

Kapitola 1

Chladicí soustavy v průmyslu

Obsah

1 ... Úvod

- 1.1 Chladicí soustavy v průmyslu**
- 1.2 Charakteristiky průmyslových chladicích soustav**
- 1.3 Specifika pro energetický průmysl**

1 Úvod

Cílem tohoto dokumentu je podat přehledný popis chladicích systémů významných stacionárních zvláště velkých spalovacích zdrojů provozovaných na území ČR a jejich porovnání s doporučeními dokumentu BREF na použití nejlepších dostupných technik pro průmyslové chladicí soustavy.
BREF – Referenční dokument k aplikování nejlepších dostupných technik (BAT) na průmyslové chladicí soustavy, prosinec 2001.

1.1 Chladicí soustavy v průmyslu

Chlazení je podstatnou částí mnoha průmyslových procesů a mělo by být chápáno jako důležitý prvek v celkovém systému managementu tepla.

Termín „průmyslové chladicí soustavy“ se vztahuje na soustavy, které odnímají nadměrné teplo z jakéhokoliv média (resp. látky) použitím výměníků tepla s vodou a/nebo vzduchem pro snížení teploty této látky směrem k (teplotním) hladinám okolního prostředí.

V rámci IPPC je průmyslové chlazení identifikováno jako horizontální záležitost. Znamená to, že „nejlepší dostupné techniky“ (BAT) jsou dokumentu BREF posuzovány bez podrobného posouzení průmyslového procesu, který má být ochlazován.

Chladicí soustavy jsou zde považovány za takové, které pracují jako pomocné soustavy pro normální provoz průmyslového procesu.

V rámci IPPC by chlazení mělo být považováno za integrální část celkového managementu energie průmyslového procesu. Záměrem by mělo být opětné využití nadbytečného tepla jednoho procesu v jiných částech téhož procesu, nebo v jiných procesech v daném místě za účelem minimalizace potřeby vypouštění odpadního tepla do životního prostředí.

Pro stávající chladicí soustavy je k dispozici menší možnost pro prevenci prostřednictvím technologických opatření a důraz je kladen na redukování emise optimalizovaným provozem a řízením soustav. Pro stávající soustavy je pevně stanoven velký počet parametrů, jako je prostor, dostupnost provozních zdrojů a existující legislativní omezení, což má za následek málo stupňů volnosti pro změny. Nicméně všeobecný přístup BAT může být považován za dlouhodobý cíl, který je pro existující zařízení přizpůsoben cyklům výměny resp. náhrady zařízení.

Pro chlazení je důležité lokální klima, protože má vliv na teplotu konečné chladicí vody a vzduchu. Lokální klima je charakterizováno průběhem teplot vlhkého a suchého teploměru. Všeobecně jsou chladicí soustavy navrženy pro splnění požadavků na chlazení při nejméně příznivých podmínkách.

Při vypouštění tepla do životních resp. okolních prostředí může dojít k dalším environmentálním účinkům, jako je emise přídavných látek, které jsou používány pro kondicionování chladicích soustav.

1.2 Charakteristiky průmyslových chladicích soustav

V této podkapitole je uveden stručný popis principů uspořádání chladicích soustav.

Chladicí soustavy jsou založeny na termodynamických principech a jsou určeny k podporování výměny tepla mezi procesem a chladivem a k usnadnění uvolňování tepla, které nelze rekuperovat, do životního prostředí.

Rozdílné typy chladicích soustav mohou být klasifikovány použitím různých kritérií. Standardní literatura používá následující kritéria:

Chladicí soustavy obecně

- **suché chlazené vzduchem nebo odpařovací s mokrým chlazením** – podle převládajícího termodynamického principu – popřípadě předávání citelného tepla (*předávání tepla sdílením*) a kombinace předávání latentního tepla (*využitím výparného tepla vody*) a předávání citelného tepla (*předávání tepla sdílením*). V případě odpařovacího chlazení jsou spojeny dva principy, ale hlavní část tepla je předávána latentně, a při suchém chlazení se uskutečňuje pouze předávání citelného tepla (*sdílením*),
- **otevřené nebo uzavřené** – v otevřené (chladicí) soustavě je látka použitá v procesu, nebo chladivo, v kontaktu s životním prostředím; v uzavřené (chladicí) soustavě látka použitá v procesu, nebo chladivo, cirkuluje uvnitř trubek, trubkových hadů, nebo v potrubích a nemá kontakt s životním prostředím,

- **přímé nebo nepřímé** – v přímé chladicí soustavě je jeden výměník tepla, ve kterém mezi chladivem a médiem, které má být ochlazováno (látkou, která má být ochlazována) dochází k výměně tepla; v nepřímé chladicí soustavě jsou nejméně dva výměníky tepla a uzavřený sekundární chladicí okruh, mezi procesem nebo výrobkem, který má být ochlazován a primárním chladivem. V zásadě každá přímá chladicí soustava může být přeměněna na nepřímou chladicí soustavu a tato volitelná možnost je zvažována v situacích, kdy únik média použitého v procesu v důsledku netěsností by mohl ohrozit životní prostředí.

V praxi je možné v Evropě i mimo Evropu objevit různé názvy, které se používají jak pro chladicí zařízení, tak i pro chladicí uspořádání. Názvosloví je mnohdy spojeno s účelem aplikování a typologie provozoven pro výrobu energie se řídí podle procesu kondenzace.

Z výše uvedených zásad je odvozen následující seznam chladicích soustav běžně používaných evropským průmyslem:

- **Průtočné chladicí soustavy** (s chladicí věží, nebo bez chladicí věže)
- **Otevřené recirkulační chladicí soustavy** (mokrě chladicí věže)
- **Chladicí soustavy s uzavřeným okruhem**
 - vzduchem chlazené chladicí soustavy
 - mokré chladicí soustavy s uzavřeným okruhem
- **Kombinované mokré/suché (hybridní) chladicí soustavy**
 - otevřené hybridní chladicí věže
 - hybridní věž s uzavřeným okruhem

Velké provozy v energetickém průmyslu používají průtočné (chladicí) soustavy a otevřené recirkulační (chladicí) soustavy a pro menší výkony i suché chladicí soustavy v případě, že v lokalitě není dostupný dostatečný zdroj vody.

1.3 Specifika pro energetický průmysl

Elektrárny popř. i teplárny 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, chladicích systémech pomocných zařízení, kondenzace páry a během transformace elektrické energie. Chladicí vodní soustava pro pomocná zařízení také vytváří malé množství odpadního tepla.

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.

Termodynamický cyklus konvenčních tepelných elektráren se řídí podle Carnotova principu. Hladiny účinnosti dosahují do 40 % pro konvenční nová konstrukční provedení, mohou ale dosáhnout 47 % v případě moderních konstrukčních provedení a při velmi příznivých klimatických podmínkách zejména když jsou vhodné podmínky chladicí vody (průtočná chladicí soustava), dokonce i v případě spalování uhlí. Výsledkem je to, že velké množství energie poskytované spalováním musí být rozptýleno na úrovni kondenzátoru.

Nové generátorové soustavy, zejména kombinované cykly (nebo paroplynové turbíny) umožňují dosáhnout vyšších účinností, které mohou přesahovat 55 %.

Z rovnováhy tepelného cyklu vyplývá, že na každou vyprodukovanou kWh musí být odejmuto velké množství tepla a tato tepelná energie nemůže být rekuperována, protože její exergie je nízká.

Kondenzátor je klíčové místo tohoto zařízení. Bez ohledu na zvolený způsob chlazení to ve skutečnosti je jedna z hlavních styčných ploch mezi elektrárnou a okolním životním prostředím. Účinnost a dostupnost elektrárny závisí ve značném rozsahu na integritě a čistotě kondenzátoru.

Toto jsou důvody, proč byla přijata specifická řešení: průběžné mechanické čištění porézními kuličkami, slitiny odolné proti korozi, jako je titan a nerezová ocel, atd. Taky byly vyvinuty a jsou v provozu soustavy úpravy chladicí vody, zejména v případě cirkulačních chladicích soustav.

Kotel jako zdroj tepla poskytuje energii požadovanou pro vytvoření vodní páry. Kondenzátor jako zdroj chladu kondenzuje páru vycházející z nízkotlaké části turbíny.

Jednou z hlavních charakteristik elektrárny je její měrná spotřeba, jinak vyjádřeno množství tepla, které je potřeba pro vyprodukování jedné kWh elektrické energie. Tato měrná spotřeba vyplývá z rovnováhy tepelného cyklu.

Typy chladicích soustav používaných ve významných zdrojích energetiky ČR

- **Průtočná chladicí soustava otevřená přímá (popř. s chladicí věží)**
ČEZ, a. s., Elektrárna Mělník, Elektrárna Hodonín, Energotrans, a.s. EMĚ I, Dalkia ČR, a.s. Teplárna Olomouc
- **Mokrá recirkulační chladicí soustava otevřená přímá s chladicí věží**
ČEZ, a. s., Elektrárny Prunéřov 1 a Prunéřov 2, Elektrárna Ledvice, Dětmorovice, Počerady, Tušimice, Tisová, UNITED ENEGRY a.s., Teplárna Komořany, Dalkia ČR, a.s., Elektrárna Třebovice, Teplárna Přerov, Teplárna Přívoz, Teplárna Frýdek-Místek, Teplárna Trmice, Pražská teplárenská, a.s. Teplárna Malešice, Plzeňská energetika, a.s.
(popř. se zaústěním vyčištěných spalin do vstupu chladicí věže)
ČEZ, a. s., Elektrárna Chvaletice
- **Suchá vzduchem chlazená chladicí soustava uzavřená nepřímá**
Teplárna Kyjov, Dalkia ČR, a.s. Teplárna Olomouc

Pomocné chladicí soustavy

Každá jednotka má také pomocné vodní chladicí soustavy:

- chladiče těsnicího oleje generátoru;
- chladiče kompresoru atd.

Chladicí soustavy s uzavřeným cyklem, do kterých je dodávána demineralizovaná voda, jsou soustavy pro:

- chladiče chladicí vody statoru generátoru,
- vodíkové chladiče generátoru atd.

V případě elektráren, které jsou vybaveny mokřými chladicími věžemi, se všechno uskutečňuje tak, jako kdyby teplo bylo uvolňováno přímo do ovzduší.

Vypouštění tepla se uskutečňuje koncentrovaným způsobem nad malou plochou. Mokré chladicí věže předávají do ovzduší kolem 80 % zbytkového tepla ve formě latentního tepla (vodní pára) a kolem 20 % jako citelné teplo. Takže průtok vodní páry předávané do ovzduší je zhruba dvojnásobný, než je průtok vodní páry, který je výsledkem průtočného chlazení bez chladicí věže. V případě chladicích věží s přirozeným tahem je vzduch, který je nasycen vlhkostí, uvolňován do atmosféry při teplotě kolem 10 – 20 °C nad teplotou okolí a při rychlosti až 3 – 5 m/s. V případě chladicích věží s umělým tahem se tato rychlost zdvojnásobí. Tento vzduch nasycený vlhkostí může být příčinou tvorby umělých mraků nebo parních vleček v důsledku ochlazování turbulentním směřováním s okolním vzduchem.

Rizika vytváření mlhy při zemi vyplývající ze snižování výšky kondenzační parní vlečky mohou být relativně častá zejména v případě chladicích věží s umělým tahem v důsledku jejich malých výšek, a v podmínkách chladného vlhkého počasí bez větru. Příslušná oblast je v rozsahu kolem 500 m od zdroje emise.