

ÚSPORY ENERGIE V MRAZÍRENSKÝCH APLIKACÍCH

Ing. Luděk Pospíšil

JDK, spol. s r.o., Pražská 2161, Nymburk, Česká republika

ABSTRAKT

Náklady na provoz chladicího zařízení s růstem cen elektrické energie tvoří podstatnou složku provozních nákladů. Chladicí a klimatizační zařízení spotřebovává celkem cca 15% veškeré elektrické energie vyrobené na Zemi a podíl neustále roste [1]. Zvláště v mrazírenském provozu pro vypařovací teploty -25°C a nižší lze dosáhnout až 30% energetických úspor s využitím dělené komprese v kombinaci s podchlazením chladiva.

1. Kondenzační jednotky pro mrazírenský provoz

1.1 Vliv kompresoru

Energetická účinnost kompresorového chladicího okruhu s vypařovací teplotou, respektive se zvyšujícím se kompresním poměrem významně klesá. Energetickou bilanci mrazírenského chladicího okruhu ovlivňuje především dopravní a adiabatická účinnost kompresoru.

Výrobci kompresorů se snaží dopravní účinnost zvýšit zmenšením škodného prostoru. U pístových kompresorů minimalizují provozní vůli nad pístem a hledají vhodnou konstrukci ventilového mechanismu.

Dobrym příkladem konstrukčního řešení minimalizující škodný prostor včetně optimalizace ventilového mechanismu je systém Discus firmy Copeland úspěšně aplikovaný pro polohermetické pístové kompresory. Ideální se z tohoto pohledu jeví kompresory scroll, které již ze své konstrukční podstaty mají škodný prostor úplně eliminován a dosahují výjimečné dopravní účinnosti.

Velký tlakový rozdíl mezi vypařovacím a kondenzačním tlakem v mrazicích aplikacích vede k vysokým výtlačným teplotám a tím ke zhoršení adiabatické účinnosti kompresního cyklu. Vysoké teploty na výtlačku ohrožují chemickou stabilitu oleje i chladiva a ovlivňují spolehlivost a životnost chladivového kompresoru.

1.2 Dělená komprese

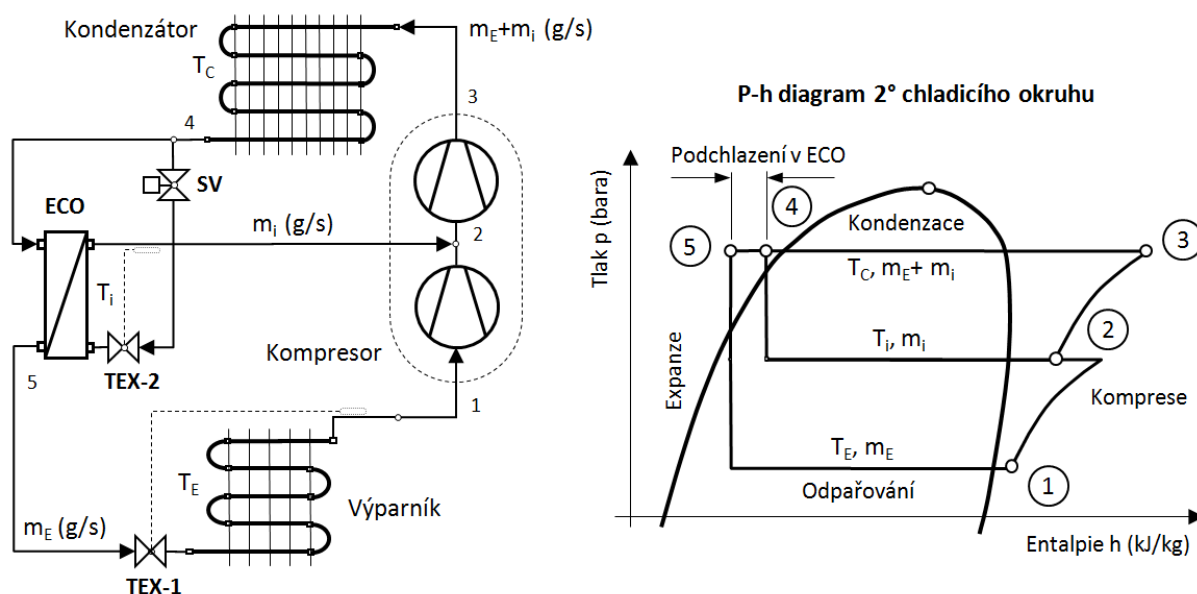
Vysokou kompresní teplotu lze omezit použitím dělené komprese s mezistupňovým chlazením. Dobře známým řešením používaným v praxi je dvoustupňové uspořádání chladicího okruhu s polohermetickým kompresorem a mezistupňovým chlazením doplněné podchlazovačem kapalného chladiva - ekonomizérem. Stejného principu využívají také výrobci šroubových kompresorů, kteří umísťují napojení středního tlaku do vhodného místa postupně probíhající komprese.

1.3 Dvoustupňový chladicí okruh s ekonomizérem

Typické zapojení chladivového okruhu s dvoustupňovou kompresí a podchlazením chladiva (ekonomizérem) je uvedeno na obrázku 1.

Výměník ECO je využíván k podchlazení kapalného chladiva 4 na výstupu z kondenzátoru. Odpařením určitého množství chladiva m_i při vypařovací teplotě T_i ve výměníku ECO dojde k podchlazení kapalného chladiva m_E . Dodatečné podchlazení kapalného chladiva 5 zvyšuje chladicí výkon na výparníku bez nutnosti použití výkonnějšího kompresoru.

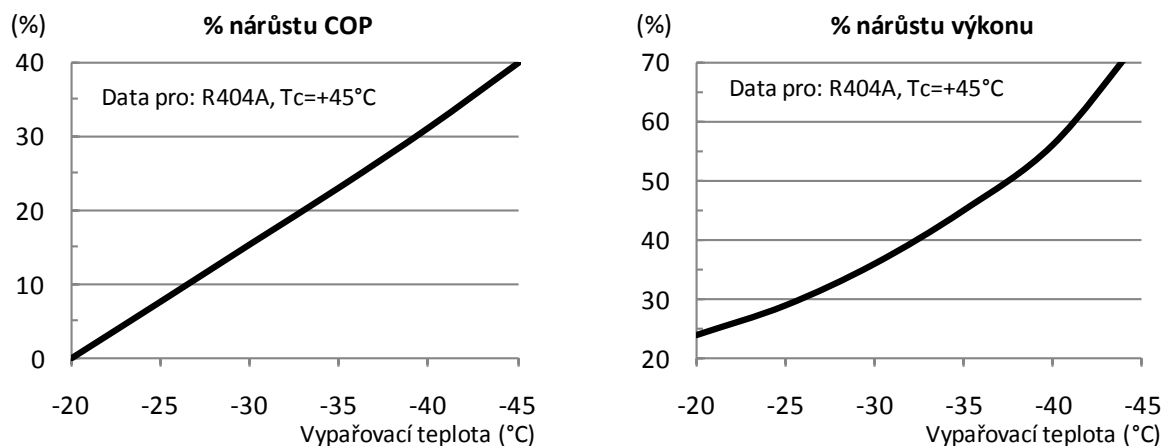
Odpařené, ale relativně chladné chladivo z výměníku ECO je přivedeno na sání druhého stupně kompresoru. Zde dojde ke smísení s horkými parami výtlačku prvního stupně kompresoru m_E+m_i . Nasátím zchlazené páry chladiva 2 je pak výsledná kompresní teplota v bodě 3 významně redukována.



Obrázek 1 Dvoustupňový chladicí okruh

1.4 Chladicí faktor COP a výkon

Rostoucí kompresní poměr vede obecně ke zhoršení chladicího faktoru. Dvoustupňový chladicí okruh s ekonomizérem dosahuje v praxi lepší chladicí účinnosti COP než klasický jednostupňový okruh. Viz obrázek 2 typických hodnot % nárůstu COP a % nárůstu výkonu pro pístový polohermetický kompresor. Příčinou navýšení chladicího výkonu je skutečnost, že podchlazení chladiva je realizováno chladicím okruhem s menším kompresním poměrem (střední tlak/kondenzační tlak) a tedy s lepší účinností. Typická data byla získána z podkladů [2].



Obrázek 2 Typické % nárůstu COP a výkonu pro dvoustupňový kompresor s podchlazením

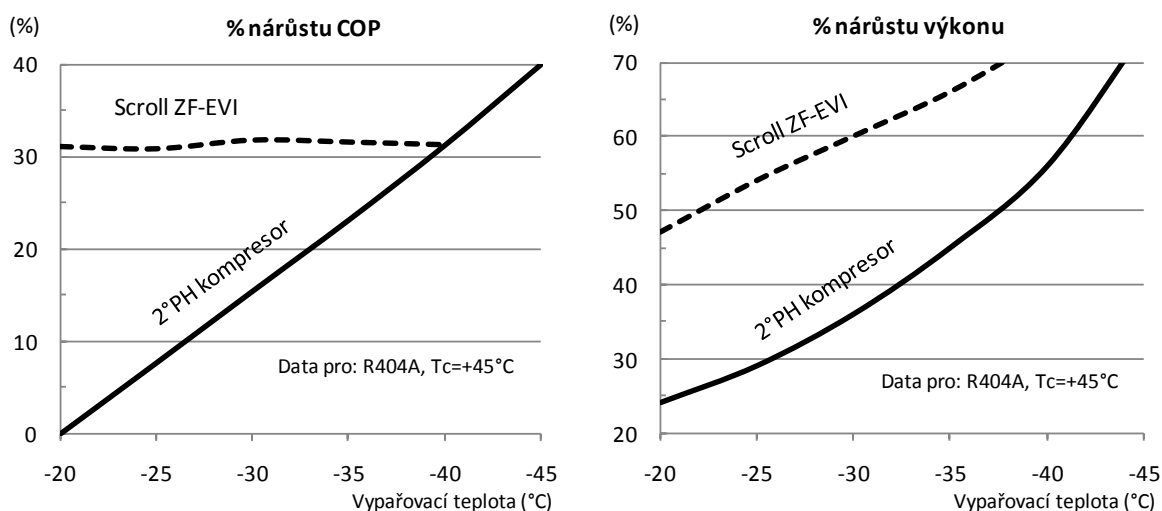
Z grafu % nárůstu COP je patrné, že pro mrazírenské aplikace při vypařovacích teplotách kolem -33°C lze dosáhnout s polohermetickým pístovým kompresorem ve dvoustupňovém uspořádání a s podchlazením chladiva cca 20% úspor na příkonu kompresoru. Dodatečné podchlazení chladiva v ekonomizéru zvýší chladicí výkon v mrazírenském provozu až o 40%.

1.5 Scroll kompresory pro mrazírenské aplikace

Výhodou kompresorů scroll ve srovnání s tradičními pístovými kompresory je, že výkon je méně závislý na kompresním poměru (např. stálá vypařovací teplota a měnící se kondenzační respektive okolní teplota). Důvodem je neexistence škodného prostoru a tím konstantní objemová účinnost [3].

Konstrukční provedení kompresoru Copeland scroll vhodné pro dvoustupňovou kompresi je známo pod označením EVI (Enhanced Vapour Injection). Konstrukterům se podařilo realizovat dva kompresní stupně uvnitř jedné scroll sestavy. Zchlazené páry chladiva o středním tlaku jsou vhodně umístěnými otvory ve scroll spirále přivedeny přímo do kompresního prostoru. Optimalizací umístění sacích otvorů bylo dosaženo výjimečných energetických parametrů kompresorů scroll EVI. Obrázek 3 porovnává hodnoty COP a navýšení chladicího výkonu pro polohermetický dvoustupňový kompresor a scroll EVI s podchlazením.

Porovnání % nárůstu COP je provedeno k typickým hodnotám pístového PH kompresoru v jedноступňovém zapojení bez podchlazení. Kompresory ZF-EVI dosahují v širokém rozsahu vypařovacích teplot s podchlazením energetické úspory více jak 30% [2].



Obrázek 3 Typické % nárůstu COP a výkonu pro PH a scroll EVI kompresor

Porovnání typického % nárůstu výkonu je provedeno pro provoz stejného kompresoru s podchlazením a bez podchlazení. Kompresory ZF-EVI dosahují běžně hodnot navýšení přes 60%. Pro dosažení stejného chladicího výkonu s podchlazením pak stačí snížený hmotnostní průtok chladiva o více než 40% [4].

1.6 Přínosy dvoustupňového chladicího systému

- Menší příkon při stejném chladicím výkonu (vyšší COP)
- Při provozu s podchlazovačem vzhledem k navýšení výkonu stačí volit menší a tím levnější kompresor
- Možnost regulace výkonu okruhu provozem bez podchlazení
- Ztráty na sacím potrubí mohou být redukovány v porovnání s konvenčním okruhem. Důvodem je menší potřebné obíhající množství chladiva vzhledem k dodatečnému podchlazení chladiva. Například při snížení obíhajícího množství o 40% dojde ke snížení tlakové ztráty o 64%! (Tlakové ztráty jsou úměrné druhé mocnině hodnoty průtoku)
- Dimenze kapalinového potrubí a tím i náplň chladiva může být redukována vzhledem k menšímu obíhajícímu množství chladiva přes výparník

1.7 Závěr

Aplikace dvoustupňového chladicího okruhu pro komerční nasazení s využitím technologie kompresorů scroll EVI je investičně i technicky velmi lákavá. Energetické úspory kolem 30% ve srovnání s konvenční technologií jsou atraktivní. Také možnost snížení náplně chladiva je přínosem pro potenciální snížení emisí při případném úniku náplně. Vzhledem k těmto faktům lze očekávat komerční nasazení ještě ve větším rozsahu.

Také redukce tlakových ztrát v sacím potrubí je způsob jak zvýšit účinnost mrazicího okruhu. Aplikace okruhů s podchlazením chladiva toto umožní bez nutnosti investovat do rozvodů s větším průměrem.

Dodatečným využitím tepla přehřátých par na výtlaku kompresoru lze snadno získat odpadní energii pro ohřev vody na teplotu +60°C i více.

Seznam literatury:

- [1] IIR, Report on Refrigeration Sector Achievements and Challenges. The World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, 2002.
- [2] Copeland Selection software 6.6, Bitzer Software 5.2.0.1, Frascold Selection Software 1.2.0.0
- [3] Walter Bianchi, Dr. Eric Winandy: Performance improvements in commercial refrigeration with vapour injected scroll compressors, Emerson Climate Technologies.
- [4] Copeland Selection software 6.6, ZF-EVI