

# Měření vlhkosti stlačeného vzduchu

## Úvod

Aplikační možnosti stlačeného vzduchu jsou velmi široké. Kvalita stlačeného vzduchu z hlediska obsahu vodní páry hraje velmi významnou roli při jeho aplikaci.

Oblastmi použití stlačeného vzduchu jsou zejména :

- technologie s pneumatickými prvky pro průmyslovou automatizaci
- vodárenské technologie úpravy vody ozonizováním
- medicínské, farmaceutické, polovodičové, optické a jiné tzv. čisté technologie
- plastikářské technologie
- a další

S konkrétními oblastmi také přímo souvisí i technika měření vlhkosti stlačeného vzduchu.

## Technologie vysoušení stlačeného vzduchu

Způsobů jak docílit snížení množství vodních par v plynu je řada. Ne všechny se však v technické praxi používají. Obecně platí, že vzduch stlačený kompresním zařízením je po filtraci přiveden do vysoušeče.

A zde je dáno následnou technologií jaký druh vysoušecího zařízení bude použit.

Pro stlačený vzduch s maximálními nároky na nízkou úroveň koncentrace vodní páry v oboru 0,5 až 10ppm<sub>v</sub> jsou používány adsorpční molekulární vysoušeče s tzv. molekulovým sítem.

Zde se dosahuje výstupní úrovně vlhkosti vzduchu od  $-60$  do  $-80^{\circ}\text{C}$  vyjádřeno v teplotě bodu ojínění.

Jestliže použijeme vysoušecí zařízení s kolonami absorpčního silikagelu, se dostaneme do oblasti kolem  $-40$  až  $-20^{\circ}\text{C}$  bodu ojínění. K obdobným hodnotám se dostaneme užitím membránových sušičů.

V neposlední řadě a to většinou pro běžný technologický stlačený vzduch s velkým průtočným množstvím se použijí kondenzační zařízení poskytující vysušení na úrovni  $-3$  až  $+5^{\circ}\text{C}$  bodu ojínění/rosného bodu.

Spojení cyklonového odlučovače mikrokapek vody s kondenzačním sušičem vodní páry do jednoho konstrukčního celku poskytne výhodu velké účinnosti vysušení při velkém průtočném množství.

Reálné hodnoty tohoto řešení dosahují hodnot  $+4^{\circ}\text{C}$  teploty rosného bodu při tlaku 7 Bar abs. a teplotě  $20^{\circ}$ , což představuje hodnotu absolutní vlhkosti cca  $6\text{g}/\text{m}^3$ .

Z výše uvedeného je zřejmé, že kvalitně upraveným a vysušeným stlačeným vzduchem získáme řadu výhod.

Mezi ně patří zejména nižší provozní náklady u pneumatických prvků daného zařízení či technologie, delší životnost pneumatických dílů a zejména nižší provozní náklady na opravy a údržbu těchto prvků.

Zabrání se také zavodnění nebo zamrznutí pneumatických prvků. Viz [6 ] a [7].

## Čím měřit vlhkost stlačeného vzduchu ?

Tuto otázku si musí klást konstruktér a projektant zařízení v první řadě.

Technolog spolu s metrologem pak následně.

Po určení vhodného měřicího rozsahu vzhledem k použité technologii vysušení stlačeného vzduchu musíme vyřešit dilema, a to mezi cenou měřicího zařízení a postačující přesností měření. Cena měřicího zařízení je poplatná použitému principu měření a dosažitelné přesnosti. Vyřešením tohoto dilematu nemáme ještě vyhráno. Zvolíme-li drahý a přesný princip je nutné naši investici nezkazit nevhodnou konstrukcí měřicího traktu, odběrního místa a podobně. Viz [1 ] a [2].

Je zřejmé, že pro měření velmi nízkých koncentrací vodní páry ve stlačeném vzduchu nebudeme reálně používat přístroje, které teplotu bodu ojínění vypočítávají z měřené relativní vlhkosti a teploty plynu. Tyto systémy lze s čistým svědomím použít pouze do teploty bodu ojínění cca  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Je to dáno jednoduchou úvahou. Je reálně změřit relativní vlhkost plynu 2% s přesností 1% ? Ano, ale pouze se špičkovým přístrojem a platnou kalibrací.

Při započítání všech nejistot měření je to již méně pravděpodobné. Teplotu lze změřit podstatně přesněji. Budeme ji pro zjednodušení považovat za absolutně přesnou. Nyní tedy k výpočtu. Při relativní vlhkosti plynu 2 % a teplotě  $23^{\circ}\text{C}$  dostaneme bod ojínění  $-26^{\circ}\text{C}$  (při tlaku 101,3kPa abs.).

A při uvažované přesnosti měření  $\pm 1\%$  rel.vlhkosti obdržíme dva možné mezní údaje.

Jednou bod ojínění  $-22^{\circ}\text{C}$  a podruhé  $-32^{\circ}\text{C}$ . To znamená přesnost měření  $-26^{\circ}\text{C} +4^{\circ}\text{C}$ ,  $-6^{\circ}\text{C}$ .

Což není přesnost, ale spíše nepřesnost.

Ovšem nejedná se o nic hrozného. Jenom je zapotřebí si uvědomit, kam až s takovým přístrojem „vidíme“.

V tomto případě je to, s rozumnou přesností, do teploty bodu ojínění  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Je zřejmé, že pro měření stlačeného vzduchu vysušovaného kondenzačním sušičem to stačí.

Co však zvolit pro měření velmi nízkých koncentrací vodní páry ve stlačeném plynu ?

Malá poznámka :

Zde bychom si měli znovu 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“ tzv. „dew point - DP“
- b) teplotou bodu ojínění v intervalu „pod nulou“ tzv. „frost point- FP“

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 mikrokrytalů ledu-„jíní“ při teplotách „pod nulou“. Tento fakt je většinou v technické praxi ignorován a je stále používán termín „rosný bod“.

Budeme se tedy rozhodovat mezi precizním, avšak velmi drahým měřicím systémem s chlazeným zrcátkem a provozně přijatelným řešením ve formě systému se sorpčními sensory s oxidovým dielektrikem.

Ty byly popsány v [5]. Co nám, který systém přinese ?

Zrcátkové systémy jsou velmi přesné, avšak obsahují velmi zranitelnou optickou soustavu, která je protékána měřeným plynem.

Tento plyn ve většině průmyslových aplikací není tak čistý, aby mohl trvale proudit nad zrcátkem beze změny jeho optických vlastností. Tedy tyto systémy nemohou být trvalou součástí měřicího traktu. Jsou však vynikající při ověřování a kalibraci vlhkoměrných systémů pracujících na jiném fyzikálním principu nebo pro krátkodobá kontrolní měření.

Měřicí systémy se sensory s oxidovým dielektrikem mají však tu výhodu, že jsou co do přesnosti měření vlhkosti více než vyhovující pro většinu provozních aplikací.

V současné době je reálná přesnost měření vlhkosti stlačeného vzduchu oxidovými sensory :

$\pm 1,5\text{K}$  v intervalu  $-80$  až  $-50^{\circ}\text{C}$  FP tj. směšovací poměr 0,55 až 39,55 ppm<sub>v</sub>

$\pm 1,0\text{K}$  v intervalu  $-50$  až  $-30^{\circ}\text{C}$  FP tj. směšovací poměr 39,55 až 381,9 ppm<sub>v</sub>

$\pm 0,5\text{K}$  v intervalu  $-30$  až  $0^{\circ}\text{C}$  FP tj. směšovací poměr 381,9 až 6173,76 ppm<sub>v</sub>

$\pm 0,5\text{K}$  v intervalu  $0$  až  $+20^{\circ}\text{C}$  DP tj. směšovací poměr 6173,76 až 24041 ppm<sub>v</sub>

Tyto vlhkoměrné sensory jsou robustní s dlouhodobou kalibrační stabilitou a v případě tenkovrstvých struktur se složeným dielektrikem na bázi oxidu křemíku i velmi odolné vůči chemické zátěži. Nezanedbatelnou předností tenkovrstvých vlhkoměrných struktur je i doba odezvy na jednotkový skok. Ta se u samotného sensoru pohybuje pro dobu náběhu  $t_{90}$  kolem 2 až 5s podle druhu dielektrika. Samozřejmě že krytka sensoru měřicí sondy tento čas prodlouží v závislosti na svém materiálu a uspořádání. I tak se výsledná doba náběhu celé měřicí sondy s tímto druhem sensoru pohybuje mezi 10 až 30s opět v závislosti na rychlosti proudění měřeného média. To vše vzhledem k vlastnímu dopravnímu zpoždění vysoušecí technologie přípravy a dopravy stlačeného vzduchu dává vynikající předpoklady nejen pro monitorování vlhkosti, ale i pro její regulaci.

Z produkce firmy SENSORIKA můžeme pro popisované úlohy doporučit následující měřicí sestavy.

Měřicí sestava pro kondenzační sušiče obsahuje měřicí sondu HTP-7712 s inteligentním převodníkem

SCKA 023-744003. Jedná se o systém s výpočtem rosného bodu z rel.vlhkosti a teploty.

Pro technologie s molekulovým sušičem tj. pro měření velmi nízkých koncentrací vodní páry je vhodné použít systém s přímým měřením rosného bodu, v našem případě pak měřicí sondu HTP-7512 s inteligentním převodníkem SCKA 023-724004. Obr.1 uvádí rozměrový náčrtek měřicí sondy. Obr.2 pak reálný pohled na uvedené měřicí sestavy.

## Závěr

Pro korektní měření vlhkosti stlačeného vzduchu je nutné zejména :

- zvolit vhodný měřicí systém se schopností změřit minimální očekávanou vlhkost plynu
- vyvarovat se použití nechráněného měřicího traktu bez odlučovačů aerosolu a kondensátu
- zajistit a ověřit těsnost měřicího traktu
- nezapomenout na recalibraci měřicího systému po uplynutí doporučené doby, kterou stanovil výrobce

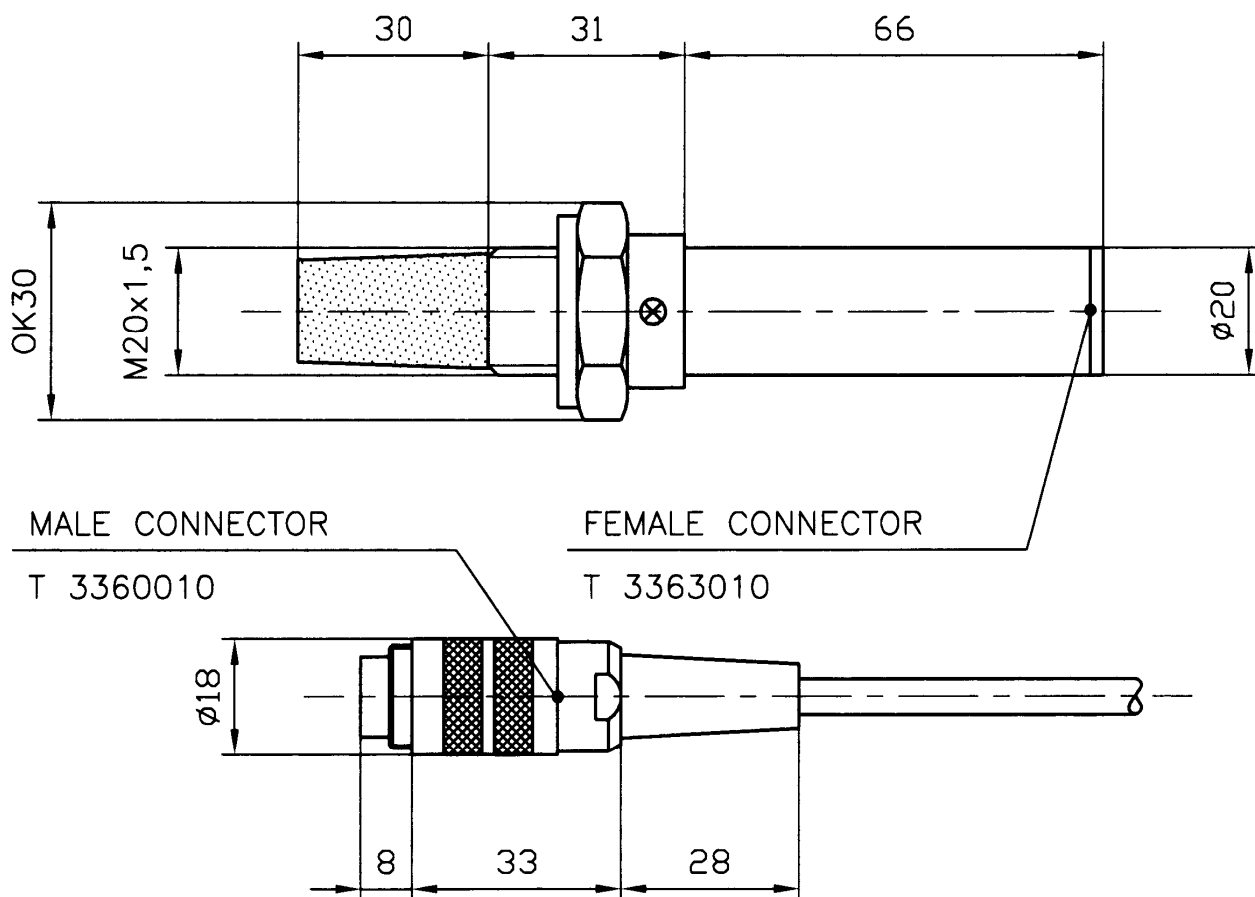
## **Literatura :**

- [1] *Klasna, M..*: Měření stopové vlhkosti plynů – 1.část. AUTOMA č. 3/2006
- [2] *Klasna, M..*: Měření stopové vlhkosti plynů – 2.část. AUTOMA č. 4/2006
- [3] *Klasna, M..*: Technika měření vlhkosti plynů – měření v prostředí s nebezpečím výbuchu – AUTOMA č. 3/2007
- [4] *Klasna, M..*: Měření vlhkosti plynů v extrémních podmínkách – 1.část. AUTOMA č. 12/2007
- [5] *Klasna, M..*: Měření vlhkosti plynů v extrémních podmínkách – 2.část. AUTOMA č. 3/2008
- [6] *Amberg, J..*: Feuchte in Druckluft unter Kontrolle – SENSOR report 2/2003
- [7] *Smola, R..*: Výroba a rozvod stlačeného vzduchu pro pneumatickou regulaci – AUTOMA č.10/2000

## **Legenda :**

Obr.1 – Rozměrový náčrtek měřicí sondy vlhkosti a teploty řady HTP-7...

Obr.2 – Měřicí sonda řady HTP-7... s inteligentním převodníkem řady SCKA pro měření vlhkosti stlačeného vzduchu



Obr.1 Rozměrový náčrtek měřicích sond vlhkosti a teploty řady HTP-7...



**Obr.2 Měřicí sonda řady HTP-7... s inteligentním převodníkem řady SCA pro měření vlhkosti stlačeného vzduchu**