

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2002-2494**
(22) Přihlášeno: **20.12.2000**
(30) Právo přednosti: **21.12.1999 DE 1999/19961761**
27.12.1999 DE 1999/19963299
(40) Zveřejněno: **12.02.2003**
(Věstník č. 2/2003)
(47) Uděleno: **19.09.2007**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **31.10.2007**
(Věstník č. 44/2007)
(86) PCT číslo: **PCT/DE2000/004574**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2001/046576**

(11) Číslo dokumentu:

298 536

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:
F02C 7/18 (2006.01)
F02C 6/18 (2006.01)
F01K 23/10 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
DE 19702830 C; US 4333309 A; WO 9937889 A; US 4571935 A; EP 911504 A.

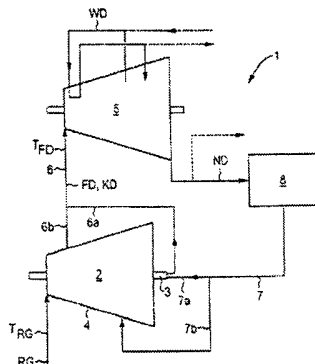
(73) Majitel patentu:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, München, DE

(72) Původce:
Nölscher Christoph, Nürnberg, DE
Thiele Rudolf, Erlangen, DE

(74) Zástupce:
Dr. Karel Čermák, Národní třída 32, Praha 1, 11000

(54) Název vynálezu:
**Způsob provozování parní turbíny a
turbosoustrojí**

(57) Anotace:
Způsob provozování parní turbíny (5), v níž expanduje pára (FD) při konání práce, přičemž tato pára (FD) se vyrábí v plynové turbíně (2) ohřevem chladicí páry (KD), přiváděné do této plynové turbíny (2), se provádí tak, že parní turbína (5) se provozuje s chladicí párou (KD) z plynové turbíny (2) ohřátou na teplotu (T_{FD}) vyšší než 600 °C, přičemž parní turbína (5) se chladí vodní párou (WD). Turbosoustrojí je provedeno s parní turbínou (5), chlazenou párou, pracující uvedeným způsobem, a s plynovou turbínou (2, 2') chlazenou párou. Parní turbína (5) je svou vstupní stranou spojena s plynovou turbínou (2) potrubím (6) pro vedení čerstvé páry (FD), kterým je do parní turbíny (5) přiváděna ohřátá chladicí pára (KD) z plynové turbíny (2) jako čerstvá pára (FD).



CZ 298536 B6

Způsob provozování parní turbíny a turbosoustrojí

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu provozování parní turbíny, v níž expanduje pára při kování práce, přičemž tato pára se vyrábí v plynové turbíně ohřevem chladicí páry přiváděné do plynové turbíny. Vynález se dále týká turbosoustrojí s parní turbínou, chlazenou párou, pracující tímto způsobem.

Dosavadní stav techniky

Plynovými turbínami používanými dosud v elektrárnách je možno v současné době dosahovat účinnosti až asi 40 %. Pracovní prostředek pro plynovou turbínu se vyrábí spalováním paliva, například ropy nebo zemního plynu, za přivodu stlačeného vzduchu. Pracovní teplota nebo teplota pracovního prostředku plynové turbíny se v současné době pohybuje v rozmezí od asi 1200 do 1400 °C. V důsledku této vysoké teploty pracovního prostředku se díly plynové turbíny, zejména její vodící a oběžné lopatky a její hřídel a/nebo její skříň obvykle ochladí. Chladicím prostředkem za tím účelem použitým může být podle spisu WO 97/23715 část stlačeného vzduchu nebo podle spisu WO 98/48161 palivová směs.

Naproti tomu je možno dosud používanými parními turbínami při teplotě čerstvé páry asi 540 °C dosahovat účinnosti přibližně 38 až 40 %. Pro zvýšení stavu čerstvé páry s požadovanou teplotou čerstvé páry 600 °C a s požadovaným tlakem čerstvé páry 27 MPa, a tudíž pro zvýšení účinnosti parní turbíny, se podle spisu WO 97/25521 navrhuje chladit hřídel turbíny, a zejména patky neboli kořeny určitých oběžných lopatek, chladicí párou. Parní turbína chlazená párou je rovněž známá ze spisu US 2 451 261.

Kombinovaným plynovým a parním turbosoustrojím, u něhož se teplo získané z expandovaného pracovního prostředku z plynové turbíny použije na výrobu páry pro parní turbínu zapojenou v oběhu voda–pára, se v současné době při teplotě čerstvé páry asi 540 °C a tlaku čerstvé páry například 12 MPa dosahuje účinnosti od asi 55 do 60 %. Přenos tepla se přitom provádí v parním generátoru nebo parním kotli na využití odpadního tepla, zařazeným za plynovou turbínou, v němž jsou uspořádány topné plochy ve formě trubek nebo svazků trubek. Tyto topné plochy jsou zapojeny v oběhu voda–pára parní turbíny. Teplota čerstvé páry přiváděné do parní turbíny závisí v podstatě na teplotě spalín vystupujících z plynové turbíny, chlazené například párou, přičemž teplota spalín má obvykle hodnotu asi 550 °C.

Z článku „Advanced Gas Turbines, Breaking the 60 percent efficiency barrier“ v časopisu „Modern Power Systems“, červen 1995, strany 29 až 33, je známé v těchto plynových a parních turbosoustrojích používat jako chladicí prostředek pro plynovou turbínu páru. Tato chladicí pára se přitom odebírá z oběhu voda–pára parní turbíny a do tohoto oběhu voda–pára se opět jako ohřátá chladicí pára znovu přivádí.

Plynová a parní turbosoustrojí, u nichž se pára používaná jako chladicí prostředek pro plynovou turbínu odebírá z parního generátoru na využití odpadního tepla, zařazeného za plynovou turbínou na její výstupní straně a přivádí do středotlaké nebo nízkotlaké části parní turbíny buď přímo, nebo přes mezipřehřívák uspořádaný v generátoru páry na využití odpadního tepla, jsou známa rovněž ze spisů EP 0 911 504 A1, US 5 578 657, US 5 471 832, US 5 628 179 a US 4 424 668.

U všech těchto známých zařízení se chladicí pára ohřívá v plynové turbíně na teplotu, která není vyšší než teplota – asi 540 °C – čerstvé páry přiváděné do parní turbíny, maximálně dosažitelná výměnou tepla při využití odpadního tepla, takže účinnost zařízení je již v důsledku této – ve srovnání s požadovanou teplotou 600 °C čerstvé páry, zmíněnou v úvodu – nízké teploty čerstvé páry omezená. Kdyby se chladicí pára ohřála na vyšší teplotu než je tato maximálně dosažitelná

teplota čerstvé páry, pracovní schopnost neboli exergie ohřáté chladicí páry tímto způsobem dosažená by se buď vůbec nevyužila, nebo by se využila jen nepatrně.

- 5 Úkolem vynálezu proto je vytvořit způsob provozování parní turbíny, při němž se účinným využitím tepla chladicí páry ohřáté v plynové turbíně dosáhne vyšší účinnosti zařízení. Úkolem vynálezu rovněž je vytvořit turbosoustrojí s parní turbínou zvláště vhodnou k provádění tohoto způsobu.

10 Podstata vynálezu

- Uvedený úkol splňuje způsob provozování parní turbíny, v níž expanduje pára při konání práce, přičemž tato pára se vyrábí v plynové turbíně ohřevem chladicí páry přiváděné do plynové turbíny, podle vynálezu, jehož podstatou je, že parní turbína se provozuje s chladicí párou z plynové
15 turbíny ohřátou na teplotu vyšší než 600 °C, přičemž parní turbína se chladí vodní párou.

- Do plynové turbíny se tedy s výhodou přidává přímo chladicí pára, která se potom v této plynové turbíně ohřeje nebo přehřeje. Do plynové turbíny se však může rovněž přivádět chladicí voda, která se potom v této plynové turbíně nejprve odpaří a následně ohřeje nebo přehřeje.

- 20 Přitom se parní turbína rovněž chlazená párou provozuje s chladicí párou ohřátou na teplotu vyšší než 600 °C. Tato chladicí pára slouží v plynovém a parním turbosoustrojí jako čerstvá pára pro samostatnou parní turbínu, to znamená pro parní turbínu uspořádanou přídavně k již existujícímu plynovému a parnímu turbosoustrojí.

- 25 Vynález přitom vychází z úvahy, že u plynové turbíny chlazené párou se v důsledku vysoké teploty jejího pracovního prostředí, která je vyšší než 1200 °C, dosáhne teploty chladicí páry, ohřáté v plynové turbíně, která je vyšší než 600 °C. Plynová turbína může proto prakticky pracovat jako parní generátor a přehřívák páry pro vytvoření čerstvé páry s odpovídající vysokou teplotou. Provozuje-li se parní turbína s touto ohřátou chladicí párou z párou chlazené plynové turbíny, může se teplota její vstupní páry, neboli teplota čerstvé páry, přiblížit až k vysoké teplotě pracovního prostředí plynové turbíny. Tím je možno zvláště jednoduchým a účinnějším způsobem
30 jednak vyrábět pro parní turbínu čerstvou páru s teplotou nad dosud požadovanou hodnotou 600 °C, což vede k dalšímu zvýšení účinnosti parní turbíny, a jednak je možno lépe, než u doposud používaných koncepcí, využít pracovní schopnosti, neboli exergie, chladicí páry ohřáté v plynové turbíně na teplotu větší než rovnající se 600 °C. To opět vede ke zvýšení účinnosti zařízení.

- Vhodným vedením chladicí páry uvnitř plynové turbíny je umožněno prakticky ohřívání chladicí páry s výhodou na 700 až 800 °C. Chladicí účinek uvnitř plynové turbíny, který je ve srovnání s ohřevem chladicí páry na nízkou teplotu poměrně malý, může být, v důsledku poměrně malého
40 teplotního gradientu, vyrovnán zvýšením průtoku chladicí páry. Je to umožněno opět účinnějším využitím energie ohřáté chladicí páry její expanzí při konání práce v samostatné parní turbíně.

- 45 Přídavná energie potřebná pro stlačování pro dosažení vyššího průtoku chladicí páry se s výhodou získává tepelně tím, že chladicí pára se odebírá z již existujícího oběhu voda-pára, například z parní turbíny, provozované neboli poháněné čerstvou párou vyráběnou výměnou tepla se spalovacími z plynové turbíny, v kombinovaném plynovém a parním turbosoustrojí nebo z jeho parního generátoru na odpadní teplot. Do tohoto již existujícího oběhu voda-pára se potom s výhodou přivádí chladicí pára, expandovaná a ohřátá v parní turbíně, jako nízkoteplotní pára.

- 50 Samostatný ohřívák nebo přehřívák čerstvé páry pro parní turbínu který je obvykle zapotřebí, se kvazi realizuje díly plynové turbíny představujícími teplosměnné plochy, zejména jejími párou chlazenými lopatkami a/nebo párou chlazeným hřídelem. Tím je umožněno zvláště účinné využívání exergie chladicí páry při chladicím účinku. Parní turbína může být potom přímo použita

k mechanickému pohonu vzduchového kompresoru plynové turbíny, čerpadla napájecí vody pro parní generátor na odpadní teplo nebo pro výrobu proudu, například pro nějaké vedlejší zařízení.

5 U plynového a parního turbosoustrojí, u něhož je parní turbína provozována neboli poháněná ohřátou chladicí párou z plynové turbíny uspořádána samostatně, může být vodní pára sloužící ke chlazení této samostatné parní turbíny odebírána z parního generátoru na odpadní teplo zařazené za výstupní stranou plynové turbíny nebo z oběhu voda-pára další parní turbíny plynového a parního turbosoustrojí.

10 S výhodou se vodní pára sloužící ke chlazení samostatné parní turbíny odebírá z této samostatné parní turbíny a opět do ní přivádí. Vodní pára sloužící ke chlazení proudí s výhodou jak oběžnými lopatkami, tak i vodicími lopatkami, alespoň první řady oběžných lopatek, popřípadě první řady vodicích lopatek, této samostatné parní turbíny, uvažováno z hlediska směru proudění ohřáté chladicí páry sloužící jako čerstvá pára.

15 S výhodou se vodní pára sloužící ke chlazení přivádí do oběžných lopatek samostatné parní turbíny jejím hřídelem, a přitom se vede proti směru vstupu ohřáté chladicí páry, to znamená proti směru vstupního proudění čerstvé páry přiváděné do této parní turbíny. Hřídel turbíny je přitom proveden s výhodou jako dutý hřídel, a proto slouží k vedení chladicí páry. Vodní pára ohřátá
20 v hřídeli turbíny a v lopatkách se uvnitř této samostatné parní turbíny zavádí s výhodou do jejího pracovního prostoru. Toto zavádění vodní páry se přitom uskutečňuje lopatkami turbíny, z nichž vystupuje ohřátá chladicí pára otvory v lopatkách do pracovního prostoru. Alternativně se zavádění vodní páry provádí recirkulací tím, že vodní pára sloužící ke chlazení se odebírá z tlakového stupně samostatné parní turbíny s tlakem nízkým nebo středním ve srovnání s vysokým tlakem
25 páry ve vstupní oblasti a po průtoku turbínovými lopatkami se vede zpět buď do ní, nebo do poměrně ještě nízké tlakové oblasti. Vodní pára sloužící ke chlazení se může rovněž odebírat ze samostatné parní turbíny a vést někam k dalšímu využití.

30 V důsledku takového chlazení párou je možný provoz samostatné parní turbíny jako vysokoteplotní turbíny s teplotou čerstvé páry vyšší než 600 °C, zejména vyšší než 700 °C. Vodní pára sloužící ke chlazení, který protéká alespoň první řadou vodicích lopatek a/nebo řadou oběžných lopatek, jehož i příslušnými stěnami skříně a hřídele, tvoří chladnou ochrannou vrstvu na odpovídajících lopatkách, respektive površích stěn, samostatné parní turbíny. Tím je zaručeno, že ohřátá chladicí pára z plynové turbíny sloužící jako pracovní médium nebo čerstvá pára není ochlazená
35 nebo je ochlazená jen nepodstatně. V důsledku chlazení samostatné parní turbíny mohou být teploty stěn skříně turbíny nebo lopatek turbíny, jakož i hřídele turbíny, udržovány na hodnotě nižší než například 540 °C. To umožňuje i při teplotě ohřáté chladicí páry vyšší než 600 °C a při tlaku čerstvé páry například 12 MPa a použití dostupných a levnějších standardních materiálů. Při teplotě čerstvé páry vyšší než 700 °C je výhodné, zejména v první řadě vodicích a oběžných lopatek
40 samostatné parní turbíny, opatřit příslušné díly turbíny tepelně izolačními vrstvami.

Na základě této vysoké teploty čerstvé páry je i účinnost turbosoustrojí vůči dosavadním koncepcím vyšší. Chlazení samostatné parní turbíny provozované ohřátou chladicí párou z plynové turbíny tak, oproti párou chlazené plynové turbíně, poskytuje podstatnou výhodu v tom, že chladicí
45 pára vstupující do pracovního prostoru samostatné parní turbíny se samotná použije jako pracovní médium a může recirkulovat uvnitř uzavřeného oběhu voda-pára. V důsledku chlazení samostatné parní turbíny pomocí vodní páry se může při použití běžných materiálů na skříň turbíny a na lopatky turbíny, jakož i na hřídel turbíny, zvýšit teplota čerstvé páry až na 800 °C, takže i účinnost oproti doposud dosahované účinnosti 60 % se může zvýšit o 2 až 4 % na hodnotu 62 až
50 64 %.

Uvedený úkol dále splňuje turbosoustrojí s parní turbínou, chlazenou párou, pracující způsobem podle vynálezu, s plynovou turbínou chlazenou párou, přičemž parní turbína je svou vlastní stranou spojena s plynovou turbínou potrubím pro vedení čerstvé páry, kterým je do parní turbíny

přiváděna ohřátá chladicí pára z plynové turbíny jako čerstvá pára. Výhodná provedení jsou uvedena ve vedlejších patentových nárocích.

Výhodou řešení podle vynálezu je zejména to, že použitím ohřáté chladicí páry párou chlazené plynové turbíny jako čerstvé páry pro rovněž s výhodou párou chlazenou parní turbínu se dosáhne zvláště vysoké účinnosti zařízení v důsledku zvláště účinného využití exergie, neboli pracovní schopnosti, ohřáté chladicí páry. Tím, že plynová turbína se využije jako parní generátor na výrobu čerstvé páry nebo jako přehřívák pro takovou samostatnou vysokoteplotní parní turbínu, odpadne oproti klasickému parnímu turbosoustrojí s parním generátorem vyhřívaným fosilními palivy nebo solárním způsobem, jakož i oproti klasickému kombinovanému plynovému a parnímu turbosoustrojí, parní generátor, při nejmenším alespoň ohřívák nebo přehřívák čerstvé páry upravený obvykle v parním generátoru nebo v parním kotli.

Dalšího zvýšení účinnosti zařízení se dosáhne tím, že parní turbína provozovaná s ohřátou chladicí párou z plynové turbíny se sama chladí vodní párou, například ze svého oběhu voda-pára, nebo s výhodou z již existující parní turbíny, takže se může zvláště účinným způsobem využít pracovní schopnost vysokoteplotní páry. Zvýšení průtoku chladicí páry plynovou turbínou a/nebo zvýšení teploty chladicí páry použité pro plynovou turbínu navíc umožňuje v důsledku zesíleného chlazení párou zvýšení vstupní teploty plynů plynové turbíny.

Pomocí popsaného způsobu podle vynálezu je i při tlaku čerstvé páry nižším než 4 MPa umožněno zvýšení teploty čerstvé páry pro samostatnou parní turbínu na hodnotu vyšší 700 °C. Ohřev chladicí páry uvnitř plynové turbíny na přibližně 600 °C se s výhodou projeví na účinnosti již na základě uvedeného efektu.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude blíže objasněn na příkladech provedení podle přiložených výkresů, na nichž

obr. 1 znázorňuje schematicky blokové schéma turbosoustrojí s párou chlazenou plynovou turbínou a s vysokoteplotní parní turbínou provozovanou prostřednictvím ohřáté chladicí páry,

obr. 2 schematicky blokové schéma plynové a parní turbosoustrojí s párou chlazenou plynovou turbínou a se samostatnou vysokoteplotní parní turbínou,

obr. 3 schematicky první variantu párou chlazené vysokoteplotní parní turbíny z obr. 1 a 2 a

obr. 4 druhou variantu párou chlazené vysokoteplotní parní turbíny.

Příklady provedení vynálezu

Navzájem si odpovídající díly jsou na všech obrázcích opatřeny stejnými vztahovými značkami.

Turbosoustrojí 1 podle obr. 1 obsahuje plynovou turbínu 2, do jejíž vstupní strany jsou jako pracovní prostředek přiváděny spaliny RG, vyráběné v (neznázorněné) spalovací komoře. Do plynové turbíny 2 je jejím hřídelem 3 a její skříň 4 přiváděna chladicí pára KD, která se blíže neznázorněným způsobem použije zejména pro chlazení turbínových lopatek plynové turbíny 2 a přitom se ohřeje na teplotu například 600 až 800 °C.

Chladicí pára KD ohřátá v plynové turbíně 2 se vede jako čerstvá pára FD do parní turbíny 5. Za tím účelem je vstupní strana parní turbíny 5 spojena s plynovou turbínou 2 potrubím 6, které je odbočnými potrubími 6a, 6b vedeno k hřídeli 3 plynové turbíny 2 a tímto hřídelem 3 k oběžným lopatkám, popřípadě vodicím lopatkám, plynové turbíny 2.

Chladicí pára KD pro plynovou turbínu 2 se do této plynové turbíny 2 přivádí potrubím 7 pro vedení chladicí páry KD, které prvním odbočným potrubím 7a ústí do hřídele 3 a přes tento hřídel 3 do oběžných lopatek, a které druhým odbočným potrubím 7b ústí do skříně 4 a přes tuto skřín 4 do vodících lopatek plynové turbíny 2. Chladicí pára KD je proto použita ke chlazení turbínových lopatek a hřídele 3 plynové turbíny 2, jakož i její skříně 4 nebo jejích částí, zejména ve stupních oblasti horkých spalin RG, přičemž se ohřívá na teplotu například 600 až 800 °C.

Chladicí pára KD pro plynovou turbínu 2 se s výhodou získává alespoň částečně z nízkoteplotní páry ND expandované v parní turbíně 5, a to tím že tato nízkoteplotní pára ND se přivádí do již existujícího oběhu 8 voda–pára, kde blíže nepopsaným způsobem nejprve z kondenzuje. Kondenzát čerpaný na potřebný tlak chladicí páry KD se potom výměnou tepla, s výhodou se spalinami AG z plynové turbíny 2 odpaří a pára, která přitom vznikne, se ohřeje na požadovanou teplotu chladicí páry KD. Nízkoteplotní pára ND se může alespoň z části přivádět i do dalšího použití, například jako procesní pára.

Plynové a parní turbosoustrojí 1' podle obr. 2 obsahuje plynové turbosoustrojí z plynovou turbínou 2' s připojeným vzduchovým kompresorem 10 a spalovací komoru 12 zapojenou před plynovou turbínou 2', v níž se spaluje palivo za přívodu stlačeného vzduchu L pro vznik pracovního prostředku, neboli topného plynu A, pro plynovou turbínu 2'. Plynová turbína 2' a vzduchový kompresor 10, jakož i další parní turbína 14 a generátor 16, jsou uloženy na společném hřídeli 3'. Plynové a parní turbosoustrojí 1' je proto ve znázorněném příkladu provedeno jako jednohřídelové zařízení.

Plynová turbína 2' je svou výstupní stranou spojena s parním kotlem neboli parním generátorem 18 na využití odpadního tepla, jehož vyhřívané plochy 20 jsou přes kondenzátor 24 uspořádány na výstupní straně další parní turbíny 14 zařazené v oběhu 22 voda–pára další parní turbíny 14. Pracovní prostředek ve formě topného plynu A expandovaná za konání práce v plynové turbíně 2' se vede jako odpadní plyny nebo spaliny R do parního generátoru 18 na využití odpadního tepla.

Do další parní turbíny 14 se přivádí čerstvá FD' vyrobená v parním generátoru 18 na využití odpadního tepla výměnou tepla se spalinami R. Pára expandovaná za konání práce například ve vysokotlakém, středotlakém a/nebo nízkotlakém stupni další parní turbíny 14 se jako nízkoteplotní pára ND₁ vede do kondenzátoru 24, kde kondenzuje. Kondenzát vzniklý v kondenzátoru 24 se znovu jako napájecí voda S vede na výhřevné plochy 20 parního generátoru 18 na využití odpadního tepla.

Z další parní turbíny 14 se ve vhodném místě odebírá pára a jako chladicí pára KD se přivádí do plynové turbíny 2'. Dílčí proud páry odebírané z další parní turbíny 14 se může rovněž vést zpět do parního generátoru 18 na využití odpadního tepla, a tudíž do oběhu 22 voda–pára. Tím je umožněno zvláště výhodné nastavení množství chladicí páry KD za časovou jednotku, přiváděné do plynové turbíny 2', a proto i účinné řízení průtoku chladicí páry KD plynovou turbínou 2'.

Za tím účelem je plynová turbína 2' spojena s další parní turbínou 14 potrubím 26 pro vedení chladicí páry KD, které prvním odbočným potrubím 26a ústí do (neznázorněných) vodících lopatek a dílu skříně 4, a druhým odbočným potrubím 26b ústí do hřídele 3' a oběžných lopatek plynové turbíny 2'. Chladicí pára KD se proto použije je chlazení turbínových lopatek a hřídele 3' plynové turbíny 2', jakož i dílu její skříně 4, zejména ve vstupní oblasti horkých spalin A jako pracovního prostředku, přičemž se ohřeje na teplotu například 600 až 800 °C.

Chladicí pára KD ohřátá v plynové turbíně 2' se přivádí jako čerstvá pára FD do samostatné parní turbíny 5'. Za tím účelem je tato samostatná parní turbína 5' na své vstupní straně spojena s plynovou turbínou 2' potrubím 6' pro vedení čerstvé páry FD, které je odbočnými potrubími 6'a

a 6'b vedeno k vodicím lopatkám, popřípadě do hřídele 3'. Nízkoteplotní pára ND_2 expandovaná v samostatné parní turbíně 5' se přivádí do kondenzátoru 24 nebo se vede do dalšího použití, například jako procesní pára.

- 5 Parní turbína 5, 5' je dimenzována na teplotu a tlak čerstvé páry FD, to znamená ohřáté chladicí páry KD z plynové turbíny 2, 2'. Tím se zvláště účinně využije její pracovní schopnost, takže se dosáhne zvláště vysoké účinnosti turbosoustrojí 1, 1'. Teplota T_{FD} ohřáté chladicí páry KD, a tudíž čerstvé páry FD, je s výhodou 600 až 700 °C. Parní turbína 5, 5' proto pracuje jako vysokoteplotní parní turbína.

10

Protože pracovní teplota T_{RG} spali RG přiváděných do plynové turbíny 2, 2' je obvykle vyšší než 1200 °C, může se i chladicí pára KD ohřát na teplotu T_{FD} čerstvé páry FD vyšší než 700 °C tím, že zejména turbínové lopatky plynové turbíny 2, 2' se kvazi využijí jako ohřívák čerstvé páry FD. Účinným využitím ohřáté chladicí páry KD jako čerstvé páry FD se může odpovídajícím způsobem zvýšit i její průtok plynovou turbínou 2, 2', což opět zvyšuje účinek chlazení při současném zvýšení exergie chladicí páry KD.

15

Pro ovládání takto zvýšených teplot T_{FD} čerstvé páry FD, přičemž teplota $T_{\text{FD}} > 600$ °C, se parní turbína 5, 5' s výhodou sama rovněž chladí vodní párou WD. Tato skutečnost je poměrně zřetelně znázorněna u variant na obr. 3 a 4. Vodní pára WD sloužící ke chlazení se s výhodou odebírá na vhodném místě (viz obr. 1) z parní turbíny 5. Vodní pára WD se rovněž může odebírat z další parní turbíny 14 nebo z parního generátoru 18 na využití odpadního tepla – a proto na vhodném místě z oběhu 22 voda-pára dále další parní turbíny 14 podle příkladného provedení, znázorněného na obr. 2.

25

Jak je schematicky znázorněno na obr. 3, vodní pára WD sloužící ke chlazení se přivádí jednak do hřídele 28 a tímto hřídelem 28 do vodicích lopatek 30 alespoň první řady 32 oběžných lopatek. U znázorněného příkladného provedení se vodní pára WD sloužící ke chlazení rovněž přivádí do druhé řady 32 oběžných lopatek, uvažováno ve vstupním směru 34 proudění chladicí páry KD neboli čerstvé páry FD přiváděné do parní turbíny 5, 5'. Přitom se vodní pára WD přivádí do hřídele 28, vytvořeného jako dutý hřídel, s výhodou proti vstupnímu směru 34 proudění ohřáté chladicí páry KD a tudíž čerstvé páry FD. Vodní pára WD sloužící ke chlazení se proto ohřívá podél čerstvé páry FD expandující uvnitř parní turbíny 5, 5' ve vstupní směru 34 proudění a stále více se ochlazuje.

35

S výhodou se vodní pára WD rovněž přivádí do vodicích lopatek 36 první řady 38 pro jejich chlazení. U znázorněného příkladného provedení se navíc ochlazuje vodní párou WD i vodicí lopatky 36 druhé řady a třetí řady 38 parní turbíny 5, 5'.

40

Vodní pára WD proudí hřídelem 28 a oběhovými lopatkami 30, jakož i vodicími lopatkami 36, je vedena do pracovního prostoru 40 parní turbíny 5, 5'. V pracovním prostoru 40 se vodní pára WD mísí s expandovanou čerstvou párou FD a společně s ní opouští parní turbínu 5, 5' jako nízkoteplotní pára ND.

45

U provedení podle obr. 4 se vodní pára WD sloužící ke chlazení odebírá z parní turbíny 5, 5' z její středotlaké oblasti p_M nebo nízkotlaké oblasti p_N a přivádí do oběžných lopatek 30 alespoň první řady 32, uspořádaných ve vysokotlaké oblasti p_H parní turbíny 5, 5'. Za tím účelem je u znázorněného příkladného provedení ve středotlaké oblasti p_M proveden v hřídeli 28 vstupní otvor 42, kterým vodní pára WD o středním nebo nízkém tlaku vstupu do hřídele 28 a tímto hřídelem 28 proudí do oběžných lopatek 30. Z oběžných lopatek 30 proudí ohřátá vodní pára WD hřídelem 28 a v něm provedeným výstupním otvorem 44, který u znázorněného příkladného provedení leží v nízkotlaké oblasti p_N , zpět do pracovního prostoru 40 parní turbíny 5, 5'. Proudění vodní páry WD vzniká tlakovým rozdílem, to znamená tlakovým spádem nebo tlakovým gra-

50

dientem mezi středotlakou oblastí p_M a nízkotlakou oblastí p_N s poměrně nízkým tlakem vodní páry WD .

5 Odpovídajícím způsobem jsou u této druhé varianty chlazeny i vodicí lopatky 36 alespoň první řady 38 parní turbíny 5, 5' recirkulací vodní páry WD odebírané ze středotlaké oblasti p_M a po průchodu vodicími lopatkami 36 vedené do nízkotlaké oblasti p_N . U obou variant může být vodní pára WD sloužící ke chlazení vedena blíže neznázorněným způsobem podél stěny skříně 4 parní turbíny 5, 5'. U obou variant jsou kromě toho s výhodou vodicí lopatky 36 alespoň první řady 38 a oběžné lopatky 30 alespoň první řady 32 opatřeny tepelnou ochranou neboli tepelně izolační vrstvou 46.

10 U obou variant může být vodní pára WD sloužící ke chlazení vedena blíže neznázorněným způsobem podél stěny skříně 4 parní turbíny 5, 5', přičemž rovněž stěna skříně 4 může být opatřena tepelně izolační vrstvou.

15

PATENTOVÉ NÁROKY

20

1. Způsob provozování parní turbíny (5, 5'), v níž expanduje pára (FD) při konání práce, přičemž tato pára (FD) se vyrábí v plynové turbíně (2, 2') ohřevem do ní přiváděné chladicí páry (KD), **vyznačující se tím**, že parní turbína (5, 5') se provozuje s chladicí párou (KD) z plynové turbíny (2, 2') ohřátou na teplotu (T_{FD}) vyšší než 600 °C, přičemž parní turbína (5, 5') se chladí vodní párou (WD).

25

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vodní pára (WD) sloužící ke chlazení se odebírá ze samotné parní turbíny (5).

30

3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že vodní pára (WD) sloužící ke chlazení se přivádí do oběžných lopatek (30) a vodicích lopatek (36), jimiž protéká, přičemž vodní pára (WD) se přivádí do oběžných lopatek (30) parní turbíny (5, 5') jejím hřídlem (28).

35

4. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že vodní pára (WD) ohřátá v turbínových lopatkách (30, 36) z nich vystupuje a uvnitř parní turbíny (5, 5') se vede do jejího pracovního prostoru (40).

40

5. Způsob podle nároku 3 nebo 4, **vyznačující se tím**, že oběžné lopatky (30) a/nebo vodicí lopatky (36) alespoň první řady (32, 38) se chladí recirkulací vodní páry (WD) odebírané ze středotlaké oblasti (p_M) parní turbíny (5, 5') a po průtoku oběžnými lopatkami (30) nebo vodicími lopatkami (36) přiváděné do nízkotlaké oblasti (p_N).

45

6. Způsob podle jednoho z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že chladicí pára (KD) pro plynovou turbínu (2, 2') se alespoň částečně vyrábí z nízkoteplotní páry (ND) odebírané parní turbíně (5).

50

7. Způsob podle jednoho z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že chladicí pára (KD) se odebírá z parního generátoru (18) na využití odpadního tepla zařazeného za výstupní stranou plynové turbíny (2, 2').

8. Způsob podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že vodní pára (WD) sloužící ke chlazení se odebírá z parního generátoru (18) na využití odpadního tepla.

9. Způsob podle nároku 7 nebo 8, **vyznačující se tím**, že chladicí pára (KD) a/nebo vodní pára (WD) sloužící ke chlazení se odebírá z další parní turbíny (14) provozované s párou (FD) z parního generátoru (18) na využití odpadního tepla.

5 10. Turbosoustrojí s parní turbínou (5, 5'), chlazenou párou, pracující způsobem podle jednoho z nároků 1 až 9, a s plynovou turbínou (2, 2') chlazenou párou, **vyznačující se tím**, že parní turbína (5, 5') je svou vstupní stranou spojena s plynovou turbínou (2, 2') potrubím (6, 6') pro vedení čerstvé páry (FD), kterým je do parní turbíny (5, 5') přiváděna ohřátá chladicí pára (KD) z plynové turbíny (2, 2') jako čerstvá pára (FD).

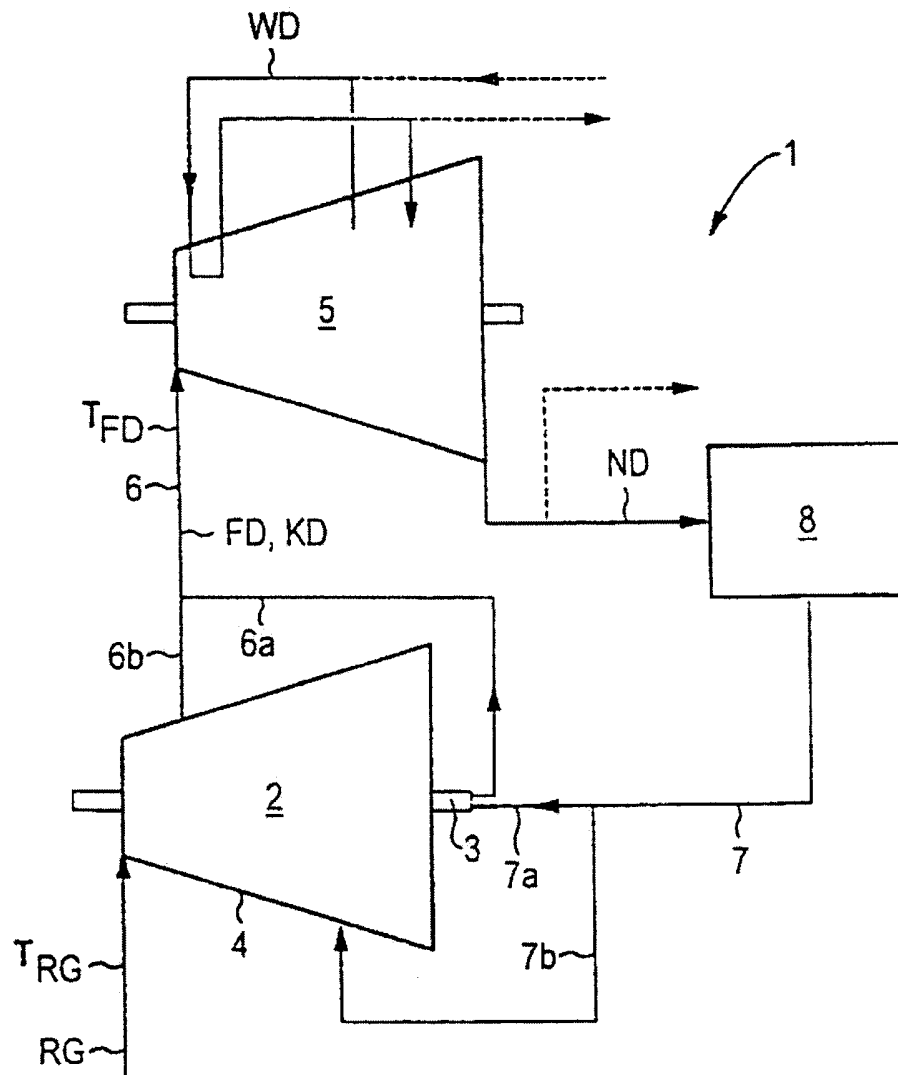
10 11. Turbosoustrojí podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že plynová turbína (2, 2') je spojena s parní turbínou (5, 5') potrubím (7, 26) pro vedení chladicí páry (KD), kterým je chladicí pára (KD) odebíraná z parní turbíny (5, 5') přiváděna do plynové turbíny (2, 2').

15 12. Turbosoustrojí podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že za výstupní stranou plynové turbíny (2') je zařazen parní generátor (18) na využití odpadního tepla, jehož výhřevné plochy (20) jsou zapojeny do oběhu (22) voda–pára další parní turbíny (5').

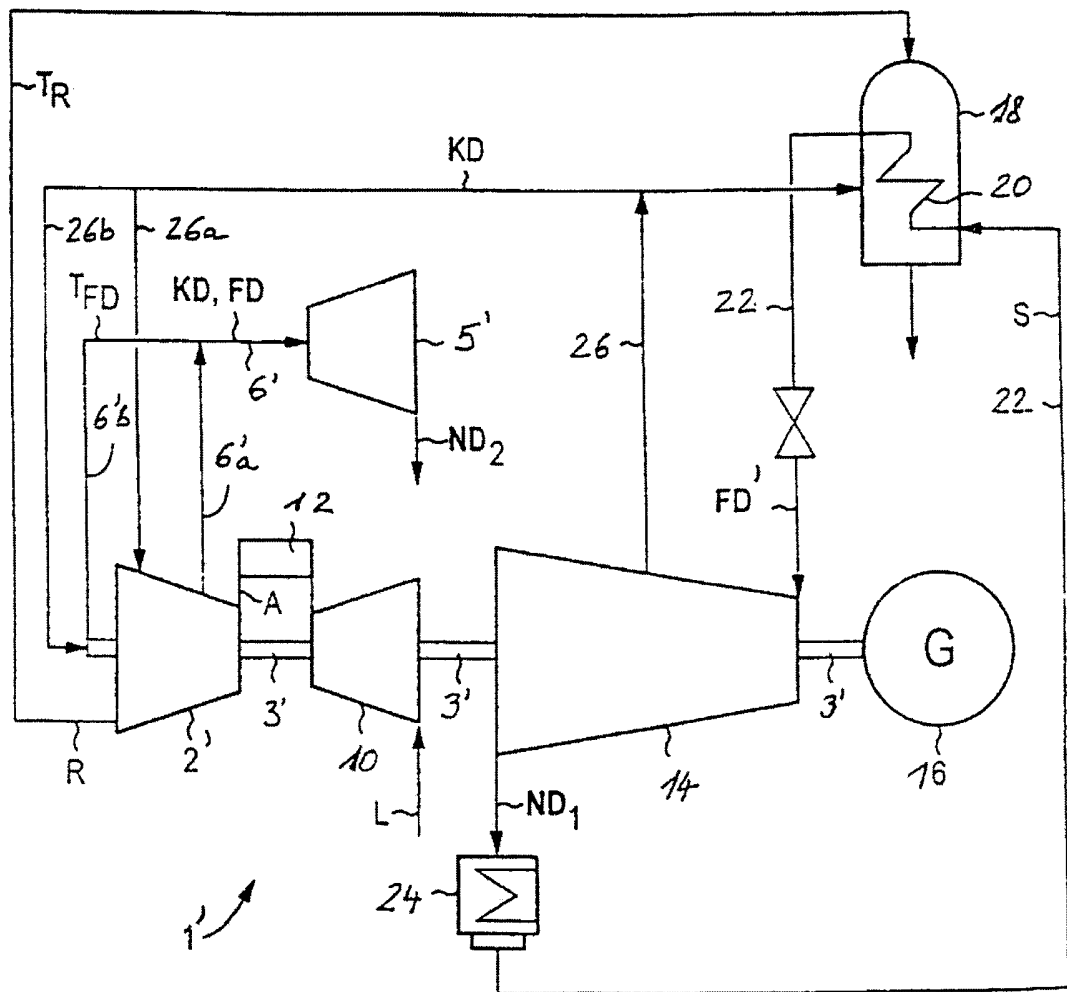
20 13. Turbosoustrojí podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že plynová turbína (2') je spojena s další parní turbínou (14) potrubím (26) pro vedení chladicí páry (KD), kterým je chladicí pára (KD) odebíraná z další parní turbíny (5') přiváděna do plynové turbíny (2').

25

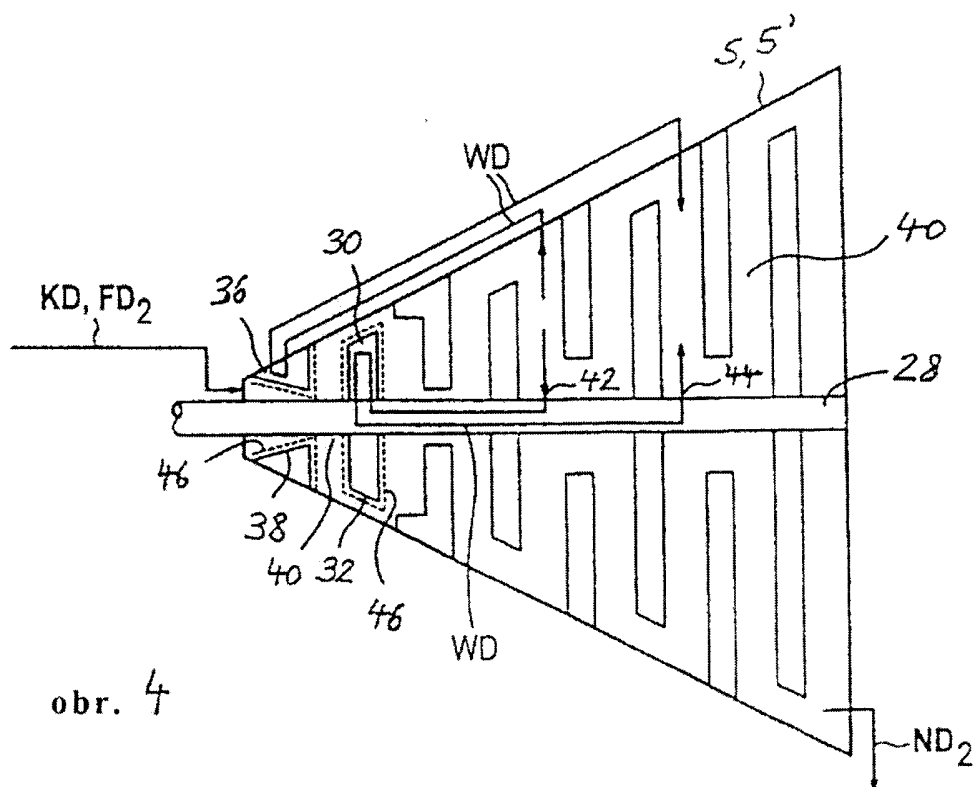
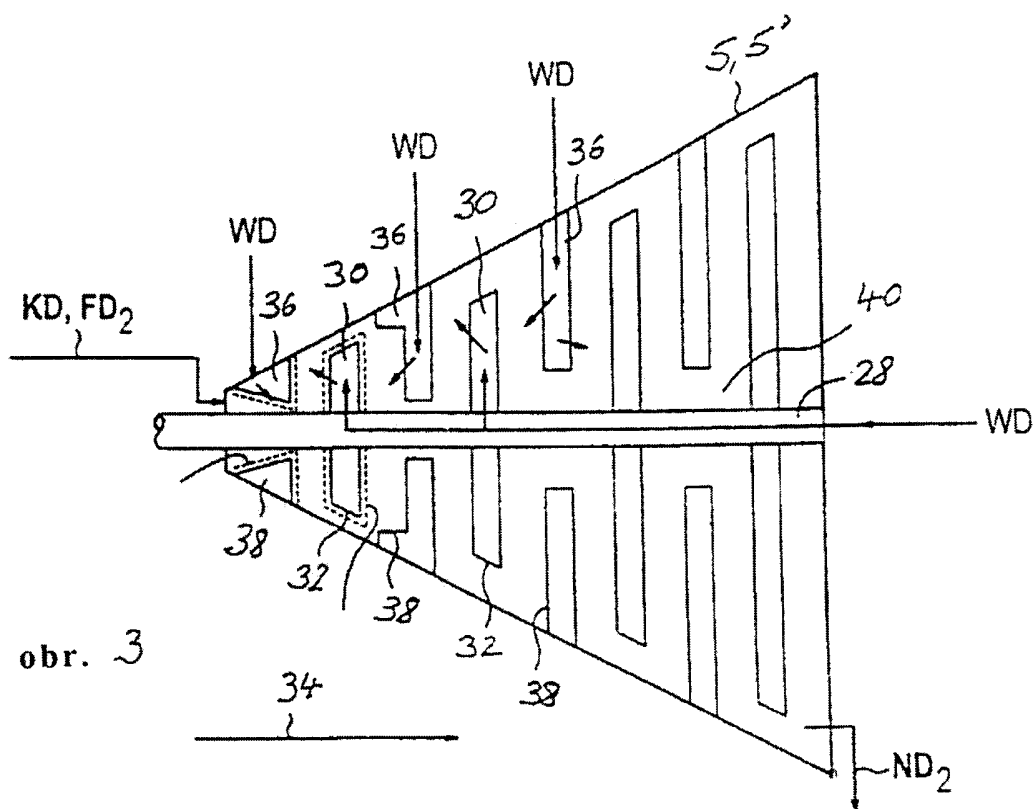
3 výkresy



obr. 1



obr. 2



Konec dokumentu