

Zařízení pro využití kompresního tepla

Oblast techniky

5

Vynález se týká oblasti energetiky. Je navrženo zařízení pro využití kompresního tepla, vytvořené vyřešením efektivnějšího zapojení prvků před parní turbínou s elektrickým generátorem.

10

Dosavadní stav techniky

Současná zařízení pro využití kompresního tepla jsou uspořádána pro možnost využít teplo z chlazení komprimovaného plynu pro tepelné výměníky. K chlazení komprimovaného plynu se nejčastěji používá voda. Tato zařízení zahrnují alespoň jednu napájecí nádrž, vodní potrubí pro přívod chladicí vody, alespoň jedno čerpadlo, alespoň jeden kompresor, alespoň jeden plynový chladič pro chlazení komprimovaného plynu, opatřený vodním vstupem a vodním výstupem a plynovým vstupem a plynovým výstupem, přičemž vodní přívod plynového chladiče je připojen na čerpadlo.

20

Jsou známé vícestupňové kompresory, které jsou pro zvýšení své účinnosti vybaveny chladiči komprimovaného plynu mezi jednotlivými kompresními stupni. K chlazení komprimovaného plynu se obvykle používá voda. Může se ale použít i jiné vhodné chladicí médium. U některých aplikací kompresorů se požaduje, vzhledem k technologickému využití stlačeného plynu, snížit teplotu vzduchu na výstupu z kompresoru, a i v tomto případě se na výstup z kompresoru zařazuje chladič.

25

Výše uvedená zařízení mají nevýhodu v tom, že neumožňují využít teplo z chlazení komprimovaného plynu pro pohon parní turbíny. Tato nevýhoda je způsobena tím, že dosud nebylo vyřešeno zapojení, v němž by byl zařazen chladič pro chlazení komprimovaného plynu před parní turbínu s elektrickým generátorem tak, aby teplo z chladiče pro chlazení komprimovaného plynu mohlo být efektivně odváděno k přívodu pro parní turbínu.

30

V dokumentu US 2005/0235625 je popsáno zařízení pro využití odpadního tepla kompresorů, využívající teplo z chlazení komprimovaného plynu pro parní generátor, zapojený před parní turbínou s elektrickým generátorem a kondenzátorem. Zařízení zahrnuje vícestupňový kompresor, nebo několik v sérii zapojených kompresorů, kde mezi jednotlivými kompresorovými stupni nebo kompresory jsou na plynovém potrubí zapojeny vodní chladiče, zde uvedené jako mezichladič a dochlazovač. Zařízení zahrnuje nutný vodní přívod, vodní potrubí a čerpadlo pro zajištění proudění vody ve vodním potrubí. Uvedený US dokument uvádí možnost využití tepla z chlazení komprimovaného plynu alternativně pro dva typy parního generátoru, pro vysokotlaký parní generátor a pro nízkotlaký parní generátor. V obou případech je uvedena podmínka, že generátor musí být opatřen předehřívачem napájecí vody, výparníkem přehřívákem, kondenzátorem, odplyňovacím zařízením a čerpadlem pro dopravu napájecí vody dané parní turbíny.

45

První alternativa podle US 2005/0235625 uvádí možnost využít teplo z komprese plynu pro vysokotlaký parní generátor v klasickém uspořádání. Zařízení obsahuje kromě parní turbíny ještě i plynovou turbínu s vlastní spalovací komorou, přičemž za plynovou turbínou je připojena pomocná spalovací jednotka. Plynová turbína je zde určena pro pohon kompresoru. V zařízení se nachází parní generátor, který je připojený na pomocnou spalovací jednotku a je rozdělen na vysokotlakou část a nízkotlakou část, která každá mají předehřívач napájecí vody, sběrný buben páry, výparník a přehřívák. Dochlazovač je na vodním potrubí zapojen v sérii za mezichladičem. Vodní potrubí z mezichladiče obsahující vodu, ohřátou kompresním teplem, je připojeno na předehřívач napájecí vody, který je umístěn v kanálu naplněném horkými spaliny přivedenými

55

od pomocné spalovací jednotky, tzv. spalínovém tahu. V předehříváči se teplem, přivedeným z komprimovaného plynu, voda ohřeje, a odtud ohřátá voda proudí do sběrného bubnu, připojeného za předehříváčem. Ze sběrného bubnu vede další vodní potrubí do výparníku a parní potrubí do přehříváče, odkud je vedeno do parní turbíny. Přehříváky i výparníky parního generátoru jsou rovněž umístěny ve spalínovém tahu. V tomto zařízení je teplo z komprese kompresního plynu využito pro výrobu elektřiny málo efektivně, protože slouží pouze pro předehřátí vody, přiváděné do předehříváku parního generátoru, přičemž hlavní ohřev, umožňující výrobu páry, je nutno zajišťovat topením ve spalovací jednotce. Přítomnost spalovací jednotky představuje zátěž pro životní prostředí a technologickou zátěž. Je nutné zajišťovat mnoho procesů spojených s přítomností přídavné spalovací jednotky před parním generátorem, jako přívodu paliva pro topení, přívodu vzduchu umožňujícího spalování, čištění spalin podle ekologických předpisů před vypouštěním do ovzduší, aj.

Druhá alternativa podle US 2005/0235625 uvádí možnost využít teplo z komprese plynu pro nízkotlaký parní generátor. Je zde předveden parní generátor, který sestává z výparníků, přehříváků páry a sběrného parního bubnu. Výparníky a přehříváky jsou po jednom od každého umístěny přímo v mezichladiči a dochlazovači.

U obou alternativ zařízení podle US 2005/0235625 je zařízení následkem nutné přítomnosti parního generátoru značně konstrukčně složité. Vyžaduje pro instalaci relativně velký prostor a jeho pořízení je ekonomicky náročné. Přítomnost mnoha prvků, jež jsou součástí parního generátoru, znamená potřebu časté a náročné údržby. Z důvodu přítomnosti parního generátoru je nutné kompresor uvádět do provozu složitými a časově náročnými postupy, což prakticky znemožňuje použít toto zařízení u kompresorů s požadovaným častým a rychlým startem. Další nevýhodou je, že zařízení podle US 2005/0235625 umožňují teplo získané chlazením komprimovaného plynu využít pouze pro výrobu elektřiny a neumožňují kogenerační výrobu tepla a elektřiny. Zejména v lokalitách s potřebou odběru tepla je tato nevýhoda značná, protože pro odběr tepla musí být tyto lokality vybaveny přídavnými nebo samostatnými náročnými systémy a zařízením, což vyžaduje další náklady, další prostory a další potřebné technické a personální vybavení.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nevýhody odstraňuje ve značné míře vynález. Navržené zařízení pro využití kompresního tepla zahrnuje alespoň jednu napájecí nádrž, vodní potrubí pro přívod chladicí vody, alespoň jedno čerpadlo, alespoň jeden kompresor, alespoň jeden vodní chladič pro chlazení komprimovaného plynu vodou, zapojený na plynovém potrubí a opatřený vodním vstupem a vodním výstupem a plynovým vstupem a plynovým výstupem. Vodní přívod vodního chladiče pro chlazení komprimovaného plynu je připojen na čerpadlo. Zařízení dále zahrnuje parní potrubí, na kterém je zapojen alespoň jeden přehřívák páry a za ním parní turbína s elektrickým generátorem. Podstatou nového řešení je, že alespoň jeden z obsažených vodních chladičů pro chlazení komprimovaného plynu má na svůj vodní výstup připojen primární expandér, kde před tímto primárním expandérem je zapojen alespoň jeden akumulátor horké vody. Další podmínky vynálezu jsou uvedeny následovně. Primární expandér má parní výstup do parního potrubí před přehřívákem páry, přičemž přehřívák páry má vodní vstup, který je připojen připojovací větví k vodnímu potrubí nacházejícímu se před primárním expandérem. Akumulátor horké vody má horní část a dolní část, každou opatřenou jedním připojovacím hrdlem pro připojení k vodnímu potrubí, z toho výše situovaným horním hrdlem pro horní část a níže situovaným dolním hrdlem pro dolní část akumulátoru. Tento akumulátor je zapojen následovně. Horní hrdlo je připojeno horním vodním potrubím k úseku vodního potrubí pro přívod vody do primárního expandéru, dolní hrdlo je připojeno dolním vodním potrubím k úseku vodního potrubí mezi čerpadlem a prvním chladičovým přípojem v zařízení, přičemž jako dolní vodní potrubí se rozumí takové potrubí, které je vůči hornímu vodnímu potrubí níže situované.

55

S výhodou je přípojovací větev před přehřívákem opatřena alespoň jedním regulačním ventilem pro nastavení průtoku vody přes přehřívák.

5 Přehřívák má s výhodou na vodní výstup připojen přídatný expandér, mající parní výstup, jenž je připojen parnímu potrubí v úseku mezi primárním expandérem a přehřívákem.

10 Horní vodní potrubí i dolní vodní potrubí je opatřeno uzavíracími armaturami, přičemž úsek vodního potrubí mezi přípojem horního vodního potrubí a přípojem přípojovací větve je s výhodou rovněž opatřen regulační armaturou, a také nejbližší úsek vodního potrubí za přípojem dolního vodního potrubí je s výhodou opatřen další regulační armaturou. K dolnímu vodnímu potrubí je před jeho uzavírací armaturou připojeno odváděcí vodní potrubí, opatřené uzavírací armaturou a připojené k napájecí nádrži.

15 Zařízení podle vynálezu je konstrukčně podstatně jednodušší, než dosavadní zařízení s parními generátory. Umožňuje podstatně jednodušeji a ekonomičtěji, než dosavadní zařízení, využít kompresní teplo, získané v chladiči chlazením komprimovaného plynu chladicí kapalinou, nejen pro pohon parní turbíny s elektrickým generátorem, ale kromě toho i pro dodávku tepla. Umožňuje přizpůsobit provoz zařízení s ohledem na to, zda je nebo není energetická špička, a zejména umožňuje snížit odběr elektřiny z dodavatelské sítě v době energetické špičky, a tak
20 velmi efektivněji zajišťovat stabilní dodávku elektřiny a tepla jak v době energetické špičky, tak i mimo ni. Při nižším odběru elektřiny je možno část ohřáté chladicí kapaliny akumulovat v akumulátoru a využít později, v případě potřeby zvýšené výroby elektřiny. Dalšími výhodami zařízení podle vynálezu je, že v něm mohou být použity i kompresory s častým a rychlým startem, a že zařízení lze zhotovit jako inovaci dosavadních kompresorových stanic přístavbou k
25 dosavadním kompresorům.

Přehled obrázků na výkresech

30 Vynález je blíže objasněn pomocí výkresů, kde znázorňuje Obr. 1 schéma příkladného provedení zařízení podle vynálezu a Obr. 2 detail výhodného provedení s přídatným expandérem.

Příklad provedení vynálezu

35 Příkladem nejlepšího provedení vynálezu je zařízení pro využití kompresního tepla podle Obr. 1. a Obr. 2.

40 Zařízení zahrnuje nutné obvyklé prvky, jako je napájecí nádrž 1, vodní potrubí 2 pro přívod chladicí vody, čerpadlo 3, plynové potrubí 4, vícestupňový kompresor se třemi kompresorovými stupni 41, 42, 43. Je obsaženo také několik vodních chladičů 51, 52, 53 pro chlazení komprimovaného plynu vodou, které jsou zapojeny na plynovém potrubí 4 a opatřeny vodním vstupem a vodním výstupem a plynovým vstupem a plynovým výstupem. Vodní přívod těchto vodních chladičů 51, 52, 53 pro chlazení komprimovaného plynu je připojen na čerpadlo 3.
45 V případě, že je zvolen více než třístupňový kompresor znázorněný ve zde uvedeném příkladu, pak je úměrně větší i počet vodních chladičů 51, 52 mezi kompresorovými stupni 41, 42, 43.

50 Zařízení dále zahrnuje parní potrubí 7, na které je připojena parní turbína 8 s elektrickým generátorem 9 a kondenzátorem 10. Před plynovou turbínou 8 je předřazen přehřívák 11 páry, jehož přívod je připojen k vodnímu potrubí 2, a jehož výstup je připojen na parní potrubí 7. Alespoň jeden z obsažených vodních chladičů 51, 52, 53 pro chlazení komprimovaného plynu, v tomto příkladném provedení druhý vodní chladič 52 a třetí vodní chladič 53, má na svůj vodní výstup připojen primární expandér 6. Před tímto primárním expandérem 6 je v zařízení zapojen akumulátor 16 uzpůsobený konstrukčně pro akumulaci horké vody, přičemž primární expandér 6
55 a akumulátor 16 horké vody tvoří kombinaci prvků zapojenou následovně. Primární expandér 6

má parní výstup do parního potrubí 7 před přehřívákem 11 páry. Přehřívák 11 páry má vodní vstup, který je připojen přípojovací větví 200 k vodnímu potrubí 2, a to v místě nacházejícím se před primárním expandérem 6. Akumulátor 16 horké vody má horní část a dolní část, každou opatřenou jedním přípojovacím hrdlem 17, 18 pro připojení k vodnímu potrubí 2, z toho výše
 5 situovaným horním hrdlem 17 pro horní část a níže situovaným dolním hrdlem 18 pro dolní část akumulátoru 16 horké vody.

Horní hrdlo 17 akumulátoru 16 je připojeno horním vodním potrubím 201 k úseku vodního potrubí 2 pro přívod vody do primárního expandéru 6. Dolní hrdlo 18 je připojeno dolním
 10 vodním potrubím 202 k úseku vodního potrubí 2 nacházejícím se mezi čerpadlem 3 a prvním chladičovým přípojem v zařízení, tedy v tomto příkladu před odbočkou do prvního vodního chladiče 51. Jako dolní vodní potrubí 202 se zde rozumí takové potrubí, které je vůči hornímu vodnímu potrubí 201 níže situované, tedy se tím rozhodně nemíní, že by muselo být umístěno dole v zařízení.

15 Přípojovací větev 200 před přehřívákem 11 páry je opatřena alespoň jedním regulačním ventilem 12, umožňujícím nastavení potřebného průtoku vody přes přehřívák 11.

Horní vodní potrubí 201 i dolní vodní potrubí 202 jsou opatřena uzavíracími armaturami 19, 20.
 20 Úsek vodního potrubí 2 mezi přípojem horního vodního potrubí 201 a přípojem přípojovací větve 200 je opatřen první regulační armaturou 21. Nejbližší úsek vodního potrubí 2 za přípojem dolního vodního potrubí 202 je opatřen druhou regulační armaturou 22. K dolnímu vodnímu potrubí 202 je před jeho uzavírací armaturou 20 připojeno odváděcí vodní potrubí 203, které je opatřeno rovněž uzavírací armaturou 23, a které je připojeno k napájecí nádrži 1.

25 Pro funkci takto zapojeného zařízení je potřeba, aby pro parní turbínu 8 o vstupním tlaku páry, který označíme například jako hodnotu x, bylo do zařízení zvoleno čerpadlo 3 o výstupním tlaku větším než x.

30 Kompressor je opatřen běžnými prvky, jako sacím potrubím 24 a výtlačným potrubím 25.

Při provozu zařízení kompressor nasává plyn sacím potrubím 24 a plyn, komprimovaný v prvním kompresorovém stupni 41, se ochladí v prvním vodním chladiči 51 na požadovanou teplotu před
 35 druhým kompresorovým stupněm 42. Po stlačení na vyšší tlak ve druhém kompresorovém stupni 42 se plyn ochladí ve druhém vodním chladiči 52 na požadovanou teplotu před posledním, třetím kompresorovým stupněm 43. Na teplotu požadovanou ve výtlačném potrubí 25 se komprimovaný plyn ochladí ve třetím vodním chladiči 53. Pro chlazení komprimovaného plynu ve vodních chladičích 51, 52, 53 se používá jako chladicí kapalina voda. Případně lze použít jinou chladicí kapalinu. Zdrojem chladicí vody pro vodní chladiče 51, 52, 53 je napájecí nádrž 1, přičemž
 40 potřebná cirkulace vody je zajišťována čerpadlem 3. Tlak na výstupu čerpadla 3 se volí takový, aby se zajistil požadovaný tlak před primárním expandérem 6. Množství chladicí vody se napájecím čerpadlem 3 reguluje tak, aby se na výstupu z druhého a třetího vodního chladiče 52, 53 dosáhla teplota vody odpovídající saturační teplotě při tlaku v primárním expandéru 6. Ohřátá voda se z prvního vodního chladiče 51 odvádí vodním potrubím 2 k dalšímu využití, nebo pokud
 45 tato možnost není, tak se teplo maří, například do vzduchu, a ochlazená voda se vede zpět do napájecí nádrže 1. Ohřátá voda z druhého a třetího vodního chladiče 52, 53 se přivádí do primárního expandéru 6, v němž expanduje. Pára, uvolněná při expanzi v primárním expandéru 6, se parním potrubím 7 vede přes přehřívák 11 páry do parní turbíny 8, v níž se při expanzi této páry vyrobí elektřina. Expandovaná pára kondenzuje v parním kondenzátoru 10 a v něm vzniklý kondenzát se shromažďuje v napájecí nádrži 1. Voda, odloučená v primárním expandéru 6, se
 50 vodním potrubím 2 odvádí k dalšímu využití, a pokud tato možnost není, tak se teplo maří, například do vzduchu, a ochlazená voda se pak vede zpět do napájecí nádrže 1. Množství odváděné vody se vhodně reguluje, například podle hladiny vody v primárním expandéru 6. Při odběru vody pro další využití se odebraná voda doplňuje do napájecí nádrže 1 z na obrázku neznázorněného vnějšího zdroje, a stejně se doplňuje i ztrátová voda z okruhu. Teplo v horké
 55

vodě, které nelze využít pro výrobu elektřiny na parní turbíně 8, se akumuluje v akumulátoru 16, a lze je odtud čerpat v jinou dobu, v případě potřeby zvýšené výroby elektřiny. Dodávka elektřiny vyrobené parní turbínou 8 tak není závislá na okamžitém výkonu kompresoru.

- 5 Obrázek Obr. 2 ukazuje výhodnou variantu, která se liší od zařízení podle obrázku Obr. 1 tím, že je obsažen přídavný expandér 13. Přídavný expandér 13 má svůj vodní vstup připojen prostřednictvím vodního potrubí 2 na vodní výstup přehříváku 11 páry. Parní výstup přídavného expandéru 13 je připojen k parnímu potrubí 7 v úseku, nacházejícím se mezi primárním expandérem 6 a přehřívákem 11 páry. Výhodou zařízení podle obrázku Obr. 2 je, že umožňuje
10 další zvýšení výroby elektřiny. Toho je dosaženo s pomocí využití další části tepla, nacházejícího se v horké vodě a získaného z kompresního tepla stlačeného plynu. Využitím tohoto tepla v uvedeném příkladném provedení pro výrobu syté páry se po přehřátí v přehříváku 11 páry dosáhne zvýšení výroby elektřiny na parní turbíně 8.

15

PATENTOVÉ NÁROKY

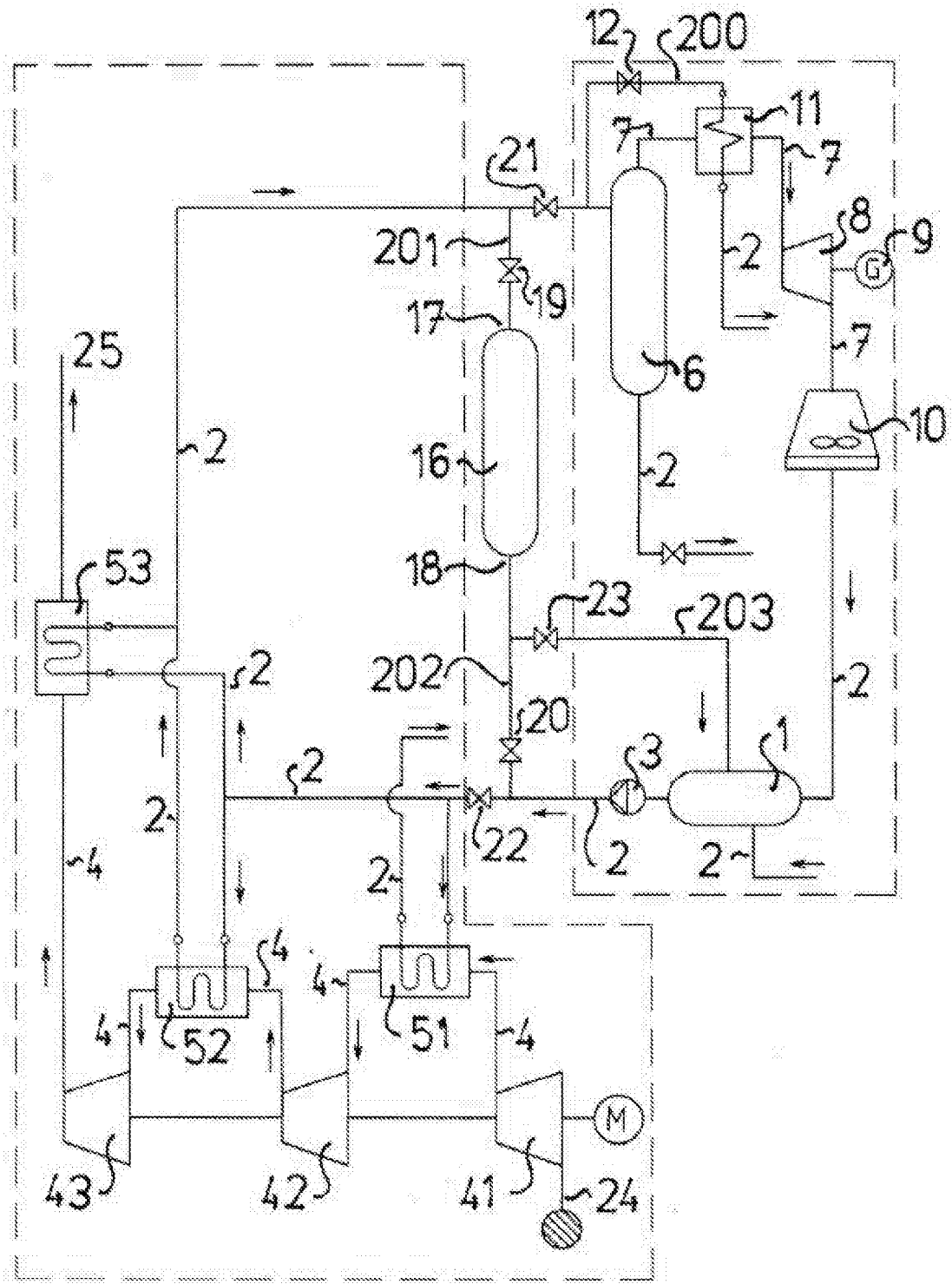
- 20 1. Zařízení pro využití kompresního tepla, zahrnující alespoň jednu napájecí nádrž (1), vodní potrubí (2) pro přívod chladicí vody, alespoň jedno čerpadlo (3), alespoň jeden kompresor, alespoň jeden vodní chladič (51, 52, 53) pro chlazení komprimovaného plynu vodou, zapojený na plynovém potrubí (4) a opatřený vodním vstupem a vodním výstupem a plynovým vstupem a
25 plynovým výstupem, přičemž vodní přívod vodního chladiče (51, 52, 53) pro chlazení komprimovaného plynu je připojen na čerpadlo (3), a přičemž zařízení dále zahrnuje parní potrubí (7), na kterém je zapojen alespoň jeden přehřívák (11) páry a za ním parní turbína (8) s elektrickým generátorem (9), **vyznačující se tím**, že alespoň jeden z obsažených vodních chladičů (51, 52, 53) pro chlazení komprimovaného plynu má na svůj vodní výstup připojen
30 primární expandér (6), kde před tímto primárním expandérem (6) je zapojen alespoň jeden akumulátor (16) horké vody, přičemž
- primární expandér (6) má parní výstup do parního potrubí (7) před přehřívákem (11)
- přehřívák (11) má vodní vstup, který je připojen připojovací větví (200) k vodnímu potrubí (2) nacházejícímu se před primárním expandérem (6)
- akumulátor (16) horké vody má horní část a dolní část, každou opatřenou jedním připojovacím
35 hrdlem (17, 18) pro připojení k vodnímu potrubí (2), z toho výše situovaným horním hrdlem (17) pro horní část a níže situovaným dolním hrdlem (18) pro dolní část akumulátoru (16), kde
- horní hrdlo (17) je připojeno horním vodním potrubím (201) k úseku vodního potrubí (2) pro přívod vody do primárního expandéru (2)
- dolní hrdlo (18) je připojeno dolním vodním potrubím (202) k úseku vodního potrubí (2) mezi
40 čerpadlem (3) a prvním chladičovým přípojem v zařízení, přičemž jako dolní vodní potrubí (202) se rozumí takové potrubí, které je vůči hornímu vodnímu potrubí (201) níže situované.
2. Zařízení pro využití kompresního tepla podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že připojovací větve (200) před přehřívákem (11) je opatřena alespoň jedním regulačním ventilem (12) pro
45 nastavení průtoku vody přes přehřívák (11).
3. Zařízení pro využití kompresního tepla podle nároků 1 a 2, **vyznačující se tím**, že přehřívák (11) má na vodní výstup připojen přídavný expandér (13) mající parní výstup, jenž je připojen k parnímu potrubí (7) v úseku mezi primárním expandérem (6) a přehřívákem (11).
50
4. Zařízení pro využití kompresního tepla podle nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že horní vodní potrubí (201) i dolní vodní potrubí (202) jsou opatřena uzavíracími armaturami (19, 20), přičemž
55 - úsek vodního potrubí (2) mezi přípojem horního vodního potrubí (201) a přípojem připojovací větve (200) je opatřen první regulační armaturou (21)

- nejbližší úsek vodního potrubí (2) za přípojem dolního vodního potrubí (202) je opatřen druhou regulační armaturou (22)
- k dolnímu vodnímu potrubí (202) je před jeho uzavírací armaturou (20) připojeno odváděcí vodní potrubí (203), opatřené uzavírací armaturou (23) a připojené k napájecí nádrži (1).

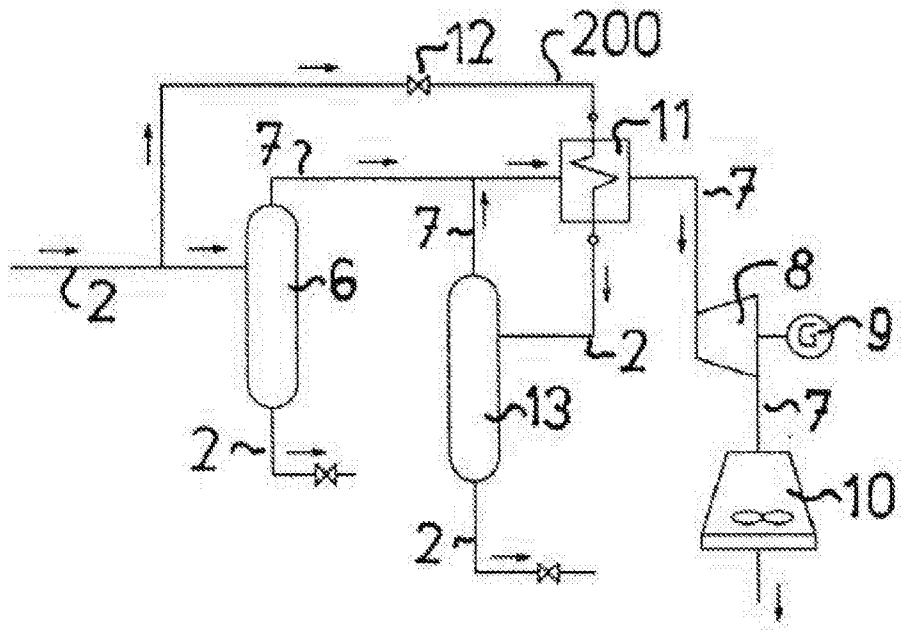
5

Seznam vztahových značek

	1	napájecí nádrž
	2	vodní potrubí
10	3	čerpadlo
	4	plynové potrubí
	41, 42, 43	kompresorové stupně
	51, 52, 53	vodní chladič
	6	primární expandér
15	7	parní potrubí
	8	parní turbína
	9	elektrický generátor
	10	parní kondenzátor
	11	přehřívák
20	12	regulační ventil
	13	přídavný expandér
	16	akumulátor
	17	horní přípojovací hrdlo
	18	dolní přípojovací hrdlo
25	19, 20	uzavírací armatura
	21, 22	regulační armatura
	23	uzavírací armatura
	24	sací potrubí
	25	výtlačné potrubí
30	200	přípojovací větev
	201	horní vodní potrubí
	202	dolní vodní potrubí
	203	odváděcí vodní potrubí



Obr. 1



Obr. 2