

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

308 378

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

F22B 3/00 (2006.01)

F22B 33/18 (2006.01)

F01K 17/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA

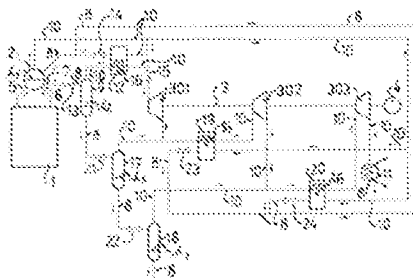


ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2019-126**
(22) Přihlášeno: **04.03.2019**
(40) Zveřejněno: **19.02.2020**
(Věstník č. 8/2020)
(47) Uděleno: **28.05.2020**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **08.07.2020**
(Věstník č. 28/2020)

(56) Relevantní dokumenty:
EP 838632; CN 206816312; KR 101044375.

(73) Majitel patentu:
Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava,
Ostrava, Poruba, CZ
(72) Původce:
doc. Ing. Ladislav Vilimec, Ostrava, Hrabůvka, CZ
Ing. Jaroslav Konvička, Ph.D., Frýdek-Místek,
Místek, CZ
doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D., Bohuslavice, CZ



(54) Název vynálezu:
**Způsob výroby páry v kogenerační jednotce
a zařízení k provádění tohoto způsobu**

(57) Anotace:
Způsob výroby páry v kogenerační jednotce probíhá tak, že veškerá horká voda odvedená z parního bubnu (2) expanduje na sytou páru, jejíž teplota se před přivedením do parní turbíny (3) reguluje ohříváním sytou párou z parního bubnu (2). Expanze se provádí v sérii expandérů (9, 17, 18), přičemž se sytá pára z jednotlivých expandérů (9, 17, 18) individuálně ohřívá sytou párou z parního bubnu (2) a vzniklý kondenzát se vrací do parního bubnu (2). Sytá pára z každého expandéru (9, 17, 18) se odvádí do jiného stupně (301, 302, 303) vícestupňové parní turbíny (3). Pára ze stupňů (301, 302) parní turbíny (3) se směšuje s párou z expandérů (17, 18). Zařízení k provádění tohoto způsobu má z parního bubnu (2) vyvedeno parní potrubí (10) do prvního parního ohříváku (12) a návazně horkovodní potrubí (8) zpět do parního bubnu (2), přičemž je první parní ohřívák (12) zapojen na parním potrubí (10) mezi prvním expandérem (9) a parní turbínou (3). V zařízení jsou obsaženy alespoň dva expandéry (9, 17, 18) zapojené za sebou a stejný počet parních ohříváků (12, 19, 20) a stupňů (301, 302, 303) parní turbíny (3).

Způsob výroby páry v kogenerační jednotce a zařízení k provádění tohoto způsobu

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu výroby páry pro pohon parní turbíny v kogenerační jednotce a rovněž i zařízení k provádění tohoto způsobu v podobě kogenerační jednotky se spalovacím kotlem a parní turbínou.

Dosavadní stav techniky

V současné době se ke spalování komunálních odpadů a dalších alternativních paliv, jako například biomasy, často používají kotle, uspořádané jako horkovodní kotel a sloužící k dodávce tepla do vnějšího systému. Takový kotel na spalování odpadů je připojen na vodní zdroj a je opatřen horkovodním potrubím s teplovodními plochami, které jsou provedeny jako stěny kotle, nebo jako plochy uvnitř kotle obtékané spaliny. Za teplovodními plochami je horkovodní potrubí vyvedeno z kotle přes vývod a zaústěno vně zařízení do systému pro dodávku tepla a užitkové vody. Tento typ kotle není opatřen parním bubnem. Uvedené zařízení není využitelné pro zapojení před turbínu a výrobu elektřiny.

V přihlášce EP 0838632 A2 je popsán horkovodní kotel, který je zapojen před parní turbínou a umožňuje výrobu elektřiny. Horkovodní kotel je opatřen horkovodním bubnem, sloužícím ke shromažďování vyrobené horké vody, a z tohoto bubnu je vyvedeno horkovodní potrubí s horkovodním cirkulačním okruhem, ve kterém je zapojen expandér pracující s nižším tlakem. Horká voda vyrobená v horkovodním kotli se přes horkovodní potrubí odvádí do tohoto expandéru, kde expanduje na sytou páru o nižší teplotě a tlaku, než má přiváděná horká voda, a přitom se odlučuje kondenzát mající stejný tlak a teplotu jako expanzí vzniklá sytá pára. Z expandéru je vyvedeno vodní a parní potrubí. Parní potrubí se odvádí pára k parní turbíně. Požadované vstupní teploty a tlaku pro parní turbínu se dosahuje následovně. Parní turbína s elektrickým generátorem je zapojena na parním potrubí za expandérem přes první tepelný výměník, přes který je topná pára pro turbínu vedena parním potrubím jakožto ohřívací médium. Horkovodní potrubí je před expandérem rozvětveno, a zatímco hlavní větev vede do expandéru, odbočující větev je vedena přes tentýž první tepelný výměník, přes který je vedena pára z expandéru, a za prvním tepelným výměníkem je horkovodní potrubí zaústěno do expandéru. Horká voda v horkovodním potrubí je přes první tepelný výměník vedena jakožto ohřívací médium. Cirkulační okruh a tepelná regulace je dále poměrně složitě navržena následovně. Z expandéru je vyvedeno horkovodní potrubí, jež je připojeno do horkovodního cirkulačního obvodu a v něm připojeno jednak k potrubní větvi horkovodního potrubí zaústěné zpět do horkovodního bubnu a jednak alternativně i do přívodu vody do parního kotle. Je zde řada dalších pomocných větví a propojení. Za parní turbínou je druhý tepelný výměník s funkcí kondenzátoru, ústící rovněž do téhož potrubí, a je zde i odbočka s třetím tepelným výměníkem pro pomocný ohřev vody. Horká voda, kterou produkuje horkovodní kotel a která se shromažďuje do horkovodního bubnu, se tudíž neodvádí veškerá pouze do expandéru, nýbrž se před expandérem rozděluje a pouze část vyrobené horké vody se využije pro turbínu, zatímco zbylá část se používá k regulaci teploty syté páry za expandérem a k dodávce tepla. Případný přebytek páry v potrubí před parní turbínou se využívá jako zdroj tepla pro druhý tepelný výměník s funkcí kondenzátoru, kde se pára ochlazuje za vzniku kondenzátu, přičemž se teplo z páry za parní turbínou odvádí vně zařízení a kondenzát se vrací zpět do cirkulačního okruhu.

Zařízení podle EP 0838632 A2 je nízkotlaké a pro potřeby výroby elektřiny velmi málo výkonné. Je proto využitelné pouze jako zařízení, jehož hlavním účelem je dodávka tepla, ale umožňuje kromě tepla vyrábět přídavně i malé množství elektřiny. K nízkému výkonu po stránce možnosti výroby elektrické energie přispívá i zařazení tepelných výměníků v okruhu zapojení zařízení. Přes první tepelný výměník, tedy ten, který je zařazen na parním potrubí za expandérem, je

vedena sytá pára vyrobená expandérem jako ohřivané médium a jako ochlazované ohřivací médium slouží horká voda, přiváděná horkovodním potrubím z horkovodního bubnu. Ostatní tepelné výměníky, druhý a třetí, plní hlavní funkci zařízení, a to odvedení tepla vyrobeného horkovodním kotlem vně zařízení pomocí ohřevu média pocházejícího z vnějšího zdroje. Parní turbína zde plní pouze doplňkovou funkci, pouze jako zdroj elektřiny pro omezenou spotřebu.

Jako kotle pro spalování komunálních odpadů nebo jiných alternativních paliv sloužící pro výrobu elektřiny nebo kogenerační výrobu elektřiny a tepla se dále používají kotle, které jsou uspořádané jako parní kotle. Mají parní bubnu, z něhož je vyvedeno parní potrubí zaústěné do parní turbíny. Přes parní potrubí se z parního bubnu odebírá sytá pára, která se před vstupem do parní turbíny přehřívá na vyšší teplotu v přehřívacích páry, které jsou umístěné v kotli v prostoru spalin. Ohřivacím médiem jsou tedy spaliny vzniklé spálením odpadů, tedy spaliny, které obsahují složky způsobující korozi trubek kotle.

Nevýhodou těchto dosavadních zařízení je zejména chloridová koroze, mající za následek snížení životnosti a spolehlivosti zařízení a jeho provozu a zvýšené náklady na opravy a údržbu. Zejména pro elektrárenské kotle a pro kotle pro kogenerační výrobu elektřiny a tepla platí, že pokud teplota stěny některé části teplosměnné plochy parního generátoru kotle umístěné ve spalinách s vyšší teplotou, například nad 600 °C, zejména se to týká přehříváků páry, překročí určitou hodnotu, například 400 °C, tak je tato plocha vystavena velmi intenzivní chloridové korozi, tedy korozi ocelových trubek pod nánosy popelovin, která výrazně snižuje její životnost a provozní spolehlivost celého zařízení. Pro snížení intenzity působení chloridové koroze se používá řada opatření, jako je volba vhodné oceli s vyšší odolností proti působení chloridové koroze, snížené parametry páry, vytvoření ochranné vrstvy na povrchu trubek, například navařením materiálu s vyšší odolností proti chloridové korozi, nebo provedení keramické ochrany na povrchu trubek přehříváku, která chrání ocelovou trubku před vytvořením struskového nebo popelového nánosu, případně kombinace uvedených opatření. Tato opatření však mají za následek vesměs pouze vyšší cenu zařízení a složitější konstrukce zařízení a neumožňují vyloučit vznik chloridové koroze, jen ji omezují, a vyloučit jejím působením sníženou životnost tlakového systému parního generátoru kotle a zvýšené provozní náklady na údržbu zařízení.

Podstata vynálezu

Nevýhody dosavadního stavu odstraňuje tento vynález. Je navržen nový způsob výroby páry v kogenerační jednotce a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Podle navrženého způsobu výroby se ohřevem vody v parním kotli vyrábí horká voda a parovodní směs, které se přivádějí do parního bubnu a zde shromažďují, přičemž se přiváděná parovodní směs v parním bubnu rozděluje na horkou vodu a sytou páru. Horká voda, která se v parním kotli odloučila z parovodní směsi, se zde mísí s přiváděnou horkou vodou a dohromady s ní vytváří v parním bubnu hladinu *hl*, zatímco sytá pára migruje nahoru a shromažďuje se nad hladinou *hl* horké vody. Vyrobená horká voda se z parního bubnu odvádí do prvního expandéru, v němž expanduje a při této expanzi vzniká sytá pára o nižší teplotě a tlaku, než má přiváděná horká voda, přičemž současně se při expanzi odlučuje kondenzát v podobě horké vody o nižší teplotě a tlaku. Kondenzát i sytá pára se z prvního expandéru odvádějí, každé z těchto médií zvlášť. Sytá pára se následně ještě dohřívá na vyšší teplotu potřebnou pro parní turbínu a odvádí se jakožto pohonné médium do parní turbíny s elektrickým generátorem. Pára, která již prošla parní turbínou, se odvádí do kondenzátoru, v němž se ochladí tak, že vznikne kondenzát o požadované teplotě a tlaku. Podstata nového řešení podle tohoto vynálezu spočívá v tom, že veškerá horká voda, která se odvádí z parního bubnu, se vede bez rozdělení pouze do prvního expandéru, kde se veškerá horká voda odvedená z parního bubnu podrobí expanzi, načež po expanzi proběhlé v prvním expandéru se pak reguluje teplota expanzí vzniklé syté páry, což se provádí po jejím odvedení z tohoto prvního expandéru, ještě před přivedením syté páry do parní turbíny, ohříváním syté páry odvedené z expandéru sytou párou přiváděnou z parního bubnu.

Dále podstata tohoto vynálezu spočívá v tom, že ohřívání syté páry před jejím přivedením do parní turbíny se uskutečňuje pomocí ohřevu sytou párou z parního bubnu tak, že na parní potrubí za expandérem se zařadí první parní ohřívák a sytá pára odváděná z prvního expandéru se vede jakožto ohřívané médium přes tento první parní ohřívák, a současně se sytá pára, shromážděná v parním bubnu, z parního bubnu odvádí a vede se jakožto ochlazované ohřívací médium přes tentýž první parní ohřívák, přičemž se kondenzát vznikající při tomto ohřevu ze syté páry jakožto ohřívacího média vrací zpět do parního bubnu.

S výhodou se expanze horké vody odvedené z parního bubnu provádí v alespoň dvou stupních vedením horké vody postupně za sebou přes alespoň dva různé expandéry tak, že horká voda představující kondenzát z předchozího expandéru se přivádí do následujícího expandéru, přičemž

- z každého z těchto expandérů se odvádí jeden proud syté páry a ten se ohřívá odděleně od proudů odváděných z ostatních expandérů vlastním parním ohřívákem, přes který se vede jakožto ohřívané médium, a v ohřátém stavu se pak odděleně od ostatních proudů odvádí dále a nechává se proudit přes jeden vlastní stupeň vícestupňové parní turbíny

- pára odváděná z parního bubnu se rozděluje na tolik proudů, kolik je těchto expandérů, a každý proud se vede jakožto ohřívací médium přes jeden z těchto parních ohříváků, které ohřívají sytou páru odváděnou z expandérů

- každý proud páry, který již prošel přes některý stupeň parní turbíny s výjimkou posledního stupně parní turbíny, se směšuje s proudem páry pro následující stupeň parní turbíny. Každý směšovaný proud, odvedený z příslušného stupně parní turbíny, se přidává k proudu páry vzniklé expanzí v jednom expandéru, a to ve druhém a každém dalším expandéru. Směšování se provádí k páře odvedené z těchto expandérů, tedy druhého a každého dalšího, ještě před jejím ohřevem prováděným v příslušném parním ohříváku, načež v příslušném parním ohříváku se pak ohřívá takto vzniklá parní směs. Směšovaný proud prošlý přes parní turbínu se přidává k proudu páry vzniklé expanzí a odvedené z expandéru a toto přidávání probíhá ještě před jejím ohřevem prováděným v parním ohříváku. V příslušném parním ohříváku se pak následně ohřívá takto vzniklá parní směs

- kondenzaci v kondenzátoru za parní turbínou se podrobí až proud páry, který prošel přes poslední stupeň parní turbíny.

Při postupu podle tohoto vynálezu se v každém expandéru udržuje tlak ohřívané páry nejméně tak velký, jako je požadovaný vstupní tlak pro stupeň parní turbíny za tímto expandérem.

Z parního bubnu se s výhodou odvádí pouze tolik syté páry, kolik je potřeba na ohřev páry pro všechny obsažené stupně parní turbíny.

Zařízení podle tohoto vynálezu je navrženo pro provádění výše uvedeného navrženého způsobu výroby páry v kogenerační jednotce. Zařízení má podobu kogenerační jednotky, zahrnující parní kotel, který je opatřen parním bubnem. Kogenerační jednotka zahrnuje rovněž i parní turbínu s elektrickým generátorem. Parní buben má jednak horkovodní přívod pro horkou vodu z parního kotle a parovodní přívod pro směs páry a horké vody z parního kotle a jednak má horkovodní vývod s připojeným horkovodním potrubím, vyvedeným do prvního expandéru. Z prvního expandéru je vyvedeno horkovodní potrubí pro kondenzát a parní potrubí pro sytou páru. Parní turbína je zapojena na parním potrubí za tímto prvním expandérem a za parní turbínou je zapojen kondenzátor. Zařízení obsahuje i nutné propojovací horkovodní potrubí a parní potrubí. Podstatou nového řešení podle tohoto vynálezu je, že v tomto zařízení se nachází ohřívací okruh pro regulaci teploty syté páry odváděné z prvního expandéru uspořádaný tak, že z parního bubnu je vyvedeno parní potrubí zaústěné do prvního parního ohříváku a návazně je z prvního parního ohříváku vyvedeno horkovodní potrubí zaústěné zpět do parního bubnu, přičemž současně je tento první parní ohřívák zapojen na parním potrubí mezi prvním expandérem a parní turbínou.

S výhodou zařízení obsahuje alespoň dva expandéry, které jsou zapojeny za sebou, přičemž obsahuje i takový počet parních ohříváků, jako je počet expandérů. V tomto případě je v zařízení obsažena vícestupňová parní turbína, obsahující takový počet stupňů, jako je počet expandérů. Pro zařízení podle této alternativy musí být splněny níže uvedených pět podmínek.

5

První podmínkou je, že každý následující expandér je připojen na horkovodním potrubí vyvedeném z předchozího expandéru a parní potrubí z něj vyústěné je opatřeno vlastním parním ohřívákem, přičemž parní potrubí vyvedené z každého expandéru je zaústěno do jiného stupně parní turbíny.

10

Druhou podmínkou je, že za každým expandérem následuje stupeň parní turbíny mající totéž pořadové číslo v řadě za sebou zařazených stupňů parní turbíny, jako je pořadové číslo tohoto expandéru v řadě za sebou zapojených expandérů.

15

Třetí podmínkou je, že z parního bubnu vyvedené parní potrubí je rozvětveno na tolik větví, kolik je expandérů, a každá z těchto větví je zaústěna do jednoho parního ohříváku.

20

Čtvrtou podmínkou je, že z každého parního ohříváku je návazně na přivedené parní potrubí vyvedeno horkovodní potrubí a ze všech parních ohříváků vyvedená horkovodní potrubí jsou zaústěna zpět do parního bubnu.

25

Pátou podmínkou pak je, že parní potrubí vyvedené z každého stupně parní turbíny, s výjimkou posledního stupně, je zaústěno do parního potrubí zaústěného do následujícího stupně parní turbíny. Na parním potrubí vyvedeném z posledního stupně parní turbíny je připojen kondenzátor.

30

S výhodou jsou v případě alternativy se dvěma nebo více expandéry horkovodní potrubí vyvedená ze všech parních ohříváků spojena do jednoho společného horkovodního potrubí, zaústěného zpět do parního bubnu.

35

Před každým expandérem je s výhodou horkovodní potrubí opatřeno alespoň jedním redukčním ventilem a za každým parním ohřívákem je horkovodní potrubí opatřeno alespoň jedním regulačním ventilem, přičemž i parní potrubí před parní turbínou je opatřeno alespoň jedním regulačním ventilem.

40

Způsob a zařízení podle tohoto vynálezu jsou vyvinuty pro kogenerační výrobu elektřiny při spalování komunálních odpadů. Umožňují zajistit požadovanou výrobu elektřiny tak, že se eliminuje nežádoucí riziko vzniku chloridové koroze. Zjednodušují provoz parního kotle a umožní snížit poruchovost parního kotle, zvýšit jeho spolehlivost a současně snížit provozní náklady. Kogenerační výroba elektřiny pomocí navrženého způsobu a zařízení s jedním expandérem je vhodná pro kogenerační zdroj s menším podílem výroby elektřiny a větším podílem výroby tepla. Požadovaný poměr výroby elektřiny a tepla lze nastavit volbou poměru tlaků v parním bubnu a v prvním expandéru. Výhodou kogenerační výroby elektřiny způsobem tohoto podle vynálezu je i to, že zvýšit dodávku tepla, při současném snížení výroby elektřiny, lze i za provozu parního kotle. Kogenerační výroba elektřiny pomocí zařízení se dvěma nebo více expandéry způsobem podle tohoto vynálezu je vhodná pro kogenerační zdroj se zvýšeným podílem výroby elektřiny a sníženým podílem výroby tepla. Výhodou kogenerační výroby elektřiny v zařízení se dvěma nebo více expandéry podle tohoto vynálezu je i to, že umožňuje zvýšit dodávku tepla při současném snížení výroby elektřiny i za provozu parního kotle.

50

Objasnění výkresů

55

Tento vynález je objasněn pomocí výkresů, kde znázorňuje obr. 1 příklad zařízení pro výrobu páry v kogenerační jednotce s jedním expandérem a způsob výroby páry podle tohoto vynálezu

pomocí tohoto zařízení a obr. 2 příklad zařízení pro výrobu páry v kogenerační jednotce se třemi expandéry a způsob výroby páry podle tohoto vynálezu pomocí zařízení s několika expandéry.

5 Příklady uskutečnění vynálezu

Příkladný způsob a zařízení podle tohoto vynálezu jsou názorně vysvětleny a předvedeny pomocí obrázků obr. 1 a obr. 2.

- 10 Obrázek obr. 1 ukazuje příklad jednoduššího provedení zařízení pro výrobu páry v kogenerační jednotce podle tohoto vynálezu.

Má podobu kogenerační jednotky, která zahrnuje jednak parní kotel 1 opatřený parním bubnem 2 a jednak parní turbínu 3 s elektrickým generátorem 4. Parní kotel 1 má běžné uspořádání. Jeho parní buben 2 má dva přívody 5, 6, a to horkovodní přívod 5 pro horkou vodu z parního kotle 1 a parovodní přívod 6 pro směs páry a horké vody z parního kotle 1. Pro odvod v parním kotli 1 vyrobené horké vody má vytvořen horkovodní vývod 7 a na něj je připojeno horkovodní potrubí 8, ústící do prvního expandéru 9. Z prvního expandéru 9 je vyvedeno dole horkovodní potrubí 8 pro odvod expanzí odloučeného kondenzátu a parní potrubí 10 pro odvod expanzí horké vody vznikající sytou páru. Parní turbína 3 je zapojena na parním potrubí 10 za tímto prvním expandérem 9 a za parní turbínou 3 je na parním potrubí 10 zapojen kondenzátor 11. Zařízení má vytvořen specifický ohřivací okruh se zařazeným prvním parním ohřívákem 12 pro regulaci teploty syté páry odváděné z prvního expandéru 9. Okruh je uspořádán z parního potrubí 10 vyvedeného z parního bubnu 2 a zaústěného do prvního parního ohříváku 12 a návazně z prvního parního ohříváku 12 vyvedeného horkovodní potrubí 8, zaústěného zpět do parního bubnu 2. Současně je tento první parní ohřívák 12 zapojen na parním potrubí 10 mezi prvním expandérem 9 a parní turbínou 3.

Před prvním expandérem 9 je horkovodní potrubí 8 opatřeno prvním redukčním ventilem 13. Za prvním parním ohřívákem 12 je horkovodní potrubí 8 opatřeno prvním regulačním ventilem 14. Parní potrubí 10 před parní turbínou 3 je opatřeno druhým regulačním ventilem 15.

Parní kotel 1 může mít klasickou nebo jinou konstrukci a není tedy předmětem navrženého řešení, a proto není jeho uspořádání na obrázcích znázorněno. Jedná se o parní kotel 1 na spalování komunálního odpadu se spalovací komorou, teplosměnnými plochami, přívodem studené vody určené k ohřevu a parním bubnem 2.

Kogenerační výroba elektřiny u zařízení v příkladném provedení podle obrázku obr. 1 probíhá způsobem podle tohoto vynálezu následovně. V parním kotli 1 se vyrábí horká voda a parovodní směs o vysokém tlaku. Tlak se volí vysoký, například 9 až 13 MPa, výhodnější je co nejvyšší, ale takový, aby jemu odpovídající saturační teplota nepředstavovala pro materiál stěn spalovací komory parního kotle 1 nebezpečí vzniku intenzivní chloridové koroze. Horká voda ohřátá parním kotlem 1 se přivádí do parního bubnu 2 horkovodním přívodem 5 a má teplotu nejvýše do saturační teploty, to je do teploty bodu varu vody při daném tlaku, například při tlaku 9 až 13 MPa je saturační teplota 303 až 330 °C. Dále je popsán konkrétní příklad průběhu změn hodnot tlaků a teplot při postupu podle tohoto vynálezu při tlaku 13 MPa. Horká voda ohřátá parním kotlem 1, která se přivádí do parního bubnu 2 horkovodním přívodem 5, má v tom případě teplotu 300 až 330 °C. Parovodním přívodem 6 se současně do parního bubnu 2 přivádí z parního kotle 1 parovodní směs, tedy směs páry a horké vody, mající saturační teplotu, což je při výše uvedeném tlaku 13 MPa 330 °C. Horká voda přivedená do parního bubnu 2 a voda v parním bubnu 2 odloučená z parovodní směsi se shromažďuje ve spodní části parního bubnu 2 a vytváří vodní hladinu h1. V parním bubnu 2 odloučená sytá pára z přivedené parovodní směsi, mající saturační teplotu, se shromažďuje v horní části parního bubnu 2 nad vodní hladinou h1. Přehřátá pára se v tomto parním kotli 1 přímým ochlazováním spalin nevyrábí. Shromažďovaná horká voda se odebírá z parního bubnu 2 a horkovodním potrubím 8 se přes první redukční ventil 13 přivádí

do prvního expandéru 9, kde expanduje na tlak nižší, než je tlak v parním bubnu 2, ale odpovídající tlaku páry na vstupu do parní turbíny 3, v tomto příkladném provedení například na tlak 2 až 4 MPa. Expanzi přivedené horké vody na nižší tlak se v prvním expandéru 9 z větší části přivedené vysokotlaké horké vody získá ve spodní části prvního expandéru 9 horká voda o rovněž saturační teplotě, avšak ve srovnání s předchozími hodnotami nižší teplotě, odpovídající snížení tlaku následkem probíhající expanze. Při výše uvedeném tlaku 2 až 4 MPa je to například 212 °C až 250 °C. Horká voda se ve spodní části prvního expandéru 9 hromadí a vytváří druhou vodní hladinu h2, nad níž, v horní části prvního expandéru 9, se z menší části přivedené vysokotlaké horké vody získá a shromažďuje sytá pára o stejné teplotě jako má zde shromažďovaná horká voda, tedy 212 °C až 250 °C. Konkrétní teplota horké vody i syté páry v prvním expandéru 9 odpovídá teplotě varu, příslušející sníženému tlaku nastavenému v prvním expandéru 9. Horká voda se z prvního expandéru 9 odvádí horkovodním potrubím 8 vně zařízení, kde se využije například pro dodávku tepla. Sytá pára se z prvního expandéru 9 odvádí parním potrubím 10 a přivádí se na vstup dovnitř teplosměnné plochy 16 prvního parního ohříváku 12. Zde se v teplosměnné ploše 16 ohřívá na vyšší teplotu, odpovídající tlaku páry na vstupu do parní turbíny 3, a pak se parním potrubím 10 v podobě přehřáté páry přivádí přes druhý regulační ventil 15 na vstup do parní turbíny 3, kde expanduje a na elektrickém generátoru 4 vyrábí elektřinu. Po expanzi v parní turbíně 3 pak pára kondenzuje v kondenzátoru 11. Ohřívacím médiem pro ohřev syté páry v prvním parním ohříváku 12 je vysokotlaká sytá pára, která se odebírá z parního bubnu 2 a vysokotlakým parním potrubím 10 se přivádí na vstup topného média do prvního parního ohříváku 12. V něm na vnějším povrchu teplosměnné plochy 16 kondenzuje a vzniklý kondenzát se odtud odvádí horkovodním potrubím 8 přes první regulační ventil 14 zpět do parního bubnu 2.

Protože parní kotel 1 nemá spalínový přehřívák páry a pro ohřev páry na požadovanou teplotu před parní turbínou 3 se nepoužívají spaliny vzniklé spálením komunálního odpadu, tak je u parního kotle 1 vyloučen vznik nežádoucí chloridové koroze jeho přehříváků páry. Nejvyšší teplota stěny všech, na obrázku obr. 1 neznázorněných, teplosměnných ploch parního kotle 1 má teplotu odpovídající varu vody při zvoleném tlaku páry v parním bubnu 2, nebo je nižší, a je tedy na úrovni obvyklé teploty stěny u běžných horkovodních kotlů. V případě potřeby lze teplotu teplosměnných ploch parního kotle 1 snížit použitím nižšího tlaku páry v parním bubnu 2. Množství syté páry, vyráběné v parním kotli 1 a odváděné vysokotlakým parním potrubím 10 do prvního parního ohříváku 12, je malé a vyrábí se ho jen takové množství, které se v prvním parním ohříváku 12 potřebuje pro ohřev syté páry odvedené z prvního expandéru 9 na požadovanou teplotu. Protože po ochlazení syté páry odebrané z parního bubnu 2 se kondenzát, který z ní vznikl v prvním parním ohříváku 12, vrací zpět do parního bubnu 2, tak hmotnostní bilance parního bubnu 2 není narušená a odběr syté páry z parního bubnu 2 nemá negativní vliv na provoz parního kotle 1.

Při kogenerační výrobě elektřiny způsobem podle tohoto vynálezu v zařízení podle příkladného provedení na obrázku obr. 1 se při spalování komunálních odpadů zajistí požadovaná výroba elektřiny tak, že se eliminuje nežádoucí riziko vzniku chloridové koroze přehříváků páry. Zjednoduší se tak provoz parního kotle 1, sníží se poruchovost parního kotle 1 a zvýší se tak jeho spolehlivost, přičemž se současně sníží provozní náklady. Kogenerační výroba elektřiny pomocí zařízení znázorněného na obrázku obr. 1 podle tohoto vynálezu je vhodná pro kogenerační zdroj s menším podílem výroby elektřiny a větším podílem výroby tepla. Požadovaný poměr výroby elektřiny a tepla se nastaví volbou poměru tlaků v parním bubnu 2 a v prvním expandéru 9. Výhodou kogenerační výroby elektřiny způsobem podle tohoto vynálezu je i to, že zvýšit dodávku tepla, při současném snížení výroby elektřiny, lze i za provozu parního kotle 1, a to snížením tlaku páry v parním bubnu 2 během provozu parního kotle 1. Parní kotel 1 v tomto případě musí být konstruovaný pro provoz s klouzavým tlakem.

Obrázek obr. 2 ukazuje příklad výhodnějšího, ale již složitějšího, provedení zařízení pro výrobu páry v kogenerační jednotce podle tohoto vynálezu.

- Má podobu kogenerační jednotky, která zahrnuje stejně jako v předchozím příkladu parní kotel 1 opatřený parním bubnem 2, avšak jeho parní turbína 3 je třístupňová, se třemi stupni 301, 302, 303, a počtu těchto stupňů 301, 302, 303 odpovídá i počet expandérů 9, 17, 18 obsažených v zařízení. Stupně 301, 302, 303 parní turbíny 3 jsou spřaženy s elektrickým generátorem 4. Parní kotel 1 může mít běžné uspořádání. Parní buben 2 má dva přívody 5, 6, a to horkovodní přívod 5 pro horkou vodu z parního kotle 1 a parovodní přívod 6 pro směs páry a horké vody z parního kotle 1. Pro odvod v parním kotli 1 vyrobené horké vody má vytvořen horkovodní vývod 7 a na něj je připojeno horkovodní potrubí 8, ústící do prvního expandéru 9. Z prvního expandéru 9 je vyvedeno dole horkovodní potrubí 8 pro odvod expanzí odloučeného kondenzátu a parní potrubí 10 pro odvod expanzí horké vody vznikající sytou párou. Parní turbína 3 je zapojena na parním potrubí 10. Za parní turbínou 3 je na parním potrubí 10 zapojen kondenzátor 11. Zařízení má vytvořen specifický ohřívací okruh se třemi parními ohříváky 12, 19, 20 pro regulaci teploty syté páry odváděné z expandérů 9, 17, 18.
- Okruh začíná parním potrubím 10 vyvedeným z parního bubnu 2 a zaústěným do prvního parního ohříváku 12. Návazně je z prvního parního ohříváku 12 vyvedeno horkovodní potrubí 8, zaústěné zpět do parního bubnu 2. Současně je tento první parní ohřívák 12 zapojen na parním potrubí 10 mezi prvním expandérem 9 a parní turbínou 3 před prvním stupněm 301 parní turbíny 3. Expandéry 9, 17, 18 jsou zapojeny za sebou.
- Každý následující expandér 17, 18 je připojen na horkovodním potrubí 8 vyvedeném z předchozího expandéru 9, 17 a má parní potrubí 10 opatřené vlastním parním ohřívákem 19, 20 a zaústěné do jiného stupně 302, 303 parní turbíny 3. Takže druhý expandér 17 je připojen na horkovodním potrubí 8 vyvedeném z prvního expandéru 9 a má parní potrubí 10 opatřené druhým parním ohřívákem 19 a zaústěné do druhého stupně 302 parní turbíny 3. Třetí expandér 18 je připojen na horkovodním potrubí 8 vyvedeném z druhého expandéru 17 a má parní potrubí 10 opatřené třetím parním ohřívákem 20 a zaústěné do třetího stupně 303 parní turbíny 3.
- Za každým expandérem 9, 17, 18 následuje stupeň 301, 302, 303 parní turbíny 3 mající totéž pořadové číslo v řadě za sebou zařazených stupňů 301, 302, 303 parní turbíny 3, jako je pořadové číslo tohoto expandéru 9, 17, 18 v řadě za sebou zapojených expandérů 9, 17, 18. Takže za prvním expandérem 9 následuje první stupeň 301 parní turbíny 3, za druhým expandérem 17 následuje druhý stupeň 302 parní turbíny 3 a za třetím expandérem 18 následuje třetí stupeň 303 parní turbíny 3.
- Z parního bubnu 1 vyvedené parní potrubí 10 je rozvětveno na tři větve, což je tolik větví, kolik je expandérů 9, 17, 18, a každá z těchto větví je zaústěna do jednoho parního ohříváku 12, 19, 20. Z každého parního ohříváku 12, 19, 20 je návazně na přivedené parní potrubí 10 vyvedeno horkovodní potrubí 8 a ze všech parních ohříváků 12, 19, 20 vyvedená horkovodní potrubí 8 jsou zaústěna zpět do parního bubnu 2.
- Parní potrubí 10 vyvedené z prvního stupně 301 parní turbíny 3 je zaústěno do parního potrubí 10 zaústěného do následujícího druhého stupně 302 parní turbíny 3. Parní potrubí 10 vyvedené z druhého stupně 302 parní turbíny 3 je zaústěno do parního potrubí 10 zaústěného do následujícího třetího stupně 303 parní turbíny 3. Na parním potrubí 10 vyvedeném z posledního třetího stupně 303 parní turbíny 3 je připojen kondenzátor 11.
- Horkovodní potrubí 8 vyvedená ze všech parních ohříváků 12, 19, 20 jsou spojena do jednoho společného horkovodního potrubí 8, zaústěného zpět do parního bubnu 2.
- Před každým expandérem 9, 17, 18 je horkovodní potrubí opatřeno alespoň jedním redukčním ventilem 13, 21, 22. Před prvním expandérem 9 je horkovodní potrubí 8 opatřeno prvním redukčním ventilem 13, před druhým expandérem 17 je horkovodní potrubí 8 opatřeno druhým redukčním ventilem 21 a před třetím expandérem 18 je horkovodní potrubí 8 opatřeno třetím redukčním ventilem 22. Za každým parním ohřívákem 12, 19, 20 je horkovodní potrubí 8

opatřeno alespoň jedním regulačním ventilem 14, 23, 24. Za prvním parním ohřívákem 12 je horkovodní potrubí 8 opatřeno prvním regulačním ventilem 14. Za druhým parním ohřívákem 19 je horkovodní potrubí 8 opatřeno třetím regulačním ventilem 23. Za třetím parním ohřívákem 20 je horkovodní potrubí 8 opatřeno čtvrtým regulačním ventilem 24. Parní potrubí 10 před parní turbínou 3 je opatřeno druhým regulačním ventilem 15.

Kogenerační výroba elektřiny u zařízení v příkladném provedení podle obrázku obr. 2 probíhá způsobem podle tohoto vynálezu následovně. V parním kotli 1 se vyrábí horká voda a parovodní směs o vysokém tlaku. Tlak se volí vysoký, například 9 MPa až 13 MPa. Výhodně je tlak co nejvyšší, ale takový, aby jemu odpovídající saturační teplota nepředstavovala pro materiál stěn spalovací komory parního kotle 1 nebezpečí vzniku intenzivní chloridové koroze. Při tlaku 9 až 13 MPa je saturační teplota 303 až 330 °C. Dále je popsán konkrétní příklad průběhu změn hodnot tlaků a teplot při postupu podle tohoto vynálezu při tlaku 13 MPa. Do parního bubnu 2 se přivádí horkovodním přívodem 5 horká voda o teplotě nejvýše saturační teploty, tedy při tlaku 13 MPa například od 303 °C, ale nejvýše do 330 °C, a současně se parovodním přívodem 6 přivádí parovodní směs, tedy směs horké vody a páry, mající saturační teplotu, tedy při uvedeném tlaku 13 MPa 330 °C. Horká voda přivedená do parního bubnu 2 a horká voda v parním bubnu 2 odloučená z parovodní směsi se spolu shromažďují ve spodní části parního bubnu 2 a vytváří vodní hladinu h1. Sytá pára z přivedené parovodní směsi se shromažďuje v horní části parního bubnu 2 nad vodní hladinou h1 a má saturační teplotu, tedy při uvedeném tlaku 13 MPa má 330 °C. Přehřátá pára se v parním kotli 1 přímým ochlazováním spalin nevyrábí. Vyrobená horká voda se z parního bubnu 2 odebírá a horkovodním potrubím 8 se přes první redukční ventil 13 přivádí do prvního expandéru 9, kde expanduje na tlak nižší, než je tlak v parním bubnu 2, ale odpovídající tlaku páry na vstupu do prvního stupně 301 parní turbíny, například na tlak 9 MPa. Expanzí přivedené horké vody na nižší tlak se v prvním expandéru 9 z větší části přivedené vysokotlaké horké vody získá ve spodní části prvního expandéru 9 horká voda o saturační teplotě odpovídající tlaku sníženému na 9 MPa, tedy 303 °C. Vytváří zde druhou vodní hladinu h2 a nad ní, v horní části prvního expandéru 9, se z menší části přivedené vysokotlaké horké vody získá sytá pára o stejné teplotě, tedy v tomto případě 303 °C. Konkrétní teplota horké vody i syté páry v prvním expandéru 9 odpovídá teplotě varu příslušející sníženému tlaku, nastavenému v prvním expandéru 9. Horká voda z prvního expandéru 9 o teplotě 303 °C se odvádí horkovodním potrubím 8 přes druhý redukční ventil 21 do druhého expandéru 17. Sytá pára o teplotě rovněž 303 °C, vyrobená v prvním expandéru 9, se z něj odvádí parním potrubím 10 a vede se podobně jako v předchozím příkladném provedení přes první parní ohřívák 12 a druhý regulační ventil 15 k parní turbíně 3, kde se nechává proudit přes její první stupeň 301. Horká voda odváděná z prvního expandéru 9 se horkovodním potrubím 8 přivádí do druhého expandéru 17, kde expanduje na tlak nižší, než je tlak v prvním expandéru 9, ale odpovídající tlaku páry na vstupu do druhého stupně 302 parní turbíny 3, například na tlak 4 MPa. Expanzí přivedené horké vody na nižší tlak se ve druhém expandéru 17 z větší části přivedené horké vody získá ve spodní části druhého expandéru 17 horká voda o teplotě 250 °C, odpovídající saturační teplotě při uvedeném tlaku, a tato horká voda vytváří třetí vodní hladinu h3. Nad ní, v horní části druhého expandéru 17, se z menší části přivedené horké vody získá sytá pára o stejné teplotě a tlaku, tedy v daném případě o teplotě 250 °C a tlaku 4 MPa. Konkrétní teplota horké vody i syté páry ve druhém expandéru 17 odpovídá teplotě varu příslušející sníženému tlaku nastavenému ve druhém expandéru 17. Horká voda z druhého expandéru 17 se odvádí horkovodním potrubím 8 přes třetí redukční ventil 22 do třetího expandéru 18. Sytá pára z druhého expandéru 17 se mísí s parou, která již prošla prvním stupněm 301 parní turbíny 3 a tato parní směs se vede do druhého parního ohříváku 19. V něm se v teplosměnné ploše 16 ohřívá na vyšší teplotu, odpovídající tlaku páry na vstupu do druhého stupně 302 parní turbíny 3, a odtud se parním potrubím 10 v podobě přehřáté páry přivádí na vstup do druhého stupně 302 parní turbíny 3. Ohřívacím médiem pro ohřev syté páry ve druhém parním ohříváku 19 je vysokotlaká sytá pára, která byla odebrána z parního bubnu 2 a vysokotlakým parním potrubím 10 byla přivedena na vstup topného média druhého parního ohříváku 19, přičemž tato pára se ve druhém parním ohříváku 19 na teplosměnné ploše 16 ochlazuje a následkem toho kondenzuje. Vzniklý kondenzát se odtud odvádí horkovodním potrubím 8 přes třetí regulační ventil 23, směšuje se s kondenzátem z

ostatních parních ohříváků 12, 20 a vrací zpět do parního bubnu 2. Horká voda odváděná z druhého expandéru 19 se přivádí přes třetí redukční ventil 22 do třetího expandéru 18, kde expanduje na tlak nižší, než je tlak v druhém expandéru 17, ale odpovídající tlaku páry na vstupu do třetího stupně 303 parní turbíny 3, například na tlak 2,5 MPa. Expanzí přivedené horké vody 250 °C na nižší tlak se ve třetím expandéru 18 z větší části přivedené horké vody získá ve spodní části třetího expandéru 18 horká voda o saturační teplotě příslušející sníženému tlaku, tedy při snížení tlaku na 2,5 MPa voda mající teplotu 224 °C vytvářející čtvrtou vodní hladinu h4, a nad ní, v horní části třetího expandéru 18, se z menší části přivedené horké vody získá sytá pára o stejné teplotě a tlaku, tedy sytá pára o teplotě 224 °C a tlaku 2,5 MPa. Konkrétní teplota horké vody i syté páry ve třetím expandéru 18 odpovídá teplotě varu, příslušející sníženému tlaku nastavenému ve třetím expandéru 18. Horká voda z třetího expandéru 18 se odvádí vně zařízení a využije se například pro dodávku tepla, nebo se může vracet zpět do parního kotle 1. Sytá pára odvedená z třetího expandéru 18 se směšuje s parou odvedenou z druhého stupně 302 parní turbíny 3 a tato parní směs se přivádí parním potrubím 10 do teplosměnné plochy 16 třetího parního ohříváku 20, kde se ohřívá na vyšší teplotu odpovídající tlaku páry na vstupu do třetího stupně 303 parní turbíny 3. V takto ohřátém stavu se pak nechává proudit do třetího stupně 303 parní turbíny 3, kde expanduje. Všechny tři stupně 301, 302, 303 parní turbíny 3 na elektrickém generátoru 4 vyrábí elektřinu. Pára po expanzi v posledním třetím stupni 303 parní turbíny 3 se nechává proudit do kondenzátoru 11, kde se její teplo odvede vně zařízení, přičemž se ochlazením páry vznikající kondenzát odvádí v podobě horké vody zpět do parního kotle 1. Ohřívacím médiem pro ohřev syté páry ve třetím parním ohříváku 20 je vysokotlaká sytá pára, která se odebírá z parního bubnu 2 a vysokotlakým parním potrubím 10 se přivádí na vstup topného média třetího parního ohříváku 20, kde na jeho teplosměnné ploše 16 kondenzuje a vzniklý kondenzát se odvádí přes čtvrtý regulační ventil 24 zpět do parního bubnu 2. Protože pro ohřev páry na požadovanou teplotu se před prvním stupněm 301, ani před druhým stupněm 302 a ani před třetím stupněm 303 parní turbíny 3 nepoužívají spaliny vzniklé spálením komunálního odpadu v parním kotli 1, tak je u parního kotle 1 vyloučena možnost nežádoucího vzniku chloridové koroze, která u zařízení dosavadního stavu běžně vzniká u přehříváků páry. Teplota stěny všech, na obrázcích neznázorněných, teplosměnných ploch parního kotle 1 odpovídá teplotě varu vody při zvoleném tlaku páry v parním bubnu 2 nebo je nižší, a je tedy na úrovni obvyklé teploty u horkovodních kotlů. V případě potřeby lze teplotu teplosměnných ploch parního kotle 1, zejména stěn jeho na obrázku neznázorněné spalovací komory, snížit volbou nižšího tlaku páry v parním bubnu 2. Množství syté páry vyráběné v parním kotli 1 a odváděné z parního bubnu 2 vysokotlakým parním potrubím 10 je malé a vyrábí se ho jen takové množství, které se potřebuje pro ohřev syté páry v parních ohřívácích 12, 19, 20, to je syté páry z prvního expandéru 9 v prvním parním ohříváku 12, směsi syté páry z druhého expandéru 17 a výstupní páry z prvního stupně 302 parní turbíny 3 ve druhém parním ohříváku 19, a také pro ohřev směsi syté páry z třetího expandéru 18 a výstupní páry z druhého stupně 302 parní turbíny 3 ve třetím parním ohříváku 20. Po ochlazení syté páry odebrané z parního bubnu 2 se kondenzát z ní vzniklý ochlazením v parních ohřívácích 12, 19, 20 nakonec vrací zpět do parního bubnu 2, což má za následek, že hmotnostní bilance parního bubnu 2 není narušená a odběr páry z parního bubnu 2 nemá negativní vliv na provoz parního kotle 1.

Regulace provozu zařízení se provádí automaticky řízenou řídicí a vyhodnocovací jednotkou, po doplnění zařízení o potřebná čidla běžného typu, jako jsou čidla pro měření tlaku obsažených médií teplot, pro měření vodní hladiny h1, h2, h3, h4, průtoku médií apod. Pro regulaci hladiny h1 v parním bubnu 2 se může použít klasická, běžně u parních kotlů 1 používaná takzvaná tříimpulsová regulace. Regulace tlaku páry v parním bubnu 2 se provádí prvním redukčním ventilem 13. Při poklesu tlaku páry v parním bubnu 2 se první redukční ventil 13 přivírá a odběr horké vody z parního bubnu 2 se tím adekvátně omezuje. Regulace tlaku páry v prvním expandéru 9 se provádí druhým regulačním ventilem 15. Při poklesu tlaku v prvním expandéru 9 se druhý regulační ventil 15 přivírá a odběr páry z prvního expandéru 9 se tím podle potřeby omezuje. Regulace výšky druhé vodní hladiny h2 v prvním expandéru 9 se provádí druhým redukčním ventilem 21. Při poklesu druhé vodní hladiny h2 v prvním expandéru 9 se druhý redukční ventil 21 přivírá a odběr vody z prvního expandéru 9 se tím adekvátně omezuje.

- Regulace třetí vodní hladiny h3 ve druhém expandéru 17 se provádí třetím redukčním ventilem 22. Při poklesu třetí vodní hladiny h3 ve druhém expandéru 17 se třetí redukční ventil 22 přivírá a odběr vody z druhého expandéru 17 se tím adekvátně omezuje. Podobně se reguluje i čtvrtá vodní hladina h4 ve třetím expandéru 18. Regulace teploty páry za prvním parním ohřívákem 12 se provádí prvním regulačním ventilem 14. Při poklesu teploty páry za prvním parním ohřívákem 12 se první regulační ventil 14 otevírá a adekvátně stupni otevření se podle potřeby zvyšuje množství odebírané vysokotlaké páry z parního bubnu 2. Regulace teploty páry za druhým parním ohřívákem 19 se provádí třetím regulačním ventilem 23. Při poklesu teploty se třetí regulační ventil 23 otevírá a adekvátně stupni otevření se podle potřeby zvyšuje odběr vysokotlaké páry z parního bubnu 2. Podobně se reguluje i teplota páry za třetím parním ohřívákem 20. Popsané způsoby regulace podle tohoto vynálezu zajišťují spolehlivý a bezpečný provoz kogenerační výroby elektřiny při spalování komunálních odpadů a lze je aplikovat na všechna provedení zařízení podle tohoto vynálezu.
- Při kogenerační výrobě elektřiny podle příkladného provedení na obrázku obr. 2 se při spalování komunálních odpadů zajistí požadovaná výroba elektřiny při vyloučení chloridové koroze přehříváků páry. Zjednoduší se tak provoz parního kotle 1, sníží se poruchovost parního kotle 1, zvýší se jeho spolehlivost a sníží se provozní náklady. Kogenerační výroba elektřiny pomocí zařízení a způsobu podle obrázku obr. 2 je vhodná pro kogenerační zdroj se zvýšeným podílem výroby elektřiny a sníženým podílem výroby tepla. Požadovaný poměr výroby elektřiny a tepla se nastaví volbou poměru tlaků v parním bubnu 2 a v prvním expandéru 9. Výhodou kogenerační výroby elektřiny podle tohoto vynálezu je i to, že zvýšit dodávku tepla, při současném snížení výroby elektřiny, lze i za provozu parního kotle 1, a to snížením tlaku páry v parním bubnu 2 během jeho provozu. Parní kotel 1 v tomto případě musí být konstruovaný pro provoz s klouzavým tlakem.

PATENTOVÉ NÁROKY

30

1. Způsob výroby páry v kogenerační jednotce, při kterém se ohřevem vody v parním kotli (1) vyrábí horká voda a parovodní směs, které se přivádějí do parního bubnu (2), přičemž se přiváděná parovodní směs v parním bubnu (2) rozděluje na horkou vodu a sytou páru a horká voda odloučená z parovodní směsi se uvnitř parního bubnu (2) mísí s do něj přiváděnou horkou vodou a jejich směs se hromadí v parním bubnu (2) a vytváří hladinu (h1), a současně sytá pára stoupá nad hladinu (h1) a zde se shromažďuje, z parního bubnu (2) se takto vyrobená horká voda odvádí do prvního expandéru (9), v němž proběhne její expanze za vzniku syté páry o nižší teplotě a tlaku a současně se odlučuje kondenzát v podobě horké vody mající teplotu a tlak stejné jako sytá pára vzniklá expanzí, načež se obě tato média z prvního expandéru (9) odvádějí, z čehož sytá pára se následně ještě dohřívá na vyšší teplotu a odvádí se do parní turbíny (3) kde pohání elektrický generátor (4), a poté, když pára již prošla přes parní turbínu (3), je za parní turbínou (3) ochlazená za vzniku kondenzátu v kondenzátoru (11), **vyznačující se tím**, že do prvního expandéru (9) zařazeného za parním bubnem (2) se odvádí veškerá horká voda odváděná z parního bubnu (2), načež poté, kdy proběhne její expanze v prvním expandéru (9), se reguluje teplota syté páry odvedené z prvního expandéru (9) ještě před jejím přivedením do parní turbíny (3) ohříváním sytou párou z parního bubnu (2) bez vzájemného mísení, což se provádí pomocí prvního parního ohříváku (12) tak, že sytá pára odváděná z prvního expandéru (9) se vede přes první parní ohřívák (12) jakožto ohřívání médium, a sytá pára shromážděná v parním bubnu (2) se z parního bubnu (2) odvádí jakožto ochlazované ohřívací médium přes tentýž první parní ohřívák (9) a přitom se kondenzát, vznikající při tomto ohřevu ze syté páry jakožto ohřívacího média, vrací zpět do parního bubnu (2).

2. Způsob výroby páry v kogenerační jednotce podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že expanze horké vody odvedené z parního bubnu (2) se provádí v alespoň dvou stupních vedením horké

vody postupně za sebou přes alespoň dva různé expandéry (9, 17, 18) tak, že horká voda představující kondenzát z předchozího expandéru (9, 17) se přivádí do následujícího expandéru (17, 18), přičemž

- 5 - z každého z těchto expandérů (9, 17, 18) se odvádí jeden proud syté páry vzniklé expanzí a ten se ohřívá odděleně od proudů odváděných z ostatních expandérů (9, 17, 18) vlastním parním ohřívákem (12, 19, 20), přes který se vede jakožto ohřívání médium, a v ohřátém stavu se pak odděleně od ostatních proudů odvádí dále a nechává se proudit přes jeden vlastní stupeň (301, 302, 303) vícestupňové parní turbíny (3)
 - 10 - pára odváděná z parního bubnu (2) se rozděluje na tolik proudů, kolik je těchto expandérů (9, 17, 18), a každý proud se vede jakožto ohřívací médium přes jeden z těchto parních ohříváků (12, 19, 20), které ohřívají sytou páru odváděnou z expandérů (9, 17, 18)
 - 15 - každý proud páry, který již prošel přes některý stupeň (301, 302) parní turbíny (3) s výjimkou posledního stupně (303) parní turbíny (3), se směšuje s proudem páry pro následující stupeň (302, 303) parní turbíny (3), přičemž se vždy směšovaný proud z jednoho z těchto stupňů (301, 302) parní turbíny (3) přidává k proudu páry vzniklému expanzí v jednom z expandérů (17, 18) a odvedenému z těchto expandérů (17, 18) ještě před ohřevem prováděným v příslušném parním ohříváku (19, 20), načež v příslušném parním ohříváku (19, 20) se pak ohřívá takto vzniklá parní směs
 - 20 - proud páry, který prošel přes poslední stupeň (303) parní turbíny (3) se podrobí kondenzaci.
- 25 3. Způsob výroby páry v kogenerační jednotce podle nároků 1 a 2, **vyznačující se tím**, že v každém expandéru (9, 17, 18) se udržuje tlak ohřívání páry nejméně tak velký, jako je požadovaný vstupní tlak pro stupeň (301, 302, 303) parní turbíny (3) za tímto expandérem (9, 17, 18).
- 30 4. Způsob výroby páry v kogenerační jednotce podle nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že se do parního potrubí (10) z parního bubnu (2) odvádí pouze tolik syté páry, kolik je potřeba na ohřev páry pro všechny obsažené stupně (301, 302, 303) parní turbíny (3).
- 35 5. Zařízení k provádění způsobu podle některého z nároků 1 až 4, v podobě kogenerační jednotky zahrnující parní kotel (1) opatřený parním bubnem (2) a parní turbínou (3) s elektrickým generátorem (4), kde parní buben (2) má jednak horkovodní přívod (5) pro horkou vodu z parního kotle (1) a parovodní přívod (6) pro směs páry a horké vody z parního kotle (1) a jednak má horkovodní vývod (7) s připojeným horkovodním potrubím (8) vyvedeným do prvního expandéru (9), přičemž z prvního expandéru (9) je vyvedeno horkovodní potrubí (8) pro kondenzát a parní potrubí (10) pro sytou páru, parní turbína (3) je zapojena na parním potrubí (10) nacházejícím se za tímto prvním expandérem (9), na parním potrubí (10) nacházejícím se za parní turbínou (3) je zapojen kondenzátor (11), a přičemž zařízení dále obsahuje i nutné propojovací horkovodní potrubí (8) a parní potrubí (10), **vyznačující se tím**, že zařízení má vytvořen ohřívací okruh pro regulaci teploty syté páry odváděné z prvního expandéru (9)
- 40 uspořádaný tak, že z parního bubnu (2) je vyvedeno parní potrubí (10) zaústěné do prvního parního ohříváku (12) a návazně je z prvního parního ohříváku (12) vyvedeno horkovodní potrubí (8) zaústěné zpět do parního bubnu (2), přičemž současně je tento první parní ohřívák (12) zapojen na parním potrubí (10) mezi prvním expandérem (9) a parní turbínou (3).
- 45 6. Zařízení podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že zařízení obsahuje alespoň dva expandéry (9, 17, 18) zapojené za sebou a současně i takový počet parních ohříváků (12, 19, 20), jako je počet expandérů (9, 17, 18), a obsažená parní turbína (3) je vícestupňová, obsahující takový počet stupňů (301, 302, 303) jako je počet expandérů (9, 17, 18), přičemž
- 50

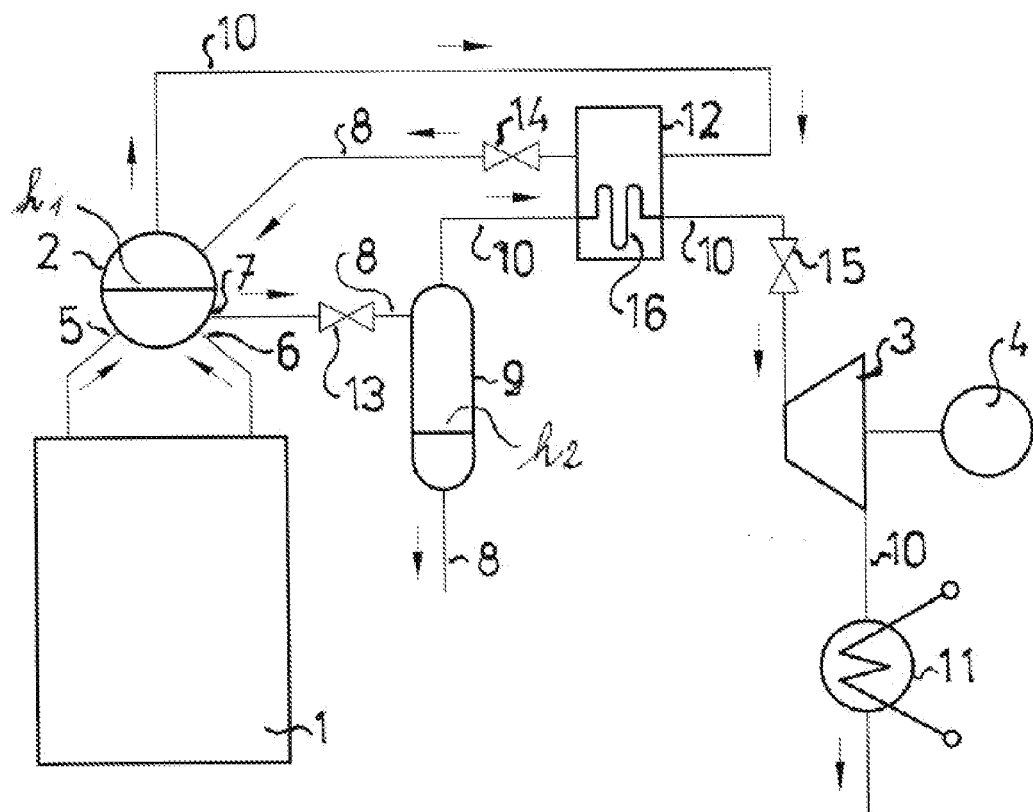
- každý následující expandér (17, 18) je připojen na horkovodní potrubí (8) vyvedeném z předchozího expandéru (9, 17) a má parní potrubí (10) opatřené vlastním parním ohřívákem (19, 20) a zaústěné do jiného stupně (302, 303) parní turbíny (3)
- 5 - za každým expandérem (9, 17, 18) následuje stupeň (301, 302, 303) parní turbíny (3) mající totéž pořadové číslo v řadě za sebou zařazených stupňů (301, 302, 303) parní turbíny (3), jako je pořadové číslo tohoto expandéru (9, 17, 18) v řadě za sebou zapojených expandérů (9, 17, 18)
- z parního bubnu (2) vyvedené parní potrubí (10) je rozvětveno na tolik větví, kolik je expandérů
- 10 (9, 17, 18), a každá z těchto větví je zaústěna do jednoho parního ohříváku (12, 19, 20)
- z každého parního ohříváku (12, 19, 20) je návazně na přivedené parní potrubí (10) vyvedeno horkovodní potrubí (8) a ze všech parních ohříváků (12, 19, 20) vyvedená horkovodní potrubí (8) jsou zaústěna zpět do parního bubnu (2)
- 15 - parní potrubí (10) vyvedené z každého stupně (301, 302) parní turbíny (3), s výjimkou posledního stupně (303), je zaústěno do parního potrubí (10) zaústěného do následujícího stupně (302, 303) parní turbíny (3) a na parním potrubí (10) vyvedeném z posledního stupně (303) parní turbíny (3) je připojen kondenzátor (11).
- 20 7. Zařízení podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že horkovodní potrubí (8) vyvedená ze všech parních ohříváků (12, 19, 20) jsou spojena do jednoho společného horkovodního potrubí (8), zaústěného zpět do parního bubnu (2).
- 25 8. Zařízení podle nároků 5 až 7, **vyznačující se tím**, že před každým expandérem (9, 17, 18) je horkovodní potrubí (8) opatřeno alespoň jedním redukčním ventilem (13, 21, 22) a za každým parním ohřívákem (12, 19, 20) je horkovodní potrubí (8) opatřeno alespoň jedním regulačním ventilem (14, 23, 24), přičemž i parní potrubí (10) před parní turbínou (3) je opatřeno alespoň jedním regulačním ventilem (15).
- 30

2 výkresy

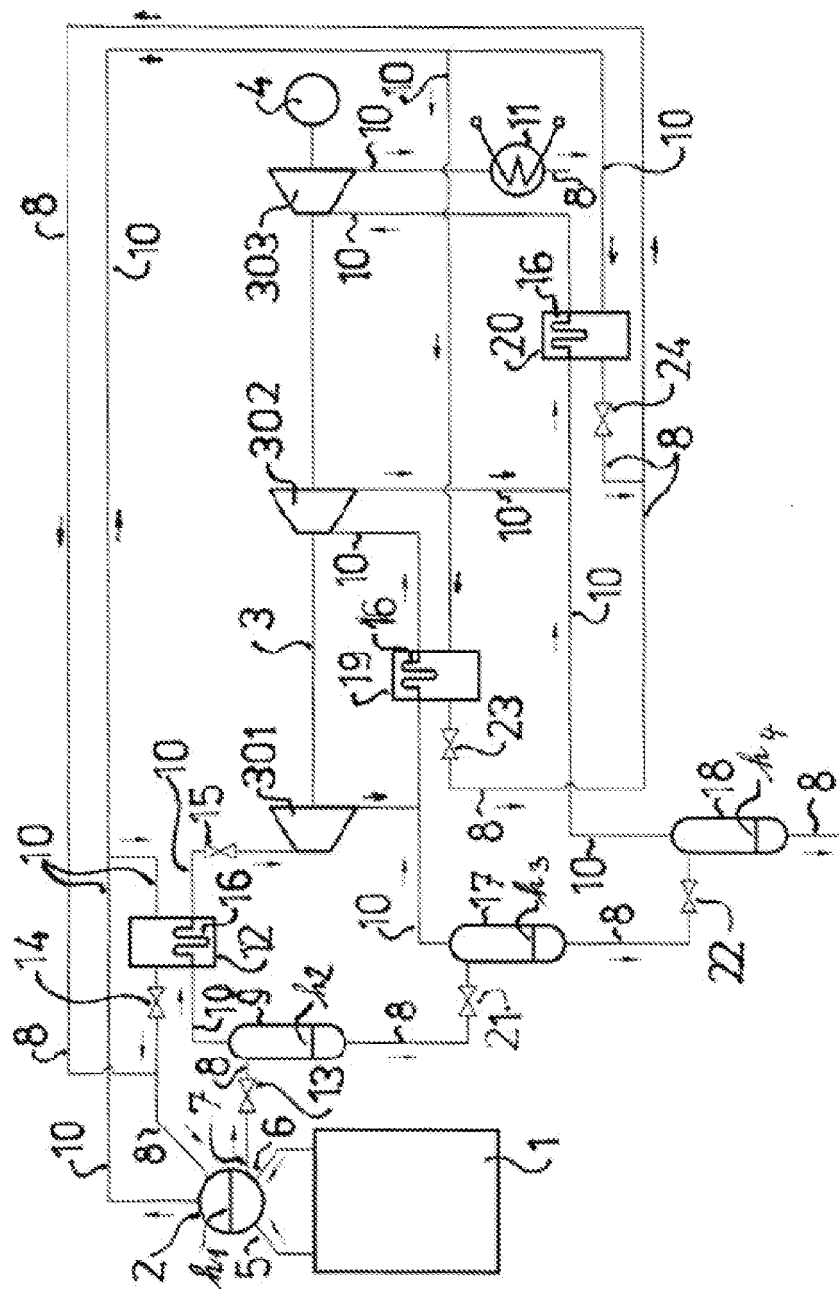
Seznam vztahových značek

- 1 parní kotel
- 2 parní buben
- 3 parní turbína
- 4 elektrický generátor
- 5 horkovodní přívod
- 6 parovodní přívod
- 7 horkovodní vývod
- 8 horkovodní potrubí
- 9 první expandér
- 10 parní potrubí
- 11 kondenzátor
- 12 první parní ohřívák
- 13 první redukční ventil
- 14 první regulační ventil
- 15 druhý regulační ventil
- 16 teplosměnná plocha
- 17 druhý expandér
- 18 třetí expandér
- 19 druhý parní ohřívák
- 20 třetí parní ohřívák

- 21 druhý redukční ventil
- 22 třetí redukční ventil
- 23 třetí regulační ventil
- 24 čtvrtý regulační ventil



Obr. 1



Obr. 2