

# Snímače tlaku – principy, vlastnosti a použití (část 4)

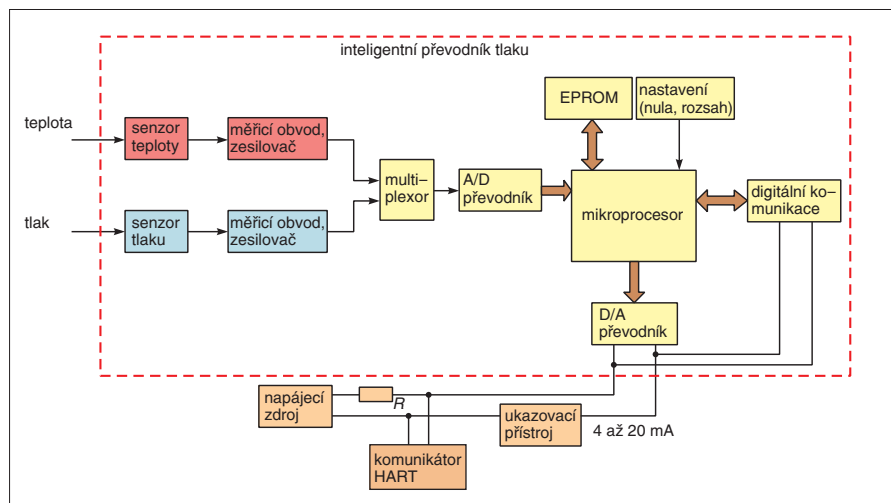
Karel Kadlec

(dokončení z čísla 10/2007)

## 6. Inteligentní převodníky tlaku

Inteligentní převodníky, v cizojazyčné literatuře často označované jako *smart* převodníky, se používají nejen se senzory tlaku (hovoří se o inteligentních převodnicích tlaku), ale i se senzory dalších provozních veličin.

Schéma inteligentního převodníku tlaku je na obr. 36. Senzor tlaku reaguje na změnu tlaku v závislosti na principu např. změnou odporu nebo kapacity. Tato změna je transformována na změnu napětí, které je zesílono na požadovanou úroveň. Vztah mezi měřeným tlakem a změnou napětí je obecně



Obr. 36. Blokové schéma inteligentního převodníku tlaku

Ačkoliv se inteligentní převodníky jednotlivých měřených veličin v detailech liší, mají mnoho vlastností společných. U inteligentních převodníků tlaku se využívají senzory s elektrickým principem převodu a zpracování signálu je charakterizováno použitím mikroprocesorů a miniaturních elektronických obvodů, které jsou určeny pro ukládání důležitých údajů do paměti. Jde o údaje o měřicím rozsahu, kalibraci, nastavení mezních hodnot pro signalizaci apod. Začleněním mikroprocesoru do vyhodnocovacího obvodu se dosáhne zvýšení nejen přesnosti, ale i přizpůsobivosti (flexibility) a univerzálnosti přístroje. Software využívaný pro řízení procesu měření umožňuje také automaticky diagnostikovat funkceschopnost zařízení, ukládat naměřené údaje do paměti, vyhodnocovat extrémní i průměrné hodnoty atd. Důležitou vlastností inteligentních převodníků je jejich konfigurovatelnost podle požadavků uživatele. K dálkovému přenosu lze využít podle přání unifikovaný analogový či digitální signál.

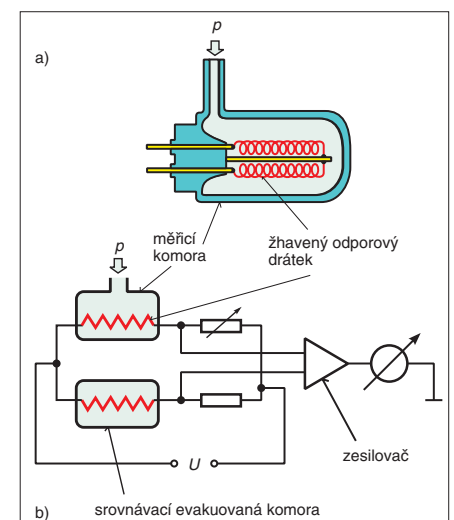
nelineární a velikost signálu je ovlivněna také změnami teploty. Napětové signály úměrné tlaku a teplotě vstupují přes multiplexor do A/D převodníku, poskytujícího číselný signál úměrný vstupním napětovým signálům a dále zpracovaný mikroprocesorem podle zadaného



Obr. 37. Převodník tlaku s bezdrátovým komunikačním rozhraním (BD Sensors)

programu a nastavených konstant (v závislosti na požadovaném měřicím rozsahu a požadovaném výstupním signálu). V případě, že se inteligentní převodník využívá k měření polohy hladiny (hydrostatické hladinoměry) nebo k měření průtoku (měření rozdílu tlaků na škrticím prvku), je program přizpůsoben pro výpočet dané konkrétní veličiny v požadovaných

inženýrských jednotkách. Výstup z mikroprocesoru je veden do D/A převodníku, který spolu s napájecím zdrojem poskytuje unifikovaný analogový výstup 4 až 20 mA. Indikační přístroj zapojený v proudové smyčce funguje jako ukazatel aktuální hodnoty analogového výstupního signálu. Měřená hodnota je také transformována prostřednictvím obvodu digitální komunikace na sériový číselný výstup např. při použití protokolu HART, podle kterého je na analogový signál superponován signál frekvenčně závislý. Jde o sinusový signál dvou odlišných frekvencí (2,2 kHz a 1,2 kHz), kdy jedna frekvence u binárního signálu odpovídá logické nule a druhá logické jedničce.



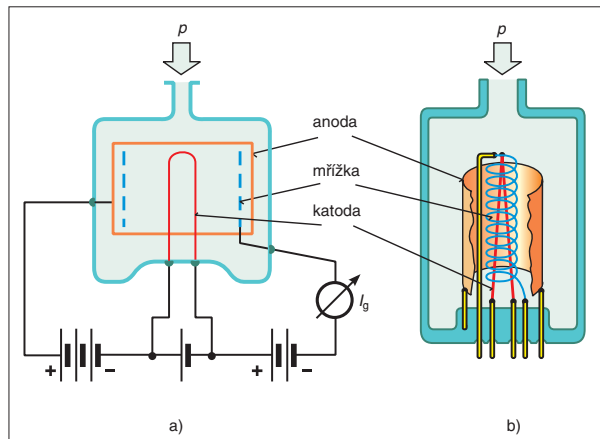
Obr. 38. Piraniový vakuometr: a) uspořádání měřicí komory, b) schéma zapojení

Frekvenčně modulovaný signál o amplitudě obvykle 0,5 mA je superponován na analogový proudový signál 4 až 20 mA. Převodník a operátor komunikují prostřednictvím ručního komunikátoru, který může být připojen v libovolném místě proudové smyčky, ve které musí být vložen rezistor o hodnotě 230 až 1 100 Ω. Komunikace je možná oběma směry, tj. komunikátor může např. vyslat požadavek na změnu měřicího rozsahu a přijmout informaci potvrzující, že rozsah je změněn.

Elektronika a softwarové vybavení inteligentního převodníku mohou zajišťovat základní diagnostiku čidla a měřicích obvodů, digitalizaci signálu, řízení měřicího algoritmu, úpravu převodní charakteristiky čidla, automatickou kalibraci, automatickou korekci systematických chyb a korekci vlivu ovlivňujících veličin, úpravu signálu pro číselnou komunikaci apod. Jako rozhraní pro komu-

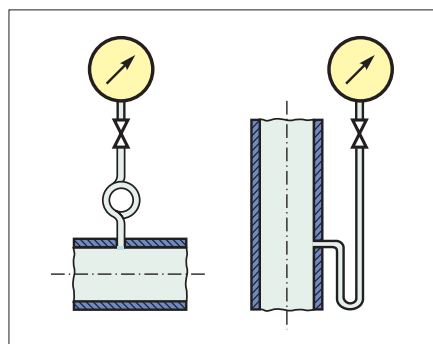
nikaci inteligentních převodníků se nejvíce rozšířil protokol HART, který se u provozních přístrojů stal *de facto* standardem. Protokol HART umožňuje komunikovat až patnácti různými převodníkům s jedním komunikátorem v jedné napájecí smyčce.

Typické pro inteligentní převodníky je umístění senzoru a elektronických obvodů



Obr. 39. Ionizační vakuometr: a) schéma, b) příklad uspořádání

v těsné blízkosti do společného pouzdra. Zkrácení spoje mezi senzorem a měřicími obvody spolu s číslicovou komunikací přispívá k potlačení mnoha rušivých vlivů. Inteligentní převodníky také vykazují zlepšené metrologické parametry. Například nejistota u inteligentních převodníků dosahuje hodnot menších než  $\pm 0,1\%$ , zatímco u konvenčních převodníků to je asi  $\pm 0,25\%$ . Inteligentní převodníky lze identifikovat adresami, na dálku je diagnostikovat a nastavovat jejich parametry. Všechny uvedené vlastnosti lze dosáhnout využitím moderní techniky a díky miniaturizaci elektronických obvodů. Naproti tomu však také rostou požadavky na kvalifikaci



Obr. 40. Kondenzační smyčky

pracovníků údržby a jejich vybavení přístroji. Moderní provozní snímače tlaku s různými senzory, již ukázané na obr. 17, obr. 18, obr. 26, obr. 27 a obr. 35, jsou současně příklady inteligentních převodníků tlaku.

Pro některé úlohy jsou k dispozici bezdrátové převodníky, které se nepřipojují kabely, ale mají zabudovanou rádiovou stanicí, která vysílá a přijímá radiofrekvenční

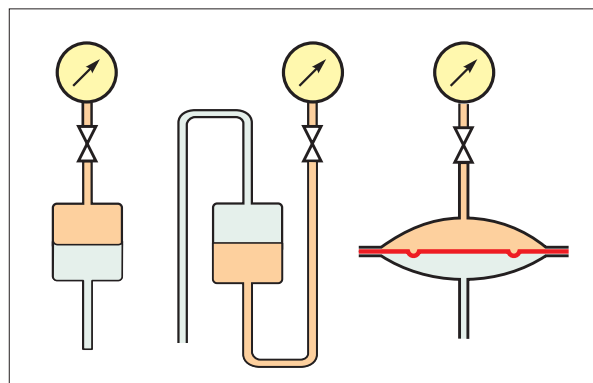
signál. Oblasti vhodné pro použití těchto převodníků jsou tam, kde náklady na novou kabeláž přesahují rozumné hranice. Uplatnění mohou najít i u rotačních strojů a zařízení, kde nelze použít kabelové vedení. Příklad inteligentního převodníku tlaku s bezdrátovým komunikačním rozhraním je na obr. 37.

Inteligentní převodníky mají téměř nepostřehnutelný drift nuly a časové intervaly mezi jednotlivými kontrolami jejich kalibrace jsou výrazně delší než u klasických přístrojů. Zatím jsou dražší, ale současně představují moderní technické prostředky pro řízení technologického procesu.

## 7. Elektrické tlakoměry pro extrémní tlaky

K měření velmi malých absolutních tlaků (velkého vakua) se v průmyslu používají zejména Piraniho vakuometr a ionizační vakuometry, k měření velkých přetlaků odporové tlakoměry.

*Tepelněvodivostní (Piraniho) vakuometr* (obr. 38) využívá závislost tepelné vodivosti plynu na absolutním tlaku v rozmezí 100 Pa až  $1 \cdot 10^{-4}$  Pa. Ve skleněné nádobce propojené s prostorem, v němž se měří tlak, je zatavena platinová spirálka vyhřívána konstantním proudem na teplotu 200 až 300 °C.



Obr. 41. Oddělovací nádoby

Molekuly plynu přítomné v měřicí komoře ochlazují žhavený odporový drátek v důsledku tepelné vodivosti. Spirálka je zapojena do jednoho ramene Wheatstoneova můstku, do jehož druhého ramene je zapojena podobná spirálka umístěná v evakuované srovnávací komoře. Měřítkem absolutního tlaku je teplota spirálky v měřicí komoře, která se vyhodnocuje jako změna odporu zapojeného do Wheatstoneova můstku. Piraniho vakuometr nelze použít pro měření absolutních tlaků nad 100 Pa, protože při větších tlacích se tepelná vodivost plynu s tlakem téměř nemění.

*Ionizační vakuometry* využívají elektrickou ionizaci molekul v měřeném prostředí a jsou vhodné pro měření extrémně malých absolutních tlaků až do  $1 \cdot 10^{-10}$  Pa. Využívají se v nich různé způsoby ionizace (termoemise, radioaktivní zdroj, doutnavý výboj). Při použití termoemise je principem otevřená elektronka trioda, do jejíhož prostoru se přivádí plyn, jehož absolutní tlak se měří (obr. 39). Elektrony emitované z katody a přitahované anodou při srážce s molekulami zbytkového vzduchu z nich vyřazují elektrony. Takto ionizované molekuly vzduchu jsou přitahovány záporným předpětím na mřížku a generují mřížkový proud  $I_g$  přímo úměrný počtu molekul zbytkového plynu, u nichž dochází ke kolizi s elektrony. Měřítkem absolutního tlaku je tedy velikost mřížkového proudu.

Velké přetlaky řádu jednotek gigapascalů se měří *odporovými snímači tlaku*, založenými na principu přímého působení tlaku na cívku s odporovým drátem. Snímač je vytvořen jako silnostěnná komora naplněná olejem, v níž je umístěna cívka s navinutým odporovým drátem. Materiál drátu je volen tak, aby pokud možno nevykazoval závislost odporu na teplotě (např. manganin nebo konstantan). Pod vlivem velkého tlaku přiváděného do měřicí komory zmenšuje odporový drát svůj objem a jeho elektrický odpor roste.

## 8. Zabudování provozních tlakoměrů

Při měření statického tlaku je nutné volit místo jeho odběru tak, aby měřený tlak nebyl zkreslován dynamickou složkou tlaku proudícího prostředí. Odběrové místo na potrubí musí být dostatečně vzdáleno od rušivého vlivu armatur (ventily, kolena apod.); obvykle postačí vzdálenost rovná desetinasobku průměru potrubí. Stěna potrubí v místě odběru musí být hladká a odběrová trubka nesmí zasahovat dovnitř potrubí (obr. 40). U potrubí uloženého vodorovně a šikmo se tlak plynů odbírá v horní části potrubí, tlak kapalin z boku potrubí. Předchází se tím zanášení odběrů nečistotami nebo kondenzátem. Při teplotě měřeného média nepřesahující maximální povolenou hodnotu instalovaného snímače tlaku se přístroj umísťuje co nejbližší k provoznímu potrubí.

Při měření na dálku se propojuje tlakoměr s místem odběru signálním potrubím (často nevhodně označovaným jako impulzní potrubí). Doporučuje se potrubí o světlosti 6 až 10 mm. Signální potrubí nemá mít ostré ohyby a má být položeno tak, aby se zabránilo usazování kondenzátu při měření tlaku plynů a par nebo vytváření parních nebo plyno-

vých bublin při měření tlaku kapalin. Proto musí mít signální potrubí vždy určitý spád, přičemž na jeho nejnižší, popř. nejnižší položeném místě musí být instalovány odkalovací, popř. odvodušňovací ventily. Délka



Obr. 42. Příklad provedení oddělovací membrány s chladičem (BHV Sensory)



Obr. 43. Referenční digitální tlakoměr (Tectra)

signálního potrubí by neměla být větší než asi 50 m.

Při měření tlaku vodní páry při vysokých teplotách je třeba zajistit, aby se pára nedostala do tlakoměru, který by se tím poškodil. Před tlakoměrem se proto zařazuje kondenzační nádobka nebo kondenzační smyčka (obr. 40).

Při měření tlaku agresivních látek se používají oddělovací nádoby naplněné oddělovací kapalinou anebo se oba prostory oddělují vhodnou oddělovací membránou (obr. 41). Jako kapalinová náplň se používá silikonový nebo minerální olej, jedlý olej (v potravinářství), glycerin nebo směs glycerinu a vody. Membrána přicházející do styku s agresivní látkou bývá vyrobena z ušlechtilého materiálu (tantal, zirkon, titan), korozivzdorných slitin (Hastelloy, Monel) nebo je chráněna teflonem apod. Tuhost membrány nesmí v určeném pracovním rozsahu zkreslovat měřený tlak.

Membránové oddělovače se používají v těch případech, kdy není přípustné, aby měřené médium přišlo do kontaktu s měřícím ústrojím tlakoměru. Měřený tlak působí

přes membránu na pracovní kapalinu, která vyplňuje prostor za membránou a přenáší tlak do prostoru snímače. Rozměry membrány se volí tak, aby její tuhost nezkreslovala měřený tlak nad rámec přípustných chyb. Základním předpokladem dlouhodobého a spolehlivého provozu je dokonalé utěsnění prostoru vyplněného pracovní kapalinou. Nejvhodnější jsou oddělovače využívající kovovou membránu přivařenou k tělesu oddělovače s chladičím nástavcem (obr. 42) se používají např. při měření tlaku médií při vysokých teplotách anebo při měření tlaku tavenin, které by mohly zatuhnout uvnitř snímače. Měřený tlak se přenáší pracovní kapalinou přes kapiláru ochlazenou vnějším prostředím, a chladič nástavec tak zabraňuje nežádoucímu ohřívání snímače tlaku. Při použití vysokoteplotního oleje umožňuje chladič nástavec měřit tlak médií o teplotě až do 400 °C.

Membránové oddělovače ovšem mohou být i zdrojem chyb souvisejících s nevhodnou velikostí a tuhostí membrány a také s tepelnou roztažností kapalinové náplně.

## 9. Kalibrace provozních snímačů tlaku

Funkci provozních tlakoměrů je třeba pravidelně kontrolovat. Pro kalibrační kontrolu statických charakteristik se volí absolutní nebo srovnávací metoda. Při *absolutní metodě* se dříve používal do tlaku 0,2 MPa hydrostatický nebo zvonový tlakoměr, pro větší tlaky pístový tlakoměr. V současné době jsou k dispozici velmi přesné pístové tlakoměry zjišťující tlaky již od stovek pascalů. Například pístový tlakoměr Ruska, model 2465 (DataCon MSI), pracuje jako primární etalon s nejistotou 0,0015 % z naměřené hodnoty a vyrábí se pro rozsahy od 170 kPa do 7 MPa.

Při *srovnávací metodě* se používají etalonové tlakoměry. V minulosti to bývaly přesné deformační tlakoměry, které jsou v současné



Obr. 44. Pístový laboratorní kalibrátor tlaku (Ametek; Tectra)

době nahrazovány velmi přesnými digitálními tlakoměry s křemíkovou membránou s piezorezistivními senzory anebo tlakoměry s kapacitními nebo rezonančními senzory. Výhody moderního digitálního referenčního tlakoměru oproti klasickým etalonovým deformačním manometrům lze shrnout takto:

- větší přesnost (nejistota obvykle lepší než  $\pm 0,01\%$ ),
- snazší čitelnost a větší rozlišení zobrazené hodnoty,
- možnost kompenzace vlivu teploty,
- odolnost proti mechanickým vibracím i přetížení tlakem,
- možnost komunikace s počítačem a možnost automatického záznamu měřených hodnot, průměrů, odchylek apod.



Obr. 45. Laboratorní kalibrátor tlaku s křemennou Bourdonovou trubicí (Ruska; Data-Con MSI)



Obr. 46. Přenosný kalibrátor tlaku značky Ametek (Tectra)

Příklad referenčního digitálního tlakoměru je na obr. 43.

Tlakoměry se kalibrují podle příslušných předpisů a souvisejících norem, které určují rozsah a způsob vykonání jednotlivých zkoušek a zjišťování metrologických parametrů. Kalibrace tlakoměrů spočívá v porovnání indikace etalonu tlaku a kalibrovaného snímače tlaku. Při kontrole kalibrace se kontro-

lovaný přístroj postupně zatěžuje tlakem rostoucím až na maximální hodnotu a následně se tlak postupně zmenšuje na hodnotu odpovídající nulové značce. Zkušební body musí být rovnoměrně rozděleny po celé stupnici a počet bodů proměřované charakteristiky je závislý na udávané přesnosti přístroje. U přístrojů třídy přesnosti 0,1 až 0,6 se kalibruje minimálně v deseti bodech, u méně přesných přístrojů v pěti bodech měřicího rozsahu. Jedním z kontrolovaných bodů musí být koncový bod rozsahu.

Zařízení pro kalibraci snímačů tlaku by mělo zajišťovat tyto funkce:

- jednoduché mechanické připojení kalibrovaného tlakoměru,
- generování kalibračního tlaku s možností jemného a stabilního nastavení požadované úrovně,
- měření nastaveného tlaku s přesností odpovídající metrologickým požadavkům (nejistota etalonového měřidla musí být v každém měřeném bodě lepší než nejistota kalibrovaného přístroje; požadovaný poměr je obvykle roven dvěma nebo větší),
- při kalibraci snímačů s elektrickým výstupem musí zařízení umožňovat připojení vhodného napájecího napětí a měření elektrických výstupních signálů kalibrovaného snímače s potřebnou přesností.

Důležitou součástí kalibračního zařízení je soustava, která umožňuje generovat kalibrační tlak. K hrubému nastavení tlaku se obvykle používá ruční pumpa, jemně se tlak nastavu-



Obr. 47. Ruční zdroj tlaku ComboPump (D-Ex Limited)

je šroubem ovládacím píst. Příklad laboratorního kalibrátoru vybaveného ruční pumpou je na obr. 44.

Moderní typy kalibrátorů mohou plnit ještě další funkce, jako např. ukládat naměřené údaje do paměti, komunikovat s počítačem apod. Kalibrátor vybavený mikroprocesorem může programově realizovat také mnoho užitečných funkcí, jako je automatické nastavování hodnot kalibračního tlaku, zobrazování průběhu tlaku v čase, analýza chyb, tisk protokolu atd.

Speciální měřicí prvek, založený na principu křemenné Bourdonovy trubice, je použit v laboratorním kalibrátoru Ruska 7250 (Data-Con MSI) na obr. 45. Senzor tlaku je tvořen kapilárou z taveného křemene, která je svinuta do šroubovice. Při působení tlaku se šroubovice deformuje a velikost deformace se vyhodnocuje optickou metodou. Dokonalá elasticita senzoru zaručuje přístroji vynikající stabilitu a reprodukovatelnost nastavení tlaku. Celková nejistota kalibrátoru je  $\pm 0,0028\%$  z rozsahu.

Pro kalibraci přímo v provozu se používají přenosné kalibrátory. Nejistota takových přístrojů obvykle bývá lepší než  $\pm 0,1\%$  z rozsahu. Existují kalibrátory obsahující různé systémy pro ruční nastavení kalibračního tlaku a popř. vypouštěcí ventil pro rychlé nastavení nulového tlaku. Hydraulická soustava může být plněna vodou nebo minerálním olejem a je schopna vyvinout tlak až 40 MPa. Přenosný kalibrátor značky Ametek (Tectra)

Tab. 2. Přednosti a nedostatky vybraných typů tlakoměrů a snímačů tlaku

Typ tlakoměru (snímače tlaku)	Přednosti	Omezení a nedostatky
hydrostatický	<ul style="list-style-type: none"> <li>– přesnost</li> <li>– jednoduchost, spolehlivost</li> <li>– nezávislost na elektrické energii</li> <li>– levný</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– neposkytuje elektrický výstup pro dálkový přenos</li> <li>– omezený rozsah použití</li> </ul>
pístový	<ul style="list-style-type: none"> <li>– velká přesnost měření</li> <li>– možnost měřit i velmi velké tlaky</li> <li>– možnost potlačit část rozsahu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– manipulace se závažím</li> <li>– vysoká pořizovací cena</li> </ul>
deformační	<ul style="list-style-type: none"> <li>– robustní provedení</li> <li>– velká přestavující síla</li> <li>– velký měřicí rozsah</li> <li>– jednoduchost, spolehlivost</li> <li>– nezávislost na elektrické energii</li> <li>– relativně levný</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– elastické dopružování, hystereze</li> <li>– nebezpečí vzniku trvalé deformace při přetížení</li> <li>– ovlivnění okolní teplotou</li> <li>– pro dálkový přenos nutno vybavit vhodným převodníkem</li> <li>– nutnost pravidelné kontroly kalibrace</li> </ul>
kapacitní	<ul style="list-style-type: none"> <li>– velmi dobrá přesnost a stabilita</li> <li>– kompaktní konstrukce čidla</li> <li>– rychlá odezva</li> <li>– malý drift nuly</li> <li>– s keramickou membránou odolný působení agresivních médií</li> <li>– vhodný i k měření vakua</li> <li>– inteligentní snímače jsou vybaveny kompenzací okolních vlivů</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– citlivost na parazitní kapacity přívodů</li> <li>– citlivost na vibrace</li> <li>– odolnější v porovnání s tenzometrickými snímači</li> </ul>
tenzometrický	<ul style="list-style-type: none"> <li>– velmi dobrá přesnost a stabilita</li> <li>– příznivé dynamické vlastnosti</li> <li>– malé rozměry čidla</li> <li>– snímače s křemíkovou membránou nevykazují hysterezi</li> <li>– inteligentní snímače jsou vybaveny kompenzací okolních vlivů</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nutnost ochrany křemíkové membrány s piezorezistory</li> </ul>
piezoelektrický	<ul style="list-style-type: none"> <li>– příznivé dynamické vlastnosti</li> <li>– vhodný pro měření rychlých dějů</li> <li>– vhodný i pro vysoké tlaky a teploty</li> <li>– možná miniaturizace čidla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– obtížné zpracování signálu, nutnost použití zesilovače s vysokým vstupním odporem</li> <li>– nevhodné pro měření statických tlaků</li> </ul>
rezonanční	<ul style="list-style-type: none"> <li>– moderní snímače s mikroprocesorovým řízením umožňují současně měřit statický tlak i rozdíl tlaků</li> <li>– výstupem je frekvence, jednoduchý převod na digitální signál</li> <li>– nevykazuje hysterezi</li> <li>– inteligentní snímače jsou vybaveny kompenzací okolních vlivů</li> <li>– velká přesnost a stabilita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nutnost teplotních korekcí</li> <li>– velké pořizovací náklady</li> </ul>

včetně digitálního tlakoměru je na obr. 46. Na obr. 47 je ukázán poměrně jednoduchý ruční zdroj podtlaku a přetlaku ComboPump od firmy Crystal Engineering (D-Ex Limited): na pumpě, která pracuje se vzduchem, jsou dvě přípojky tlaku, jedna pro etalonový tlakoměr a druhá pro zkoušený přístroj. S pumpou lze vyvodit tlak od -85 do +2 000 kPa.

## 10. Výběr vhodného typu snímače tlaku

Při výběru snímače tlaku je třeba zvažovat mnoho kritérií. Patří mezi ně charakter měřeného média, podmínky měření (teplota, vibrace technologického zařízení), potřebný měřicí rozsah, linearita, přesnost, opakovatelnost, způsob zpracování výstupního signálu (místní ukazování, dálkový přenos, komunikace s počítačem), montáž měřidla, servis a údržba přístroje, finanční náklady. Důležitý je účel měření, protože jiné budou požadavky na orientační měření bez požadavků na přesnost, jiné na snímač v regulačním obvodu s požadavkem přesného udržování tlaku v provozní aparatu-

ře. Orientovat se v základních přednostech i nedostacích jednotlivých typů snímačů tlaku napomůže tab. 2.

### Poděkování

Práce vznikla s podporou výzkumného záměru MSM 6046137306.

### Literatura:

- [1] *Měřidla tlaku – Terminologie*. ČSN EN 472, ČNI 1996.
- [2] ALTMANN, W.: *Practical Process Control for Engineers and Technicians*. Elsevier, Amsterdam, 2005.
- [3] BENTLEY, J. P.: *Principles of Measurement Systems*. Pearson Education Limited, 2005.
- [4] DYER, S. A.: *Survey of Instrumentation and Measurement*. John Wiley & Sons, 2001.
- [5] CHUDÝ, V. – PALENČÁR, R. – KUREKOVÁ, E. – HALAJ, M.: *Meranie technických veličín*. STU Bratislava, 1999.
- [6] JENČÍK, J. – VOLF, J.: *Technická měření*. Vydavatelství ČVUT Praha, 2003.
- [7] MIKAN, J.: *Měření plynu*. GAS s. r. o., Říčany u Prahy, 2003.

- [8] LIPTÁK, B. G.: *Instrument Engineers' Handbook*. Chilton Book Company, Pennsylvania, 1993.

### Internetové odkazy:

- <http://www.bdsensors.cz>  
<http://www.bhvsenzory.cz>  
<http://www.cressto.cz>  
<http://www.datacon.cz>, <http://www.datacon.cz/druck.html>  
<http://www.dex.cz>  
<http://www.emersonprocess.cz>, <http://www.emersonprocess.com>  
<http://www.endress.cz>, <http://www.endress.com>  
<http://www.jsp.cz>  
<http://www.jumo.cz>  
<http://www.kobold.com>  
<http://www.tectra.cz>  
<http://www.yokogawa.cz>, <http://www.yokogawa.com>

Karel Kadlec,  
ústav fyziky a měřicí techniky  
VŠCHT Praha  
(karel.kadlec@vscht.cz)

# Recenze: Shluková analýza dat

Řezanková, H. – Húsek, D. – Snášel, V.: *Shluková analýza dat*. Professional Publishing, Praha, 2007, 196 stran, náklad a cena neuvedeny.

Základním cílem shlukové analýzy (v české literatuře se lze setkat též s jinými názvy, např. seskupování souborů, analýza shluků či obecně explorační-průzkumová analýza dat) je zařadit objekty do skupin (shluků), a to především tak, aby dva objekty ze stejného shluku si byly více podobné než dva objekty z různých shluků. Základní přístup shlukové analýzy je takový, že každý objekt je jednoznačně zařazen do jednoho shluku. Přitom reálné objekty mohou být různého charakteru: shlukovat lze živé organismy, stejně jako textové dokumenty nebo webové stránky. Shlukování je označováno jako jeden ze základních typů získávání znalostí, a to bez ohledu na skutečnost, zda jsou pro dosažení cíle použity statistické metody, nebo metody strojového učení. S rozvojem matematicky orientovaných vědních oborů je pro shodnou problematiku používána v různých oborech různé názvosloví. Pro čtenáře, který chce získat nadhled, je proto mnohdy dosti obtížné číst literaturu z různých vědních disciplín, přestože jde o popis technik, které mají stejný účel.

Cílem knihy, nové původní monografie, je seznámit širší okruh zájemců se skupinou metod, které umožňují v analyzovaných datech nalézt určité skryté struktury a prezento-

vat je jako skupiny podobných objektů. Autoři (doc. Ing. H. Řezanková, CSc., Ing. D. Húsek, CSc., prof. RNDr. V. Snášel, CSc.) rozčlenili knihu do pěti kapitol.

V úvodní kapitole je vymezena obecná problematika shlukování dat a jsou charakterizovány různé typy analýz (shlukování a klasifikace, prvky shlukování, předzpracování souboru dat, problematika velkých souborů dat, zmenšování rozměru úlohy). Druhá kapitola se nejdříve zabývá základními pojmy používanými v souvislosti se shlukovou analýzou a poté připravou souboru dat pro analýzu. Zvláštní pozornost je věnována postupům používaným v případě velkých souborů dat, a to zejména metodám určeným ke zmenšení rozměru řešených úloh. Obsahem třetí kapitoly je měření podobnosti mezi prvky, které mají být shlukovány. Samostatnou část tvoří problematika analýzy dichotomických dat, kdy soubor dat obsahuje pouze dvě varianty hodnot (obvykle 0 a 1).

Ve čtvrté kapitole jsou vysvětleny jednotlivé metody shlukové analýzy. Vedle tradičních metod, obvykle zařazovaných do publikací zaměřených na mnohorozměrnou analýzu dat, je pozornost věnována jednak jejich modifikacím, jednak principiálně novým přístupům. Některé z nich jsou založeny na princi-

pech fungujících v živých organismech. Těmi se zabývá poslední kapitola, pátá, prezentující přehled výsledků výzkumu v oblasti biologicky inspirovaných metod (umělých neuronových sítí a genetických algoritmů).

Co se týče použití metod shlukové analýzy v praxi, v posledních několika letech je pozornost zaměřena zejména na shlukování dokumentů (v oblasti vyhledávání informací také atributů), ať již klasických textových, nebo webových. Se vzrůstajícím rozsahem informačních zdrojů roste potřeba jejich uspořádávání; to je úloha těsně související právě se shlukováním. Význam shlukové analýzy spočívá v tom, že usnadňuje vyhledávání informací (nejen pocházejících např. z oblasti přírodních nebo společenských věd, ale také vytvořených záměrně a plánovitě za účelem analýzy pro jiné potřeby – pro účetnictví, evidenci obyvatel či pacientů apod.), které jsou potřebné ve všech oblastech lidského života. Je tedy důležitá nejen jako předmět výuky studentů, pro vědecký výzkum v různých oblastech, marketing, řízení analytických oddělení firem apod., ale též pro běžné činnosti, jako je nakupování, cestování atd.

Lze říci, že autoři svou knihou, koncipovanou jako pomůcka na podporu uplatnění metod shlukové analýzy v naznačených oblastech v praxi, dosáhli vytčeného cíle.

(tes)