

Příklady úloh měření vlhkosti plynů (část 4)

Ve třetí části příkladů (Automa, 2012, č. 12, str. 38 až 40) byly uvedeny další, více méně běžné úlohy měření vlhkosti plynů v průmyslové praxi. Nyní seriál pokračuje uvedením velmi specifické úlohy s cílem ulehčit možným uživatelům zavedení tohoto měření vlhkosti do praxe. Jde o měření vnitřní vlhkosti při výrobě trubek a chladičů pro klimatizační jednotky v automobilovém průmyslu, při výrobě dílů pro tepelná čerpadla a v dalších příbuzných oborech.

Měření vlhkosti vnitřních prostor dílů a jejich sestav podle normy DIN 8964-1

Podle normy DIN 8964-1 *Kreislaufteile für Kälteanlagen – Teil 1: Prüfungen* [1] se stanovuje zbytková vlhkost v dílech, jako jsou trubky a chladiče klimatizačních jednotek. Malá vnitřní zbytková vlhkost je vyžadována pro funkční spolehlivost systému.

Zkouška popsaná postupem A2, bod 5.3 DIN 8964-1, kde je vlhkost měřena zrcátkovým hygrometrem, má stanovenou maximální hmotnostní koncentraci vodní páry v dílu 500 ppm. Této koncentraci odpovídá teplota rosného bodu -22 °C . Na základě této maximální přípustné hodnoty si mnozí výrobci dílů pro klimatizační jednotky stanovují svá vlastní kritéria, přísnější, než určuje norma. Jako příklad lze uvést kritérium hmotnostní koncentrace vody do 40 ppm (přibližně -45 °C rosného bodu), které uvádí v bulletinu [2] firma Emerson.

Měření vlhkosti dílů podle standardů Volvo STD 1026,3125

Standard Volvo STD 1026,3125 pro určení vlhkosti v dílech klimatizační soustavy uvádí odlišnou metodiku i kritéria. Vlastní měřicí trakt se skládá z těchto komponent:

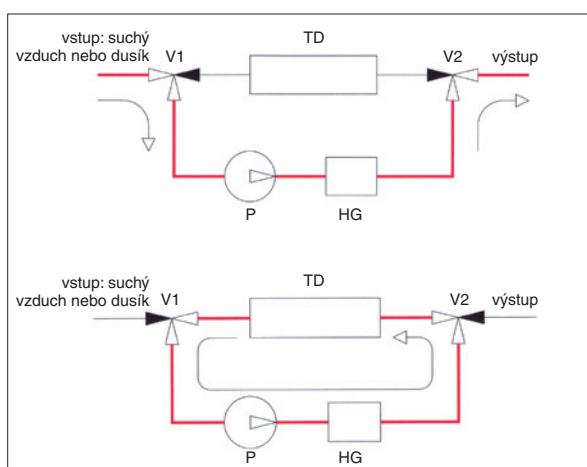
- hygrometr HG,
- trojcestné pneumatické ventily V1, V2,
- čerpadlo měřeného plynu P,
- vlastní testovaný díl TD.

Princip zapojení uvádí obr. 1. Je-li použit jiný druh hygrometru než zrcátkový, musí být navázán na zrcátkový hygrometr v referenčním bodě ($-8 \pm 1\text{ °C}$ rosného bodu). Rychlost jeho reakce musí být taková, aby byl schopen skokovou změnu teploty rosného bodu plynu z -8 na -3 °C zaregistrovat do 15 s.

Vlastní měření vnitřní vlhkosti dílu následuje po technologické operaci vysušení v horkovzdušné peci při teplotě $+105\text{ °C}$ nebo ve vakuovém zařízení.

Podle standardu STD 1026,3125 musí být před měřením vnitřní vlhkosti dílu vhnán

do průtočné komůrky hygrometru HG suchý vzduch (nebo dusík) s vlhkostí ($2\,000 \pm 500$) ppm hmotnostní koncentrace vodní páry, tj. s teplotou rosného bodu -8 °C a lepší. Rychlost průtoku plynu má být v rozmezí od 5 do 10 l/min, což je i požadavek DIN 8964-1.



Obr. 1. Schéma principu měření vlhkosti dílů pro klimatizační jednotky (nahore: stabilizační fáze, dole: fáze měření)



Obr. 2. Analyzátor vlhkosti System 1211FP, čelní pohled (zleva: vypínač napájení, displej, ovládací tlačítka a kontrolky; vpravo na boku plovákový průtokoměr)

Na obr. 1 nahoře je znázorněna tzv. stabilizační fáze měření vlhkosti. Ventily V1, V2 propouštějí sušící plyn pomocí čerpadla P do hygrometru HG a ven do atmosféry. V principu jde o měření vlhkosti vstupního sušícího plynu. Po dosažení stabilního výsledku měření vlhkosti se přeruší průtok plynu hygrometrem HG vypnutím čerpadla P. Následně začne vlastní měření vlhkosti testovaného dílu. Třícestné ventily V1, V2 jsou přepnuty do polohy, kdy je testovaný díl zapojen do obvodu měře-

ní s hygrometrem HG a čerpadlem P (obr. 1 dole). Po ustálení měřené hodnoty se tato odečte a porovná se s předepsaným kritériem.

Pro zdárný výsledek měření vnitřní vlhkosti testovaného dílu je nutné již při vypracování návrhu testovací sestavy konstruktivně zajistit, aby objem spojovacího traktu mezi ventily, hygrometrem, čerpadlem a testovaným dílem byl co nejmenší.

Vývoj a konstrukce přístroje pro měření vnitřní vlhkosti klimatizačních soustav

Na základě požadavku výrobce automobilových dílů pro klimatizační soustavy vyvinula společnost Sensorika univerzální analyzátor vnitřní vlhkosti těchto dílů System 1211FP (obr. 2). Přístroj je zkonstruován pro měření vlhkosti podle obr. 1.

Vzhledem k možnosti sušit díly i v dusíkové atmosféře má přístroj rozšířený měřicí rozsah od -80 do $+20\text{ °C}$ rosného bodu, tj. od 0,33 do 15 000 ppm hmotnostní koncentrace vody při atmosférickém tlaku 101 kPa. Tím přístroj vyhovuje jak požadavkům základní normy [1], tak i přísnějším hodnoticím kritériím uvedeným v [2].

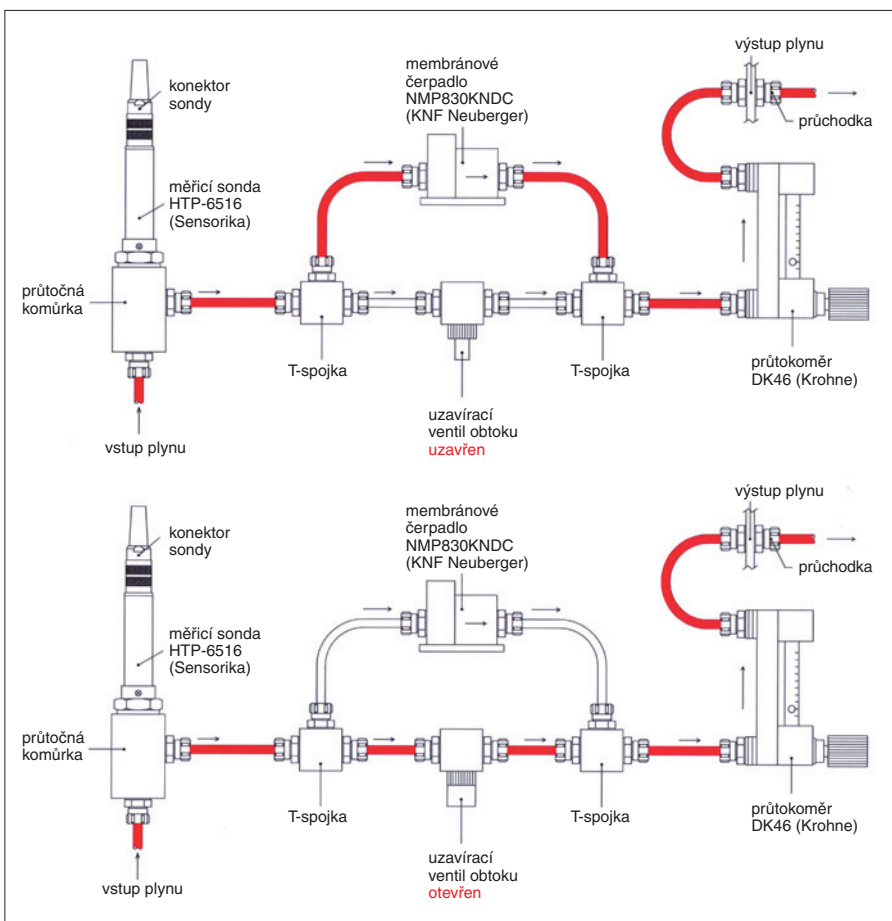
Uvedený měřicí rozsah již nelze zvládnout použitím hygrometru s měřením relativní vlhkosti a teploty a následným výpočtem teploty rosného bodu, které používají senzory vlhkosti s polymerním dielektrikem.

Proto byla v popisovaném přístroji použita měřicí sonda s tenkovrstvým oxidovým senzorem vlhkosti s kombinovaným oxidovým dielektrikem $\text{Ta}_2\text{O}_5 + \text{Al}_2\text{O}_3$. Podrobný popis oxidových senzorů vlhkosti uvádí [11].

Analyzátor umožňuje měřit vlhkost plynu ve dvou režimech, které odpovídají provozní praxi. Prvním případem je měření vnitřní vlhkosti dílu s plynem za velmi nízkého tlaku. Tehdy je nutné jeho proudění podpořit membránovým čerpadlem pro stabilizační i měřicí fázi. V daném technologickém provozu se však může vyskytnout i úloha měření tlakového rosného bodu (do 1 MPa) za sušícím zařízením instrumentálního

vzduchu nebo v rozvodu plynového dusíku. Proto je v přístroji zakomponován obtok čerpadla s ventilem, který funguje jako ochrana ventilů membránového čerpadla před poškozením vysokým tlakem vstupního plynu. Tyto dva režimy ilustruje znázornění plynového traktu přístroje na obr. 3 nahoře (měření vlhkosti dílu) a obr. 3 dole (měření vlhkosti instrumentálního vzduchu nebo dusíku).

Detailnější pohled na vnitřní uspořádání přístroje ukazuje obr. 4.

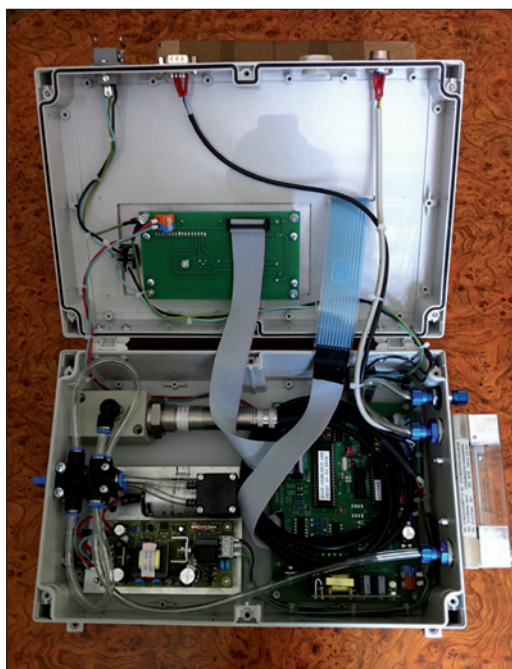


Obr. 3. Pneumatické schéma analyzátoru System 1211FP pro měření vlhkosti (nahore: při atmosférickém tlaku; dole za vysokého tlaku)

Při vlastní implementaci tohoto přístroje do mezioperační a výstupní kontroly musí být pamatováno:

- na správné a rychlé utěsnění vnitřního prostoru testovaného dílu po operaci jeho vysušení (musí být používány zátky či vhodné nasouvací těsné krytky),
- na použití vhodných pneumatických konektorů pro rychlé zapojení testovaného dílu do měřicího obvodu,
- na prokazatelné zaškolení obsluhy pracoviště, zvláště upozornění na možnost kontaminace vnitřního prostoru testovaného dílu vzdušnou vlhkostí,
- na správné provedení kontroly vlhkosti,
- na to, že v případě, že je výsledek kontroly vyhovující, musí být díl opět bezprostředně uzavřen.

Podle zkušenosti s měřením vnitřní vlhkosti dílů v praxi je vhodné vlastní měřicí stanoviště doplnit o možnost dodatečného vysušení dílu jeho profouknutím suchým plynem, a to ještě před stabilizační fází testu podle obr. 1. Tím se eliminuje možnost, že díl při cestě ze sušičky nasaže část vzdušné vlhkosti.



Obr. 4. Vnitřní uspořádání analyzátoru vlhkosti System 1211FP (na víku: síťová vidlice napájení 230 V 50 Hz, datový konektor RS-232C, konektor analogových výstupů 3 × 4 až 20mA; spodní díl skříňky: průtočná komůrka s měřicí sondou, membránové čerpadlo s napájecím zdrojem, mikroprocesorová elektronika analyzátoru, propojení pneumatického obvodu s ventilem obtoku čerpadla a plovákový průtokoměr)

Závěr

Úloha měření vlhkosti plynů a plynného prostředí je velké množství a každá úloha musí být řešena s patřičnou znalostí dané problematiky.

Začleněním analyzátoru System 1211FP do mezioperační a výstupní kontroly se dosáhlo spolehlivého měření vnitřní vlhkosti vyráběných dílů klimatizačních soustav. Vývojáři a konstruktéři společnosti Sensorika jsou připraveni řešit individuální požadavky na konstrukci speciálních přístrojů pro obor měření vlhkosti. Vzájemná konzultace daných úloh s výrobcem vlhkoměrných přístrojů vede vždy k optimálním řešením v rámci současného stavu poznání oboru měření vlhkosti.

V předložených čtyřech dílech článku *Příklady úloh měření vlhkosti* nebyly zdaleka vyčerpány všechny příklady použití. Z těchto důvodů jsou autoři příspěvků k dispozici všem zájemcům o uvedenou problematiku.

Literatura:

- [1] DIN 8964-1:1996-03. *Kreislaufteile für Kälteanlagen – Teil 1: Prüfungen*. Berlin: Deutsche Institut für Normung, 1996.
- [2] AE4-1380. *Guide for the Use of R-290 Refrigerant in Copeland™ Refrigeration Compressors*. R4. USA: Emerson Climate Technologies, 2015.
- [3] KLASNA, Miloš. Měření stopové vlhkosti plynů. *Automa*. Praha: FCC Public, 2006, (3), 34. ISSN 1210-9592.
- [4] KLASNA, Miloš. Měření stopové vlhkosti plynů: 2. část. *Automa*. Praha: FCC Public, 2006, (4), 20. ISSN 1210-9592.
- [5] KLASNA, Miloš. Měření stopové vlhkosti plynů v extrémních podmínkách – příklady z praxe: 1. část. *Automa*. Praha: FCC Public, 2007, (12), 56–57. ISSN 1210-9592.
- [6] KLASNA, Miloš. Měření stopové vlhkosti plynů v extrémních podmínkách – příklady z praxe: 2. část. *Automa*. Praha: FCC Public, 2008, (3), 58–60. ISSN 1210-9592.
- [7] KLASNA, Miloš a Josef BUREŠ. Experimentální porovnání metod měření vlhkosti medicínských plynů. *Automa*. Praha: FCC Public, 2010, (8-9), 32–34. ISSN 1210-9592.
- [8] KLASNA, Miloš a Pavel LÁZNIČKA. Příklady úloh měření vlhkosti plynů: část 1. *Automa*. Praha: FCC Public, 2011, (10), 24–26. ISSN 1210-9592.
- [9] KLASNA, Miloš a Pavel LÁZNIČKA. Příklady úloh měření vlhkosti plynů: část 2. *Automa*. Praha: FCC Public, 2012, (1), 52–54. ISSN 1210-9592.
- [10] KLASNA, Miloš a Pavel LÁZNIČKA. Příklady úloh měření vlhkosti plynů: část 3. *Automa*. Praha: FCC Public, 2012, (12), 38–40. ISSN 1210-9592.
- [11] KLASNA, Miloš a Josef BUREŠ. Vývoj oxidových senzorů vlhkosti. *Automa*. Praha: FCC Public, 2013, (3), 38–40. ISSN 1210-9592.
- [12] KLASNA, Miloš a Pavel LÁZNIČKA. Měření vlhkosti bioplynu. *Automa*. Děčín, 2015 (10), 48–50. ISSN 1210-9592.

Ing. Miloš Klasna, CSc.,
Ing. Pavel Lázníčka,
SENSORIKA, s. r. o., Praha