

METODIKA PRO NÁVRH TEPELNÉHO ČERPADLA SYSTÉMU

VZDUCH-VODA

Získávání tepla ze vzduchu

Tepelná čerpadla odebírající teplo ze vzduchu jsou označovaná jako „vzduch-voda“ případně „vzduch-vzduch“. Teplo obsažené ve vzduchu se využívá přímo, výparníkem tepelného čerpadla přímo proudí venkovní vzduch. Teplota vzduchu se v průběhu topného období mění ve značném rozmezí. V souvislosti s tím se mění i topný výkon a topný faktor tepelného čerpadla. Při extrémně nízkých teplotách vzduchu topný výkon i topný faktor klesá. Vzhledem k tomu, že délka období s extrémně nízkými teplotami vzduchu je v porovnání s délkou topného období poměrně krátká, není význam tohoto období na spotřebu energie pro vytápění podstatný.

Postup při návrhu velikosti tepelného čerpadla bez modulace výkonu kompresoru

Je třeba respektovat tato zásadní kritéria:

- Poměr úspory energie je závislý na topném výkonu tepelného čerpadla a jeho celkovém příkonu.
- Pro zvýšení životnosti tepelného čerpadla je nutné minimalizovat počet startů kompresoru.
- Systém se doporučuje řešit jako bivalentní, tedy tepelné čerpadlo + další doplňkový zdroj tepla (např. elektrokotel, plynový kotel apod.), informace viz dále v textu.
- Snaha maximálně snížit finanční náročnost investice.

Výkon tepelného čerpadla vzduch-voda se pak obvykle pohybuje v rozmezí 70 až 80 % tepelné ztráty objektu (uvažováno s výkonem tepelného čerpadla za podmínek A2/W35). Při tomto poměru tepelné čerpadlo dodá do objektu za období topné sezóny 90 až 95 % tepla a doplňkový zdroj dodá pouhých 5 až 10 % tepla.

V některých případech (např. domy s malou tepelnou kapacitou, nebo když není použita akumulární nádrž) je vhodné zahrnout do výpočtu potřebného výkonu zdroje tepla i dobu vysoké sazby elektrické energie, po kterou je nutné tepelné čerpadlo automaticky odstavit z provozu. V České republice je většinou nízká sazba elektrické energie v délce trvání celkem 22 hodin denně a 2 hodiny denně trvá vysoká sazba. Je třeba sečíst tepelné ztráty budovy, připočítat potřebu tepla pro přípravu teplé vody, případně zakalkulovat ohřev vody v bazénu a výslednou hodnotu zvětšit o 10 %. Potřebný výkon tepelného čerpadla je potom dán vztahem:

potřebný výkon = tepelná ztráta objektu při dané venkovní teplotě x 1,1 (koeficient navýšení výkonu pro 2 hod. blokování provozu tepelného čerpadla systémem HDO)

Minimální kritérium výkonu tepelného čerpadla stanovují i distributoři elektrické energie. Pro vytápění tepelným čerpadlem je dvoutarifový produkt kombinovatelný s distribučními sazbami s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin. Pro přiznání sazby D56d pro domácnosti, nebo C56d pro firmy a podnikatele, musí topný výkon tepelného čerpadla krýt minimálně 60 % tepelných ztrát vytápěného objektu.

Bivalentní zdroj tepla

Při dimenzování tepelného čerpadla vzduch-voda je třeba si vždy uvědomit, že jeho výkon postupně klesá se snižující se venkovní teplotou a maximální výstupní teplota, udávaná v technických parametrech konkrétního výrobku, nemůže být při extrémních venkovních teplotách např. $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nižších zpravidla dosažena. Z tohoto důvodu se vytápěcí systém s tepelným čerpadlem vzduch-voda bez modulace výkonu kompresoru doporučuje řešit vždy jako bivalentní. Tímto řešením se dosáhne nejen zajištění 100% krytí potřeby tepla pro vytápěný objekt, ale i optimálního poměru mezi provozními a pořizovacími náklady.

Jako tzv. bivalentní zdroj tepla pro tepelné čerpadlo vzduch-voda se doporučují většinou zdroje tepla s možností automatické regulace topného výkonu, např. elektrokotle nebo plynové kotle. Tepelná čerpadla vzduch-voda mají dnes již velmi často elektrokotel nebo elektrickou topnou spirálu jako bivalentní zdroj tepla ve své standardní výbavě. Výkon tohoto zdroje je odpovídající výkonu tepelného čerpadla a činí zpravidla cca dvě třetiny jeho jmenovitého výkonu. Pokud to je technicky možné, doporučuje se dimenzovat bivalentní zdroj tepla na 100 % tepelné ztráty pro případ výpadku nebo poruchy tepelného čerpadla. Pomocí řídicí elektroniky (tepelného čerpadla nebo externích regulátorů), lze většinou jednoduše zkombinovat tepelné čerpadlo i s jiným původním zdrojem tepla, např. plynovým kotlem a tento ponechat jako bivalentní či záložní.

Určení bodu bivalence

Bod bivalence je teplota venkovního vzduchu, kdy je výkon tepelného čerpadla roven tepelné ztrátě objektu. Bod bivalence by se měl při optimálním návrhu pohybovat v rozmezí teplot 0°C až -5°C . Bod bivalence se dá jednoduše určit z průsečíku křivek výkonu tepelného čerpadla v závislosti na venkovní teplotě a průběhu tepelné ztráty v závislosti na venkovní teplotě. Pokud nejsou tyto údaje k dispozici, lze uvažovat při zjednodušeném návrhu s těmito hodnotami:

- Výkon TČ odpovídá 60 – 65 % tepelné ztráty objektu \Rightarrow bod bivalence $+1^{\circ}\text{C}$ až -1°C .
- Výkon TČ odpovídá 65 – 75 % tepelné ztráty objektu \Rightarrow bod bivalence -1°C až -3°C .
- Výkon TČ odpovídá 75 – 85 % tepelné ztráty objektu \Rightarrow bod bivalence -3°C až -5°C .

Postup při návrhu velikosti tepelného čerpadla s modulací výkonu kompresoru.

Je třeba respektovat tato zásadní kritéria:

- Tepelná čerpadla s tzv. invertory se navrhují zpravidla jako monovalentní zdroj.
- Pro zvýšení životnosti tepelného čerpadla je nutné minimalizovat počet startů kompresoru.
- Snaha maximálně snížit finanční náročnost investice.

Tepelná čerpadla s technologií invertoru se obvykle navrhují jako monovalentní zdroj tepla, tedy na 100 % tepelných ztrát vytápěného objektu. Pro případ výpadku (poruchy) tepelného čerpadla nebo sanaci zásobníku teplé vody se však doporučuje instalace elektrokotle nebo elektrické topné spirály s odpovídajícím výkonem.

Při návrhu tepelného čerpadla s modulací výkonu jako monovalentního je třeba vzít v úvahu, že maximální výstupní teploty z tepelného čerpadla lze dosáhnout jen do určité venkovní

teploty (dle údajů výrobce, obvykle v rozmezí -10 až -15 °C). Při nižších venkovních teplotách dochází opět k postupnému snižování topného výkonu i výstupní teploty. Při návrhu tepelného čerpadla je tedy třeba ověřit podle technických údajů výrobce, jaké maximální výstupní teploty tepelné čerpadlo dosáhne při výpočtové venkovní teplotě pro danou oblast (použitou pro výpočet tepelné ztráty vytápěného objektu). Pokud je výstupní teplota z tepelného čerpadla nižší než výpočtová vstupní teplota otopné soustavy, je třeba v případě nových realizací upravit projekt otopné soustavy na výpočtovou vstupní teplotu odpovídající maximální výstupní teplotě tepelného čerpadla při výpočtové venkovní teplotě, nebo zdroj tepla navrhnout jako bivalentní.

V některých případech je vhodné zahrnout do výpočtu potřebného výkonu zdroje tepla i dobu vysoké sazby elektrické energie, po kterou je nutné tepelné čerpadlo automaticky odstavit z provozu. V České republice je většinou nízká sazba elektrické energie v délce trvání celkem 22 hodin denně a 2 hodiny denně trvá vysoká sazba. Je třeba sečíst tepelné ztráty budovy, připočítat potřebu tepla pro přípravu teplé vody, případně ohřev vody v bazénu a výslednou hodnotu zvětšit o 10 %. Potřebný výkon tepelného čerpadla je potom dán vztahem:

potřebný výkon = tepelná ztráta objektu při dané venkovní teplotě x 1,1 (koeficient navýšení výkonu pro 2 hod. blokování provozu tepelného čerpadla systémem HDO)

Prostřednictvím řídicí elektroniky tepelného čerpadla, lze většinou zkombinovat tepelné čerpadlo s modulací výkonu s původním zdrojem vytápění a ponechat původní zdroj jako zálohu při náhlém výpadku tepelného čerpadla.

Akumulace tepla ve vytápěcím systému s tepelným čerpadlem

Tepelné čerpadlo vzduch-voda je vhodné zapojit do systému přes akumulární nádrž, která zajistí následující funkce:

- Odděluje průtok tepelným čerpadlem a průtok otopnou soustavou, čímž je zajištěn požadovaný stálý průtok tepelným čerpadlem a tím i konstantní ohřátí topné vody.
- Správně dimenzovaná akumulární nádrž obsahuje dostatečné množství topné vody pro odtávání tepelného čerpadla vzduch-voda reverzací chladicího okruhu (uvažováno pro případ, že otopná soustava nedisponuje dostatečným množstvím vody nezbytné pro odtávání reverzací funkce tepelného čerpadla).
- Správně dimenzovaná akumulární nádrž obsahuje rovněž dostatečné množství topné vody k zamezení cyklování provozu tepelného čerpadla při nepříznivých podmínkách v závislosti na aktuální potřebě tepla pro vytápěný objekt (platí především pro tepelná čerpadla bez modulace výkonu kompresoru).

Výpočet aktivního objemu topné vody ve vytápěcím systému:

$$V_a = k \times Q_z \text{ [kW]}$$

V_a [litry] – aktivní objem topné vody ve vytápěcím systému

k [-] – konstanta (minimální doporučená hodnota 15-20)

Q_z [kW] – jmenovitý topný výkon tepelného čerpadla při podmínkách A2/W35

Tepelné čerpadlo vzduch-voda může být za určitých podmínek připojeno přímo k otopné soustavě bez použití akumulární nádrže. Otopná soustava však musí bezpodmínečně zajistit podmínku minimálního aktivního objemu topné vody (viz. předchozí výpočet) a dále pak podmínku požadovaného předepsaného konstantního průtoku bez jakéhokoliv omezení. Jako příklad můžeme uvést jeden topný okruh tvořený systémem podlahového vytápění.

Určitou výjimkou mohou být též tepelná čerpadla s modulací výkonu kompresoru, tzv. invertorem. Tato tepelná čerpadla dokáží rychle reagovat na změny v potřebě výkonu, a

proto u některých aplikací (zejména jednodušších aplikací v rodinných domech) není nutná instalace akumulční nádrže. Vždy je však nutné respektovat předpisy a doporučení výrobce.

V případě vytápěcího systému s více topnými okruhy musí být vždy použita akumulční nádrž z důvodu dokonalého hydraulického oddělení jednotlivých okruhů.

Příklad zjednodušeného návrhu tepelného čerpadla systém vzduch-voda:

- Tepelná ztráta objektu: 11 kW
- Otopná soustava: podlahové vytápění
- Počet osob pro ohřev teplé vody: 4

Bez modulace výkonu kompresoru

- 1) Tepelné čerpadlo se bude navrhovat pro podlahový systém vytápění, což je nízkoteplotní systém se střední teplotou otopné vody 35-40°C. Proto výkon tepelného čerpadla bude odpovídat okrajovým podmínkám A2/W35.
- 2) Dle výkonové charakteristiky tepelného čerpadla se zvolí tepelné čerpadlo s výkonem v rozmezí 7,7 až 8,8 kW, což odpovídá 70 až 80% tepelné ztráty objektu.
- 3) Návrh objemu zásobníku teplé vody. Pro 1 osobu se uvažuje 40 až 50 litrů teplé vody na den. V případě 4 osob v domácnosti je zvolen nepřímotopný ohřívač o objemu 200 litrů. Pozor! Teplosměnná plocha výměníku musí odpovídat maximálnímu topnému výkonu tepelného čerpadla v letním období nebo požadavku výrobce tepelného čerpadla! Z hlediska topného výkonu potřebného pro ohřev vody v akumulčním ohřívači o objemu 200 litrů není zpravidla u malých rodinných domů nutné provádět navýšení výkonu tepelného čerpadla. Toto má vždy dostatečný topný výkon k ohřátí (dohřátí) vody v akumulčním ohřívači, buď v prodlevách vytápění, nebo s prioritou ohřevu vody ve velmi krátkých časových výsečích, které nemají vliv na tepelnou pohodu ve vytápěném objektu. V případě, že by se jednalo o přípravu velkého množství teplé vody nebo nízkoeenergetický či pasivní rodinný dům s navrhovaným tepelným čerpadlem o výkonu přibližně 5 kW a méně, je nutné topný výkon tepelného čerpadla navýšit podle konkrétního případu.
- 4) Velikost akumulční nádoby vychází ze vzorce uvedeného v odstavci „Akumulace tepla v otopné soustavě“.
 $V_a = k \times Q_z \text{ [kW]}$
 $V_a = 15(20) \times (6,6 \text{ až } 8,8) = 99 \text{ až } 132 \text{ litrů} \cong 150 \text{ litrů}$
- 5) U objektů s velkou akumulací tepla (silné zdivo, podlahové vytápění, dostatečně velká akumulční nádrž apod.) není třeba navyšovat výkon tepelného čerpadla s ohledem na výseč dodávky elektrické energie (HDO). Objekty s velkou akumulací mají zpravidla dostatečnou setrvačnost na pokrytí těchto odstavek z provozu.

S modulací výkonu kompresoru

- 1) Tepelné čerpadlo se bude navrhovat pro podlahový systém vytápění, což je nízkoteplotní systém se střední teplotou otopné vody 35-40°C. Proto výkon tepelného čerpadla bude odpovídat okrajovým podmínkám A2/W35.
- 2) Dle výkonové charakteristiky tepelného čerpadla se zvolí tepelné čerpadlo s výkonem odpovídajícím vypočítané tepelné ztrátě objektu, tedy 11 kW.
- 3) Návrh objemu zásobníku teplé vody je obdobný jako u tepelných čerpadel bez modulace výkonu kompresoru. Pro 1 osobu se uvažuje 40 až 50 litrů teplé vody na den. V případě 4 osob v domácnosti je zvolen nepřímotopný akumulární ohřivač o objemu 200 litrů. Zvýšenou pozornost je nutné věnovat teplosměnné ploše výměníku v akumulárním ohřivači. Ta by měla pokud možno odpovídat maximálnímu topnému výkonu tepelného čerpadla v letním období nebo požadavku výrobce tepelného čerpadla! Výhodou u tepelných čerpadel s modulací výkonu je skutečnost, že dokáží svůj topný výkon v určité míře přizpůsobit teplosměnné ploše výměníku tepla v akumulárním ohřivači. Z hlediska topného výkonu potřebného pro ohřev vody v akumulárním ohřivači o objemu 200 litrů není zpravidla u malých rodinných domů nutné provádět navýšení výkonu tepelného čerpadla. Toto má vždy dostatečný topný výkon k ohřátí (dohřátí) vody v akumulárním ohřivači, buď v prodlevách vytápění, nebo s prioritou ohřevu vody ve velmi krátkých časových výsečích, které nemají vliv na tepelnou pohodu ve vytápěném objektu. V případě, že by se jednalo o přípravu velkého množství teplé vody nebo souběžný provoz vytápění a ohřev vody, je nutné topný výkon tepelného čerpadla navýšit podle konkrétního případu.
- 4) Pokud výrobce tepelného čerpadla s modulací výkonu neuvádí jinak, velikost akumulární nádoby vychází ze vzorce uvedeného v odstavci „Akumulace tepla v otopné soustavě“.
 $V_a = k \times Q_z \text{ [kW]}$
 $V_a = 15 \times 11 = 165 \text{ litrů} \cong 150 \text{ litrů}$
- 5) U objektů s velkou akumulací tepla (silné zdivo, podlahové vytápění, dostatečně velká akumulární nádrž apod.) není třeba navyšovat výkon tepelného čerpadla s ohledem na výseč dodávky elektrické energie (HDO). Objekty s velkou akumulací mají zpravidla dostatečnou setrvačnost na pokrytí těchto odstavek z provozu.

Doporučení z hlediska otopné soustavy

Všeobecně se doporučuje za účelem dosažení maximálního energetického efektu a úspor instalovat tepelná čerpadla vzduch-voda do nízkoteplotních systémů vytápění s maximální vstupní teplotou topné vody do otopné soustavy 55 °C, a to zejména v případě novostaveb a rekonstrukcí vytápěných objektů nebo vytápěcích systémů.

V případě návrhu tepelného čerpadla pro otopnou soustavu s topnými tělesy, respektive radiátory, je třeba uvažovat s výkonem tepelného čerpadla při okrajových podmínkách A2/W50 nebo A2/W55 dle technických možností daného tepelného čerpadla. Zrovna tak pro menší tepelnou kapacitu otopné soustavy je vhodné pro návrh tepelného čerpadla navýšit potřebu tepla (tepelnou ztrátu objektu) o 10% pro rychlejší překlenutí výseče elektrické energie (HDO).

Pro umístování tepelných čerpadel vzduch-voda v oblastech s výpočtovou teplotou -18 °C a -21 °C se jednoznačně doporučuje instalace v součinnosti s nízkoteplotním podlahovým nebo stěnovým vytápěním z důvodů dosažení příznivého topného faktoru.

Doporučení z hlediska regulace teploty topné vody

Z důvodů dosažení maximálních úspor energie je bezpodmínečně nutné, aby regulace výstupní teploty topné vody z tepelného čerpadla byla ekvitermní, tedy závislá na venkovní teplotě.

Uvedený způsob návrhu tepelného čerpadla vyplývá dle zvyklosti návrhu v České republice. S ohledem na individuální zvyklosti v jiných zemích je možné tepelná čerpadla navrhovat v jiném poměru výkonu tepelného čerpadla a tepelné ztráty objektu nebo dle normy stanovující maximální počet provozních hodin chodu tepelného čerpadla.

V každém konkrétním případě je třeba dimenzování tepelného čerpadla vzduch-voda vždy svěřit odborníkům!

28. 5. 2012