

Kapitola 2

Technologické aspekty chladicích soustav v energetice ČR

Obsah

2 ... TECHNOLOGICKÉ ASPEKTY CHLADICÍCH SOUSTAV V ENERGETICE

- 2.1 Průtočné chladicí soustavy - komentář BREF BREF - Referenční dokument EU k aplikování BAT na průmyslové chladicí soustavy**
 - 2.1.1 Přímé průtočné chladicí soustavy**
 - 2.1.2 Průtočné chladicí soustavy s chladicí věží**
- 2.2 Otevřené recirkulační chladicí soustavy přímé – komentář BREF**
 - 2.2.1 Mokrý chladicí věže s přirozeným tahem**
 - 2.2.2 Mokrý chladicí věže s umělým tahem**
- 2.3 Chladicí soustavy s uzavřeným okruhem chlazené vzduchem – komentář BREF**
 - 2.3.1 Parní kondenzátory chlazené vzduchem**
- 2.4 Výměníky tepla – komentář BREF**
- 2.5 CHLADICÍ SOUSTAVY V ENERGETICE ČR**

2 TECHNOLOGICKÉ ASPEKTY CHLADICÍCH SOUSTAV V ENERGETICE

2.1 Průtočné chladicí soustavy - komentář BREF **BREF - Referenční dokument EU k aplikování BAT na průmyslové chladicí soustavy**

2.1.1 Přímé průtočné chladicí soustavy

V přímých průtočných chladicích soustavách je voda čerpána ze zdroje (například z řeky, jezera, moře, nebo z ústí řeky) přes kanály pro přívod vody přímo do procesu. Po průtoku výměníky tepla nebo kondenzátory je ohřátá voda vypouštěna přímo nazpět do povrchové vody. Teplo z procesu je předáváno do chladiva přes přepážkovou stěnu ve formě trubek v kotlovém nebo deskovém výměníku tepla.

Chladicí výkon

Průtočné chladicí soustavy jsou určeny převážně pro velké chladicí výkony/kapacity (> 1 000 MWt), ale mohou být navrženy také pro malé chladicí soustavy. Typické vodní průtoky pro velké elektrárny k ochlazení 1 MWt jsou v rozsahu od 0,02 m³/s do 0,034 m³/s. V případě průtočného chlazení může být koncový rozdíl teplot v rozmezí 3 °C až 5 °C.

Pozn.

Koncový rozdíl je teplotní rozdíl v kondenzátoru. Koncový rozdíl odpovídá teplotnímu rozdílu mezi teplotou páry, přiváděné do kondenzátoru a teplotou chladicí vody odváděné z kondenzátoru.

Environmentální aspekty

Pro průtočné chladicí soustavy jsou uváděny tyto hlavní environmentální aspekty:

- použití velkých množství vody,
- emise tepla,
- riziko nasátí ryb,
- citlivost na biologické znečištění, utváření kotelního kamene a vznik koroze,
- použití přídatných látek a z toho vyplývající emise do vody,
- spotřeba energie, zejména pro čerpadla,
- riziko úniků v důsledku netěsností z proudu látky použité v procesu,
- zanesení sít na přívodu vody.

Použití

- Průtočné chladicí soustavy se používají ve velkých průmyslových procesech jako jsou výroba energie, chemický průmysl a rafinerie. Voda používaná pro průtočné chlazení je převážně povrchová voda. Pro použití v malém rozsahu, jako je chlazení čerpadel se používá také voda z vodovodního potrubí, nebo podzemní voda. Podstatnou podmínkou pro průtočné chladicí soustavy je spolehlivý zdroj vody s přiměřeně nízkou teplotou a v blízkosti předmětného místa. Jakost povrchové vody a mezní hodnoty pro její vypouštění mohou také ovlivnit použitelnost, ale všeobecně jsou jakost vody a chemie vody méně omezující, než je tomu v případě recirkulačních chladicích soustav.

2.1.2 Průtočné chladicí soustavy s chladicí věží

Protože proces výroby energie se provozuje v podmínkách podtlaku, úniky následkem netěsností v kondenzátoru elektrárny obvykle znamenají znečištění vody používané v procesu chladicí vodou. Na značném počtu míst lze nalézt průtočné chladicí soustavy kombinované s chladicí věží k předchlazení výtoku předtím, než je vypuštěn do přijímací povrchové vody (recipientu). Toto uspořádání se používá v situacích, kde chladicí voda může recirkulovat a zvyšovat tak teplotu chladicí vody, která je přiváděna do téže provozovny, nebo do jiných průmyslových provozoven. Dalšími faktory jsou kapacita řeky, příliv a odliv, velikost průmyslového provozu a teplota povrchové vody. Tento druh předchlazování je možné nalézt v elektrárnách umístěných na mořském pobřeží, při ústích řek a ve vnitrozemí na březích řek.

Na tyto chladicí soustavy se budou vztahovat environmentální aspekty otevřených mokřých chladicích věží. Při volbě výplně chladicí věže bude muset být posouzen biologický růst a usazeniny. Všeobecně se používají chladicí věže se širokou rozdělovací výplní nebo s rozstřikovací výplní.

2.2 Otevřené recirkulační chladicí soustavy přímé – komentář BREF

Otevřené recirkulační chladicí soustavy jsou také odkazovány jako otevřené odpařovací chladicí soustavy. V těchto chladicích soustavách je chladicí voda, která protéká přes soustavy výměníků tepla, ochlazována v chladicí věži, kde se většina tepla vypouští do životního prostředí. V chladicí věži je ohřátá voda rozváděna přes výplň chladicí věže, je ochlazována kontaktem se vzduchem a shromažďována v jímce, ze které se čerpá nazpět do teplé části, aby byla opětně použita jako chladivo. Pohyb vzduchu v chladicí věži je vytvářen buď přirozeným tahem, nebo umělým tahem použitím ventilátorů, které protlačují nebo nasávají vzduch. Ochlazení vody je výsledkem odpařením malé části chladicí vody a citelnou ztrátou tepla přímým ochlazením vody vzduchem, které se také nazývá proudění (konvekce). Hladiny, na kterých jsou tyto soustavy provozovány, významně ovlivňují teploty suchého a vlhkého teploměru.

Většina, ne však veškerá voda, která je ochlazována v chladicí věži, recirkuluje a může být znovu použita jako chladicí voda. Hlavními příčinami ztráty vody jsou odpařování, odkalování, ventilace, unášení, odkalování a úniky v důsledku netěsností. Úmyslné odkalování je vypouštění vody z okruhu, které je nutné k zabránění zahušťování chladicí vody. Za účelem kompenzace odkalování a odpařování se musí voda přidávat a toto je tzv. doplnění. Všeobecně vzato průtok doplňované vody používaný otevřenou recirkulační chladicí soustavou je v případě energetického průmyslu kolem 1 % až 5 % průtoku vody průtočné chladicí soustavy se stejnou chladicí kapacitou neboli chladicím výkonem. Rovná se to požadavku přibližně 0,25 % krát chladicí rozsah, což je množství doplňované vody v procentním vyjádření cirkulujícího vodního toku. Odkalování se obvykle pohybuje v rozsahu 0,15 m³/s až 0,80 m³/s na ochlazovaných 1 000 MW_t. Tato soustava vyžaduje, aby byla k dispozici dostatečná množství vody po celý rok a obvykle je nutné provádět úpravu chladicí vody.

Chladicí výkon

Otevřené recirkulační chladicí soustavy jsou hlavně používány pro průmyslová použití s tepelným výkonem resp. tepelnou kapacitou v rozsahu od 1 MW_t do 100 MW_t, ale také pro elektrárny s mnohem většími výkony. Tyto chladicí soustavy jsou většinou používány ve vnitrozemí, kde není k dispozici dostatečné množství vody, nebo kde další nárůst teploty vody recipientu je nepřijatelný, a také v situacích, které lze nalézt podél břehů řek s nízkými průtoky vody v teplých letních měsících. Mokrý chladicí věže předávají do ovzduší kolem 80 % zbytkového tepla ve formě latentního tepla (vodní pára) a kolem 20 % jako citelné teplo.

Přibližení K v hodnotě K = 4 °C jsou technicky a ekonomicky dosažitelná p ro teploty mezi 15 °C a 30 °C.

Přibližení a minimální koncové teploty závisí na klimatických podmínkách v předmětném místě. Zvýšení teploty chladicí vody oproti optimální teplotě o 1°C má za následek vyšší spotřebu paliva o 0,4 - 0,6 %.

Pozn.

Přibližení K v odpařovací soustavě je rozdíl mezi teplotou chladicí vody na výstupu z chladicí věže a teplotou vlhkého teploměru vzduchu, který je přiváděn do chladicí věže.

Environmentální aspekty

Environmentální aspekty recirkulačních chladicích soustav jsou závislé zejména na typu chladicí věže a na způsobu provozování. Jsou to:

- přidavné látky chladicí vody a jejich emise přes odkalování do povrchové vody;
- použití energie pro čerpadla a ventilátory,
- emise do vzduchu,
- utváření parní vlečky, kondenzace a namrzání,
- hluk,
- odpady v důsledku výměny/náhrady výplně chladicí věže,
- aspekty působící na lidské zdraví.

Použití

Recirkulační chladicí soustavy jsou používány v širokém rozsahu procesů. Jedním z charakteristických prvků je snížení tepelného zatížení recipientu změnou směru vypouštěného odpadního tepla z povrchové vody do vzduchu. Dalším charakteristickým rysem je redukování množství vody použité pro chlazení. Proto je běžnou praxí modifikace průtočných chladicích soustav na otevřené odpařovací chladicí soustavy použitím jedné nebo většího počtu chladicích věží.

2.2.1 Mokr  chladicí vše s přirozeným tahem

Konstrukce

V dnešní době jsou velké chladicí věže pláštového typu a jsou zhotoveny ze železobetonu. Konstrukce jsou většinou hyperbolické rotační pláště, které mají výhody z hledisek termodynamických a statických. Investiční náklady jsou vysoké, zatímco provozní náklady jsou poměrně nízké. Mokr  chladicí vše s přirozeným tahem jsou obvykle používány pro velké elektrárny a pro velké pr myslov  provozovny.

Soustava distribuce vody

Voda odv d n  z výměníku tepla je přiváděna do chladicí vše pou it m soustavy pro distribuci vody (tzn. pro rozvod a rozst ik ochlazovan  vody). Tato soustava vytv r  drobn  kapičky vody nebo vodní film. Rovnom rn  distribuce vody zvyšuje výměnu tepla. Jsou nabízeny voliteln  možnosti pro  astechn  provoz soustavy distribuce vody pro sni en  chladicího výkonu, pokud to je potřeba. Také jsou nabízeny režimy pro zimní provoz vycházející z p edeh iv n  chladicího vzduchu.

V pln  chladicí vše

V plnov  sekce je d uležitou  ast  ka d  otevřen  mokr  chladicí vše t m, že vytv r  kontaktn  povrch pro výměnu tepla z vody do vzduchu. M e to být buďto f liov  v pln  nebo v pln  rozst ikovac ho typu. F liov  v pln  je obvykle sestavena z vertikálních vlnitých ocelových plechů, nebo plechů z organických materiálů, umístěných těsně vedle sebe, které zp sob , že voda st k  v chladicí vše dolů ve formě velmi tenkého filmu. Tato v pln  je velmi u inn  a m e být použita pro většinu aplikací. N kter  typy mohou vyžadovat určitou jakost vody, protože jsou n chyln  k zne i t n .

V pln  rozst ikovac ho typu je možno nalézt v různých uspo ad n ch a m e být zhotovena z rozmanitých materiálů (nap iklad ze dřeva). Rozstřikovací v pln  má mnohem ničí u innost, než f liov  v pln , ale pou iv  se zejména v situacích, kde je voda t e ce kontaminována, nebo její jakost je špatn , kde by f liov  v pln  mohla mít problémy v důsledku kontaminovaného povrchu. V případech, kde obsah zav ešen  hmoty je vysok , pou iv j  se také vl knitocementov  desky.

Eliminátory un a en 

K úspoře vody jsou nad za izen m pro distribuci vody instalovány elimin tory un a en , aby bránily strhávání kapek vody proudem vzduchu. V dnešní době jsou elimin tory un a en  zhotovovány z celé řady materiálů, jako jsou plasty nebo cementov  vláknina, a jsou nav r eny tak, aby způsobovaly co nejmen  tlakov  pokles.

Charakteristiky mokrých chladicích vše s přirozeným tahem

- proudění vzduchu je důsledkem rozd l  hustoty vzduchu a tvaru vše jako kom nov  konstrukce,
- v  ka je zna n  (80 m až 200 m); konstrukční výška je překážkou pro lidi, letectví, elektronick  přenosy dat, tvorba parních vleček,
- nejsou  adn  požadavky na energii pro ventilátory, ledaže by byly použity p idavn  ventilátory, kter  umožní, aby chladicí vše měly men  v  ky,
- chladicí vše je zkonstruována jako protiproud  pou iv j c  vnit n  v pln , nebo jako k i oproud  pou iv j c  vnáší v pln ,
- vyžaduje z kladn  zat en  pro provoz, tj. aby chladicí vše byla v provozu po dobu delší než 60 % ro n ho provozu,
- v seobecn  se pou iv  pro kapacitu odnímání tepla větší než 200 MWt, tj. velk  provozovny, jako jsou elektrárny, nebo velk  chemick  provozovny,
- nabízí jako volitelnou možnost vypou t n  ods iven ch kouřových plynů pou it m chladicí vše jako komínu,  im  se předchází opětnému ohřevu kouřových plynů, kter  je vyžadován z environmentálních důvodů.

2.2.2 Mokr  chladicí vše s umělým tahem

Konstrukce

Chladicí vše s umělým tahem se pou iv j  v různých typech konstrukcí. Pro konstrukci těchto chladicích vše se pou iv j  velmi rozmanit  materiály, v závislosti na velikosti a typu chladicí vše a na požadavky s ohledem na m sto, ve kter m se nachází, podle životnosti a s ohledem na investiční náklady. Větší jednotky mohou být postaveny ze železobetonu; men  jednotky se mohou zna n  lišit, ale p ev a n  jsou sestaveny ze syntetických materiálů, z ocelových desek/plechů, jako pl  tov  ocelov  konstrukce a z monolitického betonu (betonovaného p imo na místě), nebo jako konstrukce z prefabrikovaného betonu. Pro relativn  men  chladicí vše (5 MWt) se stále ještě pou iv  stavebn  dřevo - je levn   , stavba m e být uskutečněna ve kter mkoliv ročním období a m e být postavena rychleji než betonov  chladicí vše.

Je také možné použít modulovou soustavu, tj. několik paralelních chladicích věží v téže betonové konstrukci. Tímto způsobem může být soustava provozována neekonomičtějším způsobem, protože lze zvolit počet částí, které budou v provozu v závislosti na podmínkách okolí a na množství tepla.

Materiály a typ konstrukce a konstrukční provedení ovlivní environmentální parametry chladicí věže. Ve vztahu k tvaru a velikosti nebo obchodní značce se v literatuře používají nejrozličnější názvy za účelem popisu použití a aplikování těchto chladicích věží. Jako příklady názvů jsou kruhová chladicí věž a chladicí věže článkového typu, a to jak v provedení s umělým tahem vytvářeným protlačováním vzduchu věží, tak i s umělým tahem, který je vytvářen nasáváním vzduchu do chladicí věže.

Konstrukce zařízení pro distribuci vody, výplně a eliminátorů unášení může být odlišná od konstrukce, která se používá v mokré chladicí věži s přirozeným tahem, nicméně pracovní principy jsou tytéž.

Ventilátory

Chladicí věže s umělým tahem používají ventilátory k vytvoření proudu vzduchu a v důsledku toho mohou být mnohem menší než velké typy chladicích věží s přirozeným tahem. V chladicích věžích s umělým tahem (suché, mokré nebo hybridní) se používá velký počet různých typů ventilátorů. V závislosti na požadavcích se ventilátory liší průměrem ventilátoru, velikostí a umístěním lopatek (radiální/odstředivé nebo axiální/osové). Kromě toho pohon ventilátorů s jednou rychlostí nebo s několika rychlostmi umožňují flexibilitu jejich provozu. Volba typu ventilátoru a jeho pohonů ovlivní požadavky na energii a hladiny emise hluku chladicí věže. Podle způsobu, jakým je vytvářeno proudění vzduchu chladicí věží, se chladicí věže rozlišují na věže s umělým tahem a na věže s umělým tahem, který je vytvářen nasáváním vzduchu tak, aby proudil chladicí věží. Chladicí věž s přirozeným tahem podporovaným ventilátory je speciální konstrukční řešení, které je používáno v celé řadě případů, kde lokální situace vyžaduje, aby chladicí věž byla nižší.

Mokré chladicí věže s umělým tahem vytvářeným protlačováním vzduchu věží

Charakteristiky chladicí věže s umělým tahem vytvářeným protlačováním vzduchu věží

- ventilátory umístěné ve spodní části chladicí věže protlačují vzduch chladicí věží,
- tepelný výkon je nastavitelný stupňovitě nebo modulačně,
- používají se konstrukční provedení s jedním ventilátorem nebo s několika ventilátory,
- velikost chladicí věže je limitována, vyžaduje méně prostoru než chladicí věž s přirozeným tahem,
- chladicí věž může být přizpůsobena okolnímu terénu (instalace na střeše),
- předpokládá se, že přímá spotřeba energie bude nižší,
- jsou obvykle navrženy jako protiproudové konstrukční provedení,
- může být navržena pro široký rozsah použití: pro špičkové zatížení a pro vysoké množství odnímaného tepla, a pro provozní standard od základního zatížení ke střednímu zatížení,
- používá se pro tepelný výkon odpadního tepla od méně než 100 kWt do tepelného výkonu, který je větší než přibližně 100 MWt,
- investiční náklady jsou nízké ve srovnání s chladicími věžemi s přirozeným tahem,

Při používání chladicích věží s umělým tahem mají být dodržovány předpisy s ohledem na emise hluku, vlhkosti (parní vlečka) a bakterie.

Mokré protiproudé chladicí věže s umělým tahem a sacím ventilátorem

Charakteristiky chladicí věže s umělým tahem vytvářeným sáním vzduchu

- ventilátory na horní části konstrukce chladicí věže táhnou vzduch věží,
- tepelný výkon je říditelný v rozsahu mezních hodnot,
- přednostní je relativně jednoduchá konstrukce (prefabrikované díly, smontovaný/hotový výrobek),
- velikost chladicí věže je limitována, vyžaduje méně prostoru než chladicí věž s přirozeným tahem,
- chladicí výkon může být zvětšen tím, že pracuje větší počet částí,
- chladicí věž může být přizpůsobena okolnímu terénu (instalace na střeše),
- předpokládá se, že cena přímé spotřeby energie bude nízká,
- konstrukční provedení s protiproudem, nebo křížoproudým prouděním;
- používá se pro široký rozsah použití: pro špičkové zatížení a pro vysoké množství odnímaného tepla, a pro provozní standard od základního zatížení ke střednímu zatížení; používá se pro tepelný výkon odpadního tepla od přibližně 100 MWt,
- investiční náklady jsou nízké ve srovnání s chladicími věžemi s přirozeným tahem,
- při používání chladicích věží s umělým tahem mají být dodržovány předpisy s ohledem na emise hluku, vlhkosti (parní vlečka) a bakterie.

2.3 Chladicí soustavy s uzavřeným okruhem chlazené vzduchem – komentář BREF

Ve vzduchem chlazených chladicích soustavách cirkuluje látka (tekutina, pára) uvnitř trubkových hadů, potrubí, trubek nebo kanálků, které jsou ochlazovány protékajícím proudem vzduchu. Suché vzduchové chlazení má všeobecně následující použití:

- chlazení média/látky téměř jakéhokoliv chemického složení, které může být použito; vyžaduje to pouze vhodný materiál pro výměník tepla,
- v situacích, kde přídatná voda do chladicí věže není k dispozici, nebo je k dispozici jen v krátkém časovém období,
- tam, kde utváření parních vleček je nepřijatelné.

Technický popis

V závislosti na použití jsou uzavřené okruhy suchých vzduchem chlazených soustav sestaveny z trubkových elementů opatřených žebry, trubkových hadů nebo kanálků kondenzátoru, z ventilátorů a jejich pohonů, a nosné ocelové konstrukce nebo chladicí věže. Samotné médium (látka) použité v procesu nebo chladivo (nepřímá soustava) cirkuluje resp. obíhá uvnitř trubek. Vytvoří se proud vzduchu, přirozeným tahem nebo použitím ventilátorů, který protéká podél trubek a tak ochlazuje médium vedením a prouděním. Téměř ve všech případech proudí vzduch napříč výměníkem tepla. Podle použitého uspořádání prochází médium použité v procesu výměníkem tepla jednou nebo vícekrát.

Pokud je médium použité v procesu tekutina, chladicí soustava se nazývá vzduchem chlazený tekutinový chladič. Pokud pára je přímo ochlazována tak, aby zkonzovala na kapalinu, taková chladicí soustava se nazývá vzduchem chlazený kondenzátor. Použití může být v chladicích konstrukcích s umělým nebo přirozeným tahem.

Pro konstrukci se používá celá řada rozmanitých materiálů odolných proti korozi. Volitelné možnosti pro konstrukci jsou bezpočetné. Chladicí soustavy chlazené vzduchem je možné nalézt jako velké samostatné jednotky, stejně tak, jako malé jednotky, které jsou instalovány na střechách. Mohou být umístěny horizontálně, střešní typy pravouhle, svisle, nebo jako V-konstrukce tak, aby vyhovovaly požadavkům uspořádání provozovny.

Chladicí výkon

V praxi bývá vzduchové chlazení často používáno pro chlazení takových průtoků v procesu, které mají vysokou hladinu teploty (> 80 °C), až na teplotní hladinu, při které se stává vhodnější vodní chlazení. Chladicí výkon pro výměnu tepla je dán teplotním rozdílem mezi chladicím vzduchem a průtokem látky v procesu. Maximální konstrukční teplota chladicího vzduchu může být prakticky překročena pouze po dobu několika hodin za rok. Konstrukční teplota závisí na teplotě suchého teploměru a klimatické podmínky jsou velmi důležité.

Protože tepelná kapacita vzduchu je nízká (1,0 kJ/kg.K) a součinitel vedení a proudění (prostupu tepla) je nízký, je potřeba značné množství vzduchu a požaduje se větší plocha pro výměnu tepla, než je tomu v případě vodního chlazení. Z tohoto důvodu jsou často umísťovány na povrch trubek žebra pro zvýšení účinné plochy pro předávání tepla. Na základě ekonomických úvah se při konstrukci vzduchových chladičů používá přiblížení minimálně 10 °C až 15 °C. Toto obvykle má za následek vyšší koncové teploty (minimálně 40 °C až 45 °C). Pro nepřímá chladicí uspořádání se přiblížení (13 °C až 20 °C) a dosažitelné koncové teploty (50 °C až 60 °C) odpovídajícím způsobem zvyšují.

Environmentální aspekty

Hlavními environmentálními aspekty jsou hluk a energie použita pro pohon ventilátorů. Nepoužívá se žádná voda, pokud není použita jako sekundární chladivo v konstrukčním provedení nepřímého chlazení. Nicméně tato voda vyžaduje minimální nebo nevyžaduje žádnou údržbu, protože je uzavřena.

Čištění vnějšku žebrovaných trubek je nutné a někdy mohou vzniknout problémy v důsledku nahromadění nečistot a jiných pozůstatků přenášených vzduchem a drobného hmyzu.

Použití

Suché vzduchem chlazené výměníky tepla jak malých tak i velkých rozměrů se rozsáhle používají v různých průmyslových odvětvích. Používají se pro ochlazování výrobků v chemickém i petrochemickém průmyslu, pro vakuovou kondenzaci v elektrárnách a pro chlazení výfukových zařízení.

Pro tentýž výkon vyžaduje suché vzduchové chlazení větší plochu, než soustava mokrého chlazení a suché chladicí soustavy jsou všeobecně považovány za dražší. V energetickém průmyslu je proto použití suchého vzduchového chlazení zvažováno ve specifických situacích, kdy se výroba energie plánuje v lokalitách, v nichž je nedostatečná dodávka vody pro mokré chlazení.

2.3.1 Parní kondenzátory chlazené vzduchem

Vzduchem chlazené kondenzátory jsou ve velkém rozsahu používány v energetickém průmyslu a v chemických provozech pro kondenzaci páry. Vzduch je nasáván ventilátory, které jsou umístěny pod částmi kondenzátoru, a je protlačován přes kondenzátor. Vzduch procházející kondenzátorem ochlazuje páru, která je přiváděna do svazku trubek kondenzátoru. Pokud je použita nepřímá chladicí soustava, kondenzátor je ochlazován proudem chladicí vody, který je zase ochlazován v chladicí věži s přirozeným tahem.

Charakteristiky parních kondenzátorů chlazených vzduchem jsou:

- odnímání tepla pro malá i velká zařízení,
- není potřeba žádná chladicí voda,
- náklady na přímou spotřebu energie se předpokládají že budou vyšší, než pro mokré kondenzátory nebo mokré chladicí věže,
- vyžaduje relativně malou celkovou výšku,
- je možné použít krátké trubky pro výfuk páry,
- značné požadavky na prostor v bezprostřední blízkosti parního generátoru,
- je nutné provést adaptaci na kolísání zatížení a teploty ve velkých rozsazích, které vyžaduje provozování ventilátoru s měnitelnými otáčkami,
- environmentální aspekty jsou zejména hluk a energie.

2.4 Výměníky tepla – komentář BREF

Výměníky tepla jsou stěžejní prvky předávání tepla, přičemž jsou jak součástí procesu, který má být ochlazován, tak i součástí chladicí soustavy. Následně po výměníku tepla jsou používány různé systémy pro vypouštění tepla do životního prostředí. Běžně jsou používány dva typy výměníků tepla:

- výměníky tepla kotlového typu,
- výměníky tepla deskového typu.

Kotlové výměníky tepla

Je k dispozici mnoho zkušeností s tímto druhem výměníku tepla v procesech, které jsou používány v průmyslu a tento výměník prokázal, že je přiměřeně spolehlivý. Existuje celá řada různých konstrukčních provedení, ve kterých jsou trubky přímé, nebo jsou zformovány do tvaru písmene U, nebo kde je výměník tepla konkrétně navržen pro vysokotlaké podmínky, pro podmínky vysokého tlaku, k provozování s párou, nebo s tepelnými tekutinami. V obvyklých případech je v trubkách obsažena chladicí voda a látka, která je používána v procesu, se pohybuje kolem trubek uvnitř pláště. Pro rozsáhlejší diskusi ohledně kotlových výměníků tepla viz Přílohu II.

Deskové výměníky tepla

Deskové výměníky tepla jsou ve zvyšujícím se rozsahu používány v celé řadě aplikací v rafineriích cukru, (petro-) chemickém průmyslu a v elektrárnách. Deskové výměníky tepla jsou zejména vhodné k používání při nižších hodnotách přiblížení, stejně tak jako v aplikacích za nižších teplot (< 0 °C). Nicméně tyto výměníky tepla jsou méně vhodné pro chlazení páry a velkých objemů plynu, a v situacích, kde je nebezpečí sedimentace a/nebo znečištění a pro vysoké tlakové rozdíly mezi tekutinou používanou v procesu a chladivem. Některá konstrukční provedení mají dvojitou konstrukci k zaručení provozování bez úniků v důsledku netěsností, nicméně toto řešení je uváděno jako velmi obtížné z hlediska provádění údržby. Deskové výměníky tepla jsou ekonomické, protože mohou být při ekvivalentní ploše povrchu pro výměnu tepla (resp. teplosměnné ploše) provedeny mnohem kompaktnější, než kotlové výměníky tepla.

Environmentální záležitosti výměníků tepla

Z hlediska životního prostředí jsou níže uvedené záležitosti důležité pro oba dva typy výměníků tepla:

- vhodné konstrukční provedení z hlediska účinné výměny tepla,
- vhodná výroba k zabránění úniku tekutiny používané v procesu do chladicího média v důsledku netěsností,
- volba materiálu z hlediska účinného předávání tepla, odolnosti proti korozi ve vodě a korozi v důsledku působení média používaného v procesu,
- možnost používání mechanických čistících zařízení.

2.5 CHLADICÍ SOUSTAVY V ENERGETICE ČR

Elektrárny jsou nejvýznamnějším zdrojem odpadního tepla. Přeměna fosilní energie na elektrickou energii je spojena s mnoha procesy, které vytvářejí odpadní teplo. Odpadní teplo je vytvářeno v průběhu spalování, tření v turbině, kondenzace páry a během transformace elektrické energie. Chladicí vodní soustava pro pomocná zařízení také vytváří malé množství odpadního tepla. Účinnost chladicích věží rozhoduje o provozní hospodárnosti celé elektrárny. Zvýšení teploty chladicí vody oproti optimální teplotě o 1°C má za následek vyšší spotřebu paliva o 0,4 - 0,6 %.

Provozování chladicích soustav v energetice má důsledky na životní prostředí. Míra a charakter environmentálních dopadů jsou proměnlivé v závislosti na principu chlazení a na způsobu, kterým jsou tyto soustavy provozovány. Pro omezení těchto dopadů na nejmenší možnou míru může být dodržován přístup, jehož cílem je prevence emisí vhodným konstrukčním provedením a volbou technik.

V rámci IPPC by chlazení mělo být považováno za integrální část celkového managementu energie procesu výroby tepla a elektrické energie.

Teplotní hladiny tepla a rozsah použití - BREF

Tab. 1

Teplotní hladina odpadního tepla	Vhodná chladicí soustava	Typické použití
10 °C – 25 °C	<ul style="list-style-type: none">• průtočné chladicí soustavy (přímé/nepřímé)• mokré chladicí věže (umělý/přirozený tah)• hybridní chladicí věže• kombinované chladicí soustavy	<ul style="list-style-type: none">• výroba energie• (petro-) chemické procesy

Z tabulky 1 vyplývá, že použití průtočné nebo recirkulační chladicí soustavy v energetickém průmyslu je v souladu s BAT.

Doporučení BAT pro volbu chladicích systémů v energetice

Tab. 2 Výkony a termodynamické charakteristiky různých chladicích soustav v energetickém průmyslu - BREF

Typ chladicí soustavy	Přiblížení (K) °C	Výkon procesu, při kterém je vyráběna energie (MW _t)
Otevřené průtočné soustavy	13 – 20 (koncový rozdíl 3 – 5)	< 2 700
Otevřená mokrá chladicí věž	7 – 15	< 2 700
Otevřená hybridní chladicí věž	15 – 20	< 2 500
Suchý vzduchem chlazený kondenzátor	15 – 25	< 900

Použití výše uvedených chladicích soustav vyhovuje doporučení BREF a je BAT z pohledu produkovaného tepelného výkonu.

Pozn.

Koncový rozdíl je teplotní rozdíl v kondenzátoru. Koncový rozdíl odpovídá teplotnímu rozdílu mezi teplotou páry, přiváděné do kondenzátoru a teplotou chladicí vody odváděné z kondenzátoru.

Přiblížení K v odpařovací soustavě je rozdíl mezi teplotou chladicí vody na výstupu z chladicí věže a teplotou vlhkého teploměru vzduchu, který je přiváděn do chladicí věže.

Použité zkratky

EPR1	ČEZ, a. s., Elektrárny Prunéřov, Elektrárna Prunéřov 1
EPR2	ČEZ, a. s., Elektrárny Prunéřov, Elektrárna Prunéřov 2
ELE	ČEZ, a. s., Elektrárna Ledvice
EDĚ	ČEZ, a. s., Elektrárna Dětmarovice
EPC	ČEZ, a. s., Elektrárna Počerady
ETU	ČEZ, a. s., Elektrárny Tušimice
ETI	ČEZ, a. s., Elektrárna Tisová
ECH	ČEZ, a. s., Elektrárna Chvaletice
EMĚ II	ČEZ, a. s., Elektrárna Mělník, provoz EMĚ II
EHO	ČEZ, a. s., Elektrárna Hodonín
EPO	ČEZ, a. s., Elektrárna Poříčí

Všechny údaje v popisech následujících provozoven jsou převzaty z žádostí o integrované povolení zpracovaných v období let 2002 až 2006.