

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **03.12.2009**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **15.06.2011**
(Věstník č. 24/2011)

(21) Číslo dokumentu:

2009-807

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

F25B 30/02

(2006.01)

(71) Přihlašovatel:

Klazar Luděk Ing., Litomyšl, CZ

(72) Puvodce:

Klazar Luděk Ing., Litomyšl, CZ

(74) Zástupce:

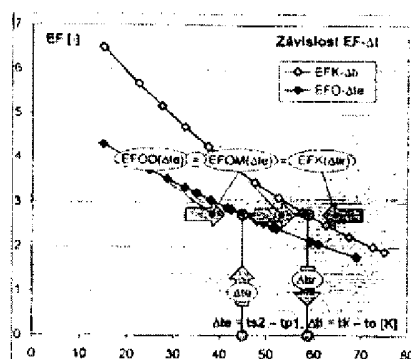
Ing. Pavel Reichel, Lopatecká 14, Praha 4, 14700

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob diagnostikování provozního stavu
chladicího okruhu**

(57) Anotace:

Při způsobu diagnostikování provozního stavu chladicího okruhu s kompresorem, nejméně dvěma výměníky tepla a expanzním ventilem, kde chladicí okruh je tvořen chladicím zařízením nebo tepelným čerpadlem a kde provozní stav chladicího okruhu je charakterizován jeho energetickým faktorem (EF), daným poměrem chladicího výkonu (Q_0) a příkonu (N) nebo topného výkonu (Q_k) a příkonu (N), se pro stanovení provozního stavu chladicího okruhu použije závislost energetického faktoru (EF) na jediném parametru, kterým je rozdíl určujících teplot (Δt_e) vnějšího děje chladicího okruhu. Soulad změřeného a deklarovaného energetického faktoru (EF) je průkazem dobrého stavu diagnostikovaného chladicího okruhu, zatímco odlišnost změřeného a deklarovaného energetického faktoru (EF) představuje poruchový stav chladicího okruhu.



CZ 2009 - 807 A3

Způsob diagnostikování provozního stavu chladicího okruhu

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu diagnostikování, to je určování a ověřování provozního stavu chladicího okruhu s kompresorem a výměníky tepla, používaného ve funkci chladicího zařízení a/nebo tepelného čerpadla.

Dosavadní stav techniky

Provozní stav chladicího okruhu charakterizují jeho energetické parametry. U chladicích okruhů pracujících s tak zvaným parním oběhem jsou energetické parametry chladicího okruhu prvotně a jednoznačně dány kompresorem a chladivem se kterým chladicí okruh pracuje. Chladicí okruh, ať už chladicího zařízení nebo tepelného čerpadla, pracuje tak, že v jednom výměníku tepla odebírá z jednoho prostředí, respektive chlazené látky určité množství tepelné energie na nízké teplotní úrovni (tak zvané nízkopotenciální teplo) a ve druhém výměníku tepla předává větší množství tepelné energie na vyšší teplotní úrovni (jako využitelné teplo) do druhého prostředí, respektive do látky ohřívané. Energii, která se v okruhu při přechodu z prvního výměníku do druhého výměníku zhodnocuje, převádí cirkulující pracovní látka, chladivo, změnami svého skupenství. Tento chladicí okruh se označuje jako chladicí okruh s parním oběhem, protože transport a zhodnocování energie se uskutečňuje v parní fázi chladiva, tedy prostřednictvím páry chladiva.

V prvním výměníku – výparníku (na primární straně okruhu) se odebírá teplo vypařováním, ve druhém výměníku – kondenzátoru (na sekundární straně okruhu) se teplo odevzdává kondenzací chladiva. Zhodnocení tepelné energie co do kvality (teplotní úrovně) zajišťuje okruh tak, že kondenzace probíhá při vyšší teplotě než vypařování (s rozdílem teplot přibližně 30 až 70 K). Tohoto kvalitativního zhodnocení tepelné energie se dosáhne zvýšením tlaku kondenzačního oproti tlaku vypařovacímu. Potřebné zvýšení tlaku a současně cirkulaci pracovní látky v okruhu zabezpečuje vhodný stroj – kompresor, pro jehož činnost se musí přivádět hnací mechanická energie. Kompresor nasává odpařené chladivo z výparníku a vytlačuje ho do kondenzátoru. Přivedenou mechanickou energii převede kompresor do pracovní látky jako energii tepelnou, čím zvýší nejen její tlakovou úroveň, ale i množství energie v ní obsažené. Opačný děj, nezbytné snížení tlaku pracovní látky z kondenzačního na vypařovací (tak zvané škrcení), který zajišťuje vhodný expanzní ventil, není provázen žádnými energetickými změnami. V kondenzátoru je proto k dispozici nejen

energie přivedená ve výparníku, ale i energie dodaná pro pohon kompresoru. Chladicí okruh tedy zhodnocuje nízkopotenciální teplo nejen co do kvality, ale i co do kvantity.

Chladicí okruh s parním oběhem je z termodynamického hlediska oběh levotočivý, který se využívá k přeměně energie mechanické na energii tepelnou. K opačnému účelu, to je k přeměně energie tepelné na energii mechanickou, se využívá oběh pravotočivý, ve kterém se mechanická energie získává expanzí páry z tlaku vyššího na tlak nižší ve vhodném stroji – expandéru, například turbině.

Chladicí okruh pracuje zcela shodně jak u chladicího zařízení, tak u tepelného čerpadla. Rozdíl mezi oběma zařízeními je principiálně jen v pojetí a prioritě funkcí. Zatímco u tepelného čerpadla je prioritní a účelně využívanou funkcí produkce tepla, to je vytápění, u chladicího zařízení je prioritní a účelně využívanou funkcí odvod nízkopotenciálního tepla, to je chlazení. U obou zařízení je sice druhá funkce nepotřebná, ale nezbytná. Přitom nutné zajištění druhé funkce představuje vždy určitý problém technický a ekonomický, někdy i ekologický. Funkce vytápění je u většiny chladicích zařízení pokládána za produkci odpadního tepla a s produkovaným teplem se jako s odpadním nakládá. Zpravidla se maří vzduchem chlazenými (nebo tak zvanými odpařovacími) kondenzátory, nebo na suchých nebo mokřích chladicích věžích. Existují ale i zařízení, která využívají účelně obě funkce. A to buď paralelně nebo alternativně (např. v otopné sezóně se využívá funkce vytápění, v letním období se využívá funkce chlazení).

Vnější projev každého chladicího okruhu je chlazení jedné pracovní látky na primární straně a ohřev druhé pracovní látky na sekundární straně chladicího okruhu. Tyto vnější projevy se označují jako vnější děj chladicího okruhu. Vnější děj charakterizují parametry vnějšího děje. Těmi jsou zejména vstupní a výstupné teploty látky chlazené a látky ohřívané. Tyto teploty se označují jako určující teploty vnějšího děje, protože z pohledu teplotní úrovně přiváděného a odváděného tepla kvalitativně jednoznačně popisují, resp. určují vnější děj. Tyto teploty jsou jednoduše měřitelné.

Vnější děj chladicího okruhu je samozřejmě podmíněn jeho vnitřním dějem, který představují změny skupenství chladiva ve dvou výměnících, resp. na obou stranách chladicího okruhu. Vnitřní děj chladicího okruhu charakterizují parametry vnitřního děje. Těmi jsou zejména teploty změny stavu chladiva, to je teplota vypařovací a kondenzační. Tyto teploty se označují jako určující teploty vnitřního děje, protože z pohledu teplotní úrovně tepel, sdílených změnou stavu, kvalitativně jednoznačně popisují, resp. určují vnitřní děj. Tyto teploty nejsou jednoduše měřitelné. Určují se měřením tlaku a přepočtem tlaku na teplotu

podle rovnovážné závislosti tlak – teplota změny skupenství daného chladiva. U chladiv, u kterých dochází v průběhu změny stavu za daného tlaku ke změně rovnovážné teploty, pokládají se za určující teploty vnitřního děje teploty změny stavu sytých par.

Energetické parametry chladicího okruhu, to je jeho chladicí a topný výkon a příkon, jsou určeny zejména určujícími teplotami vnitřního děje, protože těmi jsou jednoznačně určeny energetické parametry kompresoru pracujícího s daným chladivem, vyjádřené charakteristikou kompresoru, to je závislostí chladicího a/nebo topného výkonu a příkonu na určujících teplotách vnitřního děje, resp. na teplotě vypařovací a kondenzační.

Charakteristiky kompresoru se určují měřením.

Relace mezi určujícími teplotami vnějšího a vnitřního děje jsou dány parametry obou výměníků tepla, to je výparníku na primární straně a kondenzátoru na sekundární straně chladicího okruhu. Parametry obou výměníků se mohou principiálně popsat charakteristikami výměníků, které určují jejich výkony v závislosti na příslušných určujících teplotách. Za ustáleného stavu odpovídají v každém okruhu určitým určujícím teplotám vnějšího děje odpovídající rovnovážné určující teploty vnitřního děje. Dá se říci, že rovnovážný stav je na primární straně okruhu dán průsečíkem charakteristiky výparníku a charakteristiky chladicího výkonu kompresoru a na sekundární straně okruhu je dán průsečíkem charakteristiky kondenzátoru a topného výkonu kompresoru. To vše platí za předpokladu stálého průtoku chlazené látky výparníkem a ohřívané látky kondenzátorem. Při proměnném průtoku obou látek jsou pak oba průtoky dalším z určujících parametrů vnějšího děje.

Jednou z důležitých vlastností každého chladicího okruhu je jeho autoregulace, což je schopnost okruhu přizpůsobovat určující teploty vnitřního děje, to je teplotu vypařovací a kondenzační, změnám určujících teplot vnějšího děje, to je změnám teploty chlazené a/nebo ohřívané látky. Autoregulace při změně určujících teplot vnějšího děje nastoluje nové rovnovážné teploty vnitřního děje, dá se říci, že autoregulace samočinně vyhledá nové dva průsečíky zmíněných charakteristik.

Změna určujících teplot vnějšího děje, vedoucí ke změně určujících teplot vnitřního děje, to je ke změně vypařovací a kondenzační teploty, způsobuje současně i změnu energetických parametrů kompresoru, resp. chladicího okruhu, tedy změnu chladicího a topného výkonu a příkonu, které jsou závislé právě na určujících teplotách vnitřního děje. Změna energetických parametrů je tím významnější, v čím větším rozsahu se mění určující teploty vnějšího děje.

Samotné měření energetických parametrů neřekne nic o stavu provozovaného zařízení, to je zda funkce chladicího okruhu je či není správná a zda energetické parametry odpovídají bezchybnému provozu zařízení. Ani porovnání změřených parametrů s parametry deklarovanými charakteristikami použitého kompresoru při shodných okrajových podmínkách vnitřního děje nemůže určit, zda funkce zařízení a jeho energetické parametry odpovídají bezchybnému stavu, nebo jsou zhoršeny určitými chybami, vnesenými do okruhu.

I když se tedy například průběžně měří a eviduje některý z energetických parametrů, například chladicí nebo topný výkon chladicího okruhu, standardními metodami (průtok chlazené nebo ohříváné látky – relativně jednoduché u kapalin, ale složité u vzduchu – a dvě určující teploty vnějšího děje, u vzduchu i relativní vlhkost) a nepřímo i určující teploty vnitřního děje, to je vypařovací a kondenzační teplota, ani porovnání takto určených parametrů s parametry určenými z charakteristiky kompresoru nemůže vždy určit, jaký je stav provozovaného zařízení a zda funkce okruhu je bezchybná či nikoliv. Nesprávný stav zařízení není určen, pokud je chyba způsobena jiným faktorem než chybou kompresoru. Pokud je chyba způsobena něčím jiným, než závadou na kompresoru, pak i za této situace kompresor pracuje bezchybně – z pohledu určujících teplot vnitřního děje. Okruh ale pracuje chybně, a to z pohledu relací mezi určujícími teplotami vnějšího a vnitřního děje.

Pro ověření stavu provozovaného zařízení tedy nestačí charakteristika kompresoru, popisující závislost chladicího a topného výkonu a příkonu na určujících teplotách vnitřního děje. Pro ověření stavu provozovaného zařízení by musela být k dispozici charakteristika chladicího okruhu, popisující závislost energetických parametrů zařízení na určujících teplotách vnějšího děje. Taková charakteristika nebývá většinou k dispozici.

Nevýhodou takových ověřování a porovnání je skutečnost, že základní energetické parametry kompresoru a následně chladicího okruhu, to je chladicí a topný výkon a příkon, jsou principiálně vždy dány minimálně dvěma určujícími teplotami, to je z pohledu vnitřního děje vypařovací a kondenzační teplotou a z pohledu vnějšího děje teplotami chlazené a ohříváné látky. To ztěžuje zpracování vztahů určujících energetické parametry kompresoru a/nebo chladicího okruhu v závislosti na okrajových podmínkách. Navíc určující teploty vnitřního děje, to je teplota vypařovací a kondenzační, se nemohou měřit přímo, ale nepřímo, to je přepočítávají se ze změřeného tlaku sacího a výtlačného kompresoru.

Podstata vynálezu

Předmětem tohoto vynálezu je způsob diagnostikování provozního stavu chladicího okruhu s kompresorem, nejméně dvěma výměníky tepla a expanzním ventilem, kde chladicí okruh je tvořen chladicím zařízením nebo tepelným čerpadlem, a kde provozní stav chladicího okruhu je charakterizován jeho energetickým faktorem, daným poměrem chladicího výkonu a příkonu nebo topného výkonu a příkonu. Podstata vynálezu spočívá v tom, že pro stanovení provozního stavu chladicího okruhu se použije závislost energetického faktoru na jediném parametru, kterým je rozdíl určujících teplot vnějšího děje chladicího okruhu, přičemž soulad změřeného a deklarovaného energetického faktoru je průkazem dobrého stavu diagnostikovaného chladicího okruhu, zatímco odlišnost změřeného a deklarovaného energetického faktoru představuje poruchový stav chladicího okruhu.

Závislost energetického faktoru na určujících teplotách vnějšího děje chladicího okruhu je pro tepelné čerpadlo dána funkcí rozdílu výstupní teploty ohřívané látky a vstupní teploty chlazené látky a pro chladicí zařízení funkcí rozdílu vstupní teploty ohřívané látky a výstupní teploty chlazené látky.

Ačkoliv je energetický faktor chladicího okruhu primárně a jednoznačně dán určujícími teplotami vnitřního děje, resp. jen jedním parametrem Δt_i , to je rozdílem určujících teplot vnitřního děje a tedy závislostí $E_{FK} = f_{ce}(t_k - t_o) = f_{ce}(\Delta t_i)$, autoregulace chladicího okruhu transformuje tuto závislost na závislost $E_{FO} = f_{ce}(\Delta t_e)$, která určuje energetický faktor jediným parametrem Δt_e , daným rozdílem určujících teplot vnějšího děje. Pro ověření stavu chladicího okruhu tedy nemusí být parametry, resp. určující teploty vnitřního děje vůbec sledovány. Stačí sledovat jen parametry, resp. určující teploty vnějšího děje a energetický faktor okruhu. Porovnání energetického faktoru okruhu deklarovaného $E_{FOD}(\Delta t_e)$ a měřeného $E_{FOM}(\Delta t_e)$ určí jednoznačně stav provozovaného okruhu.

Přehled obrázků na výkresech

Pro větší názornost je konkrétní provedení několika příkladů provedení tohoto vynálezu vyobrazeno na připojených výkresech a podrobněji popsáno v následujícím popisu. Na obr.1 je znázorněna souvislost mezi přímo sledovanou závislostí energetického faktoru na rozdílu určujících teplot vnějšího děje pro tepelné čerpadlo a nepřímo sledovanou závislostí energetického faktoru na rozdílu určujících teplot vnitřního děje při bezchybném stavu chladicího okruhu. Na obr.2 je tato souvislost znázorněna při chybném stavu chladicího okruhu.

Příklady provedení vynálezu

Při hledání jednoduchých a dostatečně přesných vztahů určujících energetické parametry kompresoru a chladicího okruhu bylo prokázáno pomocí charakteristik kompresorů i měřením, že parametr odvozený ze základních energetických parametrů, to je chladicího výkonu Q_0 , topného výkonu Q_k a příkonu N , tak zvaný energetický faktor EF , za který se pokládá faktor chladicí $CHF = Q_0/N$ a/nebo topný $TF = Q_k/N$, a který je dán poměrem chladicího a/nebo topného výkonu a příkonu, je primárně sice rovněž závislý na dvou určujících teplotách, ale sekundárně na jediném parametru $EF = f_{ce}(\Delta t)$ a to na rozdílu určujících teplot Δt . Tato závislost, která je symbolicky značená jako závislost $EF-\Delta t$, představuje jednoparametrickou závislost, která se může vyjádřit jednoduchým matematickým vztahem, například polynomem, a která se může graficky znázornit jedinou spojitou plynulou křivkou. Závislost $EF-\Delta t$ se může určit:

- jednak pro kompresor a jeho vnitřní děj, pak se jedná o závislost $EFK-\Delta t_i$, která je vyjádřena vztahem $EFK = f_{ce}(t_k - t_0)$, kde t_k je teplota kondenzační a to je teplota vypařovací; a
- jednak pro chladicí okruh a jeho vnější děj, pak se jedná o závislost $EFO-\Delta t_e$, která je např. pro tepelné čerpadlo vyjádřena vztahem $EFTČ = f_{ce}(t_{s2} - t_{p1})$, kde t_{s2} je výstupní teplota ohřívané látky a t_{p1} je vstupní teplota chlazené látky, nebo pro chladicí zařízení vyjádřena vztahem $EFCHZ = f_{ce}(t_{s1} - t_{p2})$, kde t_{s1} je vstupní teplota ohřívané látky a t_{p2} je výstupní teplota chlazené látky.

Zatímco závislost $EFK-\Delta t_i$ pro vnitřní děj chladicího okruhu je nezávislá na dalších okolnostech, platnost závislosti $EFO-\Delta t_e$ pro vnější děj je podmíněna stálými průtoky chlazené a ohřívané látky. Závislost $EFO-\Delta t_e$, přímo určenou výrobcem pro bezchybný stav chladicího okruhu, nebo nepřímo určenou z parametrů udaných výrobcem v dokumentaci chladicího okruhu, případně určenou měřením za bezchybného stavu chladicího okruhu, můžeme označit za deklarovanou závislost $EFO-\Delta t_e$ chladicího okruhu a hodnotu EFO určenou pro určitý teplotní rozdíl Δt_e můžeme označit za deklarovaný energetický faktor $EFOD(\Delta t_e)$.

Pokud se za provozu chladicího okruhu standardním způsobem měří určující teploty vnějšího děje, ze kterých se určí hodnota Δt_e , dále příkon kompresoru a chladicí nebo topný výkon se určí z průtoku chlazené nebo ohřívané látky příslušným výměníkem a z rozdílu teplot chlazené nebo ohřívané látky, respektive při chlazení či ohřevu vzduchu z rozdílu entalpií, pak se pro změřenou hodnotu Δt_e může určit změřený energetický faktor $EFOM(\Delta t_e)$.

Porovnání energetického faktoru změřeného $EFOM(\Delta te)$ a deklarovaného $EFOD(\Delta te)$ určí stav, respektive kondici sledovaného chladicího okruhu.

Vzhledem k tomu, že energetické parametry chladicího okruhu jsou vždy jednoznačně dány kompresorem, odpovídá každé hodnotě Δte a odpovídajícímu energetickému faktoru chladicího okruhu $EFO(\Delta te)$ jednoznačně určitá rovnovážná hodnota Δtir , daná autoregulací chladicího okruhu, pro kterou platí $EFK(\Delta tir) = EFO(\Delta te)$. Při bezchybném provozu chladicího okruhu tedy bude platit, že $EFOM(\Delta te) = EFK(\Delta tir) = EFOD(\Delta te)$, respektive $EFOM(\Delta te) = EFOD(\Delta te)$ – viz obr. 1. Pokud bude provoz chladicího okruhu nepříznivě ovlivněn nějakou závadou, dojde k tomu, že pro danou hodnotu Δte hodnota Δti nenabude rovnovážnou hodnotu Δtir , ale odlišnou hodnotu Δtiz , což se projeví jinou hodnotou $EFK(\Delta tiz)$, které bude odpovídat i změřený energetický faktor $EFOM(\Delta te)$. Za této situace bude pak platit, že $EFOM(\Delta te) = EFK(\Delta tiz) \neq EFOD(\Delta te)$, respektive $EFOM(\Delta te) \neq EFOD(\Delta te)$ – viz obr. 2.

Soulad změřeného a deklarovaného energetického faktoru bude průkazem dobrého stavu chladicího okruhu, naproti tomu odlišnost změřeného a deklarovaného energetického faktoru bude jednoznačně signalizovat poruchový stav chladicího okruhu. Tímto způsobem lze indikovat jak poruchové stavy, vyvolané mechanickými příčinami a nesprávným seřízením, tak poruchový stav vyvolaný únikem chladiva.

Je zřejmé, že ačkoliv je energetický faktor primárně a jednoznačně dán určujícími teplotami vnitřního děje, respektive jen jedním parametrem Δti , to je rozdílem určujících teplot vnitřního děje a tedy závislostí $EFK = fce(tk - to) = fce(\Delta ti)$, autoregulace chladicího okruhu transformuje tuto závislost na závislost $EFO = fce(\Delta te)$, která určuje energetický faktor jediným parametrem Δte , daným rozdílem určujících teplot vnějšího děje. Pro ověření stavu chladicího okruhu tedy nemusí být parametry, respektive určující teploty vnitřního děje vůbec sledovány. Stačí sledovat jen parametry, respektive určující teploty vnějšího děje a energetický faktor okruhu. Porovnání energetického faktoru okruhu deklarovaného $EFOD(\Delta te)$ a měřeného $EFOM(\Delta te)$ určí jednoznačně stav provozovaného chladicího okruhu. A přesto, že přímo je sledována jen závislost $EFO-\Delta te$, nepřímo a dá se říci že v pozadí je prostřednictvím autoregulace chladicího okruhu sledována i závislost $EFK-\Delta ti$.

Průmyslová využitelnost vynálezu

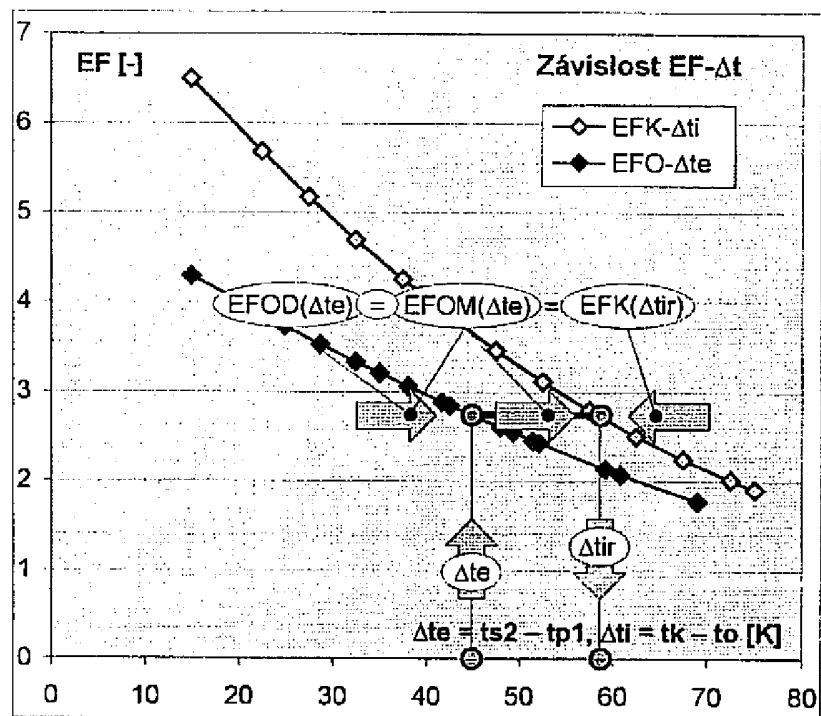
Vynález je využitelný pro určování a ověřování provozního stavu chladicího okruhu s kompresorem a výměníky tepla, používaného ve funkci chladicího zařízení a/nebo tepelného čerpadla.

PATENTOVÉ NÁROKY

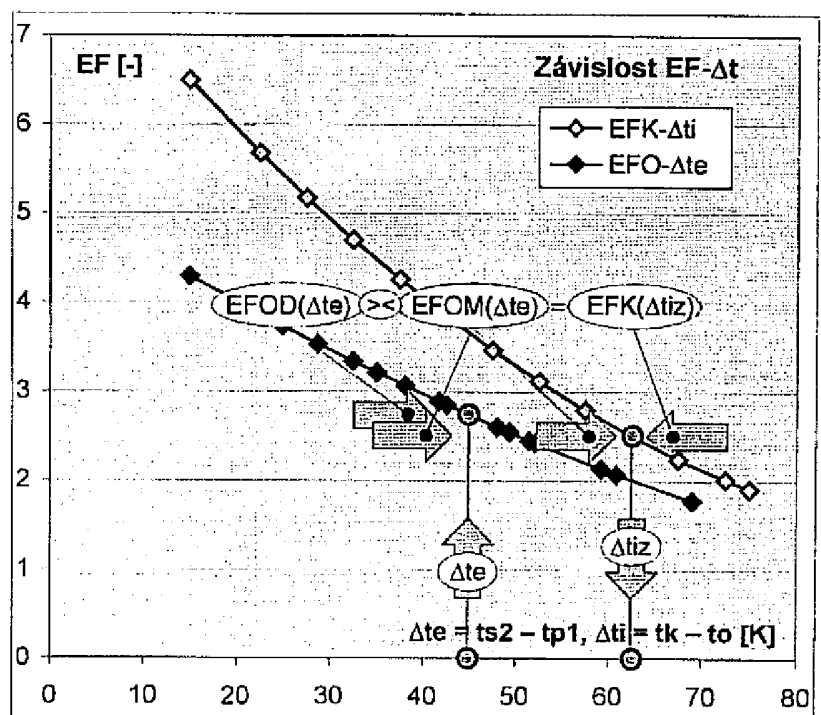
1. Způsob diagnostikování provozního stavu chladicího okruhu s kompresorem, nejméně dvěma výměníky tepla a expanzním ventilem, kde chladicí okruh je tvořen chladicím zařízením nebo tepelným čerpadlem, a kde provozní stav chladicího okruhu je charakterizován jeho energetickým faktorem (EF), daným poměrem chladicího výkonu (Q_0) a příkonu (N) nebo topného výkonu (Q_k) a příkonu (N), vyznačující se tím, že pro stanovení provozního stavu chladicího okruhu se použije závislost energetického faktoru (EF) na jediném parametru, kterým je rozdíl určujících teplot (Δt_e) vnějšího děje chladicího okruhu, přičemž soulad změřeného a deklarovaného energetického faktoru (EF) je průkazem dobrého stavu diagnostikovaného chladicího okruhu, zatímco odlišnost změřeného a deklarovaného energetického faktoru (EF) představuje poruchový stav chladicího okruhu.
2. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že závislost energetického faktoru (EF) na určujících teplotách (Δt_e) vnějšího děje chladicího okruhu je pro tepelné čerpadlo funkcí $EFT\check{C} = f_{ce}(t_{s2} - t_{p1})$ rozdílu výstupní teploty (t_{s2}) ohřívané látky a vstupní teploty (t_{p1}) chlazené látky.
3. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že závislost energetického faktoru (EF) na určujících teplotách (Δt_e) vnějšího děje chladicího okruhu je pro chladicí zařízení funkcí $EFCHZ = f_{ce}(t_{s1} - t_{p2})$, kde (t_{s1}) je vstupní teplota ohřívané látky a (t_{p2}) je výstupní teplota chlazené látky.

1/1

70 2009 - 807
03.12.09



OBR.1



OBR.2