

Technika měření vlhkosti plynů – extrémny v příkladech z praxe (část 2.)

Měření vlhkosti suchých a extrémně suchých plynů.

Na rozdíl od vlhkých plynů se ve většině případů jedná o měření za přetlaků $6 \div 8$ bar (stlačený vzduch) až do přetlaků 300 bar (stlačený vzduch, dusík, kyslík, argon a další plyny nebo jejich směsi).

Aplikačními oblastmi jsou například :

- strojírenské technologie využívající pneumatických nástrojů
- vodárenské technologie pro úpravu vody ozonizací
- polovodičové, optické a farmaceutické technologie
- vojenské a letecké technologie
- energetika a chemický průmysl
- výroba technických plynů

Tyto technologie jsou charakterisovány poměrně nízkými teplotami plynu při měření vlhkosti ($0 \div +100^\circ\text{C}$), vysokou čistotou plynů a u vzácných plynů i nízkým průtokem vzorku při měření.

Zde bychom ještě měli připomenout, že terminus technicus „rosný bod“ používaný v tomto oboru je ve skutečnosti rozdělen do dvou teplotních intervalů vyjádřených :

- a) teplotou rosného bodu v teplotním intervalu „nad nulou“
- b) teplotou bodu ojínění v intervalu „pod nulou“

Je to dáno prostým efektem, kdy se na chlazeném zrcátku sráží vodní pára obsažená v plynu ve formě mikrokapiček-„rosy“ a to při teplotách zrcátka „nad nulou“ nebo ve formě mikrokryсталů ledu-„jíní“ při teplotách „pod nulou“.

Tabulka 1 obsahuje hygrometrické ekvivalenty z nichž vyplývají závažné aplikační skutečnosti.

Tak například z reálné přesnosti měření relativní vlhkosti současných špičkových přístrojů používajících polymerní kapacitní sensory , která se pohybuje kolem 1% (se započítáním nejistot), vyplývá, že při atmosférickém tlaku nelze na základě doprovodného měření teploty měřit vlhkost plynů lepší než -30 až -40°C bodu ojínění (DP).

Je tedy zřejmé, že pro měření nižších vlhkostí musíme použít jiné metody.

Tou nejlepší je metoda zrcátka chlazeného několikastupňovými Peltiérovými bateriemi

Přístroje pracující tímto principem jsou přesné avšak velmi drahé. V praxi jsou rozšířeny přístroje využívající měřicí sondy s impedančními sensory s oxidovým dielektrikem. Tyto se vyznačují dostatečnou citlivostí dovolující jejich oceňování a použití až do extrémních vlhkostí kolem -100°C DP.

Změna parciálního tlaku vodní páry má u impedančních sensorů vlhkosti s oxidovým dielektrikem viz obr.1 za následek jak změnu kapacity systému tak i jeho svodového odporu. V praxi se pro vyhodnocení změny vlhkosti využívá buď změna kapacity systému nebo změna obou složek, tedy změna výsledné impedance. Výhodněji však admittance.

Relace mezi vlhkostí plynu a parametry sensoru vlhkosti

Obr.2 uvádí relaci mezi vlhkostí plynu a kapacitní složkou oxidového sensoru vlhkosti. Jsou zde uvedeny tři v praxi používaná dielektrika. Složená i jednoduchá. Z grafu je zřejmé, že tato závislost je s výjimkou sensoru na bázi SiO_2 silně nelineární. To však není na závadu, protože dané křivky se při kalibraci měřicího systému linearisují použitím vhodného matematického postupu.

Závislost svodového odporu sensorů s oxidovým dielektrikem ukazuje obr.3.

Z obou grafů vyplývá, že technologicky nejobtížnějším úkolem je vytvořit takovou dielektrickou vrstvu sensoru, která bude dostatečně citlivá v oblasti vlhkosti kolem -80°C bodu ojínění, bude časově stabilní, pokud možno netečná k molekulám měřeného plynu a v neposlední řadě bude mít nízký nebo alespoň známý teplotní součinitel pro jeho kompensaci.

Graf na obr.4 představuje závislost výstupního signálu reálného měřicího obvodu na vlhkosti plynu. Obvod převádí změnu kapacitní složky sensoru vlhkosti s oxidovým dielektrikem viz obr.4. na změnu periody výstupního signálu měřicí sondy k jeho dalšímu zpracování.

Příklad spojení měřicí sondy HP-7512 tlakového bodu ojínění/rosného bodu (-80 až $+20^\circ\text{C}$ DP) a linearisačního převodníku SCKA 003 s aktivním výstupním procesním signálem ($0/4 \dots 20\text{mA}$) uvádí obr.5.

Měření „tlakového rosného bodu / bodu ojínění“

Stlačením plynu o určitém obsahu vodní páry dosáhneme zvýšení její koncentrace. To znamená, že v poměru stlačení se změní i koncentrace vodní páry.

Vlhkost vyjádřená v teplotě rosného bodu / bodu ojínění je hygrometrická veličina stavově závislá na tlaku měřeného plynu.

Proto se rozlišuje hodnota vlhkosti měřená při přetlaku plynu tzv. tlakový rosný bod/bod ojínění

a hodnota vlhkosti měřená při barometrickém tlaku tzv. atmosférický rosný bod/bod ojínění.

Pro přepočítání „tlakového rosného bodu/bodu ojínění“ na „atmosférický rosný bod/bod ojínění“ a naopak slouží programy jako např. „Dewpoint calculator GEI“.

Zde pro ilustraci použijeme Tab.1 - tabulku hygrometrických ekvivalentů .

Přepočítání vlhkosti plynu za přetlaku na vlhkost atmosférickou a naopak

Jako první příklad lze uvést měření vlhkosti tlakového vzduchu sestavou na obr.6.

Měření je prováděno při přetlaku 150 bar a potřebujeme znát atmosférickou vlhkost vzduchu po expanzi.

Byla naměřena hodnota $-26^{\circ}\text{C DP}/150\text{ bar}$.

Tomu dle tabulky odpovídá koncentrace vodní páry 565,44 ppmv.

Při atmosférickém tlaku bude koncentrace vodní páry 150 x nižší tj. 3,77 ppmv.

V tabulce najdeme této koncentraci odpovídající atmosférický bod ojínění $-67,5^{\circ}\text{C DP}$.

V druhém příkladu bylo k měření vlhkosti plynu použito zařízení redukující při měření vlhkosti tlak plynu 150 bar na hodnotu blízkou atmosférické (101,3kPa abs).

Potřebujeme však znát hodnotu vlhkosti při stlačení plynu.

Byla naměřena hodnota -76°C DP .

Jaká hodnota vlhkosti plynu bude při přetlaku 150 bar ?

Naměřené hodnotě -76°C DP odpovídá koncentrace vodní páry 1,03 ppmv.

Při přetlaku 150 bar bude koncentrace vodní páry 150x vyšší.

Tomu by odpovídala koncentrace vodní páry 154,5 ppmv.

Z tabulky lze pro tuto koncentraci odečíst hodnotu tlakového bodu ojínění cca $-39,5^{\circ}\text{C DP}$

Z výše uvedeného je patrná jednoduchost vzájemného přepočtu.

Zásady korektního měření vlhkosti suchých až ultrasuchých plynů

Pro korektní měření je nutné dodržet následující zásady :

- použít měřicí průtočné komůrky a šroubení z korozivzdorné oceli
- potrubí vedoucí ke komůrce rovněž z korozivzdorné oceli nebo alespoň z PTFE
- volit co možná nejkratší délky potrubí. Do 6m od odběrního místa vzorku plynu
- vyvarovat se znečištění potrubí, které by vedlo ke zvýšení adsorpčního a absorpčního činitele a tím k prodloužení doby odezvy systému
- minimalizovat při návrhu „akumulátory“ vlhkosti jako jsou slepé kouty, ventily, spojovací díly, filtry
- zvolit vhodný měřicí systém se schopností změřit minimální očekávané koncentrace vodní páry
- zajistit a ověřit těsnost měřicího traktu

Ing. MILOŠ KLASNA, CSc
SENSORIKA, s.r.o. Praha

Literatura :

- [1] *Klasna, M..*: Měření stopové vlhkosti plynů – 1.část. AUTOMA č. 3/06
- [2] *Klasna, M..*: Měření stopové vlhkosti plynů – 2.část. AUTOMA č. 4/06
- [3] *Klasna, M..*: Technika měření vlhkosti plynů – měření v prostředí s nebezpečím výbuchu – AUTOMA č. 3/07
- [4] *Klasna, M..*: Technika měření vlhkosti plynů – extrémy v příkladech z praxe (část 1.) – AUTOMA č. 12/07
- [5] *Otych, J..*: Měření vlhkosti vzduchu – Sborník K 390-07 ČMS Praha

Legenda :

Tab.1 – Tabulka hygrometrických ekvivalentů

Obr.1 – Sensory vlhkosti s oxidovým dielektrikem

Obr.2 – Graf závislosti kapacity oxidových sensorů na vlhkosti

Obr.3 – Graf závislosti svodového odporu oxidových sensorů na vlhkosti

Obr.4 – Kalibrační křivky oxidových sensorů

Obr.5 – Měřicí sestava sondy a převodníku pro měření tlakového rosného bodu / bodu ojínění

Obr.6 – Měřicí skříň MC 211 pro měření vlhkosti tech.plynů do přetlaku 200 bar