



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

204 915

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 13. 11. 79
(21) PV 7733-79

(51) Int. Cl.³ F 25 B 29/00

(40) Zveřejněno 31. 07. 80
(45) Vydáno 01 07 83

(75)

Autor vynálezu

KLAZAR LUDĚK ing., LITOMYŠL

(54)

Zapojení dvoustupňového chladicího okruhu s parním oběhem chladiva při současném využívání odpadního tepla

1

Vynález se týká zapojení dvoustupňového chladicího okruhu s parním oběhem chladiva při současném využívání odpadního tepla, které má v základním oběhovém potrubí chladicího okruhu v sérii zapojené výparník prvního stupně, kompresor prvního stupně, kompresor druhého stupně, kondenzátor a škrticí systém, pracující s jednostupňovým, případně dvoustupňovým škrcením kapalného chladiva a alespoň jeden výměník tepla pro využití odpadního tepla.

Každé chladicí zařízení pracuje v podstatě jako tepelné čerpadlo, které přečerpává teplo z určité nízké teplotní úrovně na vyšší teplotní úroveň. Chladicího zařízení lze proto použít jak ke své prvotní funkci chlazení, tak ke své druhotné funkci - výrobě tepla.

Ve většině případů se dosud využívá jen prvotní funkce chladicího zařízení, u něhož druhotná funkce je nežádoucí a tvoří nevyužívané odpadní teplo. S ohledem na příznivou energetickou bilanci chladicího zařízení, charakterizovanou tím, že produkované teplo je několikrát větší než energie vynaložená na přečerpávání tepla mezi jednotlivými teplotními hladinami, začínají se prosazovat chladicí zařízení jako tepelná čerpadla v pravém slova smyslu. U těchto zařízení se pak využívá pouze druhotná funkce chladicího zařízení, tj. výroba tepla, zatímco výroba "chlada" je funkcí odpadní. Tepelné čerpadlo v tomto provedení je efektivní využívat pro účely ohřevu a vytápění pouze za určitých podmínek, jako je např. nedostupnost vhodnějších druhů energie, dostatek levné elektr. energie apod.

Za současné energetické krize zůstává nejúčelnější využití odpadního tepla u chladicích zařízení používaných pro svou základní prvotní funkci - chlazení. Hospodárnost provozu chladicího zařízení využívajícího jak účinků chlazení, tak odpadního tepla je podstatně vyšší, než u samotného chladicího zařízení, nebo samotného tepelného čerpadla.

Teplo produkované chladicím zařízením se v současné době odvádí ve většině případů tak, že má nízkou teplotní úroveň, jeho účelné využití je tedy obtížné, nebo vůbec nemožné. Známá jsou však řešení, která umožňují využití alespoň části tohoto tepla při vyšší teplotní úrovni. Takovým řešením je např. vřazení výměníku tepla do výtlačku kompresoru. V tomto výměníku se odvádí část produkovaného tepla, obsaženého v přehřátých parách chladiva, při vyšší teplotní úrovni než v kondenzátoru chladicího okruhu. Vzhledem k tomu, že výtlačná teplota za kompresorem a tím teplotní úroveň i množství tepla obsaženého v přehřátých parách chladiva a podíl tepla odváděného při vyšší teplotní úrovni závisí na pracovních podmínkách okruhu, je možné příznivě ovlivnit výtlačnou teplotu vhodnými opatřeními. Jedním řešením je např. vřazení výměníku tepla do sacího potrubí kompresoru, kde přívodem tepla při vyšší teplotní úrovni než ve výparníku chladicího okruhu, je možno dosáhnout zvýšení přehřátí pár v sání kompresoru a tím i vyšší výtlačnou teplotu za kompresorem i při pracovních podmínkách, při kterých by jinak kompresor pracoval s nízkou výtlačnou teplotou.

Specifická situace ve vztahu k produkovanému teplu nastává u dvoustupňových chladicích zařízení, pracujících s parním oběhem chladiva. Dvoustupňová chladicí zařízení s parním oběhem se používají především tehdy, má-li se předejít vysokým kompresním poměrům, které snižují chladicí výkon a hospodárnost provozu kompresoru i chladicího okruhu. To nastává zejména v tom případě, je-li třeba chladit určitou látku na nízkou teplotu. Aby se docílila optimální hospodárnost provozu dvoustupňového chladicího okruhu, používá se mezi oběma stupni kompresoru mezichladič, ve kterém se zchlazují přehřáté páry vytlačované kompresorem prvního stupně. Zchlazováním par se odvádí část tepla, na které se mění v kompresoru energie vynaložená na pohon kompresoru prvního stupně. Hospodárnost provozu chladicího okruhu roste s přibližováním teploty zchlazených par k teplotě sytých par při sacím tlaku kompresoru druhého stupně, protože množství energie vynakládané na pohon kompresoru druhého stupně klesá při daném sacím tlaku s poklesem teploty nasávaných par.

Vzhledem k tomu, že v současné době se mezistupňové chlazení posuzuje z hlediska hospodárnosti provozu dvoustupňového chladicího okruhu ve vztahu k prvotní funkci chladicího okruhu, řeší se mezistupňové chlazení tak, aby teplota zchlazených par byla co nejnižší a blížila se teplotě sytých par. U obvyklých případů dvoustupňových chladicích okruhů je tato teplota tak nízká, že ji nelze dosáhnout běžnými chladicími látkami, tj. vodou nebo vzduchem a proto se požadované chlazení docílí funkcí druhého stupně chladicího okruhu. To je samozřejmě spojeno s nárůstem spotřeby energie, kterou je třeba vynaložit na pohon kompresoru druhého stupně. I tento nárůst energie je však z hlediska hospodárnosti provozu dvoustupňového chladicího okruhu přínosem oproti provozu bez mezistupňového chlazení.

Ve vztahu k mezistupňovému chlazení přehřátých par vytlačovaných kompresorem prvního

stupně je třeba zmínit se i o druhotné funkci mezistupňového chlazení, kterou se předchází nadměrně vysokým teplotám ve výtlaku kompresoru druhého stupně a které jsou z provozních hledisek kompresoru nežádoucí.

Z uvedených důvodů se v současné době považuje za teplo produkované dvoustupňovým chladicím okruhem pouze teplo odváděné za druhým stupněm kompresoru. Pokud se v okruhu využívá část produkovaného tepla při vyšší teplotní úrovni, jedná se pouze o teplo obsažené v přehřátých parách za druhým stupněm kompresoru. Teplotní úroveň i množství tohoto tepla je přitom nepříznivě ovlivněna skutečností, že druhý stupeň kompresoru nasává z mezichladiče páry, jejichž stav je blízký stavu sytosti, takže výtlaková teplota za druhým stupněm kompresoru je poměrně nízká. Z toho důvodu je i množství takto odváděného tepla ve vztahu k energii vynaložené na pohon dvoustupňového chladicího okruhu poměrně nízké.

Tuto nevýhodu odstraňuje a zvýšení teplotní úrovně i množství tepla využívaného a odváděného při vyšší teplotní úrovni umožňuje zapojení podle vynálezu.

Podstatou řešení podle vynálezu je, že do základního oběhového potrubí dvoustupňového chladicího okruhu opatřeného mezi druhým kompresorovým stupněm a kondenzátorem alespoň jedním výměníkem tepla je vřazen druhý výměník tepla, umístěný mezi výtlak kompresoru prvního stupně a sání kompresoru druhého stupně, který je svým vnitřním teplosměnným potrubím sériově propojen s vnitřním potrubím prvního výměníku tepla za kompresorem druhého stupně. Sériově propojená potrubí obou výměníků tepla tvoří součást rozváděcího oběhového potrubí uzavřeného rozváděcího okruhu teplotnosné látky. Ze základního oběhového potrubí chladicího okruhu za kondenzátorem je vyvedeno odbočující potrubí, které vyústí do sání kompresoru druhého stupně. V odbočujícím potrubí je zapojen termostatický expanzní ventil ovládaný tykavkou, která je vestavěna do sání, případně výtlaku kompresoru druhého stupně.

Výhodou zapojení podle vynálezu je, že umožňuje využívat teplo přehřátých par za oběma stupni kompresoru a tudíž i ve větším množství a na vysoké teplotní úrovni. To představuje výraznou energetickou úsporu při nepatrném zvýšení spotřeby energie, kterou je třeba vynaložit na pohon kompresoru druhého stupně vlivem vyšší teploty par nasávaných tímto stupněm.

Důvod pouze nepatrného zvýšení spotřeby energie pro pohon spočívá v tom, že je spotřeba naopak příznivě ovlivněna skutečností, že zchlazování par mezi stupni není zajišťováno funkcí druhého stupně chladicího okruhu.

Na připojeném výkresu je schematicky znázorněn příklad provedení zapojení dvoustupňového chladicího okruhu s parním oběhem podle vynálezu. Jde o dvoustupňový chladicí okruh s dvoustupňovým škrcením kapalného chladiva, do něhož jsou zabudovány dva výměníky tepla, které tvoří součást rozváděcího oběhového potrubí uzavřeného rozváděcího okruhu teplotnosné látky pro využití odpadního tepla.

V základním oběhovém potrubí 1 chladicího okruhu jsou v sérii zařazeny výparník 2 kompresor 3 prvního stupně, kompresor 4 druhého stupně, kondenzátor 5 škrticí ventil 6 druhého stupně, expanzní odlučovač 7 a škrticí ventil 8 prvního stupně. Expanzní odlučovač 7 je propojen se sáním kompresoru 4 druhého stupně propojovacím potrubím 9. Do výtlaku

204 915

kompresoru 3 prvního stupně je vřazen druhý výměník 10 tepla, a do výtlaku kompresoru 4 druhého stupně první výměník 11 tepla. Oba jsou sériově propojeny a tvoří součást rozváděcího oběhového potrubí 12 uzavřeného rozváděcího okruhu teplonosné látky. Ze základního oběhového potrubí 1 chladicího okruhu za kondenzátorem 5 je vyvedeno odlučující potrubí 13, vyústující do sání kompresoru 4 druhého stupně za místem, ve kterém je do tohoto sání připojeno propojovací potrubí 9 z expanzního odlučovače 7. Odbočující potrubí 13 obsahuje termostatický expanzní ventil 14 jehož tykavka 15 je vestavěna do výtlaku kompresoru 4 druhého stupně. V rozváděcím oběhovém potrubí 12 uzavřeného rozváděcího okruhu teplonosné látky jsou kromě prvního výměníku 11 tepla a druhého výměníku 10 tepla dále zařazena v jedné paralelní větvi první oběhové čerpadlo 16 s rozváděcím výměníkem 17 tepla a v druhé paralelní větvi druhé oběhové čerpadlo 18 s odpadovým výměníkem 19 tepla. V rozváděcím oběhovém potrubí 12 před druhým výměníkem 10 tepla je zařazen první termoregulační ventil 20, jehož první čidlo 21 je vestavěno do rozváděcího oběhového potrubí 12 za prvním výměníkem 11 tepla. V pracovním potrubí 22 za rozváděcí výměníkem 17 tepla je zařazen druhý termoregulační ventil 23, jehož druhé čidlo 24 je vestavěno do pracovního potrubí 22 mezi druhý termoregulační ventil 23 a rozváděcí výměník 17 tepla.

Ve druhém výměníku 10 tepla za výtlakem kompresoru 3 prvního stupně je teplonosnou látkou odebírána přehřátým parám část přehřívajícího tepla. Páry chladiva, zchlazené ve druhém výměníku 10 tepla se směšují se sytými parami, přiváděnými propojovacím potrubím 9 z expanzního odlučovače 7. Odbočujícím potrubím 13 je přiváděno kapalně chladivo do sání kompresoru 4 druhého stupně. Množství přiváděného chladiva je řízeno termostatickým expanzním ventilem 14 v závislosti na nastavené hodnotě teploty ve výtlaku kompresoru 4 druhého stupně, kterou sleduje tykavka 15. Přiváděné kapalně chladivo je vstříkem rozprašováno a směšovací způsobem zchladzuje nasávané páry na teplotu, při které je udržována výtlaková teplota kompresoru 4 druhého stupně na požadované hodnotě, nezpůsobující provozní potíže. Smíšené páry chladiva jsou nasávány a stlačovány kompresorem 4 druhého stupně. V prvním výměníku 11 teplo za výtlakem kompresoru 4 druhého stupně je teplonosnou látkou odebíráno přehřátým parám přehřívající teplo. Takto zchlazené páry chladiva se přivádějí do kondenzátoru 5, kde kondenzují. Kondenzace par je zajištěna odvodem tepla vhodnou teplonosnou, nebo chladicí látkou. Odváděné teplo může být využíváno nebo může být mařeno, jako teplo odpadní. Zbývající prvky základního oběhového potrubí 1 zajišťují běžnou přímární funkci chladicího zařízení, kterou je odvod tepla chlazené látky. Teplonosná látka, která trvale obíhá v rozváděcím oběhovém potrubí 12 uzavřeného rozváděcího okruhu odebírá přehřátým parám chladiva teplo a to nejprve na druhém výměníku 10 tepla o malý teplotní rozdíl a potom v prvním výměníku 11 tepla o velký teplotní rozdíl. Odebrané teplo se v rozváděcím výměníku 17 tepla předává užitečně ohříváné kapalině, např. užitkové nebo pitné vodě, která má nízkou vstupní teplotu. Cirkulaci teplonosné látky v okruhu přitom zajišťuje první oběhové čerpadlo 16. Druhé oběhové čerpadlo 18 zůstává v klidu, odpadový výměník 19 tepla není v provozu. V rozváděcím výměníku 17 tepla se teplonosná látka opět ochladí a je znovu přiváděna do druhého výměníku 10 tepla. Ohřev teplonosné látky v prvním výměníku 11 a druhém výměníku 10 tepla na požadovanou teplotu je zajišťován regulací prů-

toku teplonosné látky v okruhu pomocí prvního termoregulačního ventilu 20 a příslušejícího prvního čidla 21. Ohřev zvolené kapaliny, např. užitkové vody na požadovanou teplotu je zajišťován regulací průtoku vody rozváděcím výměníkem 17 pomocí druhého termoregulačního ventilu 23 a jemu příslušejícího druhého čidla 24. Nepřímý ohřev pracovní kapaliny je zvolen z bezpečnostních důvodů. Při poruše těsnosti některého z výměníků 10, 11 tepla nemůže dojít k zamoření ohřívané kapaliny chladivem. Případnou disproporci mezi produkovaným a užitečně odebíraným teplem lze řešit akumulací tepla do ohřívané kapaliny ve vhodném (nezakresleném) zásobníku známým způsobem. Pro případ, že by akumulace nestačila vyřešit tuto disproporci, využívá se paralelního zapojení odpadního výměníku 19 tepla, určeného pro odvod produkovaného tepla jako tepla odpadního. Odpadní teplo se pak maří známými způsoby. Při tomto odvodu odpadního tepla je v provozu druhé oběhové čerpadlo 18 první oběhové čerpadlo 16 je v klidu a rozváděcí výměník 17 tepla není ve funkci. Odvádí-li se teplo z prvního výměníku 11 a druhého výměníku 10 tepla jako teplo odpadní, zvýší se teplota teplonosné látky na vstupech do obou výměníků 10, 11 tepla. Tím dojde k menšímu zchlazení přehřátých par chladiva na výstupu z obou výměníků 10, 11, takže přehřáté páry jsou teplejší. U prvního výměníku 11 tepla nemá toto zvýšení teploty další vliv, protože zbývající teplo se odvede v kondenzátoru 5. U druhého výměníku 10 tepla zabráňuje nežádoucím zvýšení výtlačné teploty kompresoru 3 prvního stupně termostatický expanzní ventil 14 zajišťující přísuv potřebného množství kapalného chladiva z odbočujícího potrubí 13 do sání kompresoru 4 druhého stupně. Tím se směšovací způsobem zchladí nasávané páry chladiva na potřebnou hodnotu.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

Zapojení dvoustupňového chladicího okruhu s parním oběhem chladiva při současném využívání odpadního tepla, které má v základním oběhovém potrubí chladicího okruhu v sérii zapojené výparník prvního stupně, kompresor prvního stupně, kompresor druhého stupně, kondenzátor a škrticí systém, opatřený jednostupňovým, případně dvoustupňovým škroením kapalného chladiva, přičemž mezi kompresor druhého stupně a kondenzátor je do základního oběhového potrubí chladicího okruhu zapojen alespoň jeden výměník tepla pro využití odpadního tepla v y z n a č u j í c í s e t í m , že do základního oběhového potrubí (1) mezi výtlačkem kompresoru (3) prvního stupně a sání kompresoru (4) druhého stupně je vřazen druhý výměník (10) tepla, jehož vnitřní teplosměnné potrubí je sériově propojeno s vnitřním teplosměnným potrubím prvního výměníku (11) tepla za kompresorem druhého stupně (4), přičemž vnitřní teplosměnná potrubí obou výměníků (11, 10) tepla tvoří součást rozváděcího oběhového potrubí (12) uzavřeného rozváděcího

204 915

okruhu teplonosné látky, přitom ze základního oběhového potrubí (1) chladicího okruhu za kondenzátorem (5) je vyvedeno odbočující potrubí (13), vyústující do sání kompresoru (4) druhého stupně a obsahující termostatický expanzní ventil (14), jehož tykavka (15) je vestavěna do sání, případně výtlaku kompresoru (4) druhého stupně.

1 výkres

