

# Předávací stanice tepla v soustavách CZT (IV)

## Stanice pára - voda s uzavřeným parokondenzátním okruhem

23.3.2009 | Ing. Miroslav Kotrbatý | RECENZOVANÝ

**Technické řešení výměňkových stanic pára - voda s uzavřeným parokondenzátním okruhem je v posledních letech na vzestupu používání. Dochází tím k úplnému odstranění kondenzátního hospodářství tradičního provedení - nádrž na kondenzát + čerpadla na jeho přečerpávání.**

### 1.0 Úvod

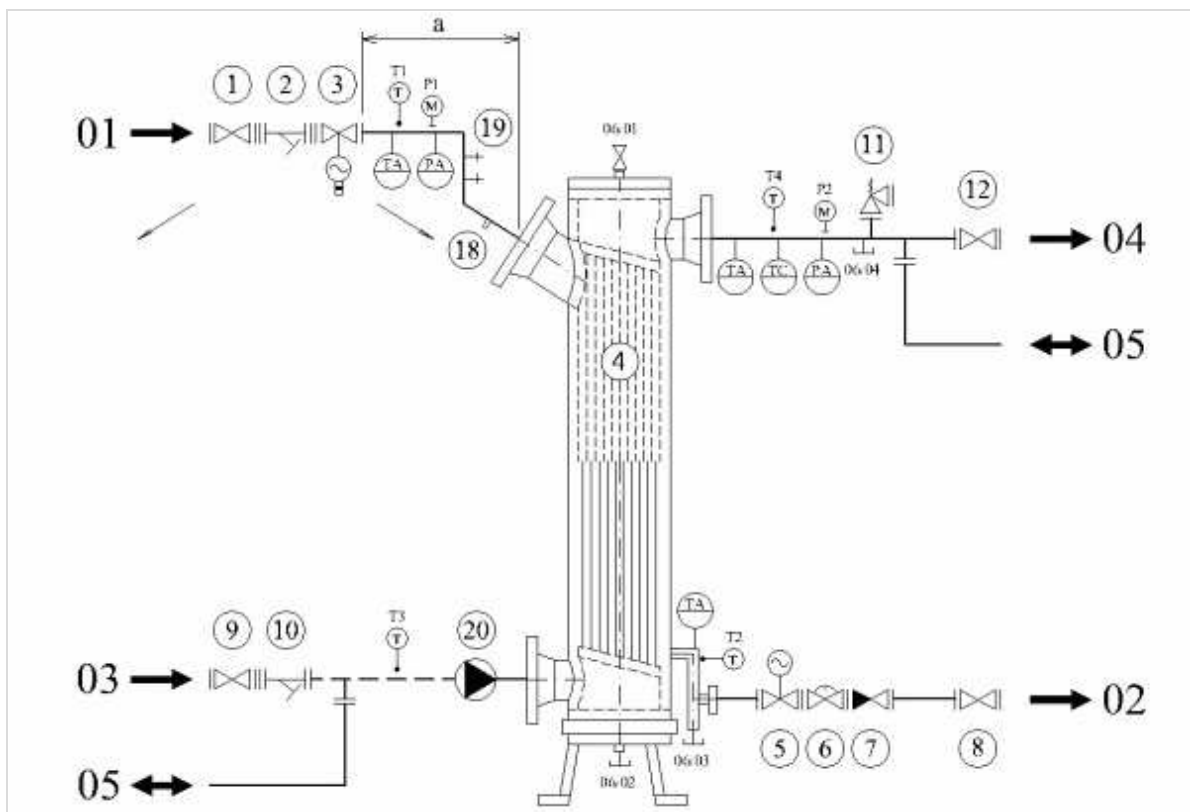
Doprava kondenzátu do zdroje tepla se řeší přetlakem páry, což umožňují stojaté výměníky s rovnými trubkami, a tím malým hydraulickým odporem. Regulaci výkonu zaplavováním výměníku kondenzátem zajišťuje regulační ventil na straně kondenzátu. Není tudíž zapotřebí další vloženou energii.

Druhou variantu uzavřeného parokondenzátního okruhu je princip regulace na straně páry a deskových nebo kapilárových výměníků v kombinaci se zvedačem kondenzátu. Takový způsob však vyžaduje další dodatečnou energii ve formě páry. Je to princip, který zvyšuje provozní náklady po celou dobu životnosti stanice. Proto je další podrobná část věnována pouze řešení s využitím přetlaku páry.

### 2.0 Uzavřený parokondenzátní okruh - dostatečný tlak páry (obr.č. 1)

### 2.1 Stanice s dostatečným tlakem páry pro čerpání kondenzátu do zdroje tepla

Schématické znázornění výměňkové stanice je uvedeno na obr.č.1. Pára (01) se převádí do stojatého výměníku (4) přes ruční uzavírací ventil (1), filtr (2) a havarijní uzávěr (3). Při značně kolísajících tlacích v parní nebo kondenzátní síti může být havarijní ventil nahrazen regulačním ventilem s havarijní funkcí, který udržuje konstantní tlak před výměníkem. Před vstupem páry do výměníku se zařazuje zamezovač vzniku vakua (19), jehož úkolem je vyrovnání tlaku uvnitř výměníku při přerušení provozu.



Obr.č.1 - Schéma zapojení PS pára - voda s uzavřeným parokondenzátním okruhem při dostatečném tlaku páry.

Parokondenzátní okruh je uzavřen na výstupu kondenzátu z výměníku speciálním regulačním ventilem (5), který má ve svém tělese filtr a dva malé uzavírací ventilkovy, které umožní zastavit průtok kondenzátu, filtr vyjmout a vyčistit. Ventil tohoto provedení se vyrábí pouze v dimenzi DN 15. U velkých výkonů výměníků, kdy tento ventil nestačí, se před regulační ventil zařazuje ještě uzavírací ventil a filtr. Za regulační ventil se doporučuje zařadit průhledítko (6), kterým se kontroluje, zda je výměník v provozu či nikoliv.

Naprostý tichý provoz je dán konstrukčním typem výměníku - stojatý s rovnými trubkami. Následuje zpětný ventil nebo klapka (7) a ruční uzavírací ventil (8) na výstupu kondenzátu ze stanice (02). Odpor výměníku na parní straně je minimální a pohybuje se v rozmezí od 20 do 500 mbar podle délky trubiček ve výměníku.

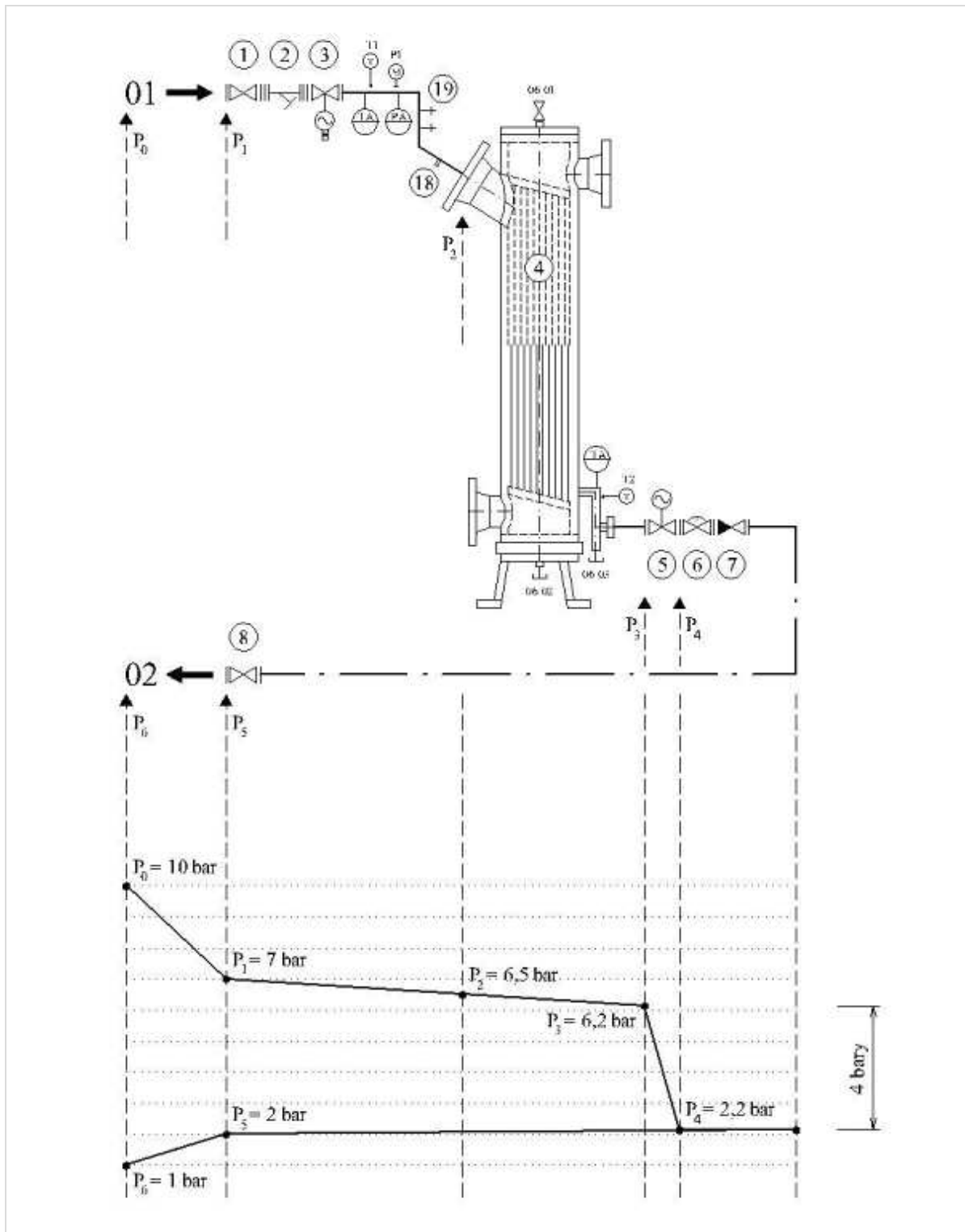
Sekundární strana má běžné armatury a zařízení zajišťující její funkci. Na vstupu zpětné vody sekundáru (03) je klapka nebo kulový uzávěr (9) za kterou následuje filtr (10) a oběhové čerpadlo (18), které však může být zařazeno i do přívodního potrubí (04). V této části stanice se umísťuje pojišťovací ventil (11). Okruh je uzavřen klapkou nebo kulovým uzávěrem (12).

Expanzní zařízení (05) se připojuje buď za čerpadlem, nebo před čerpadlem. Volba místa závisí na hydraulice sekundáru a způsobu pojištění sekundární soustavy. Odpor výměníku s rovnými trubkami na sekundární straně je rovněž naprosto zanedbatelný. Při délce trubek  $L_1 = 1000$  mm je  $\Delta p_2 = 20$  až 150 mbar. Výkon výměníku je regulovatelný v rozmezí 10 až 100 %.

## 2.2 Tlakový diagram

Na obr.č.2 jsou vyznačeny všechny potřebné armatury na přívodním potrubí páry i odvodu kondenzátu. Využití tlaku páry pro dopravu kondenzátu při dostatečném tlaku páry vyjadřuje tlakový diagram. Tlak páry

dodávané ze zdroje tepla  $P_0 = 10$  bar p je celoročně konstantní. Před vstupem do této konkrétně zvolené stanice je  $P_1 = 7$  bar p. Tlaková ztráta na potrubní síti ze zdroje tepla ke stanici je tudíž  $\Delta p_1 = P_0 - P_1 = 10 - 7 = 3$  bar. Soubor armatur před vstupem do výměníku (ruční uzavírací armatura, filtr, havarijní uzávěr) snižuje tlak o dalších  $\Delta p_2 = (P_1 - P_2) = 0,5$  bar. Samotný stojatý výměník s rovnými trubkami má tlakovou ztrátu pouze  $\Delta p_3 = (P_2 - P_3) = 0,3$  bar. Před regulačním ventilem je k dispozici tlak  $P_3 = 6,2$  bar.



Obr.č.2 - Tlakový diagram uzavřeného parokondenzátního okruhu při dostatečném tlaku páry.

Pro určení potřebného tlaku pro dimenzování regulačního ventilu se nyní postupuje z opačného směru. Ve zdroji tepla je zapotřebí mít na výstupu kondenzátu cca  $P_6 = 1$  bar p. Na trase od výměnikové stanice do zdroje tepla se ztratí  $\Delta p_6 = 1$  bar. Tlaková ztráta armatur za regulačním ventilem činí  $\Delta p_5 = 0,2$  bar ==> tlak

za regulačním ventilem  $P_4 = 2,2$  bar p. Pro dimenzování regulačního ventilu zbývá:  $\Delta p_4 = P_3 - P_4 = 6,2 - 2,2 = 4$  bar.

## 2.3 Provozní podmínky

Na obr.č. 1 jsou uvedeny všechny potřebné armatury potřebné pro ovládání stanice. Pro bezporuchový provoz je zapotřebí dodržovat následující postupy:

### 2.31 Uvádění do provozu

- Výchozí stav - armatury na všech vstupech uzavřeny (1;3;5;8;9;12)
- Otevřít armatury (1;8;9;12) - ručně
- Zajistit průtok vody výměníkem - uvést do chodu oběhové čerpadlo (18)
- Po 5 sekundách pomalu otevírat přívod páry (3) - cca 5 min.
- Uvést do chodu regulaci výkonu v závislosti na výstupní teplotě sekundáru (TA 04) + regulační ventil (5) na straně kondenzátu.

Poznámka: časová prodleva při otevírání přívodu páry je nutná z důvodu potřebného zaplavení výměníku kondenzátem. Tímto postupem se zabrání vniknutí páry do kondenzátního potrubí - na regulační ventil.

### 2.32 Odstavení

- Uzavřít odvod kondenzátu regulačním ventilem (5);
- Po uzavření ventilu (5) uzavřít přívod páry (3);
- Po 10 minutách zastavit cirkulaci sekundárního média výměníkem odstavením čerpadla (18). Zamezovač vzniku vakua (19) vyrovná tlakové podmínky v parním prostoru výměníku.

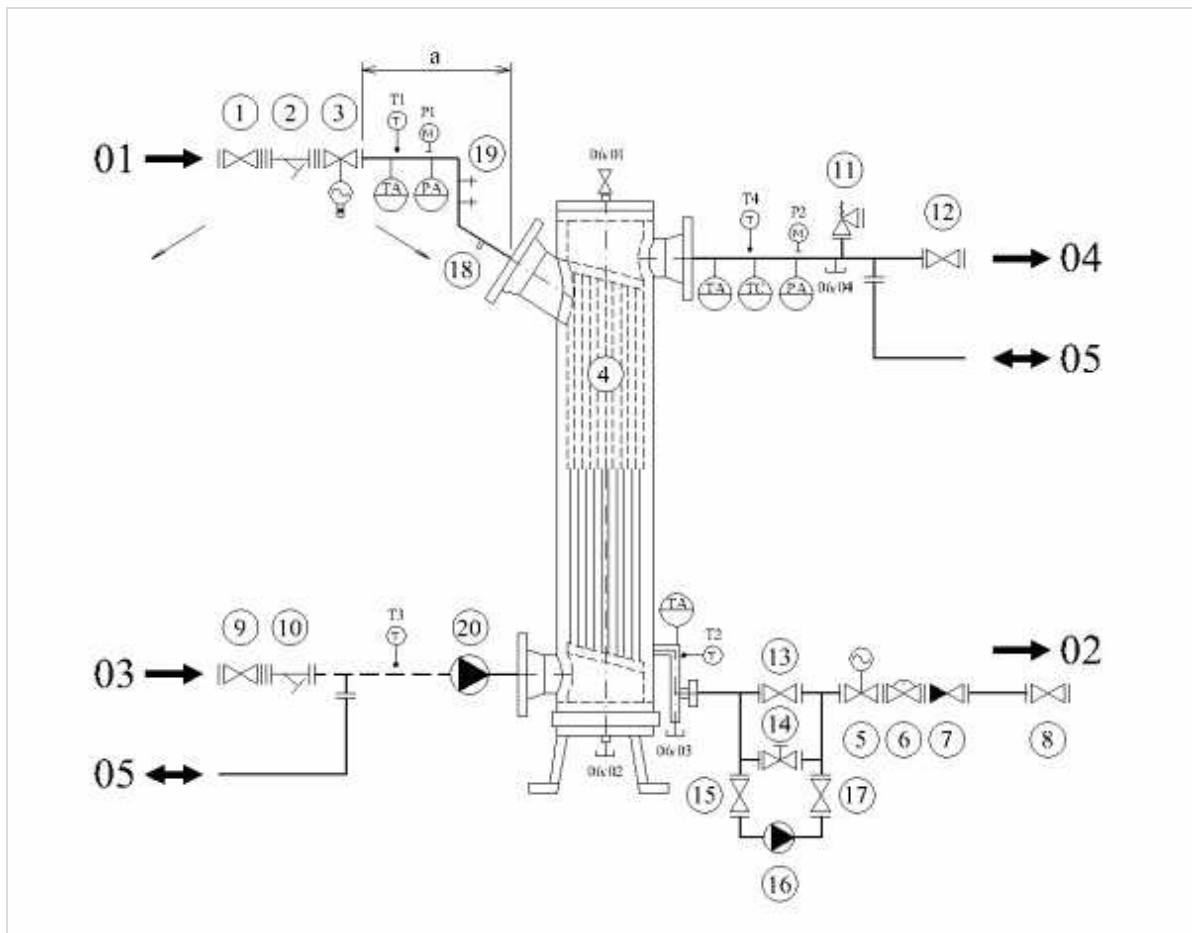
### 2.33 Najíždění během provozu

- Uvést do chodu cirkulaci vody v sekundáru - čerpadlo (18);
- Po 5 sekundách pomalu otevírat přívod páry (3) - cca 3 minuty. Zkrácený interval proti prvnímu najíždění se uvažuje proto, že se předpokládá určitý objem kondenzátu ve výměníku.
- Uvést do funkce regulaci výkonu - ventil (5) + TA (04).

## 3.0 Uzavřený parokondenzátní okruh - nedostatečný tlak páry (obr.č. 3)

### 3.1 Stanice s nedostatečným tlakem páry pro čerpání kondenzátu do zdroje tepla

Schéma stanice je uvedeno na obr. č. 3. Pára se přivádí do stojatého výměníku (4) přes ruční uzavírací ventil (1), filtr (2) a havarijní uzávěr (3) a zamezování vzniku vakua (19).



Obr.č.3 - Schéma zapojení PS pára - voda s uzavřeným parokondenzátním okruhem při nedostatečném tlaku páry.

Parokondenzátní okruh je uzavřen na výstupu kondenzátu z výměníku dvěma způsoby, které vyplývají z provozních podmínek primární sítě. V období zimním, kdy je velký odběr a tlak páry nepostačuje pro vrácení kondenzátu zpět do zdroje tepla, je uzavřen přímý odtok ventilem (13). Čerpadlo (16) dimenzované na množství cca o 1/3 větší než je výkon výměníku, je zařazeno do parokondenzátního okruhu otevřením ventilů (15 a 17). Otevře se rovněž zkrat (14), který je dimenzován na třetinové množství výkonu výměníku a tlakovou ztrátu stejnou, jaká je potřebná pro dopravu kondenzátu do zdroje tepla včetně tlakových ztrát regulačního ventilu (5) a dalších vložených armatur (6,7,8). Do ochozu místo ručního regulačního ventilu (14) lze na vypočítané parametry zařadit clonu.

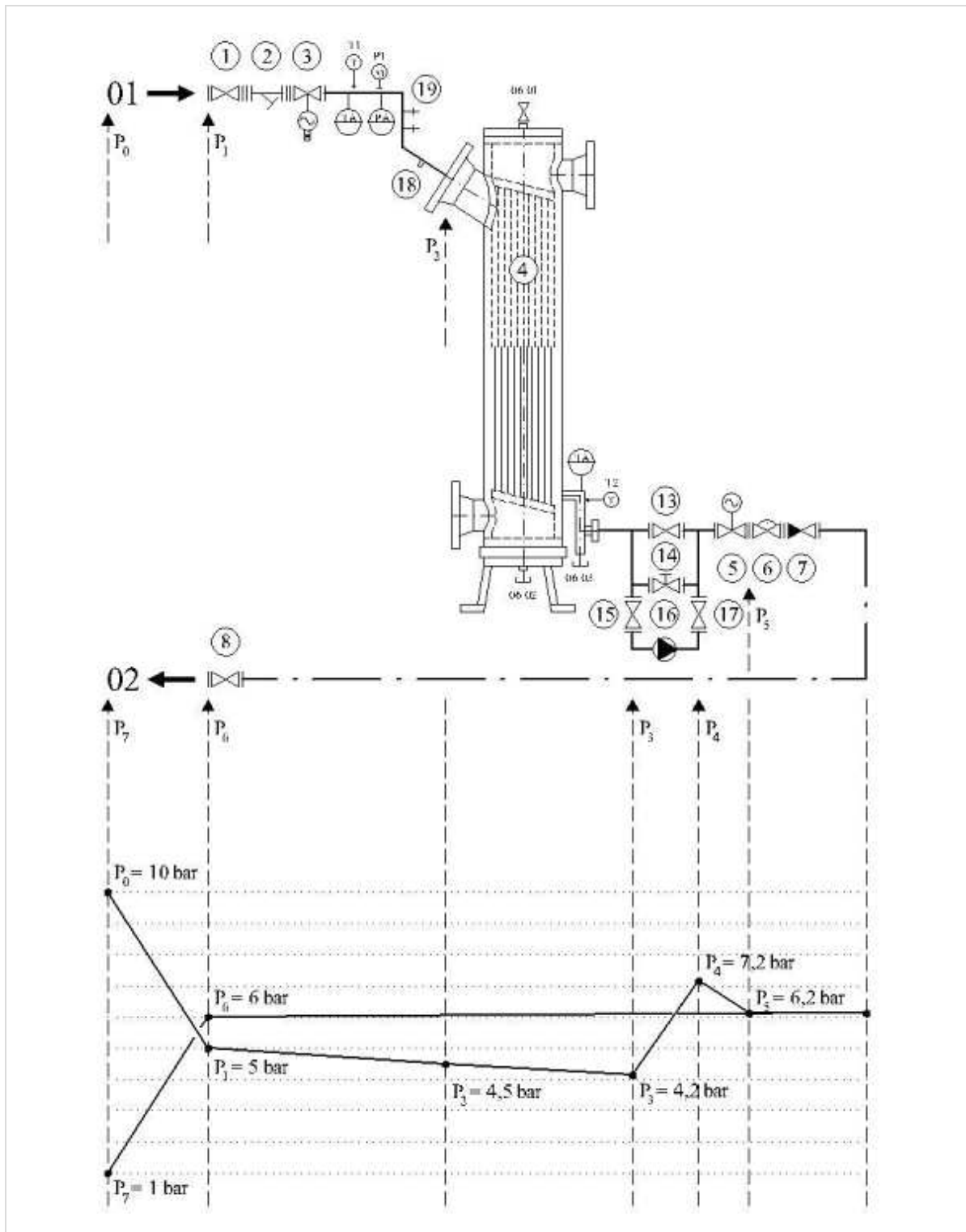
Ochoz zajišťuje bezpečný provoz čerpadla, i když se výkon stanice blíží nulové hodnotě a regulační ventil uzavírá odtok kondenzátu.

Sekundární strana má totožné armatury jako ve variantě bez kondenzátního čerpadla.

## 3.2 Tlakový diagram

Na obr. č. 4 jsou vyznačeny všechny potřebné armatury na přívodním potrubí páry i odvodu kondenzátu při nedostatečném tlaku páry pro dopravu kondenzátu do zdroje tepla. Tlak páry dodávané ze zdroje tepla  $P_0 = 10$  barp je celoročně konstantní. Před vstupem do této konkrétně zvolené stanice je  $P_1 = 5$  barp. Tlaková ztráta na potrubní síti ze zdroje tepla ke stanici je tudíž  $\Delta p_1 = P_0 - P_1 = 10 - 5 = 5$  bar. Soubor armatur před vstupem do výměníku (ruční uzavírací armatura, filtr, havarijní uzávěr) sníží tlak o dalších:  $\Delta p_2 = P_1 - P_2 = 5 -$

4,5 = 0,5 bar. Samotný stojatý výměník s rovnými trubkami má tlakovou ztrátu:  $\Delta p_3 = P_2 - P_3 = 4,5 - 4,2 = 0,3$  bar. Pro regulační ventil a dopravu kondenzátu zpět do zdroje zůstává 4,2 bary. V tomto případě není ještě poskytnuta ztráta regulačního ventilu  $\Delta p = (7,2 - 6,2) = 1$  bar, armatur za ním  $\Delta p_5 (P_5 - P_6) = 6,2 - 6,0 = 0,2$  bar a potrubní části od VS do zdroje tepla  $\Delta p_6 = (P_6 - P_7) = 6 - 1 = 5$  bar. Pro dosažení potřebného tlaku před regulačním ventilem ( $P_4 = 7,2$  bar) bude nutné zařadit do kondenzátního okruhu čerpadlo o výkonu cca o 1/3 větším (M kg/h), než je maximální výkon výměníku (množství kondenzátu). Tato třetina cirkuluje přes ruční regulační ventil (14). Jeho množství se mění při regulačním zásahu ventilu. Pracovní bod čerpadla je v  $\Delta P_{\dot{c}} = P_4 - P_3 = 7,2 - 4,2 = 3$  bary. V provozu zůstává ventil 13 uzavřen, ventily 15 a 17 otevřeny. Tímto řešením zůstává celý parokondenzátní okruh uzavřen.



Obr.č.4 - Tlakový diagram uzavřeného parokondenzátního okruhu při nedostatečném tlaku páry

### 3.21 První najíždění

- Výchozí stav - armatury na všech vstupech uzavřeny (1;3;5;8;9;13;14;15;17);
- Otevřít armatury (1;8;9;12;14;15;17). Ventil (13) uzavřen;
- Uvést do chodu oběhové čerpadlo (18) sekundárního okruhu;
- Po 5 sekundách pomalu otevírat přívod páry (3) - cca 5 minut;
- Uvést do chodu regulaci výkonu v závislosti na výstupní teplotě sekundáru (TA - 04) - regulační ventil (5) a kondenzátní čerpadlo (16).

### 3.22 Odstavení

- Uzavřít odvod kondenzátu regulačním ventilem (5) a odstavením čerpadla (16);
- Po uzavření ventilu (5) uzavřít přívod páry (3);
- Po 10 minutách zastavit průtok sekundárního média výměníkem (18);
- Zamezovač vzniku vakua (19) vyrovná tlakové podmínky v parním prostoru výměníku.

### 3.23 Najíždění během provozu

- Uvést do chodu cirkulaci na sekundární straně (18);
- Po 5 sekundách pomalu otevřít přívod páry (3) - cca 3 minuty;
- Uvést do chodu regulaci výkonu - regulační ventil (5) + kondenzátní čerpadlo (16) + TA (04).

## 4.0 Funkční podmínky primárního okruhu

### Zaplavení výměníku kondenzátem.

Při provozu uzavřeného parokondenzátního okruhu vznikají v extrémních stavech specifické podmínky, které je zapotřebí ošetřit softwarem.

Jelikož je možné regulovat výkon výměníku v rozsahu 0 až 100% může dojít k situaci, kdy při minimálních výkonech stoupá hladina kondenzátu až do přívodního parního potrubí. Aby se zabránilo vniknutí kondenzátu do parní přípojky, instaluje se před vstupem páry do výměníku čidlo (LA - 01) snímání hladiny. Při jejím dostoupení na tuto úroveň se musí zajistit otevření regulačního ventilu na kondenzátu a jeho opětné vrácení do provozní polohy. Zajistí se tím částečný odtok kondenzátu, a tím snížení jeho hladiny do prostoru výměníku.

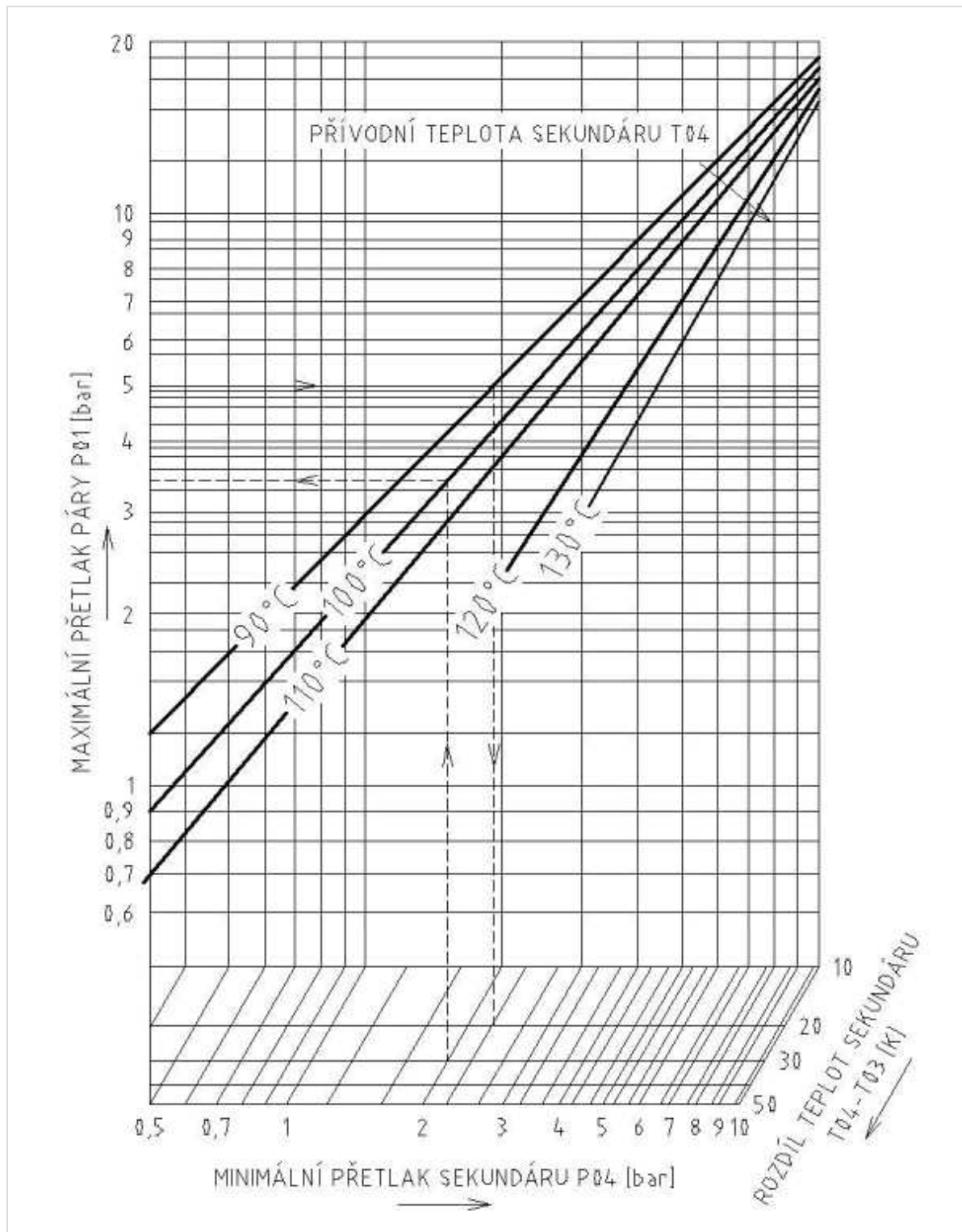
### Vychlazení kondenzátu

Výkony výměníků jsou stanoveny tak, aby teplota kondenzátu byla v každém provozním stavu max. o 3 až 5 K vyšší, než je teplota zpětné vody sekundáru. V případě, že je dodavatelem tepla požadována určitá limitní hodnota teploty kondenzátu a jeho teplota by stoupala, přechází regulace výkonu z čidla (TA - 01) na čidlo

(TA - 02), které reguluje výkon podle hodnot  $t_2 = \text{konst.}$  požadované dodavatelem tepla.

## 5.0 Funkční podmínky sekundárního okruhu (obr.č. 5)

Jednou z nejdůležitějších veličin pro správnou funkci sekundární soustavy je statický tlak. Jeho úroveň je dána bodem varu otopného média v nejvyšším bodě soustavy. V tomto místě by měl přesahovat cca o 0,5 baru tlak odpovídající tlaku bodu varu.



Obr.č.5 - Diagram pro určení tlaku páry  $P_{01 \max}$  a minimálního pojišťovacího tlaku  $P_{04 \min}$ .

Neméně důležitá je potřebná hodnota statického tlaku, který zabraňuje odpařování vlivem přehřátí vody v



trubkách výměníku v místě vstupu páry do výměníku. Jeho hodnota závisí na konstrukci výměníku, tlaku páry a provozní teplotě sekundáru.

Při nedodržení těchto vzájemných vazeb může dojít k tlučení ve výměníku a následné destrukci otopných trubek. V diagramu na obr. č. 5 jsou znázorněny dva příklady pro stojatý výměník s rovnými trubkami.

Podle prvního kritéria pojišťovací pro otopnou soustavu objektu 10 m vysokého s teplotním rozdílem 90/70 °C by postačil přetlak 1,5 baru.

Podle druhého kritéria "místní přehřátí" pára 5 bar přetlaku - pojišťovací přetlak u výměníku voda 90/70 °C - 2,6 bar. Z tohoto porovnání vyplývá nutnost posouzení obou vlivů a volit vždy pro pojištění soustavy hodnotu vyšší. V daném případě 2,6 bar.

**Datum:** 23.3.2009

**Autor:** Ing. Miroslav Kotrbatý [všechny články autora](#)