

# Spoločnosť Endress + Hauser, jedna z vedúcich firiem v oblasti vývoja, výroby a predaja meracích prístrojov pre priemerné aplikácie, poskytuje širokú paletu fyzikálnych princípov merania pre jednotlivé segmenty priemyslu. Po stručnom prehľade meracích princípov používaných na meranie hladiny sa ďalej opisuje unikátne riešenie radarového snímača, snímača Levelflex s vedenými impulzmi, ktorý umožňuje spoľahlivo merať aj pri slabom odraze mikrovlnného signálu od hladiny.

**Široký výber princípov**  
Spoločnosť Endress + Hauser sa venuje výrobe a vývoji priemyselných snímačov hladiny od roku 1953 a je na špičke technického rozvoja tohto odboru vďaka neustálym investíciám do výskumu a vývoja po celú túto dobu. Spoločnosť vždy ponúkala a naďalej uvádza na trh výrobky nielen zodpovedajúce momentálnym požiadavkám, ale i orientované na budúcnosť a pripravené na jednoduchšie začlenenie do nových automatizačných systémov.

Základný prehľad súčasnej ponuky snímačov hladiny značky Endress + Hauser v členení podľa použitého meracieho princípu a možného použitia vrátane podporných programov je v tab. 1. Snímače hladiny sa dodávajú v rôznych vyhotoveniach a s bohatým príslušenstvom. Každý prístroj je dôkladne overený a príslušne certifikovaný.

## Radarový snímač hladiny s vedenými impulzmi Levelflex M

Levelflex M je radarový snímač hladiny s vedenými impulzmi (TDR – Time Do-

main Reflectometry). Prístroj spoľahlivo meria výšku hladiny kvapalín i sypkých materiálov v nádržiach a v silách i pri premenenom prostredí v nádržiach alebo za prítomnosti peny, resp. prachu, kde nemožno použiť bežný radar vysielač impulzný alebo frekvenčný signál do voľného priestoru. Unikátne je použitý špeciálny algoritmus vyhodnocovania priečného mikrovlnného signálu vodiacim prvkom. Špeciálny algoritmus umožňuje spoľahlivé meranie polohy hladiny kvapalín s malou permitivitou a aj slabým odrazom mikrovlnného signálu, čo je veľmi dôležité napr. pri práci s ropnými derivátmi (a s kvapalnými uhľovodíkmi všeobecne).

## Merací princípy s vedenými impulzmi (TDR)

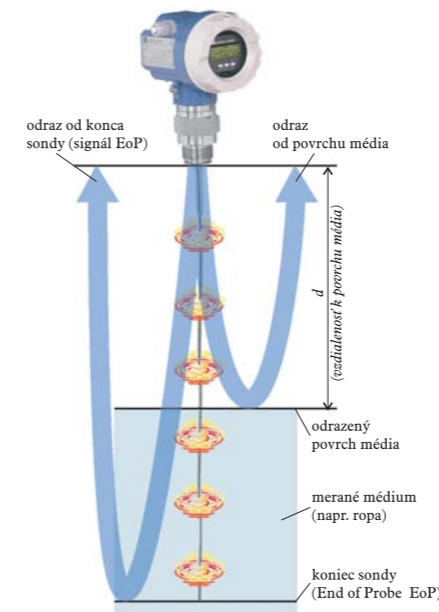
Snímač hladiny Levelflex M je radarové zariadenie pracujúce s mikrovlnným elektromagnetickým žiarením (signálom), šíriacim sa pozdĺž vodiaceho prvku (lano, tyč alebo koax z nehrdzavejúcej ocele).

Mikrovlnný signál postupuje z vysielača snímača hladiny vodiacim prvkom sme-

rom dolu k povrchu meraného média, kde sa čiastočne odrazí. Doba, za ktorú signál prejde vzdialenosť od vysielača k povrchu média a späť k prijímaču (tzv. doba letu, Time-of-Flight – ToF), ktorá sa meria, reprezentuje vzdialenosť  $d$  medzi bodom vysielača impulzu (vysielač/prijímač) a povrchom meraného média (obr. 1). Vo vyhodnocovacej jednotke snímača hladiny sa následným odčítaním vypočítanej vzdialenosti medzi prevodníkom a hladinou od známej výšky nádrže získa údaj o skutočnej polohe (výške) hladiny meraného média v nádrži. Ten sa potom zobrazuje na miestnom displeji, resp. sa prenáša k ďalšiemu použitiu v riadiacom systéme. Ako pri všetkých radarových prístrojoch, aj tu sa využíva princíp nezávislosti rýchlosti šírenia mikrovlnného signálu od teploty, tlaku a zloženia atmosféry nad hladinou meraného média v nádrži. Ďalšou veľkou výhodou je, že na mikrovlnný signál nemá vplyv ani pena plávajúca na hladine média v nádrži. Energia odrazeného radarového signálu závisí od permitivity meraného média. Permitivitu, bežne uvedenú ako relatívnu (pomernú) permitivitu  $\epsilon_r$ , má každá látka (staršie označenie permitivity je dielektrická konštanta).

Relatívna permitivita  $\epsilon_r$  vyjadruje, koľkokrát je permitivita  $\epsilon$  daného prostredia väčšia ako permitivita vákuu  $\epsilon_0$ . Relatívna permitivita má rozmer 1. Hodnota relatívnej permitivity vákuu sa rovná jednej. Pre akékoľvek iné prostredie  $\epsilon_r > 1$ .

Elektromagnetický signál sa šíri vo vákuu rýchlosťou svetla. Jeho rýchlosť poklesne pri prechode prostredím naplneného látkou v závislosti od hodnoty  $\epsilon_r$  tejto látky. Ak sa má odraziť mikrovlnný signál od povrchu meraného média, pričom jeho relatívna permitivita je menšia, ako 1,7, narazíme na fyzikálne medze. Od tejto hranice totiž väčšina energie vyslaného signálu prechádza rozhraním do média a šíri sa ďalej vnútri média. Od povrchu sa odrazí späť len zanedbateľná časť pôvodnej energie signálu, zanedbateľná vzhľadom na ďalšie spracovanie. Keďže uhľovodíky majú veľmi nízke hodnoty  $\epsilon_r$  v rozmedzí od  $\epsilon_r = 1,4$  (napr. kvapalný propan-butan) do  $\epsilon_r = 2$ , ich meranie výšky hladiny pomocou radaru je vždy náročná úloha.



Obr.1 Merací princípy s vedenými impulzmi (TDR)

Pretože energia odrazeného signálu (echa) je veľmi nízka, stačí malá zmena podmienok, napr. jemne turbulentná (rozvírená) hladina meraného média, aby došlo k úplnej strate signálu a echo nemožno detegovať na prijímači. Tento nedostatok radarových hladinomerov je známy pre väčšinu používateľov. Len niektorí z nich však poznajú metódu detekcie konca sondy, známu ako End of Probe detection, ktorá dokáže uvedený nedostatok radarových snímačov prekonať.

## Detekcia konca sondy

Vodiaci prvok (tyč, lano alebo koax) má pri každom snímači hladiny Levelflex M určitú dĺžku. Vedľa 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 vyhodnotí vyhodnocovacia jednotka v snímači hladiny dobu 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 doba letu signálu EoP zmení v závislosti od hodnoty permitivity meraného média (väčšie  $\epsilon_r$  znamená menšiu rýchlosť pohybu signálu) a od hrúbky vrstvy meraného média, cez ktorú musí signál prejsť.

## Algoritmus EoP na automatickú kalibráciu

Vyhodnocovacia jednotka snímača hladiny Levelflex M automaticky kontroluje a vyhodnotí kvalitu odrazeného signálu od povrchu meraného média a kvalitu signálu EoP počas prevádzky. Táto automa-

tická kalibrácia sa robí periodicky každú sekundu pri dvojvodičových prístrojoch a dvakrát za sekundu pri štvorvodičových prístrojoch. Z dvoch nameraných údajov (hladina a EoP) sa vypočíta aktuálna permitivita (relatívna permitivita) meraného média a je uložená v pamäti prístroja. Takýmto spôsobom prístroj robí nepretržitú „samokalibráciu“ (self-calibration) za bežných podmienok, kým za abnormálnych podmienok, t. j. pri strate echa hladiny vyhodnocovacia jednotka automaticky prejde do interpolačného režimu a vypočítava polohu hladiny z doby letu EoP a z poslednej uloženej hodnoty permitivity  $\epsilon_r$ . Tento patentovaný algoritmus, End of Probe algorithm®, zabezpečí spoľahlivé a hodnoverné meranie výšky hladiny i za tých najnepriaznivejších prevádzkových podmienok.

## Eliminácia vplyvu zmien permitivity bez zásahu obsluhy

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 (z týchto príčin môže napr. kolísať presnosť merania pomocou kapacitných snímačov, ktoré nemajú kompenzáciu kolísania permitivity). Preto treba neustále sledovať  $\epsilon_r$ , permitivitu meraného média a zohľadňovať zmeny  $\epsilon_r$ . To je význam opísaného patentovaného algoritmu spracovania signálu EoP, ktorý umožňuje spoľahlivé a presné meranie i za medzných podmienok, ako je malá permitivita meraného média alebo obmedzená schopnosť média odrážať mikrovlnný signál. Prevodník sa postará o pomocné výpočty a o automatickú kalibráciu, nepretržite kontrolné výpočty robí na pozadí prístroja, preto obsluha často ani nevie o tom, že vlastní prístroj, ktorý robí pravidelnú „samokalibráciu“.

## Užitočný nielen v ropnom priemysle

Snímač hladiny Levelflex M je ideálnym riešením na meranie výšky hladiny uhľovodíkov a chemikálií, na meranie v malých procesných nádobách a v úzkych zásobníkoch. Je ideálnym riešením aj na sypké materiály s vysokou prašnosťou, na meranie granul, na meranie vo vysokých silách, ako aj na mnoho ďalších aplikácií. Výsledky merania nie sú ovplyvňované penou na hladine ani turbulenciou hladiny, napr. pri miešaní. Snímače hladiny Levelflex M pracujú spoľahlivo i v prostredí s vysokou úrovňou vibrácií, napr. na mobilných cisternách na prepravu cementu, na čerpadlách a podobne, kde sa súčasne vyžaduje veľmi rýchle meranie.

Na obr. 2 je meranie výšky hladiny kotlovej vody, kde zákazník požadoval trojnásobnú redundanciu, kým na bežné mera-

nie hladiny kotlovej vody sa používa jeden snímač umiestnený v bajpase. Meranie pomocou vysokoteplotného radarového snímača Levelflex M pre teploty až do 400 °C a tlaky do 400 bar je náhradou konvenčného merania pomocou snímača tlakovej diferenciencie, pretože radarové meranie nezávisí od zmeny hustoty, tlaku a ani od zmeny teploty. Radarový snímač meria spoľahlivo aj vo vákuu.



Obr.2 Snímač hladiny Levelflex M a príklad inštalácie v elektrárňach

Snímače hladiny Levelflex M merajú výšku hladiny kvapalín aj sypkých materiálov. Odolná konštrukcia umožňuje bezpečnú prevádzku prístroja, napr. na tlakových nádobách, nádržiach, na zásobníkoch a silách, netreba prijívať špeciálne opatrenia na jeho prevádzku, vodiaci prvok snímača (lano, tyč alebo koax) je vyrobený z ocele a je pružné, preto ho nepoškodí napr. ani hrubé kusy sypkého materiálu v zásobníku. Dôkazom je každodenná prevádzka niekoľkotisíc zásobníkov v cementárňach, kameňolomoch a baniach po celom svete. Nemá žiadny významnejší vplyv ani kal alebo blato nalepené na vodiaci prvok snímača, v tom najhoršom prípade narastie neistota merania len o niekoľko milimetrov. Presné spracovanie frekvenčného signálu v prístroji umožňuje umiestniť niekoľko snímačov hladiny Levelflex v jednej nádrži veľmi blízko vedľa seba bez toho, aby hrozilo nebezpečenstvo vzájomného rušenia. Práve preto možno veľmi jednoducho realizovať redundantné meranie meracieho reťazca, napr. na odľahčovacie nádrže. Výhodné je aj to, že snímač hladiny Levelflex M môže byť umiestnený veľmi blízko kovových stien nádrže, stačí zabrániť priamemu kontaktu vodiaceho prvku so stenou, čo sa zabezpečí upevnením jeho polohy v nádrži ukotvením spodného konca.

Pokračovanie na strane 58

merací princíp/produkt	použitie				
	spojité/kontinuálne meranie		limitné meranie		softvér
	kvapaliny	sypké materiály	kvapaliny	sypké materiály	
radarový	x	x		x	x
radarový s vedenými impulzmi (TDR alebo mikroimpulzný systém)	x	x			x
ultrazvukový	x	x	x	x	x
kapacitný	x	x	x	x	x
hydrostatický tlak	x				
tlakový rozdiel (tl. diferencia)	x				x
rádiometrický	x	x	x	x	x
elektromechanický	x	x		x	
vibračný			x	x	
vodivostný			x		
vrtulkový				x	
Applicator <sup>1)</sup>					x
ToF Tool – FieldTool® Package <sup>2)</sup>					x

<sup>1)</sup> inteligentný softvér na výber a návrh prístrojov s integrovanou funkciou sizing atď.

<sup>2)</sup> softvér na konfigurovanie a obsluhu prístrojov (snímače hladiny na princípe ToF, prevodníky tlaku, prietokomery)

Tab.1 Meracie princípy a použitie snímačov hladiny dodávaných spoločnosťou Endress + Hauser (zdroj: Endress + Hauser, 2005)

# Spoločlivé meranie aj pri nespoločlivom echu hladiny

Pokračovanie zo strany 35

## Záver

Snímačom hladiny s vedenými impulzmi Levelflex so skutočne univerzálnym použitím od kvapalín s permitivitou blížiacou sa jednej až po hrubozrnné sypké materiály patrí významné miesto v automatizácii. Podrobnejšie informácie o meracej metóde Time-of-Flight – ToF, ako aj o ďalších novinkách a produktoch Endress + Hauser získate na adrese výhradného zastúpenia pre SR.

Endress+Hauser   
People for Process Automation



**TRANSCOM TECHNIK, s. r. o.**

**výhradné zastúpenie Endress + Hauser pre SR**

**Bojnická 14, P.O.BOX 25**

**830 00 Bratislava 3**

**Tel.: 02/44 88 02 59, 44 88 86 90**

**Fax: 02/44 88 71 12**

**e-mail: [info@transcom.sk](mailto:info@transcom.sk)**

**<http://www.transcom.sk>**