merania pre aplikácie aj s vysokou prašnosťou spôsobenou napr. pneumatickou dopravou meraného média do zásobníka. Je ideálnou náhradou za kapacitné alebo ultrazvukové systémy, ktoré pri vysokej prašnosti neposkytujú spoľahlivý výstupný signál. Radar poskytuje presnejšie meranie ako spomenuté princípy a nie je ovplyvnený teplotným gradientom vo vysokých silách. Najväčšie výhody radarového hladinomeru sú: bezdotkové spoľahlivé meranie aj v náročných podmienkach, vysoká presnosť a spoľahlivosť, bezúdržbová prevádzka, možnosť merať abrazívne materiály.

Prečo sú niektoré radary spoľahlivejšie?

Na zvýšenie spoľahlivosti slúžia niektoré konštrukčné a softvérové úpravy výrobcov radarov na sypké materiály. Ako príklad môžeme uviesť radar Micropilot M FMR250 od Endress + Hauser. Tento radarový hladinomer je určený na meranie hladiny sypkých materiálov a je konštrukčne aj softvérovu upravený a prispôsobený na meranie v prašnom prostredí. Anténa radaru je nastaviteľná (obr. 3c) pomocou kľbu na dosiahnutie optimálneho uhla dopadu mikrovlnného signálu na meraný materiál. Sypký materiál bežne vytvára tzv. násypný kužeľ, čiže hladina materiálu nie je rovná, a preto hrá táto možnosť nastavenia dôležitú úlohu pri spoľahlivom a správnom meraní hladiny. Anténa radaru (obr. 4a) je vybavená čistiacou dýzou (obr. 4b), ktorá slúži na pravidelné čistenie antény. Do dýzy je pripojený stlačený vzduch a v pravidel-



Obr.3 Meranie výšky hladiny cementu pomocou radarového snímača Micropilot s integrovaným čistením



Obr.4 Automatické čistenie antény radaru pomocou stlačeného vzduchu

ných intervaloch prečistí vnútornú stranu antény (obr. 4c). Takáto možnosť automatického čistenia je nevyhnutná pre lepkavé materiály, kde sa prach nalepí na anténu a postupne blokuje vyžarovanie radarového signálu. Konštrukcia a parabolický tvar antény zabezpečia veľmi úzky vyžarovací uhol 4°.

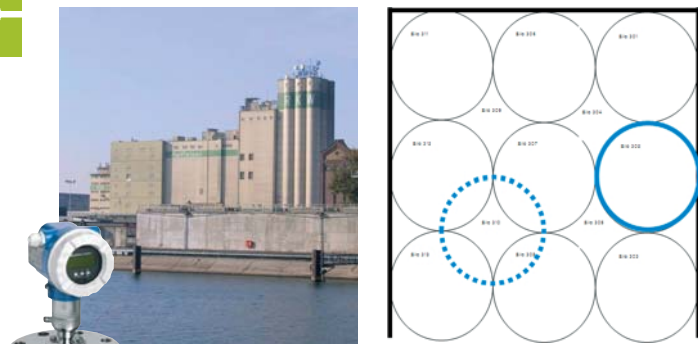
Identifikácia vzorového signálu s prvkami Fuzzy-Logic a nastaviteľné používateľské parametre skracujú uvedenie do prevádzky a zabezpečujú trvalé a bezporuchové meranie. Stabilné meranie zabezpečí unikátne spracovanie signálu, ktoré Endress + Hauser dlhé roky používa vo svojich hladinomeroch, ako je FEF algoritmus (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 výborné skúsenosti v tejto oblasti.

Príklady z praxe

Na obr. 3 je uvedená aplikácia z cementárne, kde konvenčné radary bez automatického čistenia fungovali len niekoľko dní alebo vôbec nefungovali. Hladina je čerená zospodu a nad hladinou cementu je vysoká prašnosť. Cementové silo je vysoké 38 m a široké 12 m, pričom je delené do troch segmentov. Na meranie bol inštalovaný radar



Obr.5 Meranie slinku pomocou radarového snímača Micropilot s integrovaným čistením



Obr.6 Obilné betónové silá sú vybavené radarovými hladinomerami

Micropilot M FMR250 s parabolickou anténou DN200 s predĺžením $L = 450$ mm (obr. 3d).

Pri meraní slinku treba počítať aj so zvýšenou teplotou. Na obr. 5 je uvedené meranie výšky hladiny slinku s teplotou do 120 °C. Silo s výškou 50 m a šírkou 25 m malo jediné miesto na montáž hladinomera, a to v blízkosti plnenia. Práve táto podmienka komplikuje meranie, keďže slinok má nízku dielektrickú konštantu (permitivitu E_r), cca $1,9$. Počas plnenia preto môže dôjsť k strate signálu. Keďže jediná možnosť umiestnenia hladinomera bola 80 cm od plnenia, bol použitý radar Micropilot M FMR250 s parabolickou anténou DN200 s predĺžením $L = 450$ mm. Radar spoľahlivo funguje aj v týchto nepriaznivých podmienkach.

Meranie výšky hladiny obilia s vysokou prašnosťou – sústava síl je tvorená deviatimi betónovými silami v rozložení 3×3 , ako je to uvedené na obr. 6 s modrým krúžkom. Koncový používateľ využil na skladovanie obilia aj vonkajšie steny betónových síl, ktoré tvoria ďalšie štyri silá, ako je to znázornené na obr. 6 s modrým prerušovaným krúžkom. Takto vniknuté „zásobníky“ majú netradičný tvar, ktoré nie sú ideálne na meranie pomocou radaru. Pri betónových silách treba počítať s falošnými odrazmi od betonárskej ocele (roxoru), ktoré sa nachádzajú vnútri betónových stien. Tieto falošné odrazy musí viesť radarový hladinomer rozoznať a filtrovať od skutočnej hladiny. Práve na to slúži FAC algoritmus. Silá obilia majú výšku 65 m a šírku 6 m. Na meranie bol inštalovaný radar Micropilot M FMR250 s kuželovou anténou DN100 s predĺžením $L = 450$ mm (obr. 6).

Imrich Macsai

TRANSCOM TECHNIK, spol. s r.o.
e-mail: macsai@transcom.sk