

## Spolehlivé měření i při nespolehlivém echu od hladiny

Společnost Endress+Hauser Group (E+H) má ve svém výrobním sortimentu velmi rozsáhlý sortiment snímačů pro spojitě měření i k detekci polohy hladiny kapalných i sypkých látek v průmyslu, které využívají většinu známých principů. Po stručném přehledu hladinometrů nabízených E+H (podle principů) je dále popsáno unikátní řešení hladinoměru s vedenými impulsy Levelflex M umožňující mj. spolehlivě měřit i při slabém odrazu mikrovlnného signálu od hladiny.

### Široký výběr principů měření hladiny

Společnost E+H se věnuje výrobě a vývoji hladinometrů pro použití v průmyslu od roku 1953. Díky neustálým investicím do výzkumu a vývoje je po celou tuto dobu na špičce technického rozvoje tohoto oboru. Vždy nabízela a i nadále uvádí na trh výroby nejen odpovídající momentálním požadavkům, ale i orientované na budoucnost a připravené k snadnému začlenění do nových automatizačních systémů.

Tab. 1. Měřicí principy a použití hladinometrů dodávaných společnostmi Endress+Hauser Group (zdroj: E+H, duben 2005)

Měřicí princip/produkt	Použití				
	spojité měření		limitní měření		software
	kapaliny	pevné látky	kapaliny	Pevné látky	
radarový	•	•		•	
radarový s vedenými impulsy (TDR)	•	•			
ultrazvukový	•	•	•	•	
kapacitní	•		•	•	
hydrostatický tlak	•				
rozdíl tlaků	•				
radiometrický	•	•	•	•	
elektromechanický		•			
vibrační			•	•	
vodivostní			•		
vrtulkový				•	
Applicator <sup>1)</sup>					•
ToF Tool – FieldTool <sup>®</sup> Package <sup>2)</sup>					•

<sup>1)</sup> software pro výběr a návrh řetězce pro zadanou měřicí úlohu

<sup>2)</sup> software pro konfigurování a obsluhu hladinometrů na principu ToF, převodníků tlaku a průtokoměrů řady Proline

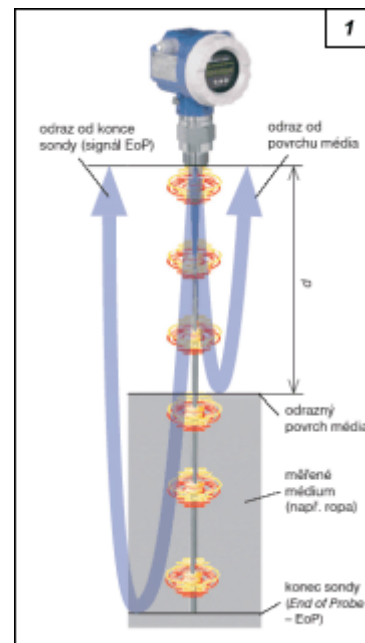
Základní přehled současné nabídky hladinometrů značky Endress+Hauser v členění podle použitého měřicího principu a možného použití, včetně podpůrných softwarových nástrojů, je v tab. 1. Hladinoměry jsou dodávány v mnoha různých provedeních a s bohatým příslušenstvím. Všechny přístroje jsou důkladně ověřeny a příslušně certifikovány. Z mnoha jejich nových konstrukcí měřících přístrojů si dále podrobněji povšimneme výkonného hladinoměru Levelflex M.

### Radarový hladinoměr s vedenými impulsy Levelflex M

Levelflex M, radarový hladinoměr s vedenými impulsy (TDR – *Time Domain Reflectometry*) od firmy Endress+Hauser spolehlivě měří polohu hladiny kapalných i pevných látek v nádržích a silech i při proměnném prostředí v nádrži nebo za přítomnosti pěny, popř. prachu, kdy není možné použít běžný radar vysílající pulsní nebo frekvenční signál do volného prostoru. Unikátním je zejména použitý speciální algoritmus vyhodnocování průchodu mikrovlnného signálu vodičím prvkem umožňující spolehlivě měřit polohu hladiny kapalin s malou permitivitou, a tudíž slabým odrazem mikrovlnného signálu, což je důležité např. při práci s ropnými deriváty (a kapalnými uhlovodíky obecně) a vrtnými kaly.

### Měřicí princip s vedenými impulsy (TDR)

Hladinoměr Levelflex M je radarové zařízení pracující s mikrovlnným elektromagnetickým zářením (signálem) šířícím se podélně vodičím prvkem (drát, lano, tyč) z korozivzdorné oceli. Mikrovlnný signál postupuje z vysílače elektronické jednotky hladinoměru vodičím prvkem směrem dolů k povrchu měřené látky, kde se zčásti odrazí. Doba, za kterou signál urazí vzdálenost od vysílače k povrchu média a zpět k přijímači (tzv. doba letu, *Time-of-Flight* – ToF), která se měří, reprezentuje vzdálenost  $d$  mezi bodem vyslání impulsu (vysílač/přijímač) a povrchem měřené látky (obr. 1). Ve vyhodnocovací jednotce hladinoměru se následně odečtením vypočítané vzdálenosti mezi převodníkem a hladinou od známé výšky nádrže získá údaj o skutečné poloze (výšce) hladiny látky v nádrži. Ten se zobrazuje na místě či přenáší k dalšímu použití v monitorovacím anebo řídicím systému.



Obr. 1. Měřicí princip s vedenými impulsy (TDR;  $d$  – vzdálenost k povrchu média)

Stejně jako u všech radarových přístrojů se i zde využívá jevu nezávislosti rychlosti šíření mikrovlnného signálu na teplotě, tlaku a složení atmosféry nad hladinou látky v nádrži. Další velkou výhodou je, že na mikrovlnný signál nemají vliv ani případný prach vířící v atmosféře nad hladinou ani pěna plovoucí na hladině média v nádrži.

Energie odraženého radarového signálu ovšem výrazně závisí na permitivitě měřené látky. Permitivitu, obvykle uváděnou jako poměrná permitivita  $\epsilon_r$ , má každá látka. Poměrná permitivita vakua se rovná jedné a k ní se vztahují příslušné hodnoty platné pro hmotné materiály. Elektromagnetický signál se ve vakuu šíří rychlostí světla. Při průchodu prostředím naplněným hmotnou látkou jeho rychlost poklesne v závislosti na hodnotě  $\epsilon_r$  této látky. Má-li se však mikrovlnný signál odrážet od povrchu látky, jejíž poměrná permitivita je menší než asi 1,7, naráží se na základní fyzikální meze. Od této hranice totiž většina energie obsažená v signálu prochází rozhraním do média a šíří se uvnitř něho dále. Od povrchu zpět se odrazí jen zanedbatelná a pro účely dalšího zpracování nedostatečná část původní energie signálu. Protože uhlovodíky mají velmi malé hodnoty  $\epsilon_r$  v rozmezí od 1,4 (kapalný propanbutan) do  $\epsilon_r = 2$ , je měření polohy jejich hladiny prostřednictvím radaru vždy nesnadným úkolem. Protože energie odraženého signálu (echa) je velmi nepatrná, stačí pouze malá změna podmínek, např. jen skutečně nepatrně turbulentní povrch média, aby došlo k úplné ztrátě signálu a echo nebylo na přijímací straně detekováno. Tento nedostatek radarových hladinoměrů je mnoha uživatelům známý. Jen někteří z nich však vědí o metodě *detekce konce sondy*, známé jako *End of Probe detection*, která u přístrojů s vedenými impulsy dokáže uvedený nedostatek překonat.

### Detekce konce sondy

Vodičím prvkem (tyč, lano) má u každého hladinoměru Levelflex M určitou délku. Vedle odrazu od povrchu měřené látky dochází navíc k dalšímu dodatečnému výraznému odrazu mikrovlnného signálu od konce vodičímho prvku, tzv. *End of Probe* (EoP). Od rozhraní kovu a měřené látky na konci sondy se všechna zbývající energie signálu odrazí zpět do sondy a jako tzv. signál EoP se vrátí zpět k vysílači.

Při kalibraci ve výrobním závodě si vyhodnocovací jednotka v hladinoměru vyhodnotí dobu průletu signálu EoP při vodičím prvkem obklopeném vzduchem a uloží si ji do paměti. Při částečném ponoření

vodicího prvku do měřené látky se doba průletu signálu EoP změní v závislosti na hodnotě permitivity měřené látky (větší  $\epsilon_r$  znamená menší rychlost pohybu signálu) a na tloušťce vrstvy látky, kterou musí signál projít.

### Algoritmus EoP pro automatickou kalibraci

Vyhodnocovací jednotka hladinoměru použitého v provozu vždy jednou za sekundu u dvou vodičově a dvakrát za sekundu u čtyřvodičově připojených snímačů vyhodnotí signál odražený od povrchu měřené látky a signál EoP. Z těchto dvou údajů vždy vypočítá aktuální poměrnou permitivitu média a uloží si ji. Takto se hladinoměr za normálních podmínek, kdy má k dispozici současně echo od hladiny i signál EoP, neustále pravidelně kalibruje. Za abnormálních podmínek, tj. při ztrátě echa od hladiny, vyhodnocovací jednotka automaticky přechází do interpolačního režimu a vypočítává polohu hladiny z doby průletu signálu EoP a naposledy uložené hodnoty  $\epsilon_r$ . Tento patentovaný *End of Probe algorithm*<sup>®</sup> zajišťuje spolehlivé a hodnověrné měření polohy hladiny i za těch nejnejpříznivějších proměnných provozních podmínek.

### Eliminace vlivu změn permitivity bez zásahu obsluhy

Permitivita média se mění vlivem teploty, vlhkosti a někdy i tlaku. Její hodnota se tudíž může měnit, přestože se s měřenou látkou na první pohled nic neděje (z těchto příčin může např. kolísat přesnost kapacitních měřicích systémů, které nemají kompenzaci kolísání permitivity). Pro její významný vliv na činnost hladinoměru s vedenými impulsy je tedy nutné  $\epsilon_r$  neustále sledovat a brát v úvahu změny. Odtud plyne význam popsaného patentovaného algoritmu zpracování signálu EoP, který umožňuje hladinoměru Levelflex M měřit spolehlivě a přesně i za mezních podmínek malé permitivity a tudíž i malé schopnosti média odrážet mikrovlnný signál. Obsluha si podpůrných měření a výpočtů, nepřetržitě probíhajících v pravidelném rytmu jednou nebo dvakrát za sekundu, vůbec nepovšimne. Stejně tak nijak nezaznamená, zda hladinoměr při své činnosti v tom kterém měřicím cyklu použil echo od povrchu látky v nádrži, odraz od konce vodicího prvku, nebo oba dva signály. Vidí pouze kvalitní a spolehlivé výsledky měření polohy hladiny.

### Užitečný nejen v ropném průmyslu

Hladinoměr Levelflex M je ideálním řešením při měření polohy hladiny při manipulaci s nejrůznějšími kapalnými uhlovodíky, kaly, vrtnými výplachy, např. ropných vrtů, a podobnými látkami např. v nádržích, obtocích, odlehčovacích nádržích či velmi malých míchacích jímkách, a také např. ve vysokých silech a v mnoha dalších aplikacích (obr. 2). Výsledky měření nejsou ovlivňovány turbulencí hladiny, např. při míchání, ani pěnou vyskytující se na hladině. Hladinoměry Levelflex M spolehlivě pracují i v prostředí s vysokou úrovní vibrací, jako např. na mobilních cisternách pro přepravu cementu, čerpadlech apod., kde je současně požadováno i velmi rychlé měření.

*Obr. 2. Hladinoměr Levelflex M a příklad jeho instalace v elektrárenském provozu*



Hladinoměry Levelflex M nerozlišují mezi měřením kapalných a pevných látek. Je pravda, že pracovníci v provozech při obsluze tlakových nádob, nádrží, zásobníků a sil s ocelovými tyčemi, dráty nebo lany instalovanými uvnitř často trpí tísnivými pocity. Není se však čeho obávat a tudíž ani přijímat zvláštní opatření. Ocelový drát i lano jsou pružné a nepoškodí je ani hrubé kusy pevného materiálu v zásobníku. Důkazem je každodenní provoz tisíců zásobníků v cementárnách, kamenolomech a dolech po celém světě. Žádný významnější vliv nemá ani kal nebo bláto ulpělé na vodicí tyči. Nejistota měření v nejhorším případě naroste o několik málo milimetrů. Odpovídající přesné zpracování frekvenčního signálu v přístroji umožňuje umístit v jedné nádrži velmi blízko vedle sebe několik hladinoměrů Levelflex, aniž by hrozilo nebezpečí přeslechů. Lze tak snadno realizovat redundantní měřicí řetězce nutné např. pro odlehčovací nádrže. Výhodné je i to, že hladinoměr Levelflex M může být umístěn velmi blízko

Hladinoměry – meranie hladiny – snímače hladiny – snímače hladín od Endress+Hauser – meracie prístroje  
:: hladinoměry :: radar :: snímače :: sondy :: snímače :: detektory :: elektródy :: ultrazvukový hladinomer

kovových stěn nádrže. Pouze je třeba zabránit kontaktu vodícího prvku se stěnou, což lze zajistit fixací jeho polohy v nádrži ukotvením dolního konce.

### **Závěr**

Společnost Endress+Hauser Group nabízí široký výběr hladinoměrných zařízení pro převážnou většinu úloh měření i detekce polohy hladiny v průmyslu. Významné místo mezi nimi zaujímají hladinoměry s vedenými impulsy řady Levelflex M se skutečně univerzálním použitím od kapalin s permitivitou blízkou jedné až po velmi hrubozrnné pevné látky. Podrobněji se lze o této nabídce informovat např. na <http://www.endress.com>, odkud je také možné si stáhnout i velmi podrobnou dokumentaci.

(E+H)