

Bezpečnostní funkce radarového měření hladiny přináší vyšší bezpečnost provozu

Poptávka po instalacích bezpečnostních systémů ve velkokapacitních skladech kapalin roste po celém světě. Tento trend je na první pohled patrný zejména v projektech řídicích systémů pro skladové nádrže, jednotlivě i ve skupinách na tankovištích, kde se nejmodernější automatická měřidla pro měření objemu kapaliny uložené v nádržích (ATG) současně využívají i k zajištění funkční bezpečnosti závodu ve funkcích ochrany proti přeplnění nádrže s úrovní integrity bezpečnosti SIL 2.



Obr. 1. Moderní měřidlo ATG současně zajišťuje také funkční bezpečnost nádrže

Výchozí situace

Diskuse vedené v několika posledních letech na téma provozní bezpečnost tankovišť u rafinerií a distribučních terminálů a ochrany životního prostředí v jejich okolí velmi často poukazovaly na nehodu v terminálu Buncefield.

Dne 11. prosince 2005 došlo ve skladišti a distribučním terminálu ropných produktů poblíž sídla Buncefield ve Velké Británii k přeplnění zásobníku č. 912 [1]. Mrak par, které se odpařily z uniklého paliva, zakrátko explodoval a způsobil rozsáhlý požár, při kterém bylo zraněno více než 40 osob. Vyšetřování mj. ukázalo, že instalovaný servomechanický hladinoměr indikoval neměnnou polohu hladiny, ačkoliv zásobník byl v té době plněn benzinem. Na zásobníku byl současně nainstalován mechanický detektor horní mezní polohy hladiny, který ale také selhal a nevydal výstražný signál.

Krátce po uvedené nehodě byla ustavena pracovní skupina s názvem *Buncefield Standards Task Group* (BSTG), jejímž úkolem bylo přetransformovat pouučení z nehody v Buncefieldu do podoby účinných a v praxi tohoto průmyslového odvětví použitelných směrnic. Souběžně s činností BSTG pracovala také vyšetřovací komise *Buncefield Major Incident Investigation Board* (MIIB), která měla vyšetřit, co se vlastně skutečně v Buncefieldu stalo. Informace o činnosti MIIB jsou nepřetržitě publikovány na jejích webových stránkách (<http://www.buncefieldinvestigation.gov.uk/index.htm>).

Komise MIIB také uveřejnila několik zpráv. V části 1 zprávy ohledně doporučení pro projektování a provoz zařízení pro skladování paliv (*Recommendations on the design and operation of fuel storage sites* [1]) je mj. uvedeno: „Je třeba, aby kompetentní orgány a provozovatelé míst typu Buncefield našli pro všechny zúčastněné přijatelný společný způsob určování požadavků na SIL systémů ochrany před přeplněním ve shodě s principy uvedenými v části 3 normy BS EN 61511.“

Ve zprávě [1] jsou místa, kde jsou ve velkém měřítku skladovány a přečerpávány ropné produkty, nazývána jako místa typu Buncefield.

Uváděná doporučení by nicméně měla být brána v určité míře v úvahu i u mnoha dalších zařízení a provozů vystavených rizikům

Tab. 1. Bezpečnostní charakteristiky hladinoměru Rosemount TankRadar RTG 3900 získané metodou FMECA [5]

Charakteristika	Hodnota		
	relé K1	relé K2	relé K1 + K2 (v sérii)
podíl bezpečných poruch (SFF)	80,55 %	80,49 %	86,51 %
PFDavg ¹⁾	$2,15 \times 10^{-3}$	$2,16 \times 10^{-3}$	$1,47 \times 10^{-3}$
perioda diagnostického testu	1 minuta		

¹⁾ střední pravděpodobnost poruchy při vyžádání (interval ověřování jeden rok)

požáru a výbuchu. Jedním z celkových závěrů, které vyplynuly z práce MIIB, je konstatování potřeby společné metodiky uplatňování hledisek funkční bezpečnosti v průmyslu. Třebaže v současné době existuje mnoho metodik, z nichž některé se dokonce mohou odkazovat na normy IEC 61511 [2]

nebo API RP 2350 [3], je k určování příslušné úrovně integrity bezpečnosti požadované od ochranných systémů třeba přistupovat systematicky. Zpráva [1] obsahuje celkem 25 doporučení, z nichž některá citují normu BS EN 61511.



Obr. 2. Rosemount TankRadar Rex je vhodný k použití pro úlohy s požadovanou SIL 2 (viz text)

V roce 2003 byla publikována norma IEC 61511 [2] o bezpečnostních přístrojových systémech (*Safety Instrumented Systems – SIS*) pro průmyslové obory využívající kontinuální technologické procesy, a to se záměrem definovat jednu jedinou sadu požadavků podchycujících životní cyklus bezpečnost-

ních přístrojových systémů pro obory s kontinuálními procesy jako celek. Norma přináší do uvedených oborů společnou metodiku ohledně funkční bezpečnosti včetně způsobu určení potřebné úrovně integrity bezpečnosti. Předtím, na konci devadesátých let dvacátého století, byla zveřejněna norma IEC 61508 [4].

Tato norma stanovuje obecně použitelný pohled na všechny bezpečnostní aktivity realizované v rámci životního cyklu systémů složených z elektrických, elektronických nebo programovatelných elektronických komponent určených k zajišťování bezpečnostních funkcí. Hlavním účelem normy IEC 61508 bylo usnadnit následný vývoj jednotlivých odvětvových norem, jako je např. norma IEC 61511.

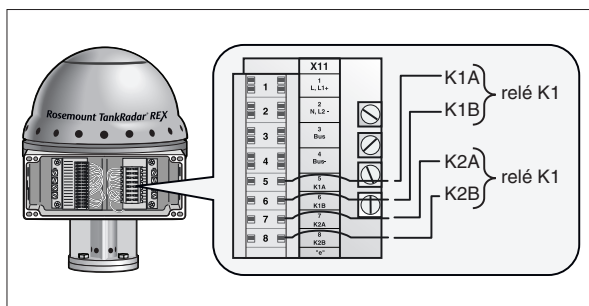
ATG ve funkci ochrany nádrže před přeplněním

Automatické měřidlo pro měření objemu kapaliny uložené v nádržích (*Automatic Tank Gauge – ATG*, dále jen měřidlo ATG) může být použito mnoha různými způsoby v závislosti na požadavcích dané úlohy. Protože měří polohu hladiny, teplotu, tlak atd. a lze je zapojit do systému pro měření obsahu kapaliny v nádržích, používá se často jak pro provozní řízení, tak ke kontrole skladových zásob nebo při obchodních měřeních. Měřidla ATG na bázi radaru jsou také častou součástí bezpečnostní struktury tankovišť (obr. 1). V takových případech je měřidlo ATG zapojeno jako horní (*High – H*) výstraha, nebo jako havarijní výstraha pro úroveň *High-High (HH)*, popř. také někdy jako doplněk k ostatním již existujícím výstrahám.

Je-li měřidlo ATG použito jako ochrana nádrže před přeplněním, je obvykle požadováno, aby mělo jak výstupy pro stálou komunikaci po sběrnici, tak i separátní výstupy, které mohou být začleněny do bezpečnostní smyčky oddělené od měřicího systému určeného pro měření v nádrži. V situacích, kdy jsou použita jako jediná ochrana nádrže před přetečením, ovšem musí měřidla ATG se separátními výstupy pro bezpečnostní smyčku splňovat přísné konstrukční požadavky.

V současné době existují měřidla ATG certifikovaná Německým institutem pro stavební techniku (Deutsches Institute für Bau-technik – DIBt) k použití jako ochrana před přeplněním nádrže v souladu s paragrafem 19 německého zákona o vodním hospodářství (WHG), týkajícího se ochrany spodních vod v Německu. Zkoušky provedené německým TÜV ve spolupráci s DIBt, ač značně rozsáhlé, ovšem vycházejí z jiné sady požadavků, než která odpovídá metodice popsané v normách IEC 61508 a IEC 61511 ohledně funkční bezpečnosti. Jedním ze způsobů, jak zařízení ocenit z hlediska funkční bezpečnosti, je analyzovat jeho možné poruchy, jejich projevy a možnosti diagnostiky (*Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis – FMEDA*) podle normy IEC 61508. Poté se vypočítají jeho poruchovost, po-

díl bezpečných poruch (*Safe Failure Fraction – SFF*) a další charakteristiky při použití v bezpečnostní funkci ochrany před přeplněním jako vstupy do dalších výpočtů prováděných v rámci projektu bezpečnostního přístrojového systému jako celku. Při výběru snímačů podle normy IEC 61511, kap. 11.5.3, je přiměřené požadovat hodno-



Obr. 3. Bezpečnostní funkce hladinoměru Rosemount TankRadar RTG 3900 je založena na reléových výstupech (jeden nebo kombinace dvou) použitých jako primární bezpečnostní proměnná k ochraně nádrže před přeplněním nebo čerpadla před chodem naprázdno

la řady Rosemount TankRadar RTG 3900 (obr. 2), která posoudila společnost Exida a shledala je vhodnými k použití v úlohách s požadovanou SIL 2. Společnost Exida posoudila hardware na základě dokumentované zkušenosti s použitím přístroje v praxi, jak umožňují normy IEC 61508 a IEC 61511, a s využitím FMEDA. Byla zjištěna výsledná hodnota podílu bezpečných poruch (SFF) vyšší než 80,5 % při použití jednoho relé a 86,5 % při použití dvou sériově zapojených relé (obr. 3, tab. 1) [5]. Uživatelská příručka popisující použití radarového hladinoměru typu RTG 3900 v úlohách spjatých s funkční bezpečností obsahuje, mezi jiným, popis jeho bezpečnostní funkce a mnoha dostupných průkazných zkoušek.

Jediné, co je jisté u konvenčního havarijního hladinového spínače (výstraha na úrovni HH), je skutečnost, že je funkční v okamžiku, kdy je zkoušen. V období mezi ověřovacími zkouškami není nikdy havarijní spínač použit, ledaže by skutečně nastala havarijní situace. Uživatel tedy musí do přístroje vložit všechnu svou důvěru a spo-

lehnout se na to, že spínač skutečně pracuje a že v okamžiku přeplnění nádrže bezchybně zafunguje.

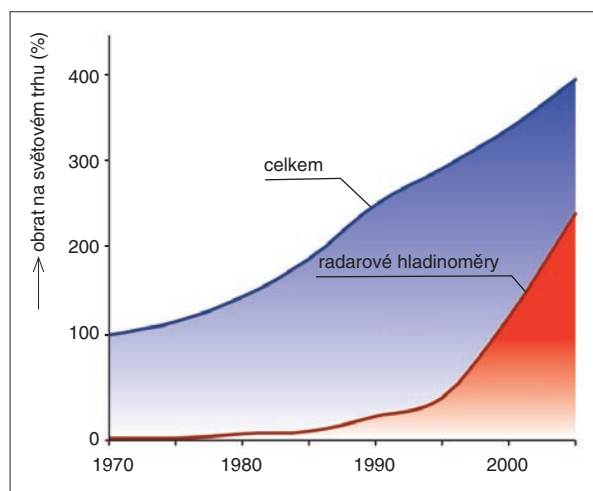
Na rozdíl od mechanických havarijních hladinových spínačů, které jsou ověřovány, popř. použity pouze občas, je stav měřidla ATG na bázi radarového hladinoměru při jeho připojení k měřicímu systému na nádrži (tankovišti) v období mezi ověřovacími zkouškami sledován nepřetržitě. Radarové měřidlo ATG tedy může od okamžiku, kdy bylo uvedeno do každodenního rutinního provozu v rámci tankoviště, nepřetržitě informovat obsluhu o svém stavu a chování. To je jeho velká přednost. Také je důležité si

uvědomit, že mechanická měřidla ATG rovněž neposkytují výhody v oblasti diagnostiky. Protože ve své mechanické konstrukci spoléhají na pohyblivé díly, jeví se být náchylnější k mnoha různým poruchám, což je také zdůrazněno v jedné ze zpráv vydaných MIIB.

Přestože rozhodnutí použít osvědčené zařízení je vždy na konečném uživateli, je posouzení od společnosti Exida dobrým základem při rozhodování podle kap. 11.5.3 normy IEC 61511. Investice do modernizace zařízení pro měření objemu kapaliny v nádrži může tedy nyní být současně investicí do bezpečnosti tankovišť; to zmnožuje její výsledný efekt.

Proč radarový hladinoměr?

V minulosti dominovala na tankovištích nejprve mechanická měřidla hladiny ATG. Plová-



Obr. 4. V oboru měření objemu kapaliny ve velkých nádržích na tankovištích nyní dominuje radarová technika

tu SFF 80 % a větší. Měřidla ATG s certifikátem od DIBt a hodnotou SSF příslušné bezpečnostní funkce větší než 80 % dokážou splnit skutečně širokou škálu požadavků. Při výběru snímače je vhodné mít tuto skutečnost na zřeteli.

Hladinoměr Rosemount TankRadar Rex vhodný pro SIL 2

Kapitola 11.5.3 normy IEC 61511, týkající se projektování a realizace SIS, umožňuje konečnému uživateli vybrat snímač podle toho, že se již osvědčil v provozu, jsou-li dostupné patřičné průkazné záznamy. V projektech měřicích systémů pro nádrže, u nichž je od ochrany před přeplněním požadována SIL 2, je možné zvolit moderní měřidlo ATG. Dodavatelů nabízejících taková měřidla není mnoho. Jednu z možností představují měřid-

kové hladinoměry, vládnoucí na trhu v padesátých letech dvacátého století, byly v sedmdesátých letech nahrazeny servomechanickými přístroji. Od roku 1985 však získává každým rokem větší podíl na trhu radarová technika, která je nyní nejpoužívanější (obr. 4).

V rafineriích a velkokapacitních skladech kapalin jsou již mnoho let využívány výhody, které skýtá volba radarových měřidel namísto měřidel servomechanických, nemluvě o plovácích. Mezi nimi i skutečnost, že zatímco princip činnosti např. servohladinoměru vyžaduje pohyblivé díly v kontaktu s produktem uvnitř nádrže, radarový přístroj není s produktem v kontaktu ani nemá pohyblivé díly, a je tudíž v provozu daleko spolehlivější. Tuto skutečnost také zdůrazňuje ve své zprávě MIIB (viz [1], str. 29): „... V měřicích systémech pro měření objemu kapaliny v nádržích se poloha hladiny kapaliny často snímá servomechanickými měřidly. Tato měřidla se však jeví jako zranitelná, náchylná k rozličným poruchám ...“

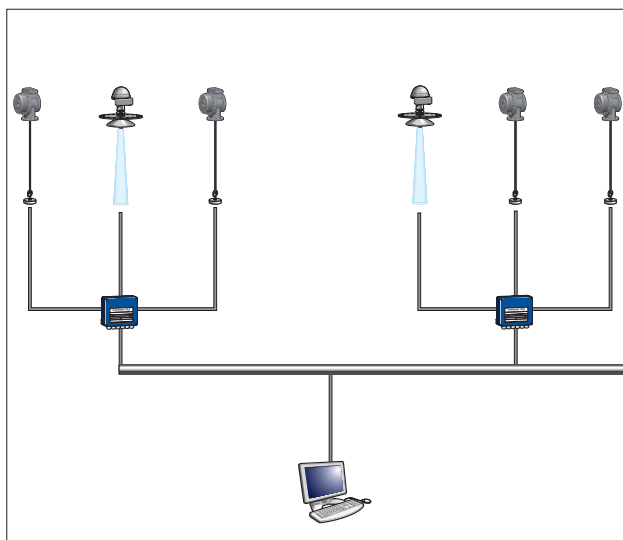
Tamtéž se také uvádí: „... Dále může ke zvýšení spolehlivosti přispět použití moderních elektronických snímačů, např. na principu radaru. Elektromechanická servozařízení jsou složité přístroje náchylné k mnoha různým poruchám. Elektronické snímače netrpí poruchami vázanými na mechanické díly a jsou variantou nabízející větší spolehlivost...“

Ačkoliv v současné době převládá na trhu radarová technika, ve světě je stále ještě v provozu velké množství mechanických měřidel. Závěry z vyšetřování nehody v Buncefieldu mohou být dalšími v řadě důvodů ve prospěch investice do nejmodernějšího měřidla ATG, využívajícího radarový princip.

Emulace měřidla pro cenově efektivní řešení

Většina starých měřidel ATG, která jsou nyní v provozu, má mechanické hladinoměry na bázi plováku nebo servomechanismu. Není neobvyklé, že uživatelé u těchto měřidel akceptují velmi velké náklady na údržbu, malou přesnost a nespolehlivý provozní stav namísto jejich výměny za moderní radarová měřidla ATG. Pro toto počínání je několik důvodů. Jedním z častých je skutečnost, že náklady na výměnu celého systému jsou velké a takový projekt je považován za projekt velkého rozsahu, a tudíž i vyžadující velký rozpočet.

I tento problém však má řešení. Nejmodernější měřidla ATG totiž umožňují bez změny sběrnicevého komunikačního systému modernizovat existující mechanická měřidla na měřidla elektronická formou tzv. emulace. To znamená, že dosavadní měřidlo ATG instalované na nádrži může být zaměněno jiným, zcela odlišným typem na principu radaru. Současný měřicí systém na tankoviš-



Obr. 5. Příklad emulace se dvěma radarovými hladinoměry Rosemount TankRadar Rex a čtyřmi servohladinoměry

ti po této výměně nepozoruje žádný rozdíl mezi novým, emulujícím chování původního, a původními starými měřidly ATG v systému. Ačkoliv je taková záměna možná jen při splnění určitých podmínek, emulace je již používána mnoho let a existují některá moderní měřidla ATG, která jsou pro tento účel již připravena.

Technika emulace umožňuje postupně modernizovat stará mechanická měřidla ATG na tankovišti. Z hlediska nákladů velmi efektivně zpřístupňuje uživateli vynikající vlastnosti moderních měřidel ATG (obr. 5).

Závěry

Nedávné diskuse na téma bezpečnosti a ochrany životního prostředí při měření objemu kapalin uložených na tankovištích byly do značné míry zaměřeny na nehodu v Buncefieldu. Je velmi pravděpodobné, že bezpečnostní a environmentální politika oboru měření zásob kapalin na tankovištích se celosvětově bude vyvíjet směrem k jednotné metodice podle normy IEC 61511.

Dostupné údaje ukazují, že radarová měřidla ATG představují variantu s větší provozní spolehlivostí než měřidla ATG založená na ostatních principech. Ve prospěch radarového principu dále hovoří skutečnost, že měřidla řady Rosemount TankRadar RTG 3900 byla nedávno posouzena třetí stranou (společnost Exida) a shledána vhodnými k realizaci bezpečnostní funkce s požadovanou SIL 2. Ačko-

liv rozhodnutí o použití osvědčených zařízení je vždy na konečném uživateli, je posudek od společnosti Exida dobrým základem při výběru vhodného měřidla v souladu s kap.11.5.3 normy IEC 61511.

Další důvody pro to, aby se uživatelé při výběru zařízení chránícího nádrží před přeplněním rozhodli pro nejmodernější radarové měřidlo ATG, jsou tyto:

- zařízení umožňuje splnit požadavky na integritu bezpečnosti v souladu s normou IEC 61511,
- emulace měřidla nabízí cenově efektivní řešení celkové modernizace,
- radarová technika se v porovnání se servomechanickými měřidly jeví jako odolnější a spolehlivější,
- stav a výkon radarového měřidla ATG je od jeho uvedení do provozu v měřicím systému na tankovišti sledován nepřetržitě, po celé období mezi periodickými ověřovacími zkouškami.

Literatura:

- [1] *Recommendations on the design and operation of fuel storage sites*. MIIB. Dostupné na <http://www.buncefieldinvestigation.gov.uk/index.htm>
- [2] IEC 61511 *Functional safety – Safety Instrumented systems for the process industry sector*.
- [3] API RP 2350 *Overfill Protection for Storage Tanks in Petroleum Facilities*.
- [4] IEC 61508 *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*.
- [5] *FMEDA and proven-in-use assessment of Rosemount TankRadar RTG 3900 series by Exida*.

Christian Skaug,
technical product manager,
Rosemount TankRadar Rex,
Emerson Process Management

Z anglického originálu *Increased plant safety puts focus on tank gauging*, Emerson Process Management, 2006, přeložil Pavel Burda; úprava redakce; otištěno se svolením Emerson Process Management, s. r. o.

Emerson Process Management, s. r. o.
Hájkova 22
130 00 Praha 3
tel.: +420 271 035 600
fax: +420 271 035 655
e-mail: info.cz@emersonprocess.com

Partner pro bilanční měření:
BCM Control s. r. o.
Příční 418/24
460 07 Liberec 7
tel./fax: +420 485 152 728
e-mail: info@bcmcontrol.cz