

Ing. Anton LEBAR, CSc.,
Bratři Horákové s.r.o.
Martin DRAGOUN²
Testo s.r.o.

Potřeba i nutnost účinné diagnostiky chladicích zařízení

Necessity and Needfulness of Cooling Equipment Efficient Diagnostics

Recenzent
prof. Ing. Jiří Petrák, CSc.

Pro spolehlivý a hospodárný chod chladicích a klimatizačních zařízení, ale i tepelných čerpadel, je potřebná pravidelná kontrola jejich provozních parametrů a celkového technického stavu. Taková kontrola je zároveň preventivním opatřením, které může indikovat některé nesrovnalosti v provozu zařízení a upozornit na možné poruchy, kterým pak lze včas předejít a tak zajistit spolehlivost provozu, bezpečnost personálu a ochranu majetku i životního prostředí. Protože nová legislativa a standardy z oboru požadují pro zařízení s náplní některých fluorovaných skleníkových plynů určité periodické kontroly, je diagnostika chodu chladicích zařízení nejen potřebou, ale přímo zákonem předepsanou nutností. V příspěvku jsou uvedeny požadované periodické kontroly, sledované veličiny, jejich význam na funkci zařízení a soudobé měřicí přístroje vhodné pro tuto diagnostiku.

Klíčová slova: chladicí zařízení, diagnostika, kontroly chladicích zařízení, legislativa

For reliable and economical operation of cooling and air conditioning devices and also the heat pumps there is need of a regular operation parameters and the technical conditions check. Such a check is also a preventive measure, which can indicate some discrepancies in the device operation and call attention to possible failures, which is possible to avoid and ensure the operation reliability, personal, property and environment protection. Because new legislation and standards for appliances containing certain fluorinated greenhouse gases insist on specific regular check, the cooling device diagnosis is not just need but also the law requirement. In the article are described required regular checks, considered values, their importance for the device function and modern measuring instruments suitable for the diagnostics.

Keywords: Cooling device, diagnostics, cooling device check, legislation

Úkolem chladicího zařízení je snižovat a v ustáleném stavu udržovat teplotu chlazené látky (nejčastěji vzduchu, vody nebo jiné teplotonosné látky) na teplotě nižší, než je v dané době teplota okolí. Tohoto chladicího efektu dosahuje zařízení odnímáním tepla chlazené látky, jeho transformací na vyšší teplotní hladinu a následným předáním do látky chladicí, kterou je většinou vzduch nebo voda. Funkce chladicího zařízení je založena na tepelném oběhu pracovní látky (chladiwa), pro jehož uskutečnění je zapotřebí přivádět pohonnou energii, nejčastěji elektrickou.

Technicky správný a hospodárný provoz chladicího zařízení lze hodnotit na základě měření jak vnějších, tak i vnitřních provozních stavů a podmínek a jejich vzájemným porovnáním. Přitom za vnitřní jsou považovány hodnoty týkající se vlastního oběhu chladiwa (zejména tlak a teplota chladiwa na vstupech a výstupech u kompresoru a jednotlivých výměníků tepla), za vnější veličiny spojené s chladicí a chlazenou látkou (tlak, teplota, vlhkost, protékající množství výměníku tepla) a s parametry a spotřebou pohonné energie (napětí, proud, příkon, spotřeba). Hodnoty vnějších veličin charakterizují chování zařízení „navenek“, jako je jeho chladicí a kondenzační výkon, příkon a z nich vypočtený chladicí faktor.

Pro správný a hospodárný provoz zařízení hraje významnou roli i správná náplň chladiwa jakož i celkový stav chladicího systému, především čistota teplosměnných ploch, které jsou rozhraním mezi vnějšími a vnitřními ději v zařízení.

KONTROLOVANÉ VELIČINY A JEJICH VLIV NA CHOD ZAŘÍZENÍ

a) Kontrola vnějších provozních podmínek

Stav teplosměnných ploch výparníku a kondenzátoru – znečištění, námraza, poškození – (kontrola vizuální).

Teplota chlazené látky resp. prostoru – je základní technologický požadavek uživatele, který musí být udržován v požadovaných mezích.

Relativní vlhkost vzduchu v chlazeném prostoru – parametr důležitý pro skladování nebaleného produktu (maso, ovoce, zelenina...) závislý na rozdílu teplot povrchu výparníku a chlazeného prostoru jako funkce dimenzování a stavu teplosměnné plochy výparníku.

Teplota chladicí látky – bezprostředně ovlivňuje teplotu kondenzační u průtočných vodních a vzduchem chlazených kondenzátorů.

Relativní vlhkost okolního vzduchu – parametr, který se projevuje kondenzací na místech o povrchové teplotě nižší než je příslušný rosný bod. Zjevně poukazuje na existenci tepelných můstků (nedostatečná izolace, vyhřívání dveřních zárubní, pracovních ploch...) a ovlivňuje tepelnou zátěž chlazeného prostoru otíráním dveří a výměnou vzduchu. U kondenzátorů odpařovacích ovlivňuje velikost kondenzační teploty.

Teplota okolí chlazeného prostoru – ovlivňuje tepelné zisky chlazeného prostoru a tím i velikost potřebného chladicího výkonu zařízení.

Rychlost proudění vzduchu v chlazeném prostoru – ovlivňuje intenzitu přestupu tepla a hmoty a tím i relativní vlhkost vzduchu v chlazeném prostoru

Elektrický proud – udává provozní zátěž pohonných elektromotorů zařízení a jeho nadměrná hodnota indikuje nepřípustné provozní stavy (nedostatečné chlazení, nadměrná zátěž, zadření v důsledku špatného mazání, ...).

Příkon resp. spotřeba pohonné energie – vypovídá o energetické náročnosti provozu zařízení

Únik chladiwa – stabilní monitory umístěné ve strojovnách nebo místnostech s prvky s náplní chladiwa. Signalizuje znečištění životního prostředí, ohrožení provozu chladicího zařízení a u jedovatých resp. hořlavých a výbušných chladiw ohrožení osob a majetku.

b) Kontrola vnitřních provozních podmínek

Tlak vypařovací – skutečná hodnota během provozu poukazuje na aktuální tepelnou zátěž, tlakové ztráty v propojovacím potrubí a vestavěných prvcích mezi výparníkem a kompresorem, popřípadě na stav teplosměnných ploch. Z jeho naměřené hodnoty se pro použité chladivo určuje **teplota vypařovací**.

Teplota přehřátí par chladiva na výstupu z výparníku – je důležitá pro dimenzování a bezpečnost provozu zařízení; kvalitativně indikuje stav náplně chladiva a tím i hospodárnost provozu (*obecné pravidlo: „tak malé jak je možné a tak velké jak je nutné“*).

Teplota par chladiva v sání kompresoru – má vliv na teplotu ve výtlačku a může být omezujícím faktorem pro použití kompresoru, obzvlášť při nízkých vypařovacích teplotách.

Teplota par chladiva na výtlačku kompresoru – je pro dané chladivo funkce teploty par v sání a tlakového poměru. Přípustná pouze do určité výše, v závislosti na použitém druhu kompresoru, kvůli ztrátě mazacích vlastností oleje, nebo jeho rozkladu, následkem teploty.

Tlak kondenzační – skutečná hodnota během provozu poukazuje na aktuální tepelnou zátěž, průtok a teplotu chladicí látky (okolní vzduch, voda, nebo jiné médium), popřípadě na stav teplosměnných ploch. Z jeho naměřené hodnoty se pro použité chladivo určuje **teplota kondenzační**.

Teplota podchlazení kapalného chladiva za kondenzátorem – je důležitá pro dimenzování a hospodárnost provozu zařízení, kvalitativně indikuje stav náplně chladiva a teplosměnných ploch.

Teplota mazacího oleje, popř. olejové vany kompresoru – může být omezujícím faktorem pro provoz kompresoru. Vazkost maziva s růstem teploty klesá a to ztrácí nezbytné mazací vlastnosti. Projevuje se to poklesem tlaku mazacího oleje (může být i následek opotřebování a zvětšení vůle kluzných ploch).

Kontrola (ne)těsnosti – mobilní detektory úniku pracující na různých fyzikálních principech. Určují místo úniku. Funkce kontrolované vizuálně a akusticky.

Vracení oleje z okruhu – v průhledítku oleje kompresoru, popř. sběrači oleje a regulátorech hladiny oleje u více kompresorových jednotkách, kontrola vizuální.

Náplň chladiva, v průhledítku na sběrači kapalného chladiva, kontrola vizuální.

PŘEDEPSANÉ PERIODICKÉ I PREVENTIVNÍ KONTROLY

ČSN EN 378 – Chladicí zařízení a tepelná čerpadla – Bezpečnostní a environmentální požadavky – Část 1 až 4 [1, 2] zastřešuje celkovou problematiku od základních požadavků návrhu, výběru, konstrukce, výroby, zkoušení, značení, místa instalace, ochrany osob, provozu, údržby a opravy i likvidaci chladicích zařízení, vše z pohledu bezpečnosti – minimalizaci možných nebezpečí pro osoby, majetek a prostředí.

V základních požadavcích části 1, kapitola 4 se uvádí:

„... aby každá náplň chladiva byla udržovaná tak malá, jak je to rozumné proveditelné v zařízení, které je tak těsné, jak je to rozumné proveditelné ... chladicí zařízení ... tak zkonstruovaná, aby v případě požáru nebo netěsnosti byla ztráta chladiva co nejmenší. ...

... chladicí zařízení zkonstruována a vyrobena tak, aby při předvídatelných podmínkách byla spotřeba energie udržovaná tak nízká jak je to prakticky dosažitelné.“

V části 2: *Konstrukce, výroba, zkoušení, značení a dokumentace* jsou v příloze D, v tab. 1 uvedeny požadované kontroly před spouštěním, nebo znovu spouštěním zařízení do provozu. Zkouška těsnosti chladicího zařízení je nejčastěji požadovaná jak po výrobě, tak i po každém zásahu do chladivového okruhu zařízení.

V dlouho připravované novele toho standardu jsou zabudovány i požadavky na povinnou periodickou kontrolu těsnosti zařízení shodné s požadavky níže uvedeného Nařízení [3].

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 842/2006 o některých fluorovaných skleníkových plynech (F plyny) [3], ze kterého pro servisní firmy, plyne mimo jiné požadavek o kontrolách těsnosti chladicích okruhů s F-plyny o obsahu nad 3 kg (6 kg u hermetických zařízení), prováděnými personálem splňujícími legislativní požadavky na odbornou způsobilost.

Provozovatele mají, mimo jiné, povinnost předcházet všemi technicky proveditelnými prostředky, jež nepředstavují nepřiměřené náklady, únikům těchto plynů a zjištěnou netěsnost co nejdříve opravit.

Dále mají zajistit kontrolu těsnosti zařízení s náplní F-plynů:

3 kg (pro hermetické systémy 6 kg) až 30 kg	jednou za 12 měsíců
30 kg až 300 kg	jednou za 6 měsíců
nad 300 kg	jednou za 3 měsíce.

U zařízení s náplní nad 300 kg F-plynů mají povinnost instalovat monitorovací zařízení detekce úniků a jednou za 12 měsíců kontrolovat jeho řádnou funkci.

U všech těchto aplikací kontrolovat těsnost do jednoho měsíce po opravě, aby byla zajištěna účinnost opravy. Dodatečně upřesněný „standardní postup hledání úniků“ [4] explicitně předepisuje postup u nepřímé i přímé metody kontroly.

Nepřímá kontrola se zakládá na prohlídce provozního deníku, vizuální prohlídce stavu zařízení (potrubí a spoje, ...) a kontrole některých parametrů uvedených v předešlé kapitole. Na základě zjištěného stavu a odchylek referenčních parametrů se usuzuje na možné úniky, které je pak třeba kontrolovat a potvrdit přímou metodou (detektorem úniku chladiva) na vybraných místech zařízení.

SOUDOBÉ MĚŘICÍ A KONTROLNÍ PŘÍSTROJE

Vývoj digitálních měřicích přístrojů za posledních 20 let byl velmi rychlý a s jistotou můžeme tvrdit, že lze nyní velice pohodlně, spolehlivě a přesně měřit většinu relevantních parametrů popsanych v předešlých kapitolách.

Snaha přiblížit a usnadnit tato kontrolní měření v praxi, vedla špičkové výrobce v tomto oboru k tomu, nabídnout kromě řady měřidel pro jednotlivé fyzikální veličiny (obr. 1), i multifunkční celky pro určité cílové skupiny uživatelů, mezi ostatními i pro servisní techniky chladicích a klimatizačních zařízení (i tepelných čerpadel). Jako ilustraci uvedeme několika ukázkami takového přístroje společnosti Testo, jejich možností a základní technické charakteristiky.

Digitální budoucnost pro servis chladicích zařízení

Multifunkční digitální přístroje pro servis a údržbu chladicích zařízení a tepelných čerpadel společnosti Testo nahrazují díky své funkčnosti mechanické plnicí ventily, teploměry a parní tabulky (závislosti tlak / teplota). Je možné jimi provádět plnění, seřizování a kontrolu tlaků a teplot. Funkčnost je možné rozšířit širokou paletou příslušenství jako jsou různé typy teplot-



Obr. 1 Sada jednoúčelových digitálních měřidel Testo – Pocket line

ních sond (i rádiových), klešťovou sondou pro měření proudu, váhou chladiv, sondou pro měření tlaku oleje, PC programem. Další multifunkční přístroje pak umožňují měření rychlostí/průtoků (jak anemometrické tak i se žhavenou kuličkou nezávislé na směr proudění), relativní vlhkosti (rosného bodu) atd. Tyto analyzátoři chladicích zařízení jsou kompatibilní jak s většinou nekorozivních chladiv, vodou a glykolem tak i s chladivy obsahujícími čpavek.

Měřené veličiny

- ☐ vysoký a nízký tlak, jakož i tlak oleje, vakuum
- ☐ teplota, relativní vlhkost
- ☐ rychlost, průtok, hmotnost
- ☐ elektrický proud

Takové přístroje jsou úplně vybaveny pro nepřímou kontrolu úniků dle [4].



Obr. 2 Analyzátoři chladicích zařízení Testo 523, 556 a 560

Analyzátor chladicích zařízení (obr. 2) představuje další praktický přístroj pro servis a diagnostiku chladicích zařízení. Je vybaven podobnou ventilovou baterií jakou známe z konvenční mechanické čtyřcestné plnicí soupravy. Tento přístroj má 3x připojení 7/16" a 1x připojení 5/8".

Při pohledu na displej přístroje je pro hadice chladiv s kuličkovou rychlospojkou připojení od leva: sací strana (7/16"), plnění (7/16"), vakuování (5/8"), výtlačná strana (7/16"). Ventilová baterie je navíc vybavena podsvíceným průhledovým okénkem. Přivedený tlak je možné měřit při zavřeném i otevřeném ventilu. Pro snadnější obsluhu je pak ovládací kolečko ventilu možné použít ve dvou polohách (vysunuto/zamáčknuto).

Tlakové senzory jsou tepelně kompenzované. V přístroji jsou uloženy parní tabulky pro 30 nejběžnějších chladiv. Pro všechna chladiva uložená v paměti přístroje jsou při naměření tlaků na sací a výtlačné straně zobrazeny příslušné teploty vypařovací a kondenzační.

Vestavěný senzor vakua měří při vakuování absolutní tlak a udává přepočtovým algoritmem odpovídající teplotu varu vody. Naměřené hodnoty tak dávají informaci zda je systém již dostatečně vysušen, respektive je-li ze systému odsáta všechna vodní pára.

Pro měření teploty je možné použít až čtyř teplotních snímačů (2 konektory teplotních sond / 2 rádiové sondy). U nedostatečně uzemněných systémů princip měření teploty sondou Pt100 s konektorem eliminuje problémy s různými potenciály. Vedle měření klasickou sondou na kabelu umožňují přístroje Testo také bezdrátové měření do vzdálenosti 20 m (ve volném prostoru).

Měření teploty v různých médiích a různých objektech umožňuje široký výběr sond. K dispozici jsou trubkové, vpichovací, ponorné sondy a prostorové sondy.

Měřením teploty v oblasti za výparníkem a před kompresorem pak zajišťuje kalkulaci podchlazení a přehřátí v reálném čase.

Pomocí záznamu naměřených tlaků a teplot po delší dobu nemusíme zařízení pozorovat. Analýza zaznamenaných dat se uskuteční v krátkém čase na PC. Naměřená data nelze pozměňovat. Navíc je možné v dodávaném PC programu evidovat chladiva v jednotlivých systémech.

Detekce úniku chladiv

Testo 316-4 (obr. 3) je přístroj pro rychlou a spolehlivou detekci úniku médií z chladicích zařízení a tepelných čerpadel a plně odpovídá požadavkům na přímou metodu zjišťování úniku [4]. Naměřená koncentrace plynu se kvalitativně zobrazí opticky na displeji a formou akustického signálu. Senzor je neustále kontrolován a na displeji se zobrazuje varování před jeho chybou funkcí nebo znečištěním. Pokud přístroj zaznamená únik, displej změní barvu ze zelené na červenou. Na displeji je graficky znázorněno, zda se přibližujeme k místu úniku (rostoucí koncentrace).

Uživatel snadno vyměnitelný senzor činí přístroj použitelným pro všechna používaná chladiva. K dispozici jsou dva typy senzorů:

- ☐ senzor pro R 134a, R 22, R 404a, H2 a ostatní FCKW (CFC), HFKW (HCFC), FKW (HFC)
- ☐ senzor pro NH₃ (čpavek).

Technická data

Senzor: polovodičový
 Hranice odezvy: < 3 g/rok (speciálně pro referenční chladiva)
 Reakční doba: < 1 s
 Provozní podmínky: -5...50 °C / 20...80 % RV (omezeném rozsahu funkcí a přesnosti -20 °C.)
 Skladovací a přepravní podmínky: -25...70 °C / 20...80 % RV
 Minimální rádius ohnutí: 40 mm
 Napájení: akumulátor NiMn
 Životnost akumulátoru: 6 h (při 22 °C)
 Rozměry/hmotnost: 57 x 190 x 42 mm / 348 g



Obr. 3 Detektor úniku chladiv se sondou s extrémně dlouhou životností testo 316-4

PRAKTICKÝ VÝZNAM PARCIÁLNÍCH KONTROL A DOSAH HODNOCENÍ

Ideální je komplexní současná kontrola všech relevantních parametrů ve vícehodinovém (denním) provozním režimu což umožňuje kompletní hodnocení a úsudek o stavu a provozu zařízení. Tento způsob je vhodný pro větší zařízení, kde škoda způsobená nevhodným provozem nebo potenciální poruchou (havárií) je velká, anebo v případech soudního sporu.

Pro většinu zařízení se z praktických důvodů tento způsob prozatím neprovádí. Je velice náročný na vybavení, časově a na odborné znalosti.

Pro běžné kontroly a relativně malá zařízení lze vystačit s několika málo parametry, ze kterých zkušený servisní technik může rychle a správně usoudit o stavu, příčině poruchy, nebo odchylce od běžného hospodárního provozu.

Tak například nižší vypařovací tlak/teplota, trvalý běh zařízení, vysoké přehřátí na výstupu z výparníku a nedostatečné chlazení poukazuje na nedostatek chladiva v zařízení (jako následek úniku), anebo na ucpání potrubí kapalného chladiva, namrznutí/znečištění chladiče.

Naopak vysoké kondenzační tlaky/teploty poukazují na vysokou tepelnou zátěž zařízení, nedostatečný průtok, a/nebo vysokou teplotu chladicí látky, znečištění teplosměnné plochy kondenzátoru (prach, listí, vodní kámen, ...), přítomnost nekondenzovatelných plynů v zařízení jako důsledek netěsnosti (na nízkotlaké straně okruhu), a/nebo nadměrnou náplň chladiva a jeho hromadění v kondenzátoru.

ZÁVĚR

Z předešlého přehledu je zřejmé, že pravidelné kontroly jsou potřebné nejen kvůli předpisům, ale i pro zabezpečení hospodárního a bezpečného chodu zařízení. Umožňují nejen podchycení úniků kontrolovaných látek nebo jeho minimalizaci, ale i včasnou korekci provozních parametrů, nebo údržbářský úkon a tím snížení provozních nákladů. V řadě případů předcházejí poruchám, nebo haváriím zařízení.

Pokud nařízené kontroly mají splnit svůj účel je třeba:

- použít přístroje s třídou přesnosti odpovídající požadavkům standardů (národní požadavek [5] na citlivost detektoru úniků „lepší než 20 g/rok“ považujeme za příliš benevolentní).

- použít měřidla schopná současného měření i na těžce přístupných místech a jejich odečet – zápis na jednom místě,
- aby měřidla měla kvůli relevantnímu hodnocení možnost záznamu a zápisů ve vybraném časovém intervalu, (závislém na rychlosti změn) během pracovní periody zařízení.

Proto doporučujeme přednostně používat přístroje se záznamem a jeho pořízený záznam z měření ukládat jako přílohu provozního deníku a/nebo zprávy o provedené kontrole. Pro srovnatelnost a důvěryhodnost provedené kontroly doporučujeme pro nařízené kontroly sjednotit formát protokolu o provedené zkoušce, doložit provozní podmínky za kterých byla kontrola provedena, typ a přesnost použitého měřidla – detektoru a datovaným výpisem z použitých měřidel.

Kontakt na autory: anton.lebar@horak-bros.com, dragoun@testo.cz

Příspěvek byl přednesen na Konferenci Klimatizace a větrání 2008.

Použité zdroje:

- [1] ČSN EN 378 – Chladicí zařízení a tepelná čerpadla – Bezpečnostní a environmentální požadavky – Část 1 až 4
- [2] prEN 378 Refrigerating systems and heat pumps – Safety and environmental requirements Part 1-4:2005
- [3] Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 842/2006
- [4] Standard leakage checking requirements for stationary refrigeration, air conditioning and heat pump applications subject to the provisions of Article 3 of Regulation (EC) No. 842/2006
- [5] Nařízení vlády č. 117/2005 Sb. o některých opatřeních zabezpečujících ochranu ozonové vrstvy
- [6] Firemní podklady Testo s.r.o.

Poznámka recenzenta

V úředním věstníku Evropské unie ze dne 20. 12. 2007 bylo publikováno Nařízení komise (ES) č. 1516/2007 ze dne 19. 12. 2007, kterým se v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 842/2006 stanoví standardní požadavky na kontrolu těsnosti stacionárních chladicích a klimatizačních zařízení a tepelných čerpadel obsahujících některé fluorované skleníkové plyny.

Tento dokument upřesňuje vedení, obsah a kontrolu záznamů o zařízení, místa systematických kontrol na zařízení, přímou a nepřímou metodu měření a postup při opravě netěsnosti. U přenosných přístrojů pro detekci úniku chladiva předepisuje citlivost alespoň 5 g/rok a kontrolu těchto přístrojů jedenkrát za 12 měsíců, aby byla zajištěna jejich řádná funkce.

Toto nařízení vstoupilo v platnost dne 9. 1. 2008.

Petrák