

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2018-26

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

F04D 29/58 (2006.01)
F04B 39/06 (2006.01)
F02C 6/14 (2006.01)
F02C 6/16 (2006.01)
F02C 7/08 (2006.01)
F28D 3/02 (2006.01)
F23L 15/04 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **17.01.2018**

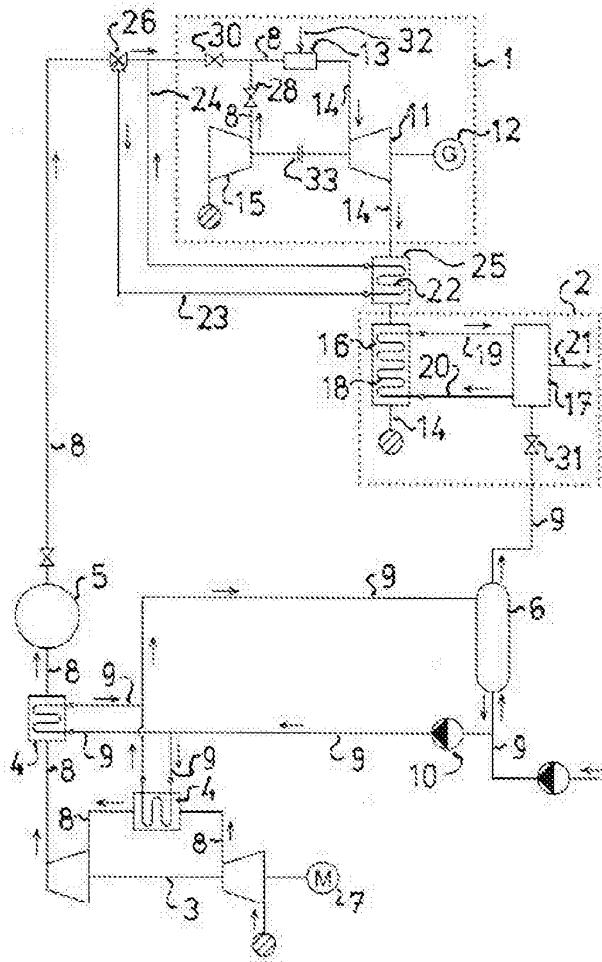
(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **12.06.2019**
(Věstník č. 24/2019)

(71) Přihlašovatel:
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

(54) Název přihlášky vynálezu:
**Zařízení pro výrobu elektřiny s využitím
akumulace médií**

(57) Anotace:
Zařízení zahrnuje primární kompresor (3),
vzduchový akumulátor (5) a za ním připojenou
plynovou turbínu (1), mající na spalinovém potrubí
(14) připojeno horkovodní zařízení (2), přičemž za
plynovou turbínou (1) je na spalinovém potrubí
zařazen vzduchový ohřívák (25), ve kterém je
uspořádaná sekundární teplosměnná plocha (22),
připojená ke vzduchovému potrubí (8) mezi
vzduchovým akumulátorem (5) a plynovou
turbínou (1). Další obdobně připojená sekundární
plocha (22) se může nacházet v horkovodním kotli
(16) horkovodního zařízení (2), kde je situována
paralelně vůči primárním teplosměnným plochám
(18). Za vodním chladičem (4) primárního
kompresoru (3) je připojen horkovodní akumulátor
(6) s vývodem do výměňkové stanice (17).



Zařízení pro výrobu elektřiny s využitím akumulace médií

Oblast techniky

5

Vynález se týká oblasti energetiky, konkrétně zařízení pro výrobu elektřiny kogenerační jednotkou s využitím akumulace médií.

Dosavadní stav techniky

10

V distribuční síti se zpravidla střídá období s nedostatkem elektřiny, kdy je její odběr největší, s obdobím, v němž je v distribuční síti přebytek elektřiny a její odběr je malý. Je nutné trvale zajistit, aby nedošlo ke kolapsu u odběratelů následkem nedostatku elektřiny, avšak ani trvalý přebytek elektřiny v distribuční síti není z důvodů stability sítě žádoucí. Současné metody a zařízení pro výrobu elektřiny se proto zaměřují na snahu přebytečnou energii v době jejího přebytku akumulovat, a využít ji pak účelně pro období energetické špičky.

15

Mezi tyto metody patří i zařízení využívající akumulace energie a výrobu elektřiny v systému mechanické akumulace, popsané v US 3151250. U tohoto zařízení se přebytečná elektřina z distribuční sítě využije k pohonu vzduchového kompresoru, vyrobený tlakový vzduch se shromažďuje do podzemního vzduchového akumulátoru a použije se pro výrobu elektřiny v době nedostatku. To se provádí tak, že v době přebytku elektřiny v distribuční síti se odvádí alespoň část přebytečné elektřiny z distribuční sítě a touto přebytečnou elektřinou se pohání alespoň jeden vzduchový kompresor. Vzduchový kompresor při svém provozu vyrábí tlakový vzduch, jenž se během výroby ochlazuje vodou pomocí alespoň jednoho vodního chladiče, a takto vyrobený tlakový vzduch se v ochlazeném stavu odvádí do podzemního vzduchového akumulátoru a v něm se shromažďuje. Voda, která ochlazuje tlakový vzduch, se teplem předaným od tlakového vzduchu ve vodním chladiči ohřívá a v ohřátém stavu se odtud odvádí k dalšímu využití. Později, v období bez přebytku elektřiny v distribuční síti, se vzduchový kompresor vypne, čímž se ukončí odběr elektřiny z distribuční sítě, a během vypnutého stavu vzduchového kompresoru se vzduch shromážděný v podzemním vzduchovém akumulátoru z tohoto vzduchového akumulátoru odebírá a vede se přes rekuperační výměníky do plynové turbíny. Plynová turbína spaluje palivo za vzniku horkých spalin, přičemž spaliny se z plynové turbíny odvádí okruhem přes zmíněné rekuperační výměníky k výfuku, z něhož se odfukují do ovzduší. Celý proud vzduchu se tedy bez rozdělení cestou od vzduchového akumulátoru do plynové turbíny předehřívá v rekuperátorech spalinami, odváděnými z plynové turbíny přes rekuperátory a výfuk do ovzduší. Zařízení pro akumulaci energie a výrobu elektřiny zahrnuje vzduchový kompresor, vybavený alespoň jedním vodním chladičem připojeným na vodním potrubí, kde za vzduchovým kompresorem je na vzduchovém potrubí připojen vzduchový akumulátor, za ním alespoň jeden rekuperátor a za ním plynová turbína. Plynová turbína zahrnuje spalovací komoru se spalinovým odvodem a je vybavena elektrickým generátorem. Na spalinový odvod z plynové turbíny je připojeno spalinové potrubí, které vede přes zmíněný rekuperátor k výfuku pro odfukování ochlazených spalin do ovzduší. Je rovněž obsaženo nutné propojovací vzduchové potrubí, spalinové potrubí a vodní potrubí. Také jsou obsaženy obvyklé uzavírací a regulační armatury.

35

40

45

Patentový dokument CZ 307476 popisuje zařízení zahrnující vzduchový kompresor, který při svém provozu vyrábí tlakový vzduch, jenž se během výroby ochlazuje vodou pomocí alespoň jednoho vodního chladiče, a takto vyrobený tlakový vzduch se v ochlazeném stavu odvádí. Voda, která ochlazuje tlakový vzduch, se teplem předaným od tlakového vzduchu ve vodním chladiči ohřívá a v ohřátém stavu se odtud odvádí do horkovodního akumulátoru, ve kterém se shromažďuje. Teplo v horké vodě, které nelze využít pro výrobu elektřiny na parní turbíně a akumuluje se v horkovodním akumulátoru, lze odtud čerpat v jinou dobu, v případě potřeby zvýšené výroby elektřiny. Dodávka elektřiny vyrobené parní turbínou tak není závislá na okamžitém výkonu kompresoru. Zařízení podle uvedeného dokumentu zahrnuje vzduchový

50

55

- kompresor, vybavený alespoň jedním vodním chladičem připojeným na vodním potrubí, kde za vzduchovým kompresorem je připojeno vzduchové potrubí. V případě, že zařízení zahrnuje vícestupňový kompresor, je mezi jednotlivými kompresorovými stupni na plynovém potrubí zařazen rovněž alespoň jeden vodní chladič. Alespoň jeden z obsažených vodních chladičů pro
5 chlazení komprimovaného plynu má na svůj vodní výstup připojen primární expandér s parním výstupem do parního potrubí, na které je připojena parní turbína s elektrickým generátorem a parním kondenzátorem. Před primárním expandérem je zapojen alespoň jeden akumulátor horké vody.
- 10 Systémy využívající princip výše popsané metody a výše popsaných zařízení v současné době existují pod názvy AA-CAES (Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage), G CAES (General Compression Advanced Energy Storage), ICARES (Integrated Compressed Air Renewable Energy System) nebo ADELE (Adiabater Drukluftspeicher für die Elektrizitätsversorgung).
- 15 V rámci výše uvedených systémů existují již nyní zařízení pro výrobu elektřiny, zahrnující vzduchový kompresor, vybavený alespoň jedním vodním chladičem připojeným na vodním potrubí, kde za vzduchovým kompresorem je na vzduchovém potrubí připojen vzduchový akumulátor a za ním plynová turbína. Plynová turbína zahrnuje spalovací komoru se spalínovým
20 odvodem a je vybavena elektrickým generátorem a v některých případech i dalším, vlastním kompresorem. Spalínový odvod z plynové turbíny je přes rekuperační výměník připojen k výfuku do ovzduší. Mezi současnými systémy existují i plynové turbíny, které zahrnují spalovací komoru se spalínovým odvodem a jsou vybaveny elektrickým generátorem a vlastním kompresorem, přičemž na spalínový odvod z plynové turbíny je připojeno spalínové potrubí, na kterém je
25 připojeno horkovodní zařízení pro ohřev vody. Je rovněž obsaženo nutné propojovací vzduchové potrubí, spalínové potrubí a vodní potrubí. Také jsou obsaženy obvyklé uzavírací a regulační armatury. Horkovodní zařízení zahrnuje horkovodní kotel, ve kterém se nachází v prostoru průchodu horkých spalín umístěné teplosměnné plochy, které jsou uspořádané z vodních trubíc. Dále horkovodní zařízení zahrnuje výměňkovou stanici, která je opatřena horkovodním
30 odvodem pro odvádění teplé vody ze zařízení. Výroba horké vody je zajištěna tím, že teplosměnné plochy horkovodního kotle jsou připojeny k výměňkové stanici, což je provedeno pomocí vstupní a výstupní vodní větve, čímž je vytvořen cirkulační okruh pro ohřev vody. V době přebytku elektřiny v distribuční síti se odvádí alespoň část přebytečné elektřiny z distribuční sítě a touto přebytečnou elektřinou se pohání alespoň jeden vzduchový kompresor. Vzduchový
35 kompresor při svém provozu vyrábí tlakový vzduch, jenž se během výroby ochlazuje vodou pomocí alespoň jednoho vodního chladiče, a takto vyrobený tlakový vzduch se v ochlazeném stavu odvádí do podzemního vzduchového akumulátoru a v něm se shromažďuje. Voda, která ochlazuje tlakový vzduch, se teplem předaným od tlakového vzduchu ve vodním chladiči ohřívá a v ohřátém stavu se odtud odvádí k dalšímu využití. Později, v období bez přebytku elektřiny v distribuční síti, se vzduchový kompresor vypne, čímž se ukončí odběr elektřiny z distribuční sítě, a během vypnutého stavu vzduchového kompresoru se vzduch shromážděný ve vzduchovém
40 akumulátoru z tohoto vzduchového akumulátoru odebírá a vede se přes rekuperační výměníky do plynové turbíny. Plynová turbína spaluje palivo za vzniku horkých spalín, přičemž spaliny se z plynové turbíny odvádí okruhem přes zmíněné rekuperační výměníky k výfuku, z něhož se odfukují do ovzduší. Celý proud vzduchu se tedy bez rozdělení cestou od vzduchového akumulátoru do plynové turbíny předehřívá v rekuperátorech spalínami, odváděnými z plynové
45 turbíny přes rekuperátory a výfuk do ovzduší. V případě výše uvedené plynové turbíny s připojeným horkovodním zařízením jsou spaliny z plynové turbíny odváděny do horkovodního zařízení pro výrobu horké vody, přičemž do horkovodního zařízení se přivádí voda a ta se zde spalínami ohřívá za současného ochlazování spalín. Nakonec se z horkovodního zařízení ohřátá voda odebírá. Ochlazené spaliny, které prošly přes horkovodní zařízení, se vypouští do ovzduší. Voda, která se shromáždila do horkovodního akumulátoru, se odvádí v době zvýšené potřeby
50 tepla do horkovodního potrubí.

Uvedená dosavadní zařízení pracují převážně jako samostatné jednotky, většinou ve střídavém režimu. Tedy buď vyrábí elektřinu s využitím akumulovaných médií, nebo v době přebytku elektřiny v distribuční síti akumulují média. U těchto zařízení a na nich provozované metody výroby elektřiny, se vzduch pro provoz plynové turbíny přehřívá nejčastěji buď tak, že se vzduch do plynové turbíny vede přes rekuperační výměníky zapojené na spalínovém potrubí mezi plynovou turbínou a výfukem, nebo se vede přes přídavné zařízení, v němž se přídavně spaluje zemní plyn. Příklad takového systému CAES je popsán v dokumentu US 2014137563. V dokumentu US 2014137563 je popsán způsob provozování systému pro uchovávání energie ve stlačeném vzduchu, kdy se během přebytku elektřiny v distribuční síti stlačuje v kompresoru plyn. Stlačený plyn se skladuje v plynovém zásobníku v podobě jeskyně nebo nádoby. Ze zásobníku se stlačený plyn přivádí na vstup expanzního zařízení, které může zahrnovat vzduchovou a/nebo plynovou turbínu. K turbíně může být připojený generátor na výrobu elektrické energie pro dodávku do sítě. Na vedení mezi zásobníkem a expanzním zařízením může být napojený přehříváč, který zahrnuje rekuperátor spojený s vedením spalín z plynové turbíny, který přehřívá stlačený plyn teplem spalín. V jednom provedení je součástí přehříváče i pohotovostní výměník, který reguluje teplotu expanzního zařízení během pohotovostního režimu. Tento přehříváč může dále zahrnovat jeden nebo více ventilů, připojených k vedení mezi zásobníkem a plynovou turbínou. Tyto ventily umožňují řídit tok stlačeného plynu přes rekuperátor, přes pohotovostní výměník, nebo přímo do expanzního zařízení. Tok plynu přes přehříváč a/nebo jeho teplota se může stanovovat na základě teploty expanzního zařízení nebo jeho součástí. U některých výhodných provedení je stlačovaným plynem vzduch. Zařízení podle US 2014137563 je jedním ze systémů CAES, což znamená, že umožňuje práci v něm obsažené plynové turbíny i v době nedostatku elektřiny v síti. Dosahuje možnosti kontinuální výroby elektřiny pomocí zásobníku plynu, zařazeného za kompresorem. Nevýhodou zařízení podle US 2014137563 je, že je uspořádáno a pracuje pouze jako elektrárna, a nikoliv jako kogenerační jednotka. Umožňuje pouze výrobu elektřiny a neumožňuje zajišťovat současně i dodávku teplé vody v podobě horké vody odváděné vně zařízení. Jeho pracovním médiem je pouze vzduch, zpracovaný kompresorem, který je dále zpracováván v zařízení a po průchodu přes expanzní část plynové turbíny je ve formě spalín, po odstranění emisí pomocí přídavku malého množství páry a/nebo čpavku, přes rekuperátor vypouštěn ze zařízení ven, do ovzduší. Rekuperátor zařazený na spalínovém potrubí za plynovou turbínou využívá veškeré zbytkové teplo spalín z plynové turbíny pouze k ohřevu vzduchu přiváděného z kompresoru do plynové turbíny, nebo alternativně k ohřevu vzduchu přiváděného do plynové turbíny ze vzduchového zásobníku. Toto zařízení nezahrnuje ani horkovodní akumulátor, ani žádné horkovodní zařízení, jež by umožňovalo výrobu a dodávku teplé vody.

Všechny tyto v současné době známé systémy mají nevýhodu v tom, že vyžadují přitápění zemním plynem, nebo musejí využívat speciální jednotky pro dosažení vysoké teploty před plynovou turbínou, jako jsou např. vysokoteplotní a vysokotlaké kompresory či vysokoteplotní rekuperátory. Tyto speciální jednotky jsou velmi složité a nákladné, přičemž jsou vhodné pro akumulaci jednotky vysokých výkonů, jako 100 až 300 MW. Vzhledem k jejich velkému výkonu je výstavba takových jednotek možná jen v blízkosti podzemních velkokapacitních vzduchových akumulátorů pro akumulaci tlakového vzduchu, což je pouze v lokalitách nepropustných podzemních prostor, jako například solných dolů, nebo případně v oblastech mořského pobřeží s dostupnou hloubkou kolem 500 m, kde se tlakový vzduch může skladovat ve vacích ukotvených na mořském dnu.

Pro akumulaci jednotky menších výkonů, například 10 až 20 MW, které jsou vhodné pro decentrální energetické zdroje s dodávkou tepla, nejsou systémy vázané na lokalitu s výše popsaným velkokapacitním vzduchovým akumulátorem vhodné. Většinou totiž taková lokalita nesouvisí s lokalitou decentrálního energetického zdroje, který je vázán na odběr tepla.

V článku „Akumulace elektřiny u decentrálních energetických zdrojů“ (Ladislav Vilimec, Jaroslav Konvička, 17. 10. 2017) je rovněž popsán systém CAES. Je popsána koncepce akumulace elektřiny u kogeneračních zdrojů, které se skládají z kompresoru, stlačujícího vzduch

v době přebytku elektřiny v síti. Vzduch se akumuluje v zásobníku a následně se používá jako spalovací vzduch pro plynovou turbínu. V tomto dokumentu jsou popsány různé varianty možností využití akumulace tepla a elektřiny a zařízení pro výrobu elektřiny. Součástí tohoto dokumentu je i obrázek popisující dosavadní technologii CAES, jehož součástí je i předehřev stlačeného vzduchu v rekuperátoru teplem spalin plynové turbíny. Článek představuje obecné vyjádření možností systémů CAES, avšak neobsahuje zásadní vyřešení problému, jímž zůstává otázka, jak takové zařízení zhotovit, aby bylo schopno spolehlivě a ekonomicky efektivně plnit funkce, o nichž se v článku hovoří. Tím by bylo až vyjmenování veškerých konkrétních prvků zařízení a způsob jejich zapojení tak, aby zařízení bylo schopno plnit úkoly a funkce, naznačené v článku.

V dokumentu DE 19523062 je popsána paroplynová elektrárna, která se skládá z plynové a parní elektrárny. Součástí plynové elektrárny je plynová turbína a kompresor stlačující vzduch. K plynové turbíně je připojen generátor. Spaliny z plynové turbíny se přivádějí do kotle k výrobě přehřáté páry. Součástí parní elektrárny je vodní zdroj v podobě vodního zásobníku, tedy nádrže, parogenerátor a parní turbína s generátorem. Z vodní nádrže je odváděna voda jednak do kotle za plynovou turbínou a jednak do parogenerátoru. Kotel i parogenerátor vyrábí páru, která se přivádí do parní turbíny. Odpadní pára za parní turbínou se odvádí pryč, zřejmě jak je obvyklé tak přes kondenzátor, ve kterém z ní vznikne horká voda. Ta se může odvádět pryč ze zařízení, jako dodávka teplé vody pro dálkové vytápění, nebo se případně může přivádět do vodního zásobníku a odtud vracet zpět do parogenerátoru. Součástí této elektrárny je i rekuperátor, který je zařazen ve spalinovém kanálu parogenerátoru, v sérii za tepelným výměníkem sloužícím k výrobě páry, a umožňuje předehřev stlačeného vzduchu pro plynovou turbínu. Na vzduchovém potrubí z kompresoru se nachází třicestný ventil, který reguluje tok vzduchu z kompresoru do plynové turbíny přímo, nebo přes rekuperátor. Množství vzduchu tekoucí přes rekuperátor se reguluje na základě zatížení parní turbíny a teplo, které se nespotřebuje k výrobě páry, se využije k předehřevu vzduchu pro plynovou turbínu. Přítomný vodní zásobník je zapojen pouze jako zdroj vody a následně z ní vyrobené páry pro parní turbínu. Toto zařízení neumožňuje jakkoliv eliminovat nedostatek elektrického proudu v síti v době špičkové spotřeby, ani nedostatek horké vody pro spotřebitele v době potřeby zvýšené dodávky tepla ze zařízení, například pro topení v budovách při mrazech. Zařízení také neumožňuje dodávku tepla a elektřiny v době odstávky kteréhokoliv z prvků zařízení, takže po dobu údržby, dobu výměny prvků, mimo pracovní dobu obsluhy apod., je nutné odstavit celé zařízení z provozu. Uvedené závažné nedostatky jsou způsobeny tím, že není přítomen žádný zásobník plynu pro vzduch vyrobený kompresorem, ani žádný zásobník vody, který by umožňoval odvádět horkou vodu vně zařízení, například pro dálkové topení, v době odstávky parní turbíny nebo v době nedostatku odpadní páry z parní turbíny. Další významnou nevýhodou tohoto zařízení je mimořádná konstrukční, prostorová a bezpečnostní náročnost, vyplývající z existence dvou různých druhů turbíny v zařízení, tedy nejen plynové turbíny, ale i parní turbíny. Takovéto zařízení je velmi nákladné a málo ekonomicky efektivní. Zařízení podle citovaného dokumentu DE 19523062 má proto veškeré nedostatky jednoduchých elektráren staršího typu.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nevýhody podstatně omezuje vynález. Navržené zařízení pro výrobu elektřiny s využitím akumulace médií zahrnuje alespoň jeden primární kompresor, vybavený alespoň jedním vodním chladičem připojeným na vodním potrubí, dále zahrnuje za primárním kompresorem na vzduchovém potrubí připojený vzduchový akumulátor a za ním plynovou turbínu. Tato plynová turbína zahrnuje spalovací komoru se spalínovým odvodem a je vybavena jednak elektrickým generátorem a jednak vlastním, sekundárním kompresorem. Na spalínový odvod z plynové turbíny je připojeno spalínové potrubí, na kterém je připojeno horkovodní zařízení pro ohřev vody. Zařízení je opatřeno nutným propojovacím vzduchovým potrubím, spalínovým potrubím, vodním potrubím a nutnými uzavíracími a regulačními armaturami. Horkovodní zařízení zahrnuje jednak horkovodní kotel, ve kterém se nachází primární teplosměnné plochy uspořádané

- z vodních trubíc, a jednak výměníkovou stanicí, vybavenou horkovodním odvodem pro teplou vodu. Primární teplosměnné plochy horkovodního kotle jsou připojeny k výměníkové stanici, což je provedeno pomocí vstupní a výstupní vodní větve. V prostoru průchodu spalín za plynovou turbínou, ale ještě před vstupem do výměníkové stanice, se nachází alespoň jedna sekundární teplosměnná plocha, umístěná ve vzduchovém ohříváku, zařazeném na spalínovém potrubí před horkovodním kotlem. Tato sekundární teplosměnná plocha je uspořádána ze vzduchových trubíc, které jsou připojeny prostřednictvím vstupní a výstupní vzduchové větve v uvedeném pořadí ke vzduchovému potrubí, přičemž vstupní vzduchová větev je opatřena regulační armaturou. Uvedené přípoje ke vzduchovému potrubí se nachází v úseku vzduchového potrubí mezi výstupem ze vzduchového akumulátoru a vstupem do plynové turbíny. Jako vstupní vzduchová větev se zde rozumí potrubní větev připojená na vstup do sekundární teplosměnné plochy a jako výstupní vzduchová větev se rozumí potrubní větev připojená na výstup ze sekundární teplosměnné plochy.
- Přídavně může být alespoň jedna další sekundární teplosměnná plocha uspořádána v horkovodním kotli, kde je v tom případě uložena paralelně vůči primárním teplosměnným plochám. Tím se zde rozumí, že, uvažováno ve směru průchodu spalín, jsou situovány vedle primárních teplosměnných ploch horkovodního kotle.
- Navržené zařízení může mít s výhodou na výměníkovou stanicí připojen horkovodní akumulátor. V tom případě zahrnuje horkovodní akumulátor, jenž je zapojen na vodním potrubí za alespoň jedním vodním chladičem primárního kompresoru tak, že vodní potrubí vyústěné z tohoto horkovodního akumulátoru má svůj konec připojen na vstup do výměníkové stanice horkovodního zařízení. Mezi horkovodním akumulátorem a výměníkovou stanicí může být případně na vodním potrubí zapojen ještě nějaký další prvek.
- Vzduchové potrubí je za regulační armaturou první vzduchové větve s výhodou opatřeno v oblasti vstupu do plynové turbíny připojovací armaturou a sekundární kompresor plynové turbíny je s výhodou opatřen uzavíratelným výfukem pro vypouštění vzduchu do ovzduší. Uzavíratelný výfuk je na výstupu opatřen alespoň dvěma uzávěry. Z toho alespoň jeden, první uzávěr, se nachází na vzduchovém potrubí, které vede ze sekundárního kompresoru před spalovací komoru, a alespoň jeden, druhý uzávěr, je na uzavíratelném výfuku.
- Navržené zařízení nevyžaduje přitápění zemním plynem a také odpadá nutnost využívat speciální jednotky pro dosažení vysoké teploty před plynovou turbínou, jako jsou např. vysokoteplotní a vysokotlaké kompresory či vysokoteplotní rekuperátory. Může být instalováno kdekoli, nezávisle na lokalitách nepropustných prostor a oblastech mořského pobřeží s dostupnou vysokou hloubkou. Umožňuje využití i zejména pro akumulaci jednotky menších výkonů, například 10 až 20 MW. Navržené zařízení má značnou výhodu v provozní flexibilitě, jsou možné různé provozní režimy. Jsou možné v podstatě čtyři pracovní varianty provozu zařízení. Zařízení se nemusí využívat jen omezeně pro akumulaci médií a pro výrobu elektřiny využívající akumulovaných médií, ale lze je využít i jako klasickou kogenerační jednotku s celoročním provozem. Další výhodou je možnost rozložit pořizovací náklady. Nejdříve lze uvést do provozu část zařízení s plynovou turbínou a horkovodním zařízením pro dodávku tepla, a provozovat kogenerační jednotku pro dodávku elektřiny a tepla, a dodatečně pak přistavět i zbývající část zařízení pro využívání akumulace médií a začít vyrábět elektřinu s akumulací médií. Další výhodou je i možnost vybudovat navržené zařízení podle vynálezu z již provozované kogenerační jednotky s plynovou turbínou, pokud lze u ní provést potřebné úpravy, a přejít z klasického provozu kogenerační jednotky na výrobu elektřiny s využíváním akumulace médií.

Objasnění výkresů

Vynález je objasněn pomocí výkresů, kde znázorňují obr. 1 celkové schéma zařízení v příkladném provedení se sekundárními teplosměnnými plochami ve vzduchovém ohříváku, zařazeném na spalínovém potrubí před horkovodním kotlem, obr. 3 detail další sekundární teplosměnné plochy, uložené v horkovodním kotli paralelně vůči primárním teplosměnným plochám, a obr. 4 detail zapojení prvků plynové turbíny v případě, že sekundární kompresor plynové turbíny je opatřen uzavíratelným výfukem.

Příklady uskutečnění vynálezu

Názorným příkladem provedení vynálezu je energetická centrála pro výrobu elektřiny s využitím akumulace médií podle obrázků obr. 1 až obr. 3.

Hlavními prvky tohoto příkladného zařízení pro výrobu elektřiny s využitím akumulace médií jsou plynová turbína 1, horkovodní zařízení 2 pro ohřev vody, primární kompresor 3, dva vodní chladiče 4, vzduchový akumulátor 5 a horkovodní akumulátor 6.

Primární kompresor 3 je dvoutělesový a je vybaven elektromotorem 7, připojeným elektricky na distribuční síť elektrického proudu. Dále je primární kompresor 3 vybaven dvěma vodními chladiči 4, z čehož je jeden připojen na vzduchovém potrubí 8 primárního kompresoru 3 a jeden na vzduchovém potrubí 8 za výstupem z primárního kompresoru 3. Oba tyto vodní chladiče 4 jsou současně zapojeny na vodním potrubí 9 s oběhovým čerpadlem 10. Za primárním kompresorem 3 jsou pak dále na vzduchovém potrubí 8 připojeny nejprve vzduchový akumulátor 5 a následně za ním plynová turbína 1. Vzduchový akumulátor 5 může být například v podobě kulového plynojemu.

Plynová turbína 1 zahrnuje expanzní část 11, elektrický generátor 12, spalovací komoru 13 se spalínovým odvodem do spalínového potrubí 14 a vlastní, sekundární kompresor 15. Na spalínovém potrubí 14 je za plynovou turbínou 1 připojeno horkovodní zařízení 2 pro ohřev vody.

Horkovodní zařízení 2 zahrnuje horkovodní kotel 16 a výměňkovou stanici 17. Uvnitř horkovodního kotle 16 se nachází primární teplosměnné plochy 18, uspořádané z vodních trubíc a připojené k výměňkové stanici 17 pomocí vstupní a výstupní vodní větve 19, 20. Z výměňkové stanice 17 je vyústěn horkovodní odvod 21 pro teplou vodu k jejímu dalšímu využití.

Mezi plynovou turbínou 1 a výměňkovou stanicí 17 se v prostoru pro průchod spalín nachází sekundární teplosměnná plocha 22, uspořádaná ze vzduchových trubíc, které jsou připojeny prostřednictvím vstupní a výstupní vzduchové větve 23, 24 v uvedeném pořadí ke vzduchovému potrubí 8. Toto připojení je realizováno v úseku vzduchového potrubí 8 mezi vzduchovým akumulátorem 5 a plynovou turbínou 1, přičemž jako vstupní vzduchová větev 23 se zde rozumí potrubní větev připojená na vstup do sekundární teplosměnné plochy 22 a jako výstupní vzduchová větev 24 se zde rozumí potrubní větev připojená na výstup ze sekundární teplosměnné plochy 22. Jak je znázorněno na obrázku obr. 1, na spalínovém potrubí 14 před horkovodním kotlem 16 je zařazen vzduchový ohřívák 25 a jedna nebo více sekundárních teplosměnných ploch 22 mohou být umístěny v tomto vzduchovém ohříváku 25. Přídavně může být jedna nebo více sekundárních teplosměnných ploch 22 umístěna v horkovodním kotli 16. Vstupní vzduchová větev 23 je opatřena regulační armaturou 26 pro uzavření nebo otevření průchodu vzduchu a regulaci množství vzduchu, odváděného ze vzduchového potrubí 8 k ohřevu do obsažených sekundárních teplosměnných ploch 22.

Obr. 2 ukazuje, že další sekundární teplosměnné plochy 22 mohou být v horkovodním kotli 16 uloženy paralelně vůči primárním teplosměnným plochám 18, to je uvažováno ve směru průchodu spaliny vedle primárních teplosměnných ploch 18. Při provedení podle obr. 2 spaliny proudí v horkovodním kotli 16 nejdříve přes paralelně uspořádané sekundární teplosměnné plochy 22 spolu s alespoň nějakou částí primární teplosměnné plochy 18, a dále pak přes zbývající části primární teplosměnné plochy 18. Vstupní vzduchová větev 23 je opatřena regulační armaturou 26 pro uzavření nebo otevření průchodu vzduchu a regulaci množství vzduchu, odváděného ze vzduchového potrubí 8 k ohřevu do obsažených sekundárních teplosměnných ploch 22. Regulační armatura 26 pro sekundární teplosměnné plochy 22 umístěné v horkovodním kotli 16 je zařazena na vzduchovém potrubí 8 před, nebo za regulační armaturou 26 pro sekundární teplosměnné plochy vzduchového ohříváku 25. Výhodou tohoto provedení vůči provedení podle obr. 1 je, že lze dosáhnout vyšší teploty vody na výstupu horkovodního zařízení 2.

Obr. 1 dále ukazuje, že horkovodní akumulátor 6 je zapojen na vodním potrubí 9 za vodními chladiči 4 primárního kompresoru 3. Horkovodní akumulátor 6 je zapojen přímo na výměňkovou stanici 17, nebo je mezi ním a výměňkovou stanicí 17 zařazen ještě nějaký další vhodný prvek nebo prvky. V obou případech, vodní potrubí 9, vyústěné z tohoto horkovodního akumulátoru 6, má svůj konec připojen na vstup do výměňkové stanice 17 horkovodního zařízení 2. Horkovodní akumulátor 6 může mít alternativní vstup na běžný vodní zdroj neznázorněný na obrázcích, jako například vodní nádrž.

Další zdokonalení zařízení je znázorněno na obr. 3. Tento obrázek ukazuje detail zapojení, při němž je sekundární kompresor 15 plynové turbíny 1 opatřen uzavíratelným výfukem 27 pro vypouštění vzduchu do ovzduší. V tomto případě je sekundární kompresor 15 na výstupu opatřen alespoň dvěma uzávěry 28, 29, z toho alespoň jedním, prvním uzávěrem 28, na vzduchovém potrubí 8, které z něj vede před spalovací komoru 13, a alespoň jedním, druhým uzávěrem 29, na uzavíratelném výfuku 27. Vzduchové potrubí 8 je opatřeno v oblasti vstupu do spalovací komory 13 plynové turbíny 1 připojovací armaturou 30. Při poloze připojovací armatury 30 „otevřená“ je první uzávěr 28 v poloze „uzavřen“ a druhý uzávěr 29 „otevřen“ a při poloze připojovací armatury 30 „uzavřená“ je první uzávěr 28 v poloze „otevřen“ a druhý uzávěr 29 „uzavřen“.

Zařízení je rovněž vybaveno nutnými uzavíracími, regulačními a jinými prvky, jako jsou na obrázcích neznázorněná čidla, řídicí jednotka apod. Mezi nutné uzavírací prvky patří rovněž připojovací armatura 30 na vzduchovém potrubí 8 v oblasti vstupu do plynové turbíny 1 a uzavírací armatura 31 na vodním potrubí 9 v oblasti vstupu pro vodu do horkovodního zařízení 2. Spalovací komora je opatřena palivovým přívodem 32 pro zemní plyn. Plynová turbína 1 je se sekundárním kompresorem 15 spojena mechanickou spojkou 33.

Směr pohybu médií je na obrázcích obr. 1 až obr. 3 naznačen šipkami.

Tuto energetickou centrálu, tedy zařízení podle vynálezu, lze variabilně provozovat ve čtyřech pracovních variantách.

První pracovní varianta je, že se elektřina bude vyrábět klasicky, bez akumulace médií, tedy vzduchu a ohřáté vody, a také bez výroby elektřiny prostřednictvím akumulovaných médií. V provozu pak bude pouze plynová turbína 1, horkovodní zařízení 2 a sekundární kompresor 15 a energetická centrála bude pracovat jako klasická kogenerační jednotka. Připojovací armatura 30 a vstupní armatura 31 budou uzavřeny. Vzduchový akumulátor 5 může být prázdný, nebo naplněný tlakovým vzduchem. Horkovodní akumulátor 6 bude odstaven. V tom případě výroba elektřiny probíhá následovně. Do spalovací komory 13 se palivovým přívodem 32 přivádí zemní plyn a jeho spálením vzniklé spaliny pohánají expanzní část 11 plynové turbíny 1. Ta pohání jednak připojený elektrický generátor 12 a jednak sekundární kompresor 15 dodávající vzduch do spalovací komory 13. Spalováním zemního plynu získaná mechanická energie na expanzní části 11 plynové turbíny 1 se z větší části, například 55%, spotřebuje pro pohon sekundárního

kompresoru 15 a zbývající část mechanické energie, například 45%, se využije k výrobě elektřiny na elektrickém generátoru 12. Spaliny z výstupu expanzní části 11 plynové turbíny 1 se spalínovým potrubím 14 vedou do horkovodního zařízení 2, v němž přes sekundární teplosměnnou plochu 22 proudí do horkovodního kotle 16. Při popisovaném provozu je
 5 připojovací armatura 30 uzavřená. Přes sekundární teplosměnnou plochu 22 neproudí žádný vzduch. Sekundární teplosměnná plocha 22 není chlazená a musí být proto provedena z oceli, použitelná pro teplotu spalin vystupujících z expanzní části 11 plynové turbíny 1, například 550 °C. Horká voda, vyrobená v horkovodním zařízení 2, zajišťuje ve výměňkové stanici 17 požadované odvádění tepla přes horkovodní odvod 21.

Druhá pracovní varianta je následující. Představuje provozování energetické centrály jen pro akumulaci médií, prováděnou pouze v časovém úseku přebytečné elektřiny v distribuční síti. Plynová turbína 1 a horkovodní zařízení 2 jsou odstaveny, je uzavřen palivový přívod 32 zemního plynu i vstupní armatura 31 a připojovací armatura 30. Zařízení odebírá z distribuční
 15 sítě v období přebytku elektřinu, kterou využívá k akumulaci médií. Odebíranou elektřinou se pohání primární kompresor 3, který přes vzduchové potrubí 8 dodává vzduch do vzduchového akumulátoru 5. Při provozu primárního kompresoru 3 vznikající kompresní teplo se ve vodních chladičích 4 odvádí do chladicí vody. Tuto chladicí vodu nasává oběhové čerpadlo 10 ze spodní části horkovodního akumulátoru 6 do vodních chladičů 4 a vodním potrubím 9 pak horkou vodu,
 20 po ohřátí teplem předaným od vzduchu ve vodních chladičích 4, vrací zpět do horní části horkovodního akumulátoru 6. Po naplnění vzduchového akumulátoru 5 ochlazeným vzduchem se primární kompresor 3 odstaví. Horkovodní akumulátor 6 je naplněn horkou vodou a oběhové čerpadlo 10 se odstaví. V části zařízení pro akumulaci je akumulace médií ukončena, většina energie se akumulovala ve formě tlakové energie ve vzduchu uvnitř vzduchového akumulátoru 5
 25 a menší část energie se akumulovala ve formě tepla v horké vodě uvnitř horkovodního akumulátoru 6.

Třetí pracovní varianta je následující. Představuje provozování energetické centrály v době přebytku elektřiny v distribuční síti. Jedná se o současný provoz plynové turbíny 1, horkovodního
 30 zařízení 2 a primárního kompresoru 3 s odběrem elektřiny z distribuční sítě. Odběr vzduchu ze vzduchového akumulátoru 5 je odstaven, připojovací armatura 30 je uzavřená. Je rovněž odstaven odběr horké vody z horkovodního akumulátoru 6, vstupní armatura 31 je uzavřená. Při této pracovní variantě se současně provádí akumulace médií v horkovodním akumulátoru 6 a vzduchovém akumulátoru 5 a provozuje se plynová turbína 1 i horkovodní zařízení 2, což
 35 umožňuje přes horkovodní odvod 21 dodávat projektovaný tepelný výkon a z elektrického generátoru 12 dodávat projektovaný elektrický výkon.

Čtvrtá pracovní varianta je následující. Představuje provozování energetické centrály pro výrobu elektřiny s využitím akumulovaných médií. Primární kompresor 3 je vypnutý a zařízení
 40 neodebírá z distribuční sítě žádný proud. V provozu je plynová turbína 1 i horkovodní zařízení 2 a jsou využívána média nahromaděná ve vzduchovém akumulátoru 5 i horkovodním akumulátoru 6. Připojovací armatura 30 i vstupní armatura 31 jsou otevřeny. Při otevřené připojovací armatuře 30 se odebírá ze vzduchového akumulátoru 5 vzduchovým potrubím 8 vzduch pro spalování zemního plynu v plynové turbíně 1, přičemž sekundární kompresor 15 je rozpojením spojky 33
 45 odstavený a první uzávěr 28 je uzavřený. Parametry vzduchu odebíraného ze vzduchového akumulátoru 5, to znamená tlak, teplota a množství, musí být na vstupu do spalovací komory 13 stejné, jako při odběru vzduchu ze sekundárního kompresoru 15 v první pracovní variantě. Za těchto podmínek bude množství spalovaného zemního plynu, mechanický výkon expanzní části 11 plynové turbíny 1 a také množství i parametry spalin ve spalínovém potrubí 14 stejné, jako při
 50 provozu plynové turbíny 1 v první pracovní variantě. Protože v tomto případě je sekundární kompresor 15 odpojen od expanzní části 11 plynové turbíny 1, využije se její celý mechanický výkon pro výrobu elektřiny. Ve srovnání s první pracovní variantou, při níž se v příkladném provedení využilo například 45 % mechanického výkonu expanzní části 11 plynové turbíny 1, se
 55 v tomto čtvrtém provozním režimu k výrobě elektřiny využije celých 100 % mechanického výkonu expanzní části 11 plynové turbíny 1. Výroba elektřiny se tedy více než zdvojnásobí. Při

odběru vzduchu ze vzduchového akumulátoru 5 se požadované množství vzduchu a jeho tlak na vstupu do spalovací komory 13 může zajistit pomocí vhodného seřízení velikosti otevření přípojovací armatury 30 a regulační armatury 26. Vzduch přiváděný do plynové turbíny 1 se rozděluje ve dva vzduchové proudy, z nichž jeden se ohřívá a pak se přimísí ke druhému.

5 Požadovaná teplota vzduchu se zajistí ohřevem prvního proudu vzduchu, proudícího přes sekundární teplosměnnou plochu 22, spaliny přiváděnými z plynové turbíny 1. Ohřev vzduchu se zajišťuje tím, že se v potřebném množství odebírá pomocí regulační armatury 26 jeden vzduchový proud ze vzduchového potrubí 8, v úseku vzduchového potrubí 8 mezi výstupem ze vzduchového akumulátoru 5 a vstupem do plynové turbíny 1, zatímco zbylý

10 vzduchový proud proudí vzduchovým potrubím 8 dále směrem k plynové turbíně 1. Toto potřebné množství vzduchu, první vzduchový proud, se přivádí vstupní vzduchovou větví 23 do sekundární teplosměnné plochy 22. Zde se vzduch ohřeje teplem od horkých spalin, přiváděných spalinovým potrubím 14 z plynové turbíny 1, a ohřátý vzduch se pak výstupní vzduchovou větví 24 přivede zpět ke druhému vzduchovému proudu do vzduchového potrubí 8, do jeho

15 následujícího úseku ještě vstupem do plynové turbíny 1. Množství vzduchu, odebíraného regulační armaturou 26, se nastaví tak, aby teplota vzduchu mezi zaústěním výstupní vzduchové větve 24 do vzduchového potrubí 8 a vstupem do spalovací komory 13 plynové turbíny 1 dosáhla hodnoty předepsané pro vstup do plynové turbíny 1. Ohřevem vzduchu v sekundární teplosměnné ploše 22 se spaliny ve spalinovém potrubí 14 ochladí. V případě, že je uzavřena

20 vstupní armatura 31, tak v horkovodním zařízení 2 je v oblasti primární teplosměnné plochy 18 teplota spalin nižší než při provozu v první pracovní variantě. Tím se sníží i tepelný výkon, dodávaný v horkovodním zařízení 2 do výměňkové stanice 17. Aby se tímto nesnížila i velikost odváděného tepla horkovodním odvodem 21 z výměňkové stanice 17, chybějící teplo se do výměňkové stanice 17 dodá z horkovodního akumulátoru 6 ve formě horké vody. To se zajistí

25 tak, že vstupní armaturou 31 se nastaví takový průtok vody ve vodním potrubí 9 do horkovodního zařízení 2, aby množství odváděného tepla z výměňkové stanice 17 přes horkovodní odvod 21 bylo stejné, jako při provozu energetické centrály podle první pracovní varianty. Výroba elektřiny se ukončí při poklesu tlaku ve vzduchovém akumulátoru 5 na hodnotu tlaku vzduchu ve spalovací komoře 13 při první pracovní variantě.

30 Přechod mezi pracovními variantami se provede uzavřením nebo otevřením obsažených regulačních a uzavíracích prvků a připojením nebo odpojením sekundárního kompresoru 15 k expanzní části 11 plynové turbíny 1 spojkou 33. V případě regulačních a uzavíracích prvků jde zejména o přípojovací armaturu 30, vstupní armaturu 31 a první uzavěr 28. Dočasně se může rovněž odstavit plynová turbína 1 s horkovodním zařízením 2.

Při optimálním provozu energetické centrály dochází ke střídavému provozování třetí a čtvrté pracovní varianty a dočasně i provozování druhé pracovní varianty, podle toho, kolik je v distribuční síti právě elektřiny, a jak je naplněn vzduchový akumulátor 5. V době energetické

40 špičky se vyrábí a do distribuční sítě dodává elektřina, v době přebytku elektřiny v distribuční síti se provozuje primární kompresor 3 a akumulují média do zásoby pro dobu energetické špičky. Tím je dosaženo maximálního výkonu energetické centrály a nejlepších ekonomických výsledků. První pracovní režim umožňuje zajistit celoroční provoz energetické centrály i v době, kdy se nepožaduje akumulace médií, ani dodávka elektřiny vyrobené pomocí akumulovaných médií do

45 sítě. Využije se i v případě nutnosti oprav nebo údržby na ostatních zařízeních.

V příkladném provedení podle obr. 3 je při provozu plynové turbíny 1 se vzduchem, přiváděným vzduchovým potrubím 8 ze vzduchového akumulátoru 5, v provozu sekundární kompresor 15 v provozu spolu s expanzní částí 11 plynové turbíny 1, ale sekundární kompresor 15 se udržuje v chodu naprázdno. Při tomto chodu naprázdno je uzavřen první uzavěr 28 a otevřen druhý uzavěr 29 a veškerý vzduch ze sekundárního kompresoru 15 se odfukuje přes výfuk 27 do ovzduší. Do plynové turbíny 1, do její spalovací komory 13, se tak přivádí pouze vzduch ze vzduchového akumulátoru 5. Pro pohon sekundárního kompresoru 15 při jeho chodu naprázdno se spotřebuje určitá část mechanické energie z množství, vyrobeného pomocí expanzní části 11 plynové

50 turbíny 1, takže ve srovnání s příkladným provedením podle obr. 1 se dosáhne menšího množství

vyrobené elektřiny. Tento rozdíl je však velmi malý, v celkovém množství zanedbatelný. Značnou výhodou tohoto provedení je, že není potřebná spojka 33 nutná u alternativního provedení podle obr. 1.

5

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Zařízení pro výrobu elektřiny s využitím akumulace médií, zahrnující alespoň jeden
10 primární kompresor (3) vybavený alespoň jedním vodním chladičem (4) připojeným na vodním
potrubí (9), kde za primárním kompresorem (3) je na vzduchovém potrubí (8) připojen
vzduchový akumulátor (5) a za ním plynová turbína (1), kde plynová turbína (1) zahrnuje
spalovací komoru (13) se spalínovým odvodem a je vybavena elektrickým generátorem (12) a
15 vlastním, sekundárním kompresorem (15), přičemž na spalínový odvod je připojeno spalínové
potrubí (14), na kterém je připojeno horkovodní zařízení (2) pro ohřev vody, a přičemž zařízení
je opatřeno nutným propojovacím vzduchovým potrubím (8), spalínovým potrubím (14), vodním
potrubím (9) a nutnými uzavíracími a regulačními prvky, a kde horkovodní zařízení (2) zahrnuje
jednak horkovodní kotel (16), ve kterém se nachází primární teplosměnné plochy (18)
20 uspořádané z vodních trubíc, a jednak výměňikovou stanici (17) s horkovodním odvodem (21)
pro teplou vodu, přičemž primární teplosměnné plochy (18) horkovodního kotle (16) jsou
připojeny k výměňikové stanici (17) pomocí vstupní a výstupní vodní větve (19, 20), **vyznačující
se tím**, že mezi plynovou turbínou (1) a výměňikovou stanicí (17) je na spalínovém potrubí (14)
před horkovodním kotlem (16) zařazen vzduchový ohřívák (25), uvnitř kterého se nachází
alespoň jedna sekundární teplosměnná plocha (22) uspořádaná ze vzduchových trubíc, které jsou
25 připojeny prostřednictvím vstupní a výstupní vzduchové větve (23, 24) v uvedeném pořadí ke
vzduchovému potrubí (8) v úseku mezi vzduchovým akumulátorem (5) a plynovou turbínou (1),
přičemž vstupní vzduchová větev (23) je opatřena regulační armaturou (26), kde jako vstupní
vzduchová větev (23) se rozumí potrubní větev připojená na vstup do sekundární teplosměnné
plochy (22) a jako výstupní vzduchová větev (24) se rozumí potrubní větev připojená na výstup
30 ze sekundární teplosměnné plochy (22).

2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že alespoň jedna další sekundární teplosměnná
plocha (22), uspořádaná ze vzduchových trubíc, které jsou připojeny prostřednictvím vstupní a
výstupní vzduchové větve (23, 24) v uvedeném pořadí ke vzduchovému potrubí (8) v úseku mezi
35 vzduchovým akumulátorem (5) a plynovou turbínou (1), je uložena paralelně vůči primárním
teplosměnným plochám (18) v horkovodním kotli (16), to je uvažováno ve směru průchodu
spalin vedle primárních teplosměnných ploch (18) horkovodního kotle (16).

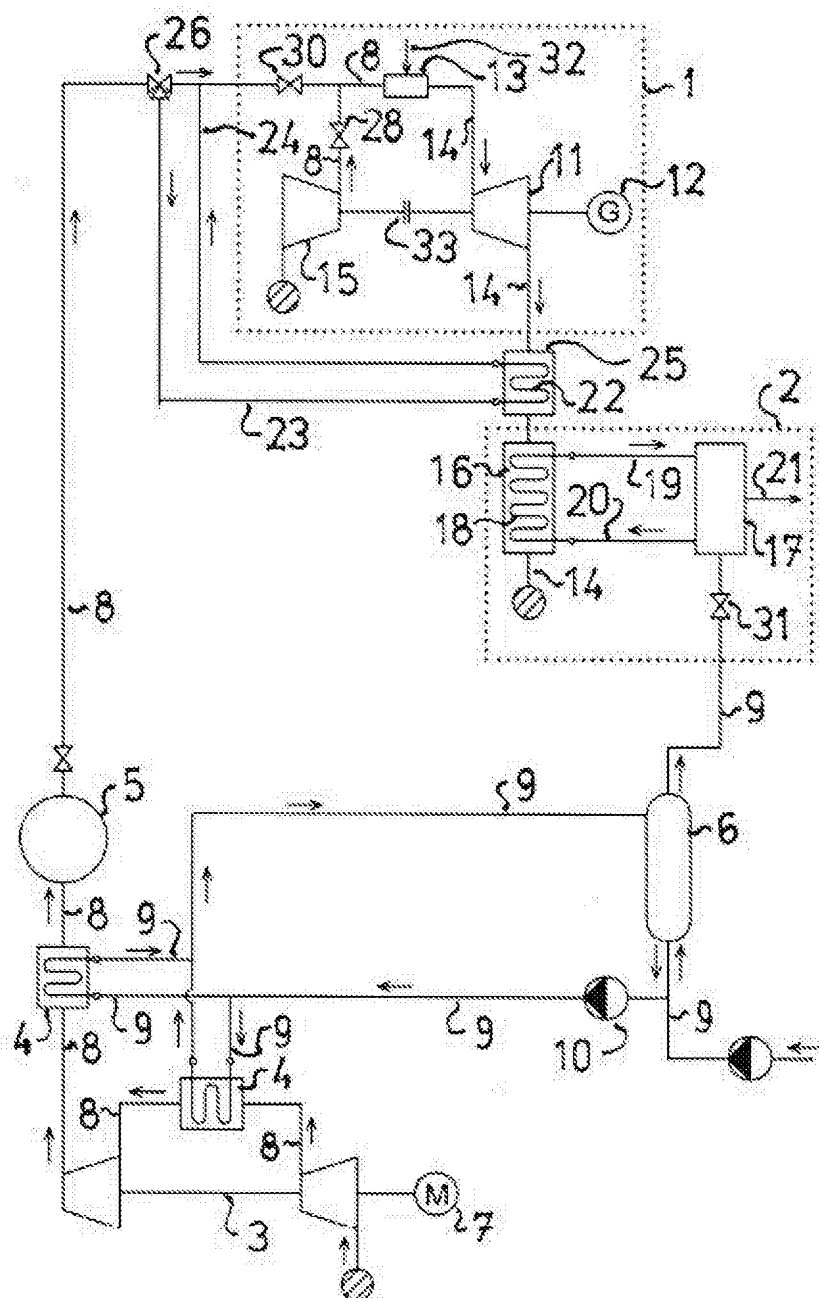
3. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že k výměňikové stanici (17) horkovodního
40 zařízení (2) je připojen horkovodní akumulátor (6), jenž je zapojen na vodním potrubí (9) za
alespoň jedním vodním chladičem (4) primárního kompresoru (3) tak, že vodní potrubí (9)
vyústěné z tohoto horkovodního akumulátoru (6) má svůj konec připojen na vstup do
výměňikové stanice (17) horkovodního zařízení (2).

4. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vzduchové potrubí (8) je za regulační
45 armaturou (26) první vzduchové větve (23) opatřeno v oblasti vstupu do plynové turbíny (1)
připojovací armaturou (30) a sekundární kompresor (15) plynové turbíny (1) je opatřen
uzavíratelným výfukem (27) pro vypouštění vzduchu do ovzduší, přičemž tento sekundární
kompresor (15) je na výstupu opatřen alespoň dvěma uzávěry (28, 29), z toho alespoň jedním,
50 prvním uzávěrem (28), na vzduchovém potrubí (8), které z něj vede před spalovací komoru (13),
a alespoň jedním, druhým uzávěrem (29), na uzavíratelném výfuku (27).

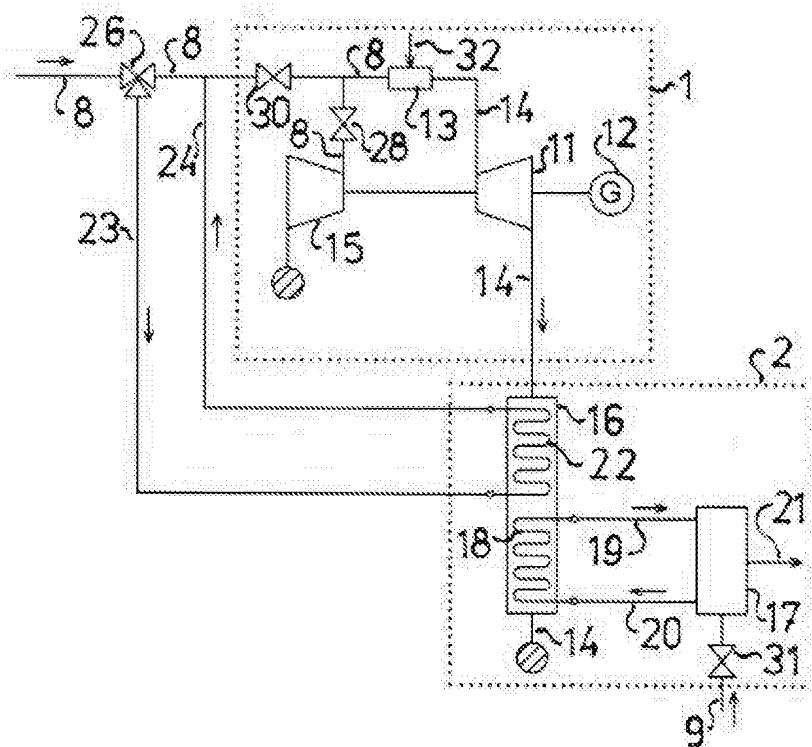
4 výkresy

Seznam vztahových značek

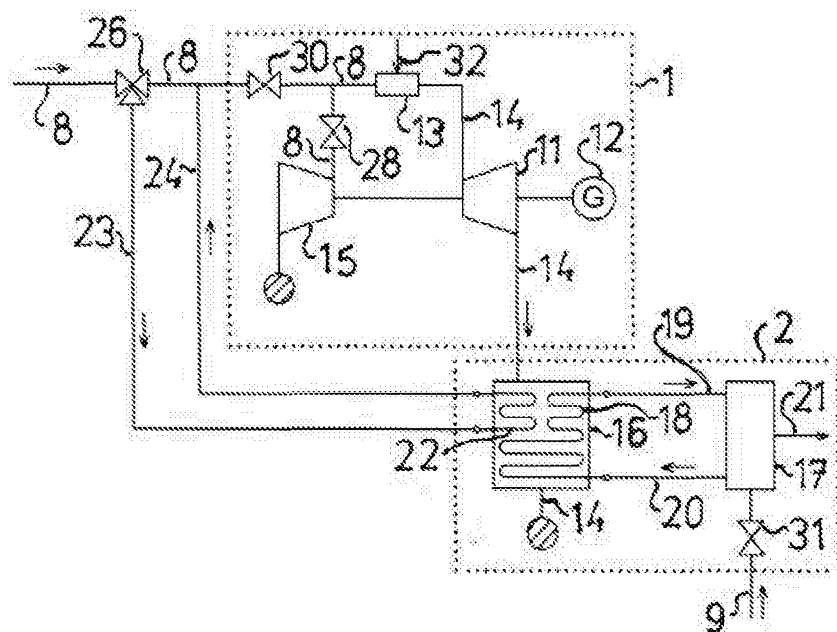
- 1 plynová turbína
- 2 horkovodní zařízení
- 3 primární kompresor
- 4 vodní chladič
- 5 vzduchový akumulátor
- 6 horkovodní akumulátor
- 7 elektromotor
- 8 vzduchové potrubí
- 9 vodní potrubí
- 10 oběhové čerpadlo
- 11 expanzní část
- 12 elektrický generátor
- 13 spalovací komora
- 14 spalínové potrubí
- 15 sekundární kompresor
- 16 horkovodní kotel
- 17 výměníková stanice
- 18 primární teplosměnné plochy
- 19 vstupní vodní větev
- 20 výstupní vodní větev
- 21 horkovodní odvod
- 22 sekundární teplosměnná plocha
- 23 vstupní vzduchová větev
- 24 výstupní vzduchová větev
- 25 vzduchový ohřívák
- 26 regulační armatura
- 27 výfuk
- 28 první uzavěr
- 29 druhý uzavěr
- 30 připojovací armatura
- 31 vstupní armatura
- 32 palivový přívod
- 33 spojka



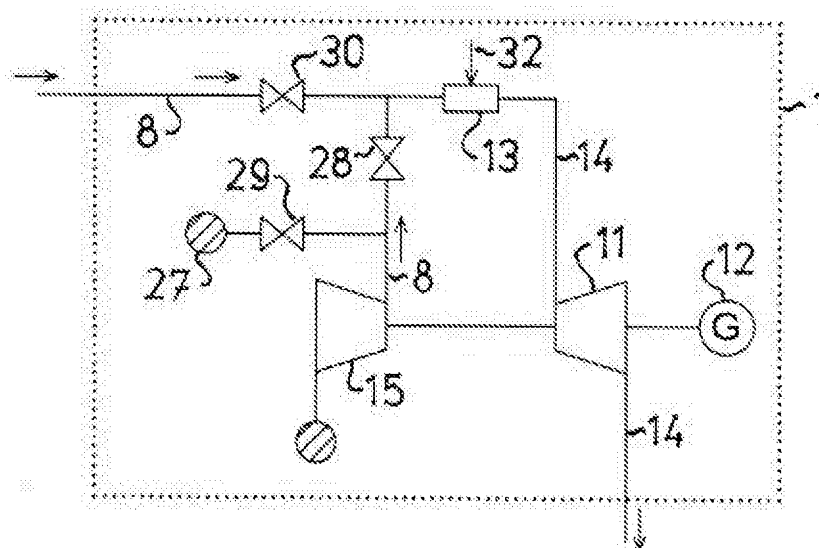
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4