

Připojování odběratelů tepla v parních soustavách CZT

2. část – Doplnková řešení při používání uzavřeného parokondenzátního okruhu

Miroslav Kotrbatý

Recenzent: Vladimír Fridrich

til (21) a odvaděč kondenzátu (22) do speciálního spirálového chladiče (26). Dále pak následuje uzavírací ventil (23) a v hlavním odváděcím potrubí kondenzátu rozšířený směšovač (24), do kterého je ejektorovým způsobem přiváděn vychlazený kondenzát. Uzavírací ventil (25) ukončuje sadu armatur a zařízení potřebných pro vychlazení a bezporuchové vracení kondenzátu z přípojky páry.

Tepelná energie chlazeného kondenzátu je využívána pro částečný ohřev otopné vody. Ochozem okolo výmění-

1. Úvod

Během dosavadního používání uzavřeného parokondenzátního okruhu ve výměňkových stanicích, jakož i při výrobě výměníků vhodných pro regulaci výkonu zaplavováním, bylo nutné pro zajištění precizní funkce zabývat se každým detailem tohoto principu zapojení.

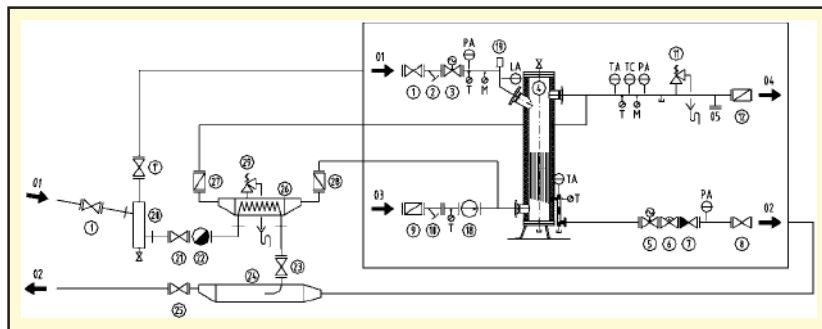
Dát do souladu optimální podmínky provozu parního zdroje, parní i kondenzátní sítě a následně pak i jednotlivých spotřebičů musí být i do budoucna hlavním motivem při koncipování doplňkových skupin zařízení a také provozního režimu.

Zcela odlišné provozní požadavky uzavřeného parokondenzátního okruhu proti tradičnímu způsobu s přečerpáváním kondenzátu vyžadují změny již od vstupu páry do stanice až do místa ovládní spotřebiče tepelné energie.

Trvalým zařazováním nově vyvinutých nebo inovovaných prvků vyhovujících danému principu řešení (ku př.: ejektory) a přinášejících podstatné vylepšení soustavy, je samozřejmostí.

2. Vstupní armatury

Jedním z nejdůležitějších míst v soustavách zásobování teplem párou, je vstup páry do výměňkové stanice a s ním související odvodnění přípojky. Kondenzát obsažený v přivodním potrubí má teplotu na úrovni teploty



Obr. 1 Odvodnění přípojky páry na vstupu do výměňkové stanice

syté páry. Proto je jeho přímé vracení přes odvaděč kondenzátu do zpětného potrubí s nižším tlakem problematické. Rázy způsobené expanzí kondenzátu způsobují tlučení. V případě, že je kondenzát odváděn do sběrné nádrže, dochází k expanzi a odpaření v nádrži. Tuto část tepelné energie lze pokládat za ztrátovou.

Z uvedených důvodů je zapotřebí vyřešit takový způsob vracení kondenzátu, který odstraní oba uváděné nedostatky. Tomuto účelu poslouží skupina armatur a zařízení v „odvodňovacím bloku“ (obr. 1).

Parní potrubí (01) vstupující do výměňkové stanice se opatří svislým kalníkem (20), ve kterém se ve spodní části shromažďuje kondenzát a vzhůru pak je vedena suchá pára do výměníku (4). Kondenzát vstupuje přes uzavírací ven-

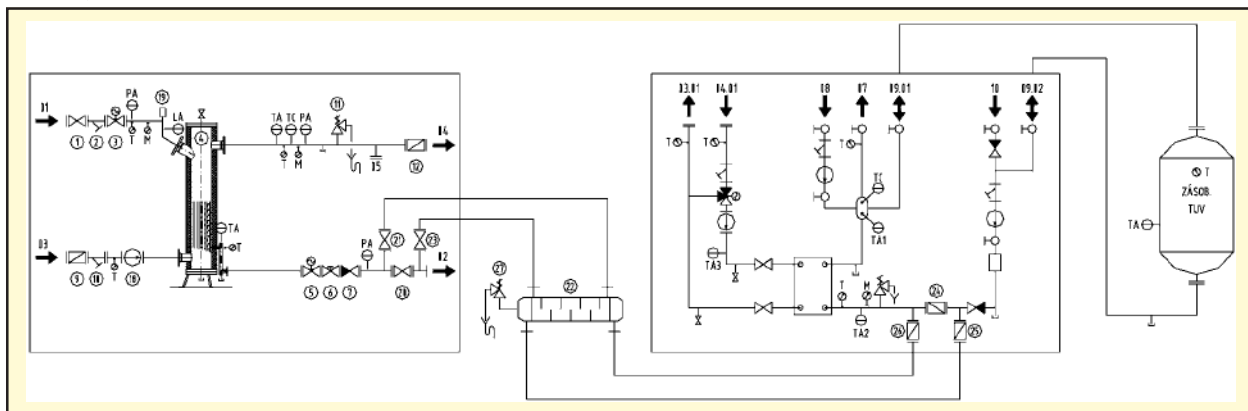
ku (4) je za čerpadlem (03–18) napojen chladič kondenzátu (26). Zpět do soustavy se tato „chladič látka“ vrací za výměníkem do přivodního potrubí (04) – napojení před čidlem snímajícím teplotu TA pro regulaci výkonu. Ochoz je opatřen uzavíracími armaturami (27, 28) a samotný chladič je jistěn pojistňovacím ventilem (29).

Tento způsob odvodňování přípojky páry předpokládá měření spotřeby tepla na vodní straně výměňkové stanice – osazuje dodavatel tepla.

3. Vychlazování kondenzátu

Uzavřený parokondenzátní okruh a regulace zaplavováním výměníku kondenzátem má jednu podstatnou výhodu proti tradičnímu řešení s regulací na straně páry. Z výměníku vystupuje kon-

Obr. 2 Vychlazování kondenzátu



denzáta o teplotě maximálně o 3 až 5 K vyšší, než je teplota zpětné vody sekundáru vstupující do výměníku. Teplota kondenzátu je tudíž poměrně nízká. I přes tuto nespornou výhodu je dobré a dodavatel tepla to mnohdy vyžaduje, teplotu kondenzátu ještě snížit. Tato varianta je možná pouze za předpokladu, že je k dispozici vhodná „chladič látka“. Ve výměňkové stanici (obr. 2) je zařazen blok přípravy teplé vody užitkové, ve kterém je k dispozici studená voda přiváděná do výměníku.

Do přípojky studené vody se zařadí uzávěr (24) a ochozem (25,26) se připojí chladič (22). Z druhé strany se přivede kondenzát (02) z výměníku rovněž ochozem (20,21,23). Chladič je opatřen pojišťovacím ventilem (27).

4. Využití výšky výměníku

Výška výměníku s rovnými otopnými trubkami má na výkon 1 m² výhřevné plochy podstatný vliv a tím také na pořizovací náklady. Tomuto tvrzení poslouží nejlépe příklad:

Stojatý výměník typ 111-133-55 při tlaku páry 7 bar_a a rozdílných délkách otopných trubek má následující výkony:

Otopná voda 90 / 70 °C			
L [dm]	S [m ²]	Q [kW]	q _o [kW/m ²]
Délka trubek	Otopná plocha	Celkový výkon	Výkon na 1 m ²
10	1,728	237	137,15
15	2,592	385	148,53
20	3,456	460	133,10
25	4,320	460	106,48
30	5,184	460	88,73

Jak je z tabulky zřejmé u prvních dvou délek výměníků výkon na 1 m² stoupl a u délek 20 dm a delších začal klesat. K omezení došlo proto, že jednou z podmínek optimální funkce výměníku, je nepřekročení rychlosti proudění vody v trubkách přes hodnotu 2 m/s. Pro porovnání a další možné využití délky výměníku resp. výšky výměňkové stanice lze ukázat na příkladu otopné vody 110 / 70 °C. Výměňkem proudí poloviční množství otopné vody proti ohřevu v sekundáru na parametry 90 / 70 °C.

Otopná voda 110 / 70 °C			
L [dm]	S [m ²]	Q [kW]	q _o [kW/m ²]
Délka trubek	Otopná plocha	Celkový výkon	Výkon na 1 m ²
10	1,728	164	94,90
15	2,592	335	129,24
20	3,456	565	163,48
25	4,320	763	176,62
30	5,184	912	175,90

Tabulka ukazuje markantní rozdíl ve jmenovitém výkonu krátkých a delších

výměníků, což je dáno již zmíněnou rychlostí proudění vody v trubkách výměníku. K nejlepšímu využití dochází tehdy, když se rychlost proudění blíží k hodnotě 2 m/s.

Jak je nutné pracovat s výškou výměňkové stanice a následně pak s délkou výměníku ukáže opět nejlépe příklad (obr. 3).

Požadavek: Pára 7 bar_a, otopná voda 90/70 °C, Q=1 MW, Výška VS: h=3500 mm

Varianta 1 – Výměník 111-245-219-09, délka trubek: 9 dm, 90/70 °C Cena: 140 000 Kč

Tlaková ztráta: strana pára – 80 mbar, strana voda – 38 mbar

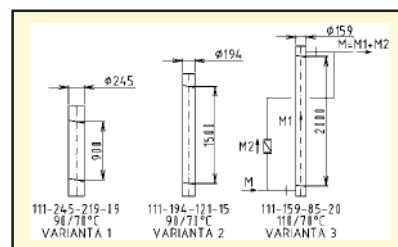
Varianta 2 – Výměník 111-194-121-15, délka trubek: 15 dm, 90/70 °C Cena: 101 400 Kč

Tlaková ztráta: strana pára – 120 mbar, strana voda – 69 mbar

Varianta 3 – Výměník 111-159-85-20, délka trubek: 20 dm, 110/70 °C Cena: 88 000 Kč

Tlaková ztráta: strana pára – 94 mbar, strana voda – 72 mbar

Ve třetí variantě bylo voleno řešení – ohřev vody M1=0,5 M na teplotu 110 °C o míchání ochozem M2=0,5 M – teplota 70 °C. Po smíchání za výměňkem se získá teplota 90 °C v požadovaném množství. Regulace výstupní teploty vody do soustavy se provádí snímáním za směšovací bodem (04 – TA). Hydraulický odpor ochozu: 72 mbar. Jak je vidět z cenových relací, využití výšky výměňkové stanice může přispět k podstatnému snížení pořizovacích nákladů.



Obr. 3 Využití výšky výměníku

5. Zdvojené výměníky a duplexní výměňkové bloky

Velké výkony výměňkových stanic požadované pro zásobování teplem průmyslových závodů, případně sídlišť, vyvolává potřebu výměníků velkých výkonů. V těchto případech je zapotřebí velice dobře zvažovat technické řešení a maximálně využívat jak přednosti samotných výměníků, tak i variant jejich zapojení. Požadavky výrobců tepla na armatury (PN 40) podstatně zvyšují pořizovací náklady. Proto je vhodné, aby počet výměníků ve stanici byl co možná nejmenší, a tím se snížily i náklady na armatury. Ceny armatur mnohdy převyšují ceny výměníků. Samozřejmou podmínkou je však provozní spo-

lehlivost danou do souladu s celoročním odběrovým diagramem.

Z hlediska výrobního, a následně pak montážního, je dobré stanovit si limitní rozměry výměníků a to co jak do výšky, tak i průměru. Parametry páry pak určují i odpovídající teploty sekundární vody. Pro reálný výpočet výměníků se dá vždy uvažovat pouze s teplotou syté páry, i když je k dispozici pára přehřátá. Ze všech uvedených důvodů, je vhodné omezit počet výměníků na 3 až 4. Jednotkové výkony při respektování shora uvedených rozměrových omezení nemusi takový požadavek splnit. Proto je možné řešení, kdy se dva, případně tři výměníky zapojí paralelně bez armatur a vytvoří tak dvojce pracující jako jeden výměník (obr. 4). Jako příklad je možné použít požadovaný výkon jednoho výměníku: Q=20 MW, P=9 bar_a, t=200 °C, otopná voda: 110 / 70 °C.

Při největším průměru výměníku DN 400 a délce otopných trubek:

L = 20 dm Q = 10 526 kW 2 × Q = 21 052 kW

L = 25 dm Q = 11 293 kW 2 × Q = 22 586 kW

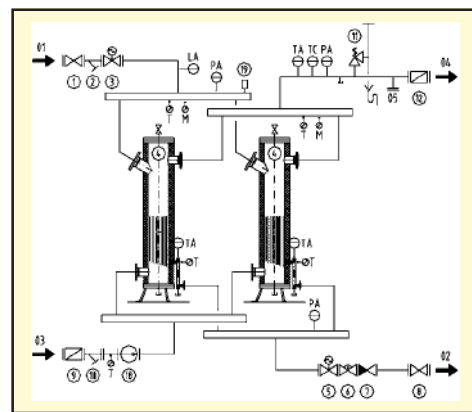
L = 30 dm Q = 11 293 kW 2 × Q = 22 586 kW

Výkon výměníku při délce trubek L = 25 dm je s ohledem na rychlost proudění v trubkách limitní. Proto další zvětšování výšky výměníků je bezpředmětné. Vezme-li se v úvahu, že nejmenší počet výměníků ve stanici by měl být tři, pak je dosažitelný výkon a cena:

Varianta 1: L = 20 dm, Q = 63 156 kW
628 800 Kč × 3 = 1 886 400 Kč

Varianta 2: L = 25 dm, Q = 67 758 kW
652 000 Kč × 3 = 1 956 000 Kč

Varianta 3: L = 30 dm, Q = 67 758 kW
684 000 Kč × 3 = 2 052 000 Kč



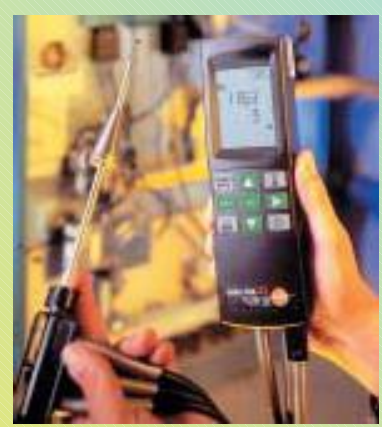
Obr. 4 Zapojení dvojice výměníků jako jeden zdroj tepla

Výměňkové stanice s jedním výměňkem lze reálně navrhovat do výkonu cca 500 kW v nenáročných provozech, kde je možné připustit krátkodobý výpadek. V provozech náročnějších a v provozech s větším výkonem je již nutné použít minimálně dva, nebo tři výměníky. Stanice menších výkonů s jedním výměňkem se dodávají v blo-



Analyzátořy plynů a monitoring pro profesionály – testo 325

- O₂, CO, CO₂, teplota, účinnost, qA, λ, Δp
- CO do 4000 ppm
- Δp: ±40 hPa, ±200 hPa
- Paměť pro ukládání výsledků měření
- Maximálně příznivá cena !!!



Aqua-therm Praha 2002
hala J, stánek č. 008



podsvícený display



dva rozsahy tlaků



měření CO s kompenzací H₂

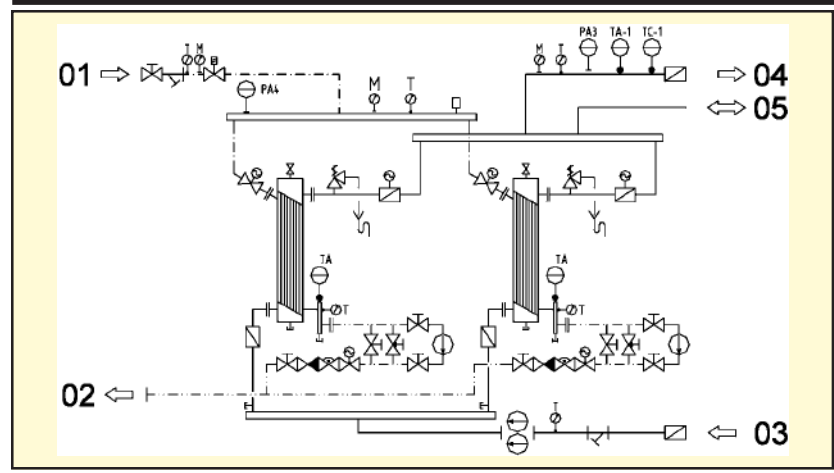


uložení koncentrace O₂ do paměti

- O₂, CO, CO₂, teplota, účinnost, qA, λ, Δp
- CO do 4000 ppm
- Kompenzace H₂ při měření CO
- Δp: ±40 hPa, ±200 hPa
- Paměť pro ukládání výsledků měření
- Maximálně příznivá cena !!!

Testo, s.r.o. Jinonická 80, 158 00 Praha 5, Tel.: 257 290 480, <http://www.testo.cz>, E-mail: info@testo.cz

Autorizovaní prodejci: **Brno – Ing. Kadlec** Mob: 604 742 598; **Ostrava – Fy. ZAM Servis** p. Lyčka Tel: 696 135 422; **České Budějovice – Fy. Kuboušek** p. Píbyl Mob: 602 469 654



Obr. 5 Duplexní výměňkový blok

kovém provedení. Reálným prvky jsou duplexní výměňkové bloky umožňující připojení výkonu až 2 MW. Schéma duplexního bloku s kondenzátními čerpadly je znázorněno na obr. 5.

6. Regulace spotřebiče ejektorem

V předloženém technickém řešení soustavy zásobování teplem, kde je jako primární látka pára, je dáván do souladu provoz zdroje tepla, sítě a výměňkové stanice tak, aby celá soustava pracovala co nejhospodárněji. Posledním prvky je samotný spotřebič. Pod tímto po-

jmem lze uvažovat objekt, nebo samostatně regulovanou sekci – několik připojených otopných zařízení. V současné době se regulace objektů či otopných sekcí řeší převážně regulačním ventilem s následně zařazeným oběhovým čerpadlem v sekundárním okruhu. Tento postup opět zbytečně maří energii škrcením v regulačním ventilu a vkládá další prostřednictvím zmíněného čerpadla. Náhradou může být regulovatelný ejektor, který odstraňuje oběhové čerpadlo, čímž snižuje nároky na obsluhu a údržbu a podstatně zjednodušuje celou soustavu vytápění.

7. Závěr

Předložená koncepce připojování odběratelů tepla v parních soustavách CZT zcela mění názor na technické řešení výměňkové stanice. Dává do souladu provoz parního zdroje, primární sítě, předávací stanice i samotných spotřebičů. Výsledkem je maximální hospodárnost provozu včetně snížení pořizovacích nákladů a omezení obsluhy a údržby. Je jen na projektantech, aby vzali za své použití nových poznatků a opustili zastaralá technická řešení s budováním kondenzátních hospodářství s následným negativním ovlivňováním hydraulických poměrů v kondenzátních primárních sítích.

Literatura

1. Neuzil, M.: Moderní řešení výměňkových stanic pára – voda – část 1. Topenářství instalace 4/2000.
2. Neuzil, M.: Moderní řešení výměňkových stanic pára – voda – část 2. Topenářství instalace 5/2000.
3. www.kotrbaty.cz : Stojaté výměňky pára – voda.
4. Cikhart, J. – Doubrava, J.: Regulace výměňkových stanic. Topenářská příručka. GAS 2001.

□ Ing. Miroslav Kotrbatý, KOTRBATÝ – V. M. Z., spol. s r.o., Peltřimov