

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2020-401
(22) Přihlášeno: 09.07.2020
(40) Zveřejněno: 05.01.2022
(Věstník č. 1/2022)
(47) Uděleno: 24.11.2021
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 05.01.2022
(Věstník č. 1/2022)

F22D 3/00 (2006.01)
F01D 15/10 (2006.01)
F04B 23/02 (2006.01)
F04B 53/10 (2006.01)
F04D 13/16 (2006.01)
F04D 29/40 (2006.01)
F24H 1/18 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
(Výroba elektřiny z akumulovaného tepla v systému pro akumulaci elektřiny; Martin Vařák; diplomová práce; http://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/117496/VAR0035_FS_N2301_2302T006_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y) 2017.
CZ 33525 U1; GB 218796 A; CZ 307476 B6; CN 111140297 A; CN 108224757 A; US 6292628 B1.

(73) Majitel patentu:
Vysoká škola báňská - Technická univerzita
Ostrava, Ostrava, Poruba, CZ
(72) Původce:
doc. Ing. Ladislav Vilimec, Ostrava, Hrabůvka, CZ
Ing. Jaroslav Konvička, Ph.D., Frýdek-Místek,
Místek, CZ
(74) Zástupce:
PatentEnter s.r.o., Koliště 1965/13a, 602 00 Brno,
Černá Pole

(54) Název vynálezu:
**Horkovodní akumulátor, soustava pro
akumulaci a způsob akumulace elektrické
energie**

(57) Anotace:
Předmětem řešení je horkovodní akumulátor, vhodný pro vysoké tlaky, např. 2 až 10 MPa, který je rozdělen na alespoň dvě oddělené komory, kde každá z komor má alespoň jedno hlavní hrdlo pro přívod/vytlačení vody nebo pomocné tekutiny připojitelné na uzavíratelný vstup/výstup. Každému z hlavních hrdel je z vnitřní části nádoby představen opěrný rošt a komory jsou odděleny dělicím vakem připevněným svým okrajem ke stěně nádoby akumulátoru mezi opěrnými rošty pro zabránění mísení vody a pomocné tekutiny v jednotlivých komorách. Část dělicího vaku se pohybuje mezi opěrnými rošty přiváděním vody nebo pomocné tekutiny do kterékoliv z komor za zvětšování jejího objemu a za vytlačování vody nebo pomocné tekutiny při otevřeném výstupu druhé z komor a tím zmenšování jejího objemu. Horkovodní akumulátor přitom spočívá v tom, že jedna z komor je ohřívací komora, vybavená hlavním hrdlem pro přívod/vytlačení vody a vybavená alespoň jedním elektrickým ohřívacím umístěným v prostoru mezi spodním dnem a spodním opěrným roštem, a druhá z komor je pomocná komora, vybavená hlavním hrdlem pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny. Předmětem řešení jsou dále soustava pro akumulaci elektrické energie do horké vody a způsob akumulace elektrické energie.

Horkovodní akumulátor, soustava pro akumulaci a způsob akumulace elektrické energie

Oblast techniky

5

Vynález se týká horkovodního akumulátoru pro akumulaci elektrické energie ohřevem horké vody s následným využitím akumulované energie pro kogenerační dodávku elektřiny a tepla, tedy pro její pozdější využití v souvislosti s poskytováním záporných i kladných služeb, jeho zapojení a soustavy pro akumulaci elektrické energie a způsobu akumulace elektrické energie. Dále se

10 vynález týká soustavy pro akumulaci elektrické energie zahrnující tento horkovodní akumulátor a způsobu akumulace elektrické energie.

Dosavadní stav techniky

15

Dosud je známa řada systémů pro akumulaci elektrické energie. Jedním z nich je i systém mechanické akumulace, kam patří, např. přečerpávací elektrárny, setrvačníky, systémy s akumulací elektřiny do tlakového vzduchu a systémy s akumulací elektřiny do horké vody, které využívají pro akumulaci horkovodní akumulátory.

20

Systémy s horkovodním akumulátorem se v současné době využívají především pro poskytování záporných služeb, což znamená, že zařízení umožňuje akumulaci přebytků elektřiny z distribuční sítě do tepelné energie pracovního média, většinou do vody o nízkém tlaku, např. 1 MPa, přičemž

25 takový systém umožňuje pouze využití akumulované elektřiny pro dodávku tepla, ale nelze ji, vzhledem k nízkému tlaku, transformovat zpět na elektřinu a zajistit tak dodávku špičkové elektřiny z akumulace zpět do distribuční sítě. K tomuto účelu se dnes komerčně využívají elektrodové kotle, které využívají přebytečnou elektřinu odebíranou z distribuční sítě k ohřevu vody mezi elektrodami v elektrodovém kotli, z něž se ohřátá voda o nízkém tlaku využívá pro

30 přímý odběr tepla, např. se dodává do systémů centrálního zásobování teplem, zkráceně CZT, případně do systémů CZT umožňujících časově odloženou dodávku tepla. Známé elektrodové kotle slouží pouze k ohřevu vody, neslouží jako zásobník – akumulátor horké vody, ta se pak může udržovat horká v samostatné nádobě. Nevýhodou takového řešení je, že se přivedená studená voda ohřívá mezi elektrodami, a proto nemůže být k tomuto účelu využita voda chemicky upravená ani kondenzát. Ohřátá voda na požadovanou teplotu pro dodávku tepla, např. 130 °C až 160 °C, se

35 dodává průběžně do tepelné sítě. Dodávku tepla směrem k odběrateli lze zajistit dvěma způsoby. V případě že odběratel potřebuje zajistit málo proměnnou a trvalou dodávku tepla, tak se ohřátá voda z elektrodového kotle dodává přímo do sítě centrálního zásobování teplem a dodávka tepla se provádí průběžně při současném převádění elektrické energie prostřednictvím elektrod na tepelnou energii vody. Pokud se požaduje proměnlivá dodávka tepla ve výkonu i v čase, tak se horkou vodou z elektrodového kotle následně naplňuje samostatně stojící zásobník horké vody,

40 v němž se skladuje do doby, než se bude požadovat zvýšená dodávka tepla. V tomto případě tedy systém sestává z elektrodového kotle a ze zásobníku horké vody. Horká voda nejprve vyrobená odděleně v elektrodovém kotli se dopravuje a skladuje v tomto zásobníku horké vody. Popisovaný systém tedy využívá přebytečnou elektrickou energii jen pro dodávku tepla, nelze jej využít znovu

45 pro výrobu elektřiny.

V současné době existují i nízko výkonné elektrokotle, u nichž se elektřina využívá k výrobě technické páry, např. v potravinářském průmyslu nebo ve zdravotnictví. Tato zařízení však nejsou

50 vhodně uzpůsobena a také neumožňují akumulaci přebytků elektřiny vznikajících v elektrické distribuční síti do horké vody a její transformaci zpět na elektrickou energii. Spotřeba elektřiny v těchto málo výkonných kotlích se řídí podle požadovaného množství vyráběné páry.

Výše uvedené systémy buď zajišťují výrobu horké vody ohřevem elektrickým proudem, ale jejich řízení není zaměřené na akumulaci elektřiny a pro akumulaci se nevyužívají. Nebo to jsou systémy

55 zapojené jako elektrodové kotle, tyto lze využít pro akumulaci elektrické energie do horké vody,

ale vzhledem k nižšímu tlaku vody jen pro poskytování záporných služeb, tedy jen pro odběr přebytečné elektřiny ze sítě, nikoliv však ke zpětné transformaci na elektrickou energii, pouze s využitím k výrobě a dodávky tepla.

- 5 Z patentu CZ 307966 B6 je znám kombinovaný systém, ve kterém je elektrická energie transformována prostřednictvím kompresoru do stlačeného plynu a může být opět transformována zpět prostřednictvím plynové turbíny na elektrickou energii. Druhotně při kompresi plynu vzniká teplo, které je potřeba odvádět, což se provádí chlazením chladičem, ze kterého pak odchází ohřátá voda, ta může být akumulována v horkovodním akumulátoru a následně využita, přičemž
- 10 dokument popisuje využití pouze pro rozvod teplé vody pro dodávku tepla. Ohřev vody tedy neprobíhá přímo v nádobě akumulátoru, ale probíhá ve výměníku kompresním teplem kompresoru umístěným mimo nádobu jednoduchého akumulátoru.

- Jsou známy i systémy, např. podle patentu CZ 307476 B6, u nichž se tepelná energie akumulovaná
- 15 do vysokotlaké horké vody, např. o tlaku vyšším než 4 MPa, může využít i pro zpětnou výrobu elektřiny, optimálně pak pro kogenerační výrobu elektřiny a tepla.

- Elektřina k ohřevu vody a výrobě syté páry se využívá, např. u jaderných elektráren, a to u kompenzátorů objemu, u nichž se vyrobená pára využívá pro regulaci tlaku v systému parogenerátoru. Odebíraná elektřina ze sítě se využívá pro výrobu páry v kompenzátoru objemu.
- 20 Spotřeba elektřiny se řídí podle regulace tlaku páry.

- Existují i zásobníky – akumulátory vysokotlaké vody s externím ohřevem vody, které ve spojení se systémem expandérů horké vody umožňují zpětnou výrobu elektřiny z akumulované energie do
- 25 horké vody. Zpětná výroba elektřiny z akumulované energie se zajistí tak, že horká voda o vysokém tlaku se vede do tlakového expandéru, v němž se při snížení tlaku vody z menšího množství přivedené horké vody v expandéru generuje sytá pára, která se vede na parní turbínu pro výrobu elektřiny, a z větší části přivedené horké vody se v expandéru získá horká voda o nižší teplotě, která se pak využívá pro dodávku tepla v systému CZT.

- 30 Pro efektivní udržení tepla horké vody se využívají tlakové nádoby často opatřené systémem různých vestaveb většinou upravujících přívod a odvod vody tak, aby se zajistila co nejmenší intenzita mísení horké a studené vody jak při plnění horkou vodou, tak i při vyprazdňování nádoby, kdy se se horká voda vytlačuje z nádoby studenou vodou.

- 35 Zásobník pro uskladňování horkých tekutin/vody provedený jako tlaková nádoba opatřená elastickým vakem k zabránění mísení teplé a studené vody je popsán v užitém vzoru CZ 33525 U1. Elastický vak je na jednom svém konci uzavřen dnem a na druhém otevřeném konci je uchycen k vnitřnímu povrchu nádoby uprostřed její výšky, přičemž dno elastického vaku se při
- 40 plnění nebo vyprazdňování nádoby pohybuje spolu s rozhraním horké a studené vody a zabraňuje tak mísení obou kapalin. Popisovaný zásobník, akumulátor, je uvnitř na horním i spodním konci opatřený rošty, jejichž poloha vymezuje nevyšší a nejnižší polohu dna elastického vaku, který se v krajních polohách o tyto rošty opře. Nádoba má horní a dolní dno, dolní část nádoby má přípoj k jednomu typu kapaliny, například k horké kapalině, horní část pak ke druhému typu kapaliny,
- 45 například ke studené kapalině. Dle potřeby může být taková nádoba využita ke skladování horké externě ohřáté tekutiny pro udržení jejího tepla a v případě potřeby k jejímu vytlačení z nádoby prostřednictvím pumpování studené vody do druhé části nádoby. Nevýhodou takového řešení je, že při potřebě vyšší teploty horké vody není možné přímo v nádobě již vodu/tekutinu dohřát na požadovanou teplotu, a dále to, že ji nelze využít pro poskytování záporných služeb při akumulaci
- 50 přebytků elektřiny.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky stavu techniky řeší horkovodní akumulátor, jeho zapojení a soustava pro akumulaci elektrické energie dle vynálezu. Hlavním řešeným problémem vynálezu je, jak efektivně uskladnit a v případě potřeby opět využít elektrickou energii. K tomuto účelu slouží horkovodní akumulátor dle vynálezu s vestavěným elektrickým ohřevem. Konkrétně jde o horkovodní akumulátor vhodný pro vysoké tlaky, např. 5 MPa, jehož vnitřní prostor je vymezen alespoň stěnou nádoby akumulátoru, která je alespoň částečně opatřena tepelnou izolací, a je rozdělen na alespoň dvě oddělené komory, kde každá z komor má alespoň jedno hlavní hrdlo pro přívod/vytlačení vody nebo pomocné tekutiny připojitelné na uzavíratelný vstup/výstup, kde každému z hlavních hrdel je z vnitřní části nádoby představen opěrný rošt, a komory jsou odděleny dělicím vakem připevněným svým okrajem ke stěně nádoby akumulátoru mezi opěrnými rošty pro zabránění mísení vody a pomocné tekutiny v jednotlivých komorách, přičemž část dělicího vaku je pohybovatelná mezi opěrnými rošty přiváděním vody nebo pomocné tekutiny do kterékoliv z komor za zvětšování jejího objemu a za vytlačování vody nebo pomocné tekutiny při otevřeném výstupu druhé z komor a tím zmenšování jejího objemu, jehož podstata spočívá v tom, že jedna z komor je ohřívací komora vybavená hlavním hrdlem pro přívod/vytlačení vody a vybavená alespoň jedním elektrickým ohřívacím a druhá z komor je pomocná komora vybavená hlavním hrdlem pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny. Nádobu akumulátoru je svislá válcová nádoba mající stěnu a spodní a horní dno, přičemž hlavní hrdlo pro přívod/vytlačení vody je zaústěno ve spodním dně a opěrný rošt mu představený je spodní opěrný rošt a hlavní hrdlo pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny je zaústěno v horním dně a opěrný rošt mu představený je horní opěrný rošt a elektrický ohříváč je umístěn v prostoru vytvořeném mezi spodním dnem a spodním opěrným rostem. Ve spodním dně umístěné hrdlo se připojí na potrubní síť, ve které je oddělením od ostatních cest uzavřením armatur možné vytvořit výstupní cestu do generátoru páry při otevření horkovodní armatury na této cestě.

Uvedený horkovodní akumulátor lze využít pro akumulaci a transformaci elektrické energie, a to jak pro poskytování záporných služeb, tak i k poskytování kladných služeb, což znamená, že elektrina se akumuluje do vysokotlaké horké vody, např. o tlaku 4 MPa, takže ji lze využít i pro zpětnou výrobu elektřiny, optimálně pak pro kogenerační výrobu elektřiny a tepla.

Ve výhodném provedení je elektrickým ohřívacím elektrický odporový ohřívací prvek pro elektrický ohřev tekutiny, připojitelný do elektrické distribuční sítě.

Výhodou popisovaného předmětu vynálezu je, že vysokotlaký horkovodní akumulátor umožní sám o sobě prostřednictvím vestavěného odporového ohřevu akumulovat přebytečnou elektřinu do horké vody o vysokém tlaku a teplotě, např. 4 MPa a 250 °C, a prostřednictvím připojitelného systému expandérů umožní z akumulované energie v akumulátoru při jeho vybíjení zajistit současnou výrobu elektřiny, případně současnou výrobu elektřiny a tepla. Další významnou výhodou je, že akumulátor s elektrickým ohřevem při použití odporového topného článku může pracovat s kondenzátem nebo chemicky upravenou vodou, takže ho lze připojit ke každé kogenerační jednotce s parní turbínou, např. ke kogenerační jednotce v ZEVO – zařízení pro energetické využití odpadu – nebo ke kogenerační jednotce s parní turbínou v teplárenském zdroji, aniž by se musela zajišťovat požadovaná vodivost vody. Akumulaci elektřiny lze výhodně provést, s přihlédnutím k následnému využití akumulované energie, jak při požadovaném příkonu, např. 5MWe, 10MWe, 15MWe, 20MWe, a tak i v požadovaném čase, např. 10 minut až 60 minut, akumulace elektřiny se může provést jednorázově pro celý akumulovaný výkon v rozsahu projektované kapacity, nebo se může v rozsahu projektované kapacity provádět přerušovaně, podle potřeby regulátora sítě, například i v intervalech vyjádřených v minutách. Výhodou provedení dle vynálezu je, že zpětnou dodávku kogenerační elektřiny a tepla z akumulované energie lze provést s požadovaným výkonem a v požadovaném čase jednorázově, v rozsahu projektované kapacity, nebo se může v rozsahu projektované kapacity provádět přerušovaně, podle potřeby regulátora sítě.

Ideálně je ohebný dělicí vak tvarově adaptabilní dle tvaru opěrných roštů a stěny nádoby akumulátoru, protože při pohybu jeho dna mezi spodním a horním opěrným rostem se dělicí vak deformuje podle tvaru vnitřního povrchu nádoby za změny objemu ohřívací komory. S výhodou má dělicí vak tepelně izolační vlastnosti.

5

Ve výhodném provedení je izolací opatřený vnitřní povrch stěny nádoby akumulátoru mezi spodním a horním opěrným rostem. Izolaci ve výhodném provedení mohou tvořit vnitřní válcové pláště, jejichž jeden konec je v místě připevnění dělicího vaku připevněný ke stěně nádoby a jejichž druhý konec přesahuje přes spodní i horní opěrný rošt, které jsou upravené v prostoru spodního nebo horního dna.

10

S výhodou je voda v horkovodním akumulátoru využita nejen k ohřevu, ale i jako pomocná tekutina a horkovodní akumulátor zahrnuje napájecí čerpadlo připojené na společnou napájecí nádrž, přičemž hlavní hrdlo vystupující z ohřívací komory pro přívod/vytlačení vody, která má být použita k ohřevu, je připojeno jednak cestou opatřenou alespoň jednou uzavíratelnou armaturou přímo ke vstupu společné napájecí nádrže a jednak cestou opatřenou alespoň jednou uzavíratelnou armaturou nepřímou přes napájecí čerpadlo k výstupu ze společné napájecí nádrže. Dále hlavní hrdlo vystupující z pomocné komory pro přívod/vytlačení vody jako pomocné tekutiny je připojeno jednak cestou opatřenou alespoň jednou uzavíratelnou armaturou přímo ke vstupu společné napájecí nádrže a jednak cestou opatřenou alespoň jednou uzavíratelnou armaturou nepřímou přes napájecí čerpadlo k výstupu ze společné napájecí nádrže.

15

20

Ohřívací komora s výhodou zahrnuje ve stěně nádoby akumulátoru zaústěné alespoň jedno přidavné hrdlo, kterým je ohřívací komora připojena na vnější cirkulační okruh vybavený oběhovým čerpadlem umístěným mimo ohřívací komoru pro vnější cirkulaci vody z ohřívací komory při ohřevu, kde cirkulační okruh má jak každou samostatnou vstupní, tak každou samostatnou výstupní cestu propojující oběhové čerpadlo s ohřívací komorou vybavenou alespoň jednou uzavíratelnou armaturou. Každou takovou cestu je možné vytvořit na různě rozvětvené síti potrubí opatřené uzavíratelnými armaturami tak, že všechny ostatní cesty potenciálně možné v potrubní síti jsou od dané cesty odděleny uzavřením armatur.

25

30

Délka nataženého dělicího vaku odpovídá alespoň vzdálenosti mezi místem připojení dělicího vaku k nádobě a spodním opěrným rostem nejlépe tak, aby se při vysokém vyvinutém tlaku při zvětšování některé z komor mohl tento dělicí vak při maximálním vytvořeném objemu dané komory zapřít o stěny nádoby a opěrné rošty a neprotrhl se dalším působením tlaku na jeho části. Dělicí vak je natažitelný až ke vzdálenějšímu opěrnému roštu, buď díky tomu, že je deformovatelný, tvárný podél prostoru vytvořenému mezi opěrnými rošty a stěnami nádoby, lze pokrčit a natahnout do své maximální délky, nebo může být případně i elastický. Ve výhodném provedení, kdy je nádoba svislá a má v každém svém dně zaústěno hlavní hrdlo pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny nebo vody a do ohřívací komory jsou zaústěna pomocná hrdla, je výhodně adaptabilní dělicí vak umístěn nad nejvýše zaústěným pomocným hrdlem a tento vak je natažitelný od místa svého uchycení až ke vzdálenějšímu opěrnému roštu, takže se o něj může zapřít, a tak předejít jeho protržení. Dělicí vak je například s výhodou připevněn ke stěně nádoby horkovodního akumulátoru v polovině vzdálenosti mezi opěrnými rošty nebo v místě, které je blíže hornímu opěrnému roštu než spodnímu opěrnému roštu.

35

40

45

Ve výhodném provedení horkovodní akumulátor, ve kterém se využívá voda jako pomocná tekutina, je propojen vně nádoby akumulátoru cestou propojující pomocnou komoru a ohřívací komoru, kde na této cestě je umístěno oběhové čerpadlo, které v případě potřeby zajistí přečerpání vody z pomocné komory do ohřívací komory, a dále je propojen vně nádoby akumulátoru cestou propojující ohřívací komoru a pomocnou komoru, kde na této cestě je umístěno oběhové čerpadlo, které v případě potřeby zajistí přečerpání vody z ohřívací komory do pomocné komory. S výhodou lze využít jedno společné čerpadlo pro obě tyto cesty. Cesty mohou být vytvořeny na potrubní síti oddělením od ostatních sítí uzavřením armatur. Každá taková cesta je vybavena alespoň jednou uzavíratelnou armaturou. Každý vstup a výstup z nádoby akumulátoru a do/z čerpadla je vybaven

50

55

uzavíratelnou armaturou, aby bylo možné tyto cesty v určitých fázích provozu akumulátoru uzavřít a otevřít jen pro případ potřeby přečerpávání.

- 5 Preferovaně má vnější cirkulační okruh i přečerpávací okruh společné oběhové čerpadlo, které zajišťuje jednak přečerpání vody z pomocné komory do ohřívací komory, jednak přečerpání vody z pomocné komory do ohřívací komory a jednak vnější oběhovou cirkulaci ohřívání vody z ohřívací komory.

- 10 Preferovaně je tedy do ohřívací komory v prostoru mezi spodním opěrným roštem a místem uchycení dělicího vaku zaústěno alespoň jedno přídavné hrdlo ohřívání tekutiny, nejlépe je zaústěno do vnitřního prostoru spodního vnitřního pláště. Nejlépe jsou taková hrdla dvě v podobě nátrubku, kdy níže zaústěný nátrubek je zapojen na vstupu oběhového čerpadla a výše zaústěný nátrubek je zapojen na výstupu oběhového čerpadla, prostřednictvím obou nebo jednoho z těchto přídavných hrdel, a případně s využitím hlavního hrdla pro přívod/vytlačení vody v dolním dně lze
- 15 vytvořit okruh, který při otevřených armaturách na těchto cestách zajišťuje vnější cirkulaci ohřívání vody z ohřívací komory. Okruh může být vytvořen tak, že jsou otevřeny armatury na jedné z výstupních cest oběhového čerpadla vedoucích do ohřívací komory, například otevřením armatury druhého výstupu oběhového čerpadla vedoucího do výše umístěného pomocného hrdla/nátrubku nebo otevřením armatury třetího výstupu oběhového čerpadla vedoucího do
- 20 hlavního hrdla pro přívod/vytlačení vody v dolním dně ohřívací komory; a zároveň jsou otevřeny armatury na jedné ze vstupních cest do oběhového čerpadla vedoucích z ohřívací komory, například otevřením armatury prvního vstupu do oběhového čerpadla vedoucího do hlavního hrdla pro přívod/vytlačení vody v dolním dně ohřívací komory nebo otevřením armatury druhého vstupu do oběhového čerpadla vedoucího z níže umístěného pomocného hrdla/nátrubku. Pokud je jedna
- 25 z těchto vstupních cest a jedna z výstupních cest otevřena pro cirkulaci ohřívání vody, ostatní cesty jsou od těchto cest odděleny uzavřením na nich umístěných uzavíratelných armatur. Oběhové čerpadlo má zároveň v tomto výhodném provedení svůj první výstup připojen přes uzavíratelnou armaturu prvního výstupu oběhového čerpadla k hlavnímu hrdlu pro vstup/výstup vody jako pomocné tekutiny v horním dně pomocné komory. Pokud je tento první výstup otevřen a zároveň
- 30 otevřena některá ze vstupních cest do oběhového čerpadla přes otevřenou armaturu prvního nebo druhého vstupu – za uzavření ostatních cest může být voda z ohřívací komory přečerpána pomocí oběhového čerpadla do pomocné komory. Oběhové čerpadlo má zároveň v tomto výhodném provedení svůj třetí vstup připojen přes alespoň jednu uzavíratelnou armaturu třetího vstupu do oběhového čerpadla k hlavnímu hrdlu pro vstup/výstup vody jako pomocné tekutiny v horním dně
- 35 pomocné komory a pokud je tento třetí vstup otevřen a zároveň otevřena některá z výstupních cest oběhového čerpadla vedoucích do ohřívací komory, například přes otevřenou armaturu druhého nebo třetího výstupu oběhového čerpadla, může být za uzavření armatur na ostatních cestách přečerpána voda z pomocné komory do oběhové komory.

- 40 Preferovaně je k hlavnímu hrdlu v horním dně pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny připojeno expanzní potrubí, které spojuje pomocnou komoru s expanzní nádobou pro udržování konstantního tlaku v systému horkovodního akumulátoru.

- 45 Dalším předmětem vynálezu je soustava pro akumulaci elektrické energie do horké vody a pro její transformaci zpět na elektrickou energii, ve které je ohřívací komora hlavním hrdlem pro přívod/vytlačení vody pro ohřev přes uzavíratelnou horkovodní armaturu připojena na parní generátor zahrnující alespoň jeden expandér pro vývin syté vodní páry, kde výstup syté vodní páry z expandéru je dále připojen na přehřívák páry, který má svůj výstup přehřáté páry opatřený uzavíratelnou armaturou syté páry uzpůsobený pro přivedení páry k parnímu turbogenerátoru
- 50 elektrárny; a dále výstup kondenzátu z expandéru pro vývin syté páry připojitelný do systému pro dodávku tepla teplou vodu a rovněž opatřený uzavíratelnou armaturou kondenzátu.

- Ve výhodném provedení soustava dále zahrnuje elektrárnu s parním turbogenerátorem s elektrickým generátorem a s parní turbínou s třetím kondenzačním dílem parní turbíny, na jejíž
- 55 vstup je připojen výstup přehřáté páry z parního generátoru, a kde na elektrický generátor navazuje

přenosová soustava a na ní navazující elektrická distribuční síť elektricky připojená na elektrický ohřívач umístěný v nádobě horkovodního akumulátoru, přičemž velikost okamžitého příkonu elektrického ohřívачe nastavuje dispečer podle potřeby regulace přebytku elektřiny v distribuční síti.

5

Dalším předmětem vynálezu je způsob akumulace elektrické energie v horkovodním akumulátoru, ve kterém se k akumulaci elektrické energie použije kterýkoliv z horkovodních akumulátorů uvedených výše.

10 Způsob akumulace elektrické energie se provádí tak, že

– se hlavním hrdlem pro přívod/vytlačení vody nádoby horkovodního akumulátoru do jeho ohřívací komory s měnitelným objemem napustí voda tak, aby zaujímala 25 až 100 % vnitřního objemu nádoby horkovodního akumulátoru, a zbývající vnitřní objem nádoby horkovodního
15 akumulátoru do 100 %, který připadá na pomocnou komoru oddělenou dělicím vakem od ohřívací komory, se naplní přes hlavní hrdlo pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny pomocnou tekutinou, například vodou, a následně

– při indikaci přebytku elektrické energie v distribuční síti se voda v ohřívací komoře ohřeje prostřednictvím v ní umístěného odporového ohřívacího prvku za tlaku 2 MPa až 10 MPa na
20 saturační teplotu odpovídající danému tlaku, například tlaku 2 MPa odpovídá saturační teplota 200 °C nebo tlaku 5 MPa odpovídá saturační teplota 264 °C, a následně

– při indikaci nedostatku elektrické energie v distribuční síti se otevře uzavíratelná horkovodní armatura na výstupu z hlavního hrdla ohřívací komory do expandéru, do pomocné komory se
25 připouští pomocná tekutina za zvětšování objemu pomocné komory, která tlačí na pohyblivé dno dělicího vaku a částečně nebo úplně vytlačí ohřátou vodu z ohřívací komory hlavním hrdlem pro přívod/vytlačení vody z ohřívací komory do expandéru,

– načež se uzavíratelná horkovodní armatura na výstupu z hlavního hrdla ohřívací komory do expandéru uzavře, připouštění pomocné tekutiny do pomocné komory se zastaví a do ohřívací komory se napustí voda, například se přečerpá z pomocné komory pro další ohřev za zvětšování
30 objemu ohřívací komory, přičemž se pomocná tekutina z pomocné komory částečně nebo úplně vytlačí a objem pomocné komory se zmenší.

35

Ve výhodném provedení se voda ohřívána v ohřívací komoře pohání oběhovým čerpadlem umístěným vně ohřívací komory a nechá se při ohřevu cirkulovat vnějším cirkulačním okruhem a ohřívací komorou přes dvě hrdla zaústěná do ohřívací komory až do dosažení požadované
40 teploty.

40

Objasnění výkresů

Podstata vynálezu je dále objasněna na příkladech jeho uskutečnění, které jsou popsány s využitím
45 připojených výkresů, kde na:

obr. 1 je znázorněna soustava horkovodního akumulátoru s elektrickým ohřevem připojeného přes expandér horké vody a přehřívák páry ke vstupu do kondenzačního dílu tříhřídelové parní turbíny;

50

obr. 2 je znázorněna nádoba horkovodního akumulátoru s odporovým topným prvkem pro elektrický ohřev tekutiny s dělicím vakem uchyceným uprostřed mezi horním a spodním opěrným roštem;

obr. 3 je znázorněna nádoba horkovodního akumulátoru s dělicím vakem uchyceným pod horním opěrným roštem a s jedním nátrubkem pro odběr ohříváné tekutiny;

5 obr. 4 je znázorněno zapojení nádoby horkovodního akumulátoru s elektrickým ohřevem k oběhovému čerpadlu, nádrži napájecí vody a k expandéru;

obr. 5 je horkovodní akumulátor s elektrickým ohřevem ve fázi prvního plnění vodou napájecím čerpadlem z nádrže napájecí vody;

10 obr. 6 je horkovodní akumulátor s elektrickým ohřevem v zapojení s oběhovým čerpadlem, který dokončil přečerpávání části vody z ohřívací komory do pomocné komory a je ve výchozím stavu ke krátkodobé akumulaci;

15 obr. 7 je horkovodní akumulátor s elektrickým ohřevem v zapojení při krátkodobé akumulaci;

obr. 8 je horkovodní akumulátor s elektrickým ohřevem v zapojení jednak pro přečerpání vody z pomocné komory do ohřívací komory – šipky podél přerušovaných čar, a jednak následně při dlouhodobé akumulaci – šipky podél plných čar; a

20 obr. 9 je horkovodní akumulátor s elektrickým ohřevem v zapojení pro vytlačení ohřáté vody do expandéru, tzv. vybíjení.

Příklady uskutečnění vynálezu

25 Vynález bude dále objasněn na příkladech uskutečnění s odkazem na příslušné obrázky připojených výkresů.

30 V příkladném provedení se přemění elektrická energie na tepelnou energii ohřevem vody a později při nedostatku elektrické energie se zpětně transformuje tepelně akumulovaná energie na elektrickou energii. Tento způsob může být proveden pomocí soustavy znázorněné na obr. 1, kde je využita sytá pára vyrobená v expandéru 15 jako přídavná energie pro výrobu elektrické energie v parní turbíně parního turbogenerátoru 17 elektrárny, a to ve třetím kondenzačním dílu 18 parní turbíny. Jedno příkladné provedení je provedeno méně efektivně se zapojením pouze výstupu syté páry z expandéru 15 do kondenzačního dílu 18 parního turbogenerátoru 17 pro výrobu přídavku elektrické energie a v tom případě se kondenzát z expandéru 15 dále nevyužívá. Energeticky výrazně výhodnější je především využití druhého příkladného provedení, ve kterém je i kondenzát z expandéru 15 zapojen do soustavy pro dodávku tepla, takže akumulovaná energie se využije pro kogenerační výrobu elektřiny a tepla.

40 Na obr. 1 je znázorněna část soustavy pro akumulaci elektrické energie do horké vody a pro její transformaci zpět na elektrickou energii zahrnující horkovodní akumulátor a zapojení vysokotlakého horkovodního akumulátoru s elektrickým ohřevem přes hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačení vody pro ohřev přes uzavíratelnou horkovodní armaturu 14 k parnímu generátoru 37, zahrnujícímu expandér 15 pro expanzi horké vody na sytou páru a přehřívák 16, který má svůj výstup syté vodní páry opatřený uzavíratelnou armaturou 35 výstupu syté páry připojitelný k parní turbíně parního turbogenerátoru 17 elektrárny s elektrickým generátorem 19. Horkovodní akumulátor zahrnuje nádobu 1 akumulátoru, uvnitř níž je umístěn elektrický ohříváč 4.

50 Uvedená soustava je v dalším příkladném provedení dle obr. 1 rozšířena tak, že zahrnuje elektrárnu s parním turbogenerátorem 17 s parní turbínou a s elektrickým generátorem 19, kde přehřívák 16 syté vodní páry je připojený ke vstupu do posledního – kondenzačního dílu 18 tříhřídelové parní turbíny, a elektrický ohříváč 4 je připojený k nenaznačené elektrické distribuční síti a soustava obsahuje nenaznačený řídicí systém pro zajištění stability elektrické distribuční sítě, ke které je také připojený generátor elektřiny 19. Parní elektrárnou je s výhodou teplárna spalující například

uhlí, plyn nebo biomasu či alternativní paliva včetně spalitelné části odpadů, vybavena elektrickým generátorem 19 a systémem pro dodávku tepla, která využívá transformaci energie například spalováním paliva k výrobě páry hnané do parní turbíny.

- 5 Na obr. 1 je naznačen výstup kondenzátu z expandéru 15 přes uzavíratelnou armaturu 34, který v jednom příkladném provedení není a ve druhém příkladném provedení je dále připojen na neznázorněnou soustavu pro dodávku tepla.

- 10 V příkladných provedeních uvedených výše byl použit horkovodní akumulátor dle následujícího příkladného provedení: horkovodní akumulátor má vnitřní prostor vymezen stěnou nádoby 1 akumulátoru opatřené v oblasti mezi spodním a horním roštem 7, 8 tepelnou izolací a je rozdělen na dvě oddělené komory 2, 3. Jedna z komor 2, 3 je ohřívací komora 2 vybavená zaústěným hlavním hrdlem 5 pro přívod/vytlačení vody a vybavená elektrickým ohříváčem 4 a druhá z komor 2, 3 je pomocná komora 3 vybavená hlavním hrdlem 6 pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny. Tato hrdla 5, 6 jsou připojitelná na uzavíratelný vstup/výstup, například na rozvodnou potrubní síť opatřenou uzavíratelnými armaturami pro směřování tekutiny požadovanou cestou. Každému z hlavních hrdel 5, 6 je z vnitřní části nádoby předsazen opěrný rošt 7, 8 a komory 2, 3 jsou odděleny dělicím vakem 9 připevněným svým okrajem ke stěně nádoby 1 akumulátoru mezi opěrnými rošty 7, 8 pro zabránění mísení vody a pomocné tekutiny v jednotlivých komorách 2, 3.
15 Část dělicího vaku 9 je pohybovatelná mezi opěrnými rošty 7, 8 přiváděním vody nebo pomocné tekutiny do kterékoliv z komor 2, 3 za zvětšování jejího objemu a za vytlačování vody nebo pomocné tekutiny při otevřeném výstupu druhé z komor 2, 3 a tím zmenšování jejího objemu.

- 25 Dělicí vak 9 byl flexibilní, tak aby se mohl případně shrnout a tvořit pohyblivé rozhraní mezi komorami 2, 3. Například lze pro dělicí vak 9 použít materiál na bázi teflonu, případně Multilam nebo Texlam, či jiné vhodné materiály odolné vodě při teplotě, např. 250 °C. V jednom z příkladných provedení byl použit tvarově adaptabilní dělicí vak 9 z materiálu na bázi teflonu. S výhodou má dělicí vak 9 tepelně izolační vlastnosti.

- 30 Izolací bylo opatřeno v příkladných provedeních až 90 % stěny nádoby akumulátoru, přičemž vždy byla izolována především část mezi opěrnými rošty 7 a 8.

- Ve výhodném příkladném provedení byla použita voda i jako pomocná tekutina a nádoba 1 akumulátoru popsaná výše byla připojena k napájecímu čerpadlu 23 připojenému na společnou
35 napájecí nádrž 22. Hlavní hrdlo 5 vystupující z ohřívací komory 2 pro přívod/vytlačení vody, která má být použita k ohřevu, bylo připojeno jednak cestou opatřenou uzavíratelnou armaturou 33 přímo ke vstupu společné napájecí nádrže 22 a jednak cestou opatřenou uzavíratelnou armaturou 31 nepřímo přes napájecí čerpadlo 23 k výstupu ze společné napájecí nádrže 22. Dále hlavní hrdlo 6 vystupující z pomocné komory 3 pro přívod/vytlačení vody jako pomocné tekutiny bylo
40 připojeno jednak cestou opatřenou uzavíratelnou armaturou 33 přímo ke vstupu společné napájecí nádrže 22 a jednak cestou opatřenou uzavíratelnými armaturami 40, 32 nepřímo přes napájecí čerpadlo 23 k výstupu ze společné napájecí nádrže 22.

- V dalším příkladném provedení obsahoval horkovodní akumulátor svislou válcovou nádobu 1 akumulátoru mající stěnu a spodní a horní dno, přičemž hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačení vody je zaústěno ve spodním dně a opěrný rošt mu předsazený je spodní opěrný rošt 7 a hlavní hrdlo 6 pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny je zaústěno v horním dně a opěrný rošt mu předsazený je horní opěrný rošt 8, přičemž elektrický ohříváč 4 je umístěn v prostoru vytvořeném mezi spodním dnem a spodním opěrným roštem 7.
50

- V dalším příkladném provedení navíc ohřívací komora 2 nádoby 1 akumulátoru obsahovala ve své stěně zaústěná dvě přídavná hrdla 10, 11, kterými byla ohřívací komora 2 připojena na vnější cirkulační okruh vybavený oběhovým čerpadlem 24 umístěným mimo ohřívací komoru 2 pro vnější cirkulaci vody z ohřívací komory 2 při ohřevu. Cirkulační okruh měl jak každou samostatnou vstupní, tak každou samostatnou výstupní cestu propojující oběhové čerpadlo 24 s ohřívací
55

komorou 2 vybavenou uzavíratelnou armaturou 26, 27, 28, 29. Dělicí vak 9 byl připevněn ke stěně nádoby 1 akumulátoru v polovině vzdálenosti mezi opěrnými rošty 7, 8 a v alternativním provedení byl blíže k hornímu opěrnému roštu 8, přičemž délka nataženého dělicího vaku 9 dosahovala od místa jeho připevnění ke stěně nádoby 1 akumulátoru až ke spodnímu opěrnému roštu 7.

5

Horkovodní akumulátor představuje samostatné příkladné provedení a dále může být zapojen do soustavy již popsané výše, kde dále hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačení vody má výstup připojitelný do parního generátoru 37 přes uzavíratelnou horkovodní armaturu 14 do expandéru 15 v parním generátoru 37, kde je dále výstup páry z expandéru 15 přiveden propojovacím potrubím do přehříváku 16 páry a parní výstup z přehříváku páry 16 je připojen v tomto příkladném provedení přes uzavíratelnou armaturu 35 výstupu syté páry k parní turbíně parního turbogenerátoru 17, např. tříhřídelové parní turbíně, a to na vstup jejího třetího, tj. kondenzačního dílu 18, společně s výstupem páry z druhého dílu 39, přičemž vstup páry do druhého dílu 39 parní turbíny je připojený k výstupu páry z prvního dílu 38 parní turbíny parního turbogenerátoru 17, k jehož parnímu vstupu je přivedená pára generovaná, např. při spalování odpadů v ZEVO. Je však možné připojení i například k jakémukoli teplárenské (kogenerační) jednotce s parní turbínou protitlakovou nebo kondenzační odběrovou. Hřídele parní turbíny parního turbogenerátoru 17 jsou napojeny na převodovku 21 s elektrickým generátorem 19 a pára vystupuje do kondenzátoru 20. Expandérů 15 může být za sebou umístěno dva i více.

20

V alternativním příkladném provedení může být parní turbína provedena jako jednohřídelová s regulovaným odběrem, v tomto případě se parní výstup z přehříváku 16 páry připojí přes uzavíratelnou armaturu 35 výstupu syté páry k potrubí regulovaného odběru. Parní turbína parního turbogenerátoru 17, připojená ke zdroji páry ze ZEVO, pracuje samostatně i bez přívodu přídavné páry z horkovodního akumulátoru s elektrickým ohřevem, například při jeho odstavení či při jeho nabíjení odebráním přebytečné elektřiny z distribuční sítě a ohřevem vody v akumulátoru. Stejně tak horkovodní akumulátor ve fázi odběru přebytečné elektřiny z distribuční sítě a ohřevu vody pracuje nezávisle na provozu ZEVO, tedy parní turbíny parního turbogenerátoru 17. Horkovodní akumulátor spolu s parním generátorem 37 spolupracuje s parním turbogenerátorem 17 i při odebrání horké vody z akumulátoru, tedy při využití akumulované energie k výrobě elektřiny i pro dodávku tepla, a to tak, že parní turbogenerátor 17 zpracuje veškerou páru dodávanou ze ZEVO i páru dodanou z akumulátoru, takže se zvýší výroba elektřiny na parním turbogenerátoru 17. Při využití akumulované energie z akumulátoru se nezmění odběr páry ze ZEVO do parního turbogenerátoru 17, takže se nezmění ani výkon ZEVO, výkon ZEVO se bude i při připojení akumulátoru řídit podle dodaného množství odpadů ke spalení.

35

Přebytečná elektrická energie z distribuční elektrické sítě se odebere a je použita k elektrickému ohřevu vody v horkovodním akumulátoru, jehož ohřívací komora 2 je alespoň z části naplněná vodou s elektrickým ohříváčem 4, např. v nejvýhodnějším příkladném provedení odporovým ohřívacím prvkem umístěným v nádobě 1 horkovodního akumulátoru, a v případě nedostatku elektrické energie v distribuční síti opět použita k výrobě elektrické energie.

40

Vysokotlaká ohřátá voda o vysokém tlaku, např. 4 až 5 MPa a teplotě odpovídající saturační teplotě při uvedeném tlaku, např. 250 až 264 °C, odebrána z nádoby 1 akumulátoru přes hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačení vody v dolním dně nádoby přivede přes otevřenou horkovodní armaturu 14 do expandéru 15 vodní páry, kde se expanduje na nižší tlak, který v tomto příkladném zapojení odpovídá tlaku páry na vstupu do třetího dílu 18 parní turbíny, např. na tlak 0,8 MPa. Může jít ale dle provozních parametrů různých turbín o tlaky, např. v rozmezí 0,4 až 1,0 MPa. Při této expanzi vznikne z části přivedené horké vody sytá pára a z části voda o teplotě varu odpovídající sníženému tlaku 0,8 MPa. Sytá pára odebrána z horní části expandéru 15 se v přehříváku páry 16 přehřeje na vyšší teplotu, např. 200 °C, která se požaduje na vstupu do třetího dílu 18 parní turbíny, může jít, např. o teploty od 180 do 240 °C, vede se přes otevřenou uzavíratelnou armaturu 35 výstupu syté páry do směšovacího potrubí, kde se smíchá s párou vyrobenou v ZEVO vystupující z druhého dílu 39 parní turbíny a přivede se na vstup do třetího dílu 18 parní turbíny, čímž se zvýší výroba elektřiny na generátoru 19, kde se z této páry vyrobí přídavná elektrická energie, která se dodá do

55

distribuční elektrické sítě. Toto zvýšení elektrického výkonu je vyvolané využitím akumulované energie v horkovodním akumulátoru. Pro ohřátí syté páry z expandéru 15 se jako ohřívací médium použije část vysokotlaké horké vody odebírané z horkovodního akumulátoru, která se po ochlazení v přehříváku 16 páry zavede rovněž do expandéru 15, kde také expanduje na uvedený tlak 0,8 MPa.

5 Horká voda vystupující ze spodní části expandéru 15 se použije pro dodávku tepla.

V příkladném provedení na obr. 2 je znázorněný vysokotlaký horkovodní akumulátor v provedení pro vysoké tlaky a jím odpovídající saturační teploty, např. 4 MPa a 250 °C, je možný i vyšší tlak, ale při vyšším tlaku, např. 5 MPa, se sice zvýší výroba elektřiny z akumulace, ale výrazně se zvýší

10 cena akumulátoru. Tento horkovodní akumulátor sestává z nádoby 1 horkovodního akumulátoru, jejíž vnitřní prostor je vymezen stěnou nádoby a je rozdělen na dvě oddělené komory 2, 3 – ohřívací komoru 2 a pomocnou komoru 3. Nádoba 1 akumulátoru v tomto příkladném provedení je svislá válcová nádoba mající horní a spodní dno. V dolní části nádoby 1 akumulátoru je ohřívací komora 2 se spodním dnem, v němž je zaústěno hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačení vody v podobě

15 nátrubku pro připojení zdroje vody pro ohřev, a v horní zbývající části je pomocná komora 3 s horním dnem, v němž je zaústěno hrdlo 6 rovněž v podobě nátrubku připojitelného ke zdroji pomocné tekutiny. Hrdla 5, 6 přívod/vytlačení tekutiny jsou připojitelná na uzavíratelný vstup/výstup potrubní sítě, případně větvené na více výstupů/vstupů s uzavíratelnými armaturami pro oddělení cest. Ohřívací komora 2 je vybavená elektrickým ohříváčem 4 umístěným uvnitř této

20 komory 2, konkrétně v tomto příkladném provedení odporovým ohřívacím prvkem. Elektrický ohříváč 2 je umístěn svou topnou částí vodorovně v prostoru vytvořeném mezi spodním dnem a opěrným roštem 7. Nádoba 1 akumulátoru je před výstupem pomocné kapaliny hlavním hrdlem 6 pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny v horním dně a ohřívání vody hrdlem 5 pro přívod/vytlačení vody v dolním dně z nádoby 1 akumulátoru opatřena horním opěrným roštem 8 a

25 spodním opěrným roštem 7. Komory 2, 3 jsou odděleny ohebným dělicím vakem 9 připevněným svým otevřeným okrajem ke stěně nádoby 1 akumulátoru mezi opěrnými rošty 7, 8 pro zabránění mísení tekutin v jednotlivých komorách 2, 3, přičemž část dělicího vaku 9, především jeho dno, je pohybovatelné mezi opěrnými rošty 7, 8 přiváděním vody nebo i jiné tekutiny do kterékoliv z komor 2, 3 za zvětšování jejího objemu a vytlačováním vody nebo i jiné tekutiny při otevřeném

30 výstupu druhé z komor 2, 3 a za zmenšování jejího objemu. Dělicí vak 9 je především ohebný a slouží jako pohyblivá přepážka nepropustná pro použité tekutiny v jednotlivých komorách 2, 3. Variantou tohoto příkladného provedení je dělicí vak 9 tvarově adaptabilní podél stěn nádoby a opěrných roštů 7, 8 na bázi PTFE. Dělicí vak 9 je připojen k vnitřní stěně nádoby úchytem 13 dělicího vaku, například pomocí přírubového spoje v polovině výšky mezi horním a spodním

35 opěrným roštem 7, 8, přičemž tato poloha přírubového spoje představuje nejnižší vhodnou polohu pro uchycení dělicího vaku 9. Stěny nádoby 1 akumulátoru jsou izolovány od spodního opěrného roštu 7 po délce ohřívací komory 2 a po délce pomocné komory 3 až po horní opěrný rošt 8, tato varianta částečné izolace však není naznačena na obr. 2. Na obr. 2 je nádoba 1 akumulátoru opatřena spodním a horním vnitřním tepelným izolačním pláštěm 12 s vytvořenou izolační

40 mezerou mezi stěnou nádoby a tímto pláštěm. Do ohřívací komory 2 situované v dolní polovině nádoby 1 akumulátoru na obr. 2 jsou zaústěna dvě pomocná hrdla 10, 11 ve formě nátrubku pro odběr ohřívání tekutiny v prostoru mezi přírubovým spojem a spodním opěrným roštem 7, v tomto příkladném provedení jsou zaústěna do vnitřního prostoru spodního vnitřního pláště 12, přičemž

45 spodní poloha pomocného hrdla/nátrubku 10 odpovídá požadované cirkulaci vody při provozu s cílem dosáhnout nejvyššího akumulovaného výkonu a horní poloha pomocného hrdla 11 odpovídá provozu při zahájení procesu akumulace přebytečné elektřiny, případně při přerušovaném procesu akumulace. Variantní provedení nenaznačené na obr. 2 zahrnuje pouze jedno z těchto uvedených pomocných hrdel 10, 11, tři pomocná hrdla anebo žádné pomocné hrdlo. Odporový ohřívací prvek je na obr. 2 umístěn ve vnitřním prostoru vytvořeném mezi spodním

50 dnem nádoby 1 akumulátoru a spodním opěrným roštem 7, přičemž odporovým ohřívacím prvkem se ohřívá voda obsažená v ohřívací komoře, tedy pod dělicím vakem 9, v tomto provedení především uvnitř spodního vnitřního pláště 12. Voda/pomocná tekutina obsažená v mezeře mezi spodním vnitřním pláštěm 12 a vnitřním povrchem nádoby 1 akumulátoru se ohřívá pomaleji a působí jako izolační vrstva chránící vnitřní povrch nádoby 1 akumulátoru před rychlými změnami

teploty ohřívání tekutiny. Ve variantním provedení jsou v ohřívací komoře 2 dva nebo více odporových ohřívacích prvků.

Horkovodní akumulátor je uzpůsobený pro připojení na dodávku vody k ohřevu a na výstup ohřáté vody do expandéru 15. Případná pomocná hrdla 10, 11 mohou být připojena na různé pomocné přečerpávací a/nebo cirkulační okruhy opatřené oběhovým čerpadlem 24. Pomocná komora 3 je uzpůsobená pro dodávku pomocné tekutiny pro přetlačování dělicího vaku 9 a tím vytlačování ohřívání vody z ohřívací komory 2 do expandéru 15 a také pro vytlačení pomocné tekutiny z pomocné komory 3 naopak při dodávání vody k ohřevu do ohřívací komory 2. V jedné variantě je pomocnou tekutinou stlačený vzduch či jiný vhodný plyn. V další variantě je pomocnou tekutinou kapalina, například nejčastěji voda. Jinou méně využitelnou variantou je použití oleje jako pomocné tekutiny. Dělicí vak 9 je nepropustný jak pro ohřívanou vodu, tak i pro vodu jako pomocnou tekutinu. V jednom variantním provedení byla pomocnou tekutinou voda a oba zdroje a jednotlivé vodní cesty byly zcela nezávislé. V dalším příkladném provedení je pomocnou tekutinou voda připojená na společnou napájecí nádrž 22 a s přečerpávacími a cirkulačním okruhem, například v provedení dle obr. 4 až 9, na kterých pomocná komora 3 tvořená prostorem nad dělicím vakem 9 se dle jednotlivých fází plní studenou tekutinou a dělicí vak 9 zabráňuje mísení vody v jednotlivých komorách 2, 3 a tvoří jejich rozhraní. Na obr. 2 je přírubový spoj situovaný v nejnižší možné vhodné poloze, tj. těsně nad nejvýše zaústěným pomocným hrdlem 11 a pohyblivá část dělicího vaku 9, která představuje především dno dělicího vaku 9, se z výchozí polohy pod horním opěrným roštem 8, která je naznačena tečkovaně na obr. 2, přesouvá dolů, což se provede tak, že přes hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačení vody ve spodním dně se voda z ohřívací komory, tj. z prostoru pod dělicím vakem 9, postupně přesouvá přes hlavní hrdlo 6 pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny v horním dně do pomocné komory 3, tj. do prostoru nad dělicím vakem 9, až se dno dělicího vaku 9 dostane do požadované polohy nad výše zaústěným pomocným hrdlem 11 ohřívání tekutiny. Dno dělicího vaku 9 je posazeno v takové výšce, že umožňuje ohřívanou tekutinu cirkulovat ze spodní části ohřívací komory 2 přes hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačování vody ve spodním dnu nádoby 1 akumulátoru zpět přes oběhové čerpadlo 24 a výše zaústěné pomocné hrdlo 11 do horní části ohřívací komory 2 k dalšímu ohřevu, a to tak dlouho, dokud teplota ohřívání tekutiny pod dělicím vakem 9 nedosáhne požadované teploty, například 250 °C.

V příkladném provedení podle obr. 3 je znázorněna nádoba 1 akumulátoru s elektrickým ohřevem, která je podobná jako na obr. 2 s tím rozdílem, že má úchyt 13 dělicího vaku 9 v podobě šroubového/přírubového spoje nebo i jiného běžně dostupného prostředku k uchycení dělicího vaku 9 v nejvyšší poloze bezprostředně pod horním opěrným roštem 8 a jedno přídatné hrdlo 11 v podobě nátrubku pro odběr ohřívání tekutiny je umístěno v tomto příkladném provedení v polovině vzdálenosti mezi úchytem 13 dělicího vaku a spodním opěrným roštem 7. Alternativně může být umístěno podle potřeby kdekoli mezi úchytem 13 dělicího vaku 9 spodním opěrným roštem 7. Dělicí vak 9 má polohu jeho nejnižší části, tj. dno, vždy před zahájením ohřevu nad úrovní pomocného hrdla 11, aby nepůsobil jako zábrana proti proudění vody tímto pomocným hrdlem 11. Postup při ohřevu tekutiny je stejný jako u obr. 2.

V příkladném provedení podle obr. 4 je znázorněný horkovodní akumulátor s elektrickým ohřevem v provedení podle obr. 2 s připojeným oběhovým čerpadlem 24, dále s připojeným expandérem 15, napájecí nádrží 22 a napájecím čerpadlem 23. Na obr. 4 pro lepší srozumitelnost není naznačen spodní a horní vnitřní plášť 12.

Výstup oběhového čerpadla 24 se větví tak, že je

- první výstup přes uzavíratelnou armaturu 25 prvního výstupu oběhového čerpadla a přes hlavní hrdlo 6 pro přívod/vytlačení vody jako pomocné tekutiny v horním dně nádoby připojen do pomocné komory 3;

- druhý výstup přes uzavíratelnou armaturu 26 druhého výstupu oběhového čerpadla a přes výše zaústěné pomocné hrdlo 11 připojen do ohřívací komory 2; a
- třetí výstup přes uzavíratelnou armaturu 27 třetího výstupu oběhového čerpadla a přes hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačení ohřívané vody v dolním dně nádoby 1 akumulátoru připojen do ohřívací komory 2.

Bezprostředně pod horním dnem s hlavním hrdlem 6 pro přívod/vytlačení vody jako pomocné tekutiny vzniká vnitřní vstupní/výstupní prostor ze spodu ohraničený horním opěrným roštem 8 a podobně bezprostředně nad spodním dnem s hlavním hrdlem 5 pro přívod/vytlačení vody pro ohřev vzniká vstupní/výstupní vnitřní prostor shora ohraničený spodním opěrným roštem 7.

Vstup do oběhového čerpadla 24 se větví tak, že je

- první vstup přes uzavíratelnou armaturu 28 prvního vstupu oběhového čerpadla a přes hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačení vody pro ohřev ve spodním dně připojen k ohřívací komoře 2;
 - druhý vstup přes uzavíratelnou armaturu 29 druhého vstupu oběhového čerpadla a přes níže zaústěné pomocné hrdlo 10 připojen k ohřívací komoře 2; a
 - třetí vstup přes uzavíratelnou armaturu 30 třetího vstupu oběhového čerpadla, uzavíratelnou propojovací armaturu 40 a přes hlavní hrdlo 6 pro přívod/vytlačení vody jako pomocné kapaliny v horním dně nádoby připojen k pomocné komoře 3.
- Výstup z ohřívací komory 2 je připojen přes hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačení ohřívané vody ve spodním dně nádoby 1 akumulátoru a přes uzavíratelnou horkovodní armaturu 14 na vstup do expandéru 15.

Ohřívací komora 2 je připojena k výstupu napájecí nádrže 22 cestou přes hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačení ohřívané vody ve spodním dně nádoby 1 akumulátoru, přes uzavíratelnou armaturu 31 a přes napájecí čerpadlo 23. Ohřívací komora 2 je připojena ke vstupu napájecí nádrže 22 cestou přes hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačení ohřívané vody a přes uzavíratelnou armaturu 33 na vstupu do společné napájecí nádrže. Pomocná komora 3 je připojena k výstupu napájecí nádrže 22 cestou přes hlavní hrdlo 6 v horním dně pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny, přes uzavíratelnou propojovací armaturu 40, uzavíratelnou plnicí armaturu 32 do pomocné komory a přes napájecí čerpadlo 23. Pomocná komora 3 je připojena ke vstupu napájecí nádrže 22 cestou přes hlavní hrdlo 6 v horním dně pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny a přes uzavíratelnou armaturu 33 na vstupu do společné napájecí nádrže.

Dále je k hlavnímu hrdlu 6 v horním dně pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny připojeno expanzní potrubí 36, které spojuje pomocnou komoru 3 s nenaznačenou expanzní nádobou pro udržování konstantního tlaku v nádobě 1 akumulátoru.

Na obr. 4 jsou příkladně tečkovaně naznačeny některé možné polohy dělicího vaku 9 při různých provozních stavech horkovodního akumulátoru.

Různé provozní stavy horkovodního akumulátoru s elektrickým ohřevem z obr. 4 jsou znázorněny na dalších obrázcích obr. 5 až obr. 9.

Na obr. 5 je znázorněn horkovodní akumulátor s elektrickým ohřevem z obr. 4 ve fázi prvního plnění studenou vodou z napájecí nádrže 22 jako zdroje napájecí vody. Tato fáze nastává, např. po ukončení montáže nebo po odstávce zařízení pro provedení revize nebo opravy, která si vyžádala vypuštění vody z nádoby 1 akumulátoru. Napájecí nádrž 22 s napájecím čerpadlem 23 je přes otevřenou uzavíratelnou plnicí armaturu 31 do ohřívací komory připojena k hlavnímu hrdlu 5 pro přívod/vytlačení ohřívané vody ve spodním dně a přes otevřenou uzavíratelnou plnicí armaturu 32

do pomocné komory a otevřenou uzavíratelnou propojovací armaturu 40 k hrdlu 6 v horním dně. V této fázi dochází k plnění ohřívací komory 2 a/nebo pomocné komory 3 vodou z napájecí nádrže 22. Směr proudu vody je vyznačen na obr. 5 směrovými šipkami. Je možný i takový provoz, že je otevřena jen jedna z těchto cest a zcela je naplněna jen jedna z těchto komor 2, 3, neboť je možné přečerpávacím okruhem později vodu přečerpát dle potřeby z jedné komory 2, 3 do druhé. Na obr. 5 je však znázorněna varianta plnění obou komor 2, 3. Ve výsledku na konci této fáze bude nejčastěji ohřívací komora po napuštění zaujímat 50 % objemu nádoby 1 akumulátoru, je však možné plněním pouze jedné z komor 2, 3 a případným přečerpáním nebo různým časem plnění jednotlivých komor dojít do stavu, kdy naplněná ohřívací komora bude zaujímat 25 %, 30 %, 40 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, 95 %, 98 %, 100 % nádoby. Tato procenta představují objemy nádoby 1 akumulátoru v rozmezí mezi opěrnými rošty 7, 8, mezi kterými se dělicí vak 9 může pohybovat, s objemem nad a pod opěrným roštem, kam se dělicí vak 9 nedostane, se nepočítalo. Studená voda se z napájecí nádrže 22 dopravuje napájecím čerpadlem 23 přes otevřenou uzavíratelnou plnicí armaturu 31 a přes hlavní hrdlo 5 ve spodním dně pro přívod/vytlačení vody do ohřívací komory 2 a přes otevřené armatury 32, 40 hlavním hrdlem 6 v horním dně pro přívod/vytlačení vody jako pomocné tekutiny do pomocné komory 3. Odporový ohřívací prvek 4 i oběhové čerpadlo 24 jsou při plnění komor/y 2, 3 vodou z napájecí nádrže 22 mimo provoz. Ostatní uzavíratelné armatury naznačené na obr. 5 jsou v tomto provozním stavu uzavřeny, nebo lépe dle umístění jsou některé z těchto armatur otevírány/uzavírány tak, aby se postupně při posouvající se hladině vody v nádobě 1 akumulátoru při napouštění vody celý systém směrem nahoru od vzdušnil výstupem přes expanzní potrubí 36. Z obr. 5. je patrný konečný stav této fáze plnění obou komor 2, 3 vodou, kdy je nádoba 1 akumulátoru zcela naplněna vodou tak, že se rozhraní obou komor 2, 3 reprezentované dělicím vakem 9 nachází přibližně v polovině výšky nádoby 1 akumulátoru, a to zároveň nad výše zaústěným pomocným hrdlem 11.

Na obr. 6 je znázorněný horkovodní akumulátor s elektrickým ohřevem z obr. 4 v zapojení pro dosažení výchozího stavu ke krátkodobé akumulaci, tzn. že v ohřívací komoře 2 je nachystáno pro ohřev menší množství vody, než by bylo pro dlouhodobou akumulaci. Požadavek na krátkodobou akumulaci může vyplynout například ze situace, kdy provozovatel bude mít s regulátorem distribuční sítě sjednaný určitý odběr elektřiny za určitou dobu, např. 10 MW po dobu 20 minut.

V tom případě se při návrhu nádoby 1 akumulátoru pomocné hrdlo 10 například ve formě nátrubku zaústí do určité vypočítané výšky nad spodním opěrným roštem 7 tak, aby objem v ohřívací komoře mezi spodním ohřívaným roštem 7 polohou bezprostředně nad níže zaústěným pomocným hrdlem 10 odpovídal požadovanému sjednanému odběru z distribuční sítě při ohřevu tekutiny na projektovanou teplotu, např. na 250 °C. Před započítáním ohřívání s krátkodobou akumulací se nejprve upraví objem vody v ohřívací komoře 2 posunem nejspodnější částí dělicího vaku 9, tedy dna tohoto vaku reprezentujícího rozhraní obou komor 2, 3, přepouštěním vody z jedné komory 2, 3 do druhé posunulo dno dělicího vaku 9 do určité předem definované výšky, tj. nejlépe bezprostředně nad níže zaústěné pomocné hrdlo 10. Dno dělicího vaku 9 nemůže být pod níže zaústěným pomocným hrdlem 10, aby mohla být zajištěna správná funkce tohoto hrdla 10. Ze své předchozí polohy, například z polohy naznačené na obr. 4 nebo například z polohy bezprostředně pod horním roštem 8, je přesunuto do požadované polohy, nejlépe bezprostředně nad níže zaústěné pomocné hrdlo 10 tak, že je část vody z ohřívací komory 2, tj. z prostoru pod dělicím vakem 9, částečně přečerpána oběhovým čerpadlem 24 do pomocné komory 3, tj. do prostoru nad dělicím vakem 9. Takto je objem vody v ohřívací komoře 2 nachystán pro následný ohřev. Na obr. 6 je šipkami naznačena cesta pro přečerpání, kdy hlavním hrdlem 5 pro přívod/vytlačení vody ve spodním dně je přes otevřenou uzavíratelnou propojovací armaturu 28 prvního vstupu oběhového čerpadla, přes oběhové čerpadlo 24, které je v provozu, otevřenou uzavíratelnou armaturu 25 prvního výstupu oběhového čerpadla a směrem přes hlavní hrdlo 6 pro přívod/vytlačení vody jako pomocné tekutiny v horním dně voda přečerpána z ohřívací komory 2 do pomocné komory 3. Ostatní naznačené uzavírací armatury jsou při přečerpávání vody uzavřeny. V nádobě 1 akumulátoru se udržuje předem definovaný vysoký tlak, např. 4 MPa.

Na obr. 7 je znázorněn horkovodní akumulátor s elektrickým ohřevem z obr. 4 ve stavu probíhající krátkodobé akumulace elektřiny, tj. ve fázi ohřevu vody v ohřívací komoře. Při indikaci přebytku elektrické energie v distribuční síti se voda v ohřívací komoře 2 ohřeje prostřednictvím v ní umístěného odporového ohřívacího prvku na požadovanou teplotu, např. na 250 °C za tlaku, např. 4 MPa. K efektivnějšímu ohřevu dochází při promíchávání ohřívání vody, například v tomto obrázku naznačenou vnější cirkulací přes oběhové čerpadlo 24 umístěné mimo nádobu 1 akumulátoru. Sání oběhového čerpadla 24 je přes otevřenou propojovací armaturu 29 druhého vstupu oběhového čerpadla připojeno k níže zaústěnému pomocnému hrdlu 10 ve formě nátrubku zaústěného do ohřívací komory 2 a výtlak oběhového čerpadla 24 je přes otevřenou propojovací armaturu 27 třetího výstupu oběhového čerpadla připojen k hlavnímu hrdlu 5 pro přívod/vytlačení vody ve spodním dně. Ostatní na obr. 7 naznačené uzavíratelné armatury jsou uzavřeny. Ohřívání vody z ohřívací komory 2, tj. z prostoru pod dělicím vakem 9, vystupuje přes pomocné hrdlo 10 a přes otevřenou propojovací armaturu 29 druhého vstupu oběhového čerpadla a dopravuje se prostřednictvím oběhového čerpadla 24 přes propojovací armaturu 27 třetího výstupu oběhového čerpadla a hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačení vody ve spodním dně zpět do ohřívací komory 2 a takto cirkuluje až do dosažení požadované teploty, např. výše uvedených 250 °C. Čidlo pro měření této teploty vody je umístěno tak, aby měřilo teplotu vody v ohřívací komoře 2. V ohřívací komoře 2 se voda ohřívá za vysokého tlaku, například 4 MPa. Dosažením požadované teploty za požadovaného tlaku je krátkodobá akumulace elektřiny do horké vody ukončena a horkovodní akumulátor je připraven buď k další etapě akumulace dle popisu k obr. 8, nebo k vybíjení akumulované energie dle popisu k obr. 9.

Na obr. 8 je znázorněn horkovodní akumulátor s elektrickým ohřevem z obr. 4 ve fázi pro dlouhodobou akumulaci elektřiny, tj. při současném ohřevu vody v ohřívací komoře 2 a zvětšujícím se objemu vody v ohřívací komoře 2, výchozí stav dělicího vaku 9 je naznačený na obrázku plnou čarou, cirkulací vody oběhovým čerpadlem 24 přes uzavíratelnou armaturu 28 prvního vstupu oběhového čerpadla a uzavíratelnou armaturu 26 druhého výstupu oběhového čerpadla byla dosažena ve spodní části ohřívací komory 2 mezi spodním roštem a vyšším pomocným hrdlem 11 požadovaná teplota 250 °C. Po dosažení momentu naplnění ohřívací komory 2 na požadovaný objem vody pro akumulaci, kdy už není potřeba přečerpávat další vodu do ohřívací komory 2, se přečerpávání odstaví a pak už se voda pouze ohřívá na požadovanou teplotu za promíchávání prostřednictvím vnější cirkulace, jak je naznačeno šipkami u plných nepřerušovaných čar v obr. 8. Voda je z ohřívací komory 2 nasávána oběhovým čerpadlem 24 přes hlavní hrdlo 5 ve spodním dně pro přívod/vytlačení vody a přes otevřenou uzavíratelnou armaturu 28 prvního vstupu oběhového čerpadla a výtlak oběhového čerpadla 24 vrací tuto vodu přes otevřenou uzavíratelnou armaturu 26 druhého výstupu oběhového čerpadla připojenou k výše zaústěnému pomocnému hrdlu 11 ve formě nátrubku zpět do ohřívací komory 2. Ostatní uzavíratelné armatury na obr. 8 jsou v této fázi uzavřeny. Cirkulaci opět dochází k promíchávání ohřívání vody a tím k efektivnějšímu ohřevu.

Pro pokračování akumulace, aby mohlo být akumulováno do horké vody více energie, je v tomto příkladném provedení současně uzavřena armatura 26 a 28 a otevřou se uzavíratelné armatury 27, 40, 30 a je postupně navyšován objem vody v ohřívací komoře 2 přečerpáním části nebo celého objemu vody prostřednictvím oběhového čerpadla 24 z pomocné komory 3 do ohřívací komory 2, stav je naznačený čárkovanou čarou. Při tomto přečerpávání je horká voda v ohřívací komoře 2, původně ohřátá při krátkodobé akumulaci na požadovanou teplotu 250 °C, mísená se studenou vodou z pomocné komory 3, čímž by došlo ke snížení její teploty pod požadovanou hodnotu a proto se přiváděná voda do ohřívací komory 2 zároveň v elektrickém ohříváči 4 ohřívá tak, aby se teplota vody ve spodní části ohřívací komory 2, tedy mezi spodním roštem 7 a výše zaústěným horním pomocným hrdlem 10, udržovala na požadované hodnotě, například výše uvedených 250 °C. Homogenní teplotu vody v této části ohřívací komory zajišťuje další vnější cirkulační okruh přes armaturu 29, pomocí kterého se část horké vody ze spodní části ohřívací komory 2 cirkuluje zpět do sání oběhového čerpadla 24 a částečně ohřívá cirkulovanou studenou vodu přiváděnou z pomocné komory 3. Za tohoto předpokladu bude teplota vody v horní části ohřívací komory 2, tedy mezi níže zaústěným hrdlem a směrem nahoru se pohybujícím dnem dělicího vaku

9 a tím i části mezi výše zaústěným horním hrdlem 11 a směrem nahoru pohybujícím se dnem dělicího vaku 9, vždy odpovídat požadované teplotě výše uvedených 250 °C. Prováděná vnější cirkulace vody z ohřívací komory 2 přes armaturu 29, přičemž k mísení obou tekutin dochází před nasáváním do oběhového čerpadla 24 a smíšená voda je pak výše zaústěným pomocným hrdlem 11 vracena zpět do ohřívací komory 2, tj. při cirkulaci vody dochází k přimíchávání studené vody na vnějším cirkulačním okruhu. Tyto cesty jsou naznačeny na obr. 8 šipkami převážně u potrubních spojů naznačených přerušovanou čarou. Sání oběhového čerpadla 24 je přes otevřenou uzavíratelnou propojovací armaturu 30 třetího oběhového čerpadla vstupu a otevřenou propojovací armaturu 40 připojeno k hlavnímu hrdlu 6 pro přívod/vytlačení vody jako pomocné tekutiny v horním dnu a současně je sání připojeno přes otevřenou uzavíratelnou propojovací armaturu 29 druhého vstupu oběhového čerpadla k níže zaústěnému pomocnému hrdlu 10. Výtlak oběhového čerpadla 24 je přes otevřenou uzavíratelnou armaturu 27 třetího výstupu oběhového čerpadla a přes hlavní hrdlo 5 pro přívod/vytlačení vody v dolním dně připojen k ohřívací komoře 2, tj. k vnitřnímu prostoru u spodního dna. Níže zaústěné pomocné hrdlo 10 je zaústěno do ohřívací komory 2 v nižší výškové poloze než výše zaústěné pomocné hrdlo 11. Ostatní uzavíratelné armatury naznačené na obr. 8 jsou v této fázi uzavřeny.

Objem vody pro ohřev při dlouhodobé akumulaci je minimálně takový, při kterém je ustaveno dno dělicího vaku 9 do polohy bezprostředně nad výše zaústěné pomocné hrdlo 11, což je na obr. 8 naznačeno plnou čarou dna vaku, a maximálně takový, při kterém je dno dělicího vaku 9 ustaveno do polohy těsně pod horním opěrným roštem 8, což je naznačeno tečkovaně. Požadovaný objem pro dlouhodobou akumulaci může také spadat do rozmezí mezi těmito polohami. Přecherpáním vody z pomocné komory 3 do ohřívací komory 2 se dno dělicího vaku 9 posouvá směrem nahoru až do ustavení v požadované poloze, maximálně však do dosednutí dna dělicího vaku na horní opěrný rošt 8.

Přisávání ohřívání vody přes níže zaústěné pomocné hrdlo 10 a otevřenou uzavíratelnou propojovací armaturu 29 druhého vstupu oběhového čerpadla do sání oběhového čerpadla 24 se řídí tak aby teplota odsávané tekutiny byla na požadované teplotě ohřáté tekutiny, tj. výše uvedených 250 °C. Při takovém provozu bude v prostoru mezi níže zaústěným pomocným hrdlem 10 a posouvajícím se dnem dělicího vaku 9 vždy voda o požadované teplotě, např. 250 °C.

Pokud nebylo ani v této fázi nastaveno dno dělicího vaku 9 do jeho nejvyšší možné polohy, může se proces popsany výše k obr. 8 opakovat až do nastavení dělicího vaku 9 do nejvyšší možné polohy, kdy je akumulace elektřiny do horké vody maximální, tj. do stavu ohřátí na požadovanou teplotu při dně dělicího vaku 9 dosedajícím na horní opěrný rošt 8, nebo se může nabíjení ukončit při dosažení požadované teploty za polohy dna dělicího vaku 9 nižší, než je maximální možná nejvyšší poloha a rovnou přejít k fázi dle obr. 9.

Druhá možnost je přerušit akumulaci elektřiny, to znamená, že došlo k odpojení elektrického ohříváče 4 a bylo odstaveno oběhové čerpadlo 24, ohřátá tekutina zůstane akumulovaná v horkovodním akumulátoru po požadovanou dobu. Pak lze pokračovat v akumulaci elektrické energie ohřevem vody, tak jak je v popisu k obr. 8, nebo lze zahájit vybíjení akumulátoru s dodávkou kogenerační energie z akumulace, podobně jako podle obr. 9.

Třetí možnost je bezprostředně zahájit vybíjení akumulátoru s dodávkou kogenerační energie z akumulace, to je elektřiny a tepla, podobně jak je popsáno v zapojení podle obr. 9.

Při indikaci nedostatku elektrické energie v distribuční síti se otevře uzavíratelná horkovodní armatura 14 na výstupu z hlavního hrdla 5 ohřívací komory 2 do expandéru 15, do pomocné komory 3 se připouští pomocná tekutina přes napájecí čerpadlo 23 za zvětšování objemu pomocné komory 3, která tlačí na pohyblivou přepážku, dělicí vak 9, a částečně nebo úplně vytlačí ohřátou vodu z ohřívací komory 2 hlavním hrdlem 5 pro přívod/vytlačení vody z ohřívací komory 2 do expandéru 15.

- V příkladném provedení podle obr. 9 je znázorněný horkovodní akumulátor s elektrickým ohřevem z obr. 4 ve fázi odběru ohřáté vody pro transformaci zpět na elektrickou energii při nedostatku elektrické energie v elektrické distribuční síti a současně i pro výrobu tepla. Napájecí nádrž 22 s napájecím čerpadlem 23 je přes otevřenou uzavíratelnou plnicí armaturu 32 do pomocné komory a otevřenou uzavíratelnou armaturu 30 třetího vstupu připojena k hlavnímu hrdlu 6 přívod/vytlačení vody jako pomocné tekutiny v horním dně. Výstup z hlavního hrdla 5 pro přívod/vytlačení vody ve spodním dně je přes otevřenou uzavíratelnou horkovodní armaturu 14 připojen k expandéru 15. Ostatní naznačené armatury jsou uzavřeny.
- Před zahájením této fáze je ohřívací komora 2 zcela nebo z části zaplněna horkou vodou o vysokých parametrech, např. výše uvedených 4 MPa a 250 °C, dno dělicího vaku 9 je na počátku opřené buď o horní opěrný rošt 8, nebo i v nižší poloze nad některým pomocným hrdlem 10, 11, byl-li k ohřevu zvolen menší objem než pro maximální možnou akumulaci elektřiny, případně při přerušovaném odběru ohřáté vody pro transformaci zpět na elektřinu a teplo.
- Čerpáním vody z napájecí nádrže 22 prostřednictvím napájecího čerpadla 23 přes otevřenou uzavíratelnou plnicí armaturu 32 do pomocné komory a otevřenou uzavíratelnou armaturu 30 třetího vstupu a hlavní hrdlo 6 v horním dně pro přivedení/vytlačení vody jako pomocné tekutiny se plní pomocná komora 3 vodou, čímž se zvětšuje její objem. Dno dělicího vaku 9 je ze strany pomocné komory 3 tlačeno přitékající vodou a posouvá se směrem ke spodnímu opěrnému roštu 7 a ohřátá voda se z ohřívací komory 2 vytlačuje cestou přes hlavní hrdlo 5 ve spodním dně pro přívod/vytlačení vody a přes otevřenou uzavíratelnou horkovodní armaturu 14 směrem do expandéru 15. Ostatní na obrázku naznačené uzavíratelné armatury jsou uzavřeny. Další kroky vedoucí k transformaci energie na elektrickou jsou znázorněny na obr. 1. Fáze odběru horké vody za vyprazdňování ohřívací komory 2 je ukončena po dosednutí dna dělicího vaku 9 na spodní opěrný rošt 7, kdy je celý prostor mezi opěrnými rošty 7, 8 zaplněn studenou vodou přivedenou z napájecí nádrže 22 do pomocné komory.
- Poté se uzavíratelná horkovodní armatura 14 na výstupu z hlavního hrdla 5 ohřívací komory 2 do expandéru 15 uzavře, připouštění pomocné tekutiny do pomocné komory 3 se zastaví a do ohřívací komory 2 se napustí voda pro další ohřev za zvětšování objemu ohřívací komory 2, přičemž se pomocná tekutina z pomocné komory 3 částečně nebo úplně vytlačí a objem pomocné komory 3 se zmenší.
- Pro zahájení dalšího cyklu akumulace elektrické energie do horké vody se dno dělicího vaku 9 musí ustavit například přečerpáním části nebo celého objemu vody z pomocné komory 3 do ohřívací komory 2 do takové polohy, která odpovídá ohřevu požadovaného objemu, přičemž pro krátkodobou akumulaci energie je tato poloha nejnižší bezprostředně nad níže zaústěným pomocným hrdlem 10 a pro dlouhodobou akumulaci je bezprostředně nad výše zaústěným pomocným hrdlem 11, což je preferovaná poloha, v principu může tato poloha být v jakékoliv výšce mezi pomocnými hrdly 10, 11. Pro dlouhodobou akumulaci se pak dno dělicího vaku 9 pohybuje v kterékoliv výšce mezi pomocným hrdlem 11 a horním opěrným roštem 8.

45 Průmyslová využitelnost

Výše popsaný vynález je dále možné využít v oblasti teplárenství, v ZEVO, průmyslové energetice.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Horkovodní akumulátor, vhodný pro vysoké tlaky, např. 2 až 10 MPa, jehož vnitřní prostor je
 5 vymezen alespoň stěnou nádoby (1) akumulátoru, která je alespoň částečně opatřena tepelnou
 izolací, a je rozdělen na alespoň dvě oddělené komory (2, 3), kde každá z komor (2, 3) má alespoň
 jedno hlavní hrdlo (5, 6) pro přívod/vytlačení vody nebo pomocné tekutiny připojitelné na
 uzavíratelný vstup/výstup, kde každému z hlavních hrdel (5, 6) je z vnitřní části nádoby před
 10 opěrný rošt (7, 8), a komory (2, 3) jsou odděleny dělicím vakem (9) připevněným svým okrajem
 ke stěně nádoby (1) akumulátoru mezi opěrnými rošty (7, 8) pro zabránění mísení vody a pomocné
 tekutiny v jednotlivých komorách, přičemž část dělicího vaku (9) je pohybovatelná mezi opěrnými
 rošty (7, 8) přiváděním vody nebo pomocné tekutiny do kterékoliv z komor (2, 3) za zvětšování
 15 jejího objemu a za vytlačování vody nebo pomocné tekutiny při otevřeném výstupu druhé
 z komor (2, 3) a tím zmenšování jejího objemu, přičemž nádoba (1) akumulátoru je svislá válcová
 nádoba mající stěnu a spodní dno, kterému je představen spodní opěrný rošt (7), a horní dno,
 kterému je představený horní opěrný rošt (8), **vyznačující se tím**, že jedna z komor (2,3) je ohřívací
 komora (2), vybavená hlavním hrdlem (5) pro přívod/vytlačení vody zaústěným ve spodním dně,
 a alespoň jedním elektrickým ohřívacím (4) umístěným v prostoru vytvořeném mezi spodním
 20 dnem a spodním opěrným roštem (7), a druhá z komor je pomocná komora (3), vybavená hlavním
 hrdlem (6) pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny zaústěným v horním dně.
2. Horkovodní akumulátor podle nároku 1, v němž elektrickým ohřívacím (4) je elektrický
 odporový ohřívací prvek pro elektrický ohřev tekutiny připojitelný do elektrické distribuční sítě.
- 25 3. Horkovodní akumulátor podle nároku 1 nebo 2, ve kterém je dělicí vak (9) tvarově adaptabilní
 dle tvaru opěrných roštů (7, 8) a stěny nádoby (1) akumulátoru.
4. Horkovodní akumulátor podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3, ve kterém je vnitřní povrch stěny
 30 nádoby (1) akumulátoru mezi spodním opěrným roštem (7) a horním opěrným roštem (8) opatřen
 izolací.
5. Horkovodní akumulátor podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3, pro využití vody jako pomocné
 tekutiny, který zahrnuje napájecí čerpadlo (23) připojené na společnou napájecí nádrž (22), ve
 kterém je každé hlavní hrdlo (5, 6) pro přívod/vytlačení vody nebo pomocné tekutiny z/do nádoby
 35 (1) akumulátoru připojeno jednak vlastní cestou opatřenou alespoň jednou uzavíratelnou armaturou
 (33) přímo ke vstupu společné napájecí nádrže (22) a jednak vlastní cestou opatřenou alespoň
 jednou uzavíratelnou armaturou (31, 32, 40) nepřímo přes napájecí čerpadlo (23) k výstupu ze
 společné napájecí nádrže (22).
- 40 6. Horkovodní akumulátor podle kteréhokoliv z nároků 1 až 5, kde ohřívací komora (2) zahrnuje
 ve stěně nádoby (1) akumulátoru zaústěné alespoň jedno přídatné hrdlo (10, 11), kterým je ohřívací
 komora (2) připojena na vnější cirkulační okruh vybavený oběhovým čerpadlem (24) umístěným
 mimo ohřívací komoru (2) pro vnější cirkulaci vody z ohřívací komory (2) při ohřevu, kde
 cirkulační okruh má jak každou samostatnou vstupní cestu, tak každou samostatnou výstupní cestu
 45 propojující oběhové čerpadlo (24) s ohřívací komorou (2) vybavenou alespoň jednou uzavíratelnou
 armaturou (26, 27, 28, 29), přičemž dělicí vak (9) je připevněn ke stěně nádoby (1) horkovodního
 akumulátoru nad nejvýše zaústěným pomocným hrdlem (10, 11), přičemž část dělicího vaku (9) je
 natažitelná až ke vzdálenějšímu z opěrných roštů (7, 8).
- 50 7. Horkovodní akumulátor podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, pro využití vody jako
 pomocné tekutiny, zahrnující mezi pomocnou komorou (3) a ohřívací komorou (2) cestu vně
 nádoby (1) akumulátoru s oběhovým čerpadlem (24) pro zajištění přečerpání vody z pomocné
 komory (3) do ohřívací komory (2), a dále zahrnující mezi ohřívací komorou (2) a pomocnou
 komorou (3) cestu vně nádoby (1) akumulátoru s oběhovým čerpadlem (24) pro přečerpání vody
 55 z ohřívací komory (2) do pomocné komory (3), kde každý vstup i výstup těchto cest

do/z nádoby (1) akumulátoru je vybaven alespoň jednou uzavíratelnou armaturou (25, 26, 27, 28, 29, 30, 40), výhodně je cirkulačním okruhu a cestám pro přečerpání vody mezi pomocnou a ohřívací komoru společně jedno oběhové čerpadlo (24).

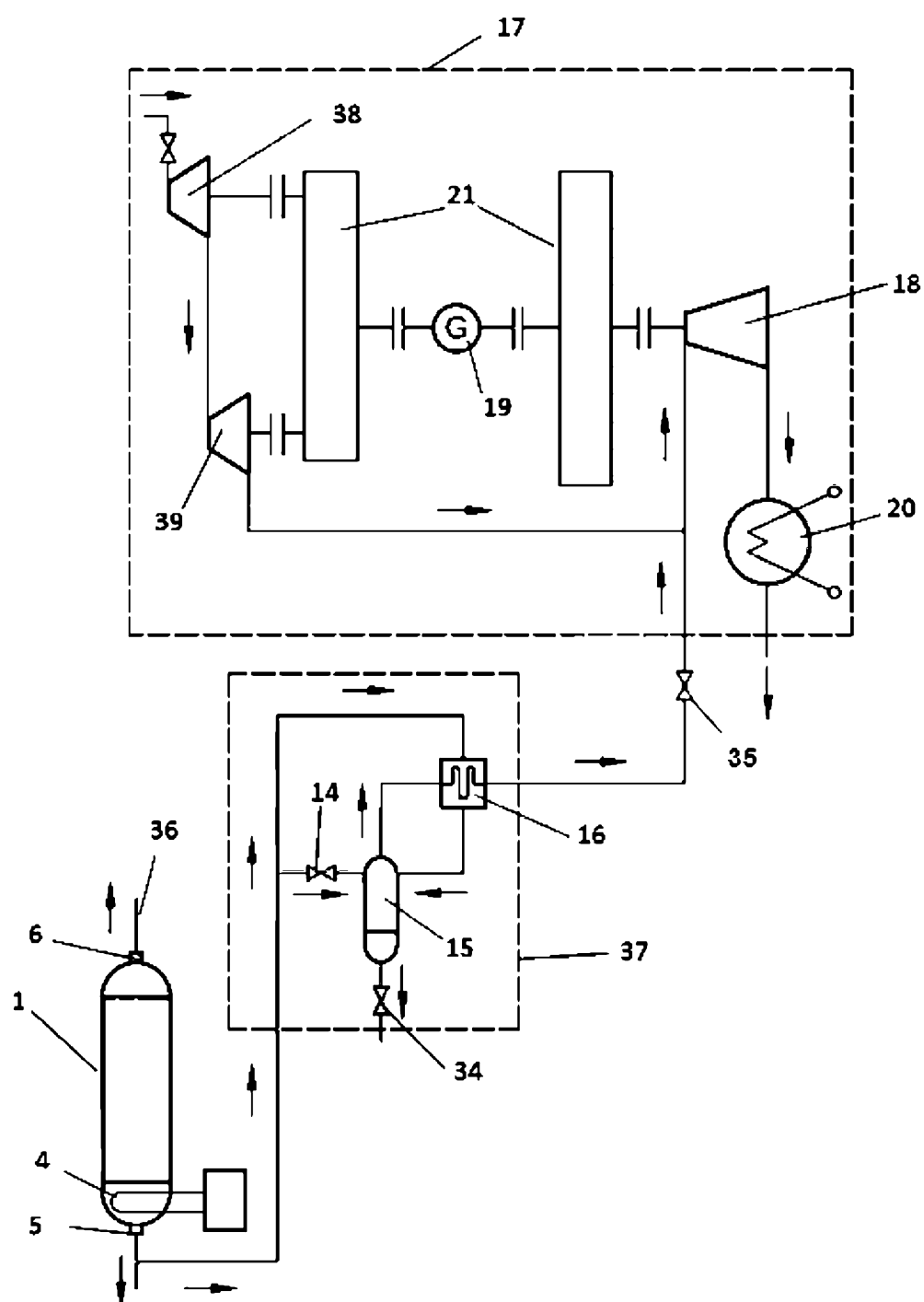
- 5 8. Soustava pro akumulaci elektrické energie do horké vody a pro její transformaci zpět na elektrickou energii, zahrnující parní generátor (37), který obsahuje alespoň jeden expandér (15) syté vodní páry, kde výstup syté vodní páry z expandéru (15) je dále připojen na přehřívák páry (16), který má svůj výstup přehřáté páry opatřený uzavíratelnou armaturou (35) syté páry pro přivedení páry k parnímu turbogenerátoru (17) elektrárny; a dále výstup kondenzátu z expandéru (15) syté páry připojitelný do systému pro dodávku tepla teplou vodu a rovněž opatřený uzavíratelnou armaturou (34) kondenzátu, **vyznačující se tím**, že tato soustava dále zahrnuje horkovodní akumulátor dle kteréhokoliv z nároků 1 až 7, ve které je ohřívací komora (2) hlavním hrdlem (5) pro přívod/vytlačení vody pro ohřev přes uzavíratelnou horkovodní armaturu (14) připojena na parní generátor (37).
- 10 9. Soustava podle nároku 8, která dále zahrnuje elektrárnu s parním turbogenerátorem (17) s elektrickým generátorem (19) a s parní turbínou s třetím - kondenzačním dílem parní turbíny (18), na jejíž vstup je připojen výstup přehřáté páry z parního generátoru (37), a kde na elektrický generátor (19) navazuje přenosová soustava a na ní navazující elektrická distribuční síť elektricky připojená na elektrický ohříváč (4) umístěný v nádobě (1) horkovodního akumulátoru, přičemž velikost okamžitého příkonu elektrického ohříváče (4) je nastavitelná v závislosti na regulaci přebytku elektřiny v distribuční síti.
- 15 10. Způsob akumulace elektrické energie v horkovodním akumulátoru dle kteréhokoliv z nároků 1 až 8, při kterém se
- 25 – hlavním hrdlem (5) pro přívod/vytlačení vody nádoby (1) horkovodního akumulátoru do jeho ohřívací komory (2) s měnitelným objemem napustí voda tak, aby zaujímala 25 až 100 % vnitřního objemu nádoby (1) horkovodního akumulátoru, a zbývající vnitřní objem nádoby (1) horkovodního akumulátoru do 100 %, který připadá na pomocnou komoru (3) oddělenou dělicím vakem (9) nepropustným pro vodu od ohřívací komory (2), se naplní přes hlavní hrdlo (6) pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny pomocnou tekutinou, například vodou, a následně
- 30 – při indikaci přebytku elektrické energie v distribuční síti se voda v ohřívací komoře (2) ohřeje prostřednictvím v ní umístěného elektrického ohříváče (4) za tlaku od 2 do 10MPa na saturační teplotu odpovídající danému tlaku, a následně
- 35 – při indikaci nedostatku elektrické energie v distribuční síti se otevře uzavíratelná horkovodní armatura (14) na výstupu z hlavního hrdla (5) ohřívací komory (2) do expandéru (15), do pomocné komory (3) se připouští pomocná tekutina za zvětšování objemu pomocné komory (3), která tlačí na pohyblivou část dělicího vaku (9) a částečně nebo úplně vytlačí ohřátou vodu z ohřívací komory (2) hlavním hrdlem (5) pro přívod/vytlačení vody z ohřívací komory (2) do expandéru (15),
- 40 – načež se uzavíratelná horkovodní armatura (14) na výstupu z hlavního hrdla (5) ohřívací komory (2) do expandéru (15) uzavře, připouštění pomocné tekutiny do pomocné komory (3) se zastaví a do ohřívací komory (2) se napustí voda pro další ohřev za zvětšování objemu ohřívací komory (2), přičemž se pomocná tekutina z pomocné komory (3) částečně nebo úplně vytlačí a objem pomocné komory (3) se zmenší.
- 45 50

11. Způsob akumulace elektrické energie podle nároku 10, při kterém se voda ohřívána v ohřívací komoře (2) pohání oběhovým čerpadlem (24) umístěným vně ohřívací komory (2) a nechá se při ohřevu cirkulovat vnějším cirkulačním obvodem a ohřívací komorou přes dvě hrdla (5, 10, 11) zaústěná do ohřívací komory až do dosažení požadované teploty.

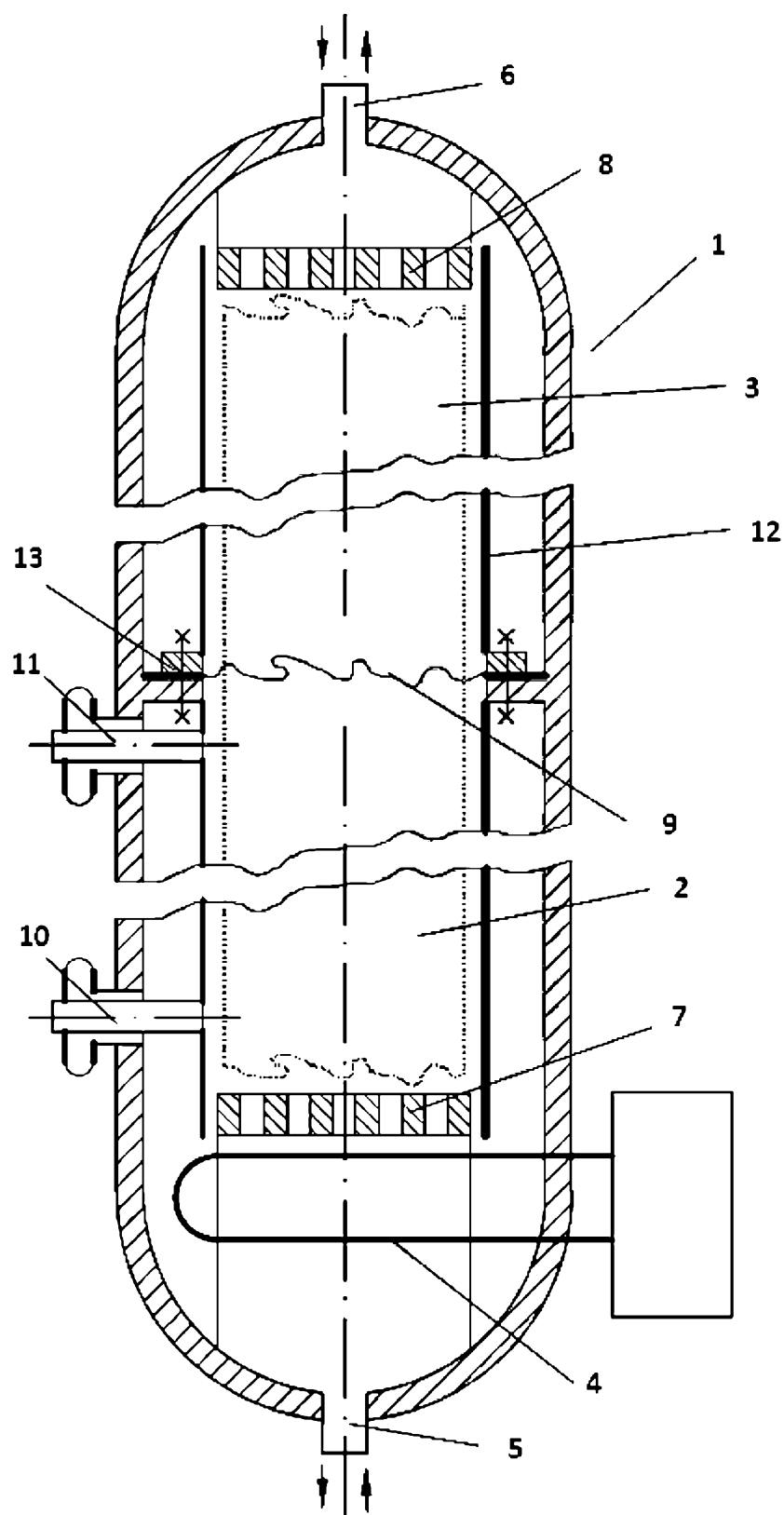
9 výkresů

Seznam vztahových značek

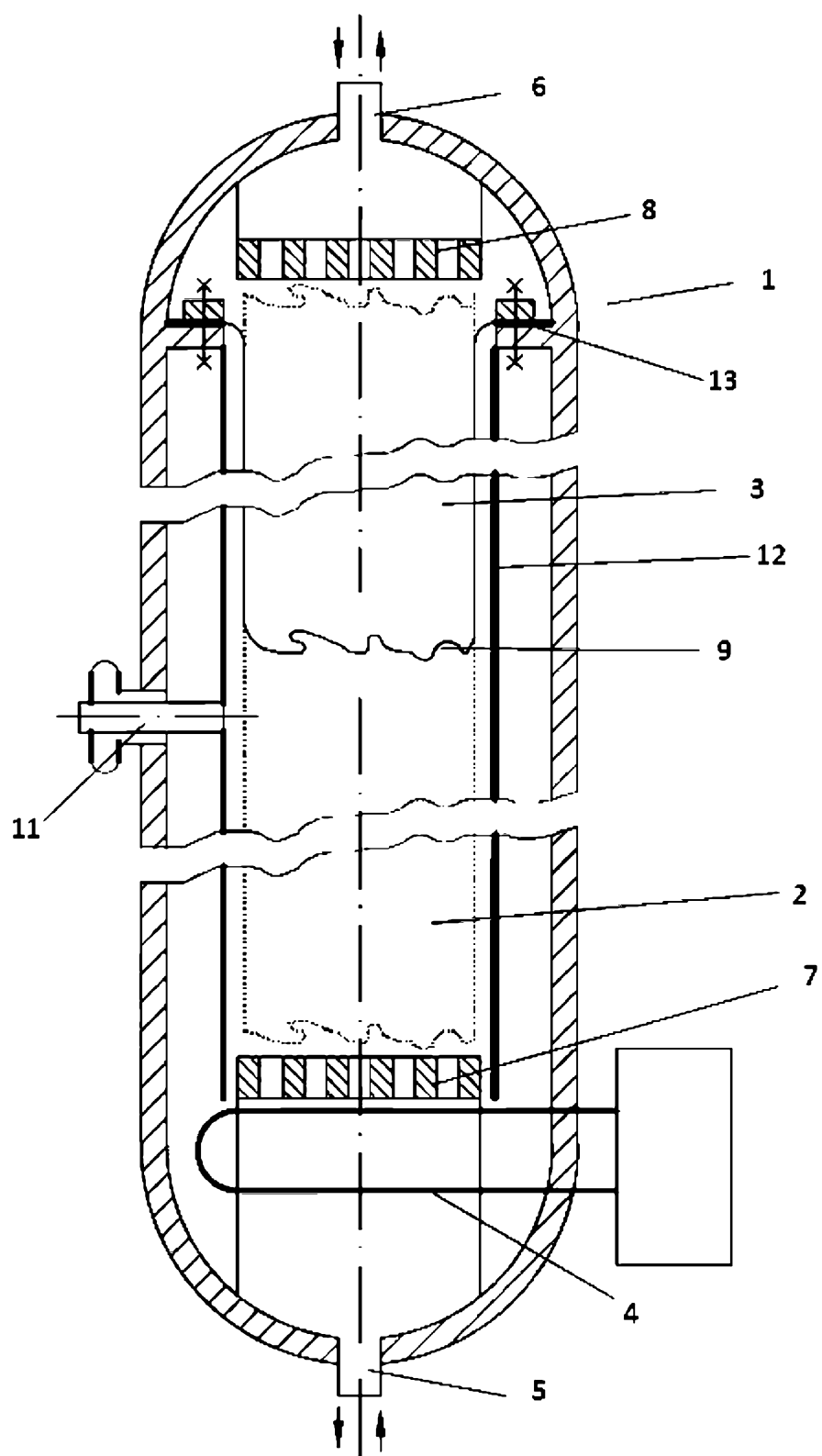
- 1 nádoba akumulátoru
- 2 ohřívací komora
- 3 pomocná komora
- 4 elektrický ohříváč
- 5 hlavní hrdlo pro přívod/vytlačení vody
- 6 hlavní hrdlo pro přívod/vytlačení pomocné tekutiny
- 7 spodní opěrný rošt
- 8 horní opěrný rošt
- 9 dělicí vak
- 10 níže zaústěné pomocné hrdlo
- 11 výše zaústěné pomocné hrdlo
- 12 vnitřní plášť
- 13 úchyt dělicího vaku
- 14 horkovodní uzavíratelná armatura
- 15 expandér
- 16 přehřívák páry
- 17 parní turbogenerátor
- 18 třetí - kondenzační díl parní turbíny
- 19 elektrický generátor
- 20 kondenzátor
- 21 převodovka
- 22 napájecí nádrž
- 23 napájecí čerpadlo
- 24 oběhové čerpadlo
- 25 uzavíratelná armatura prvního výstupu oběhového čerpadla
- 26 uzavíratelná armatura druhého výstupu oběhového čerpadla
- 27 uzavíratelná armatura třetího výstupu oběhového čerpadla
- 28 uzavíratelná armatura prvního vstupu oběhového čerpadla
- 29 uzavíratelná armatura druhého vstupu oběhového čerpadla
- 30 uzavíratelná armatura třetího vstupu oběhového čerpadla
- 31 uzavíratelná plnicí armatura do ohřívací komory
- 32 uzavíratelná plnicí armatura do pomocné komory
- 33 uzavíratelná armatura na vstupu do společné napájecí nádrže
- 34 uzavíratelná armatura kondenzátu
- 35 uzavíratelná armatura výstupu syté páry
- 36 expanzní potrubí
- 37 parní generátor
- 38 první díl parní turbíny
- 39 druhý díl parní turbíny
- 40 uzavíratelná propojovací armatura



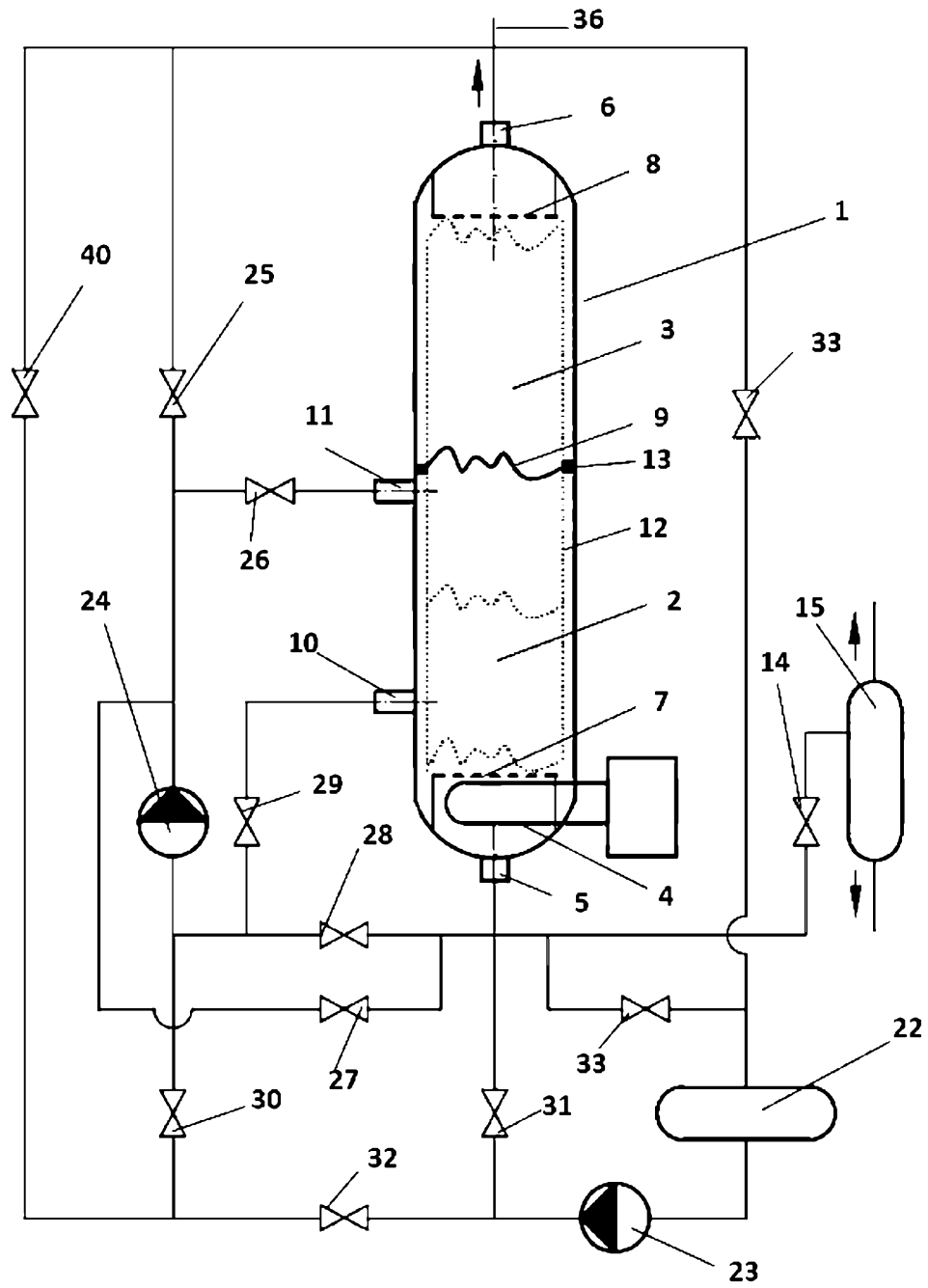
Obr. 1



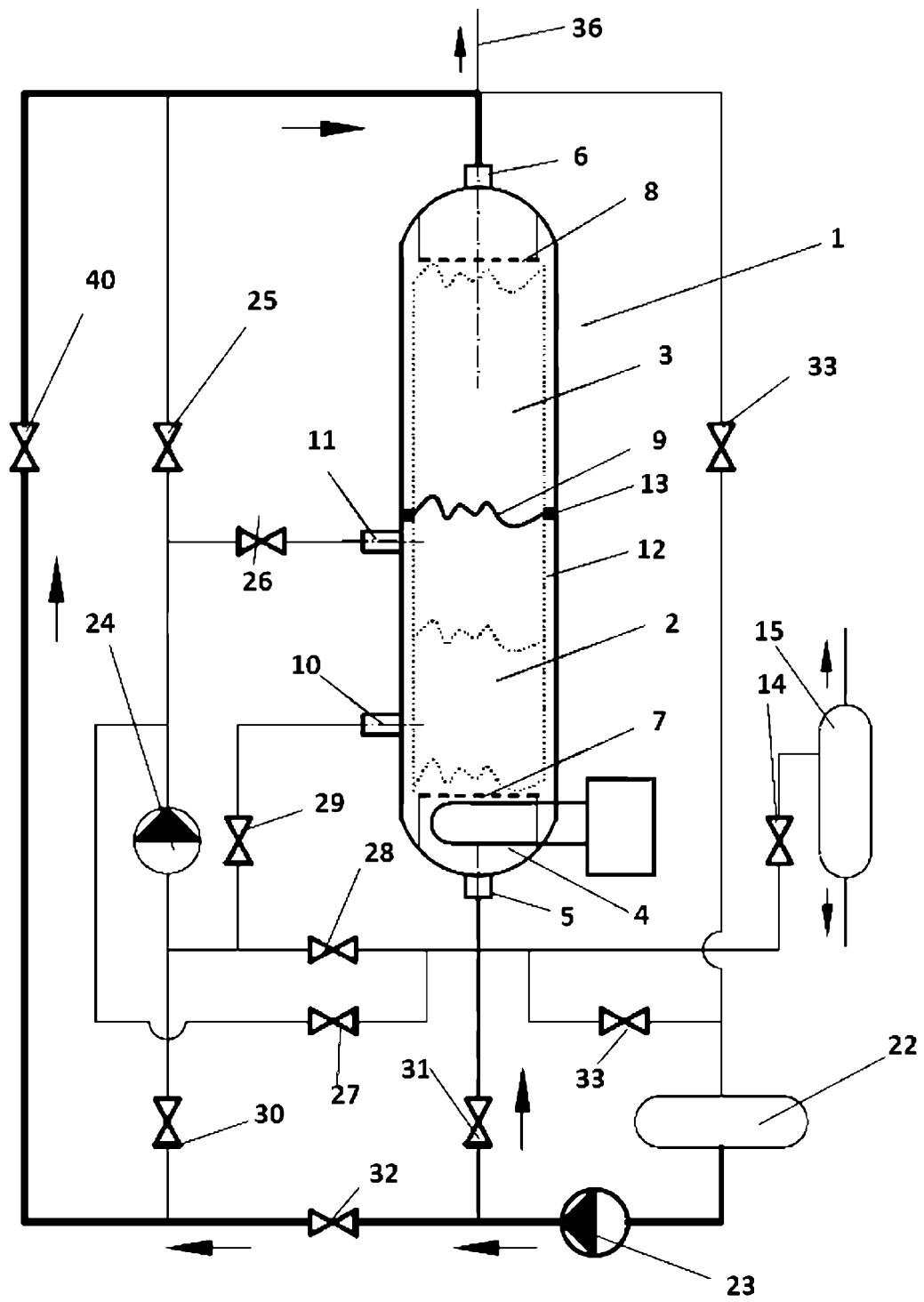
Obr. 2



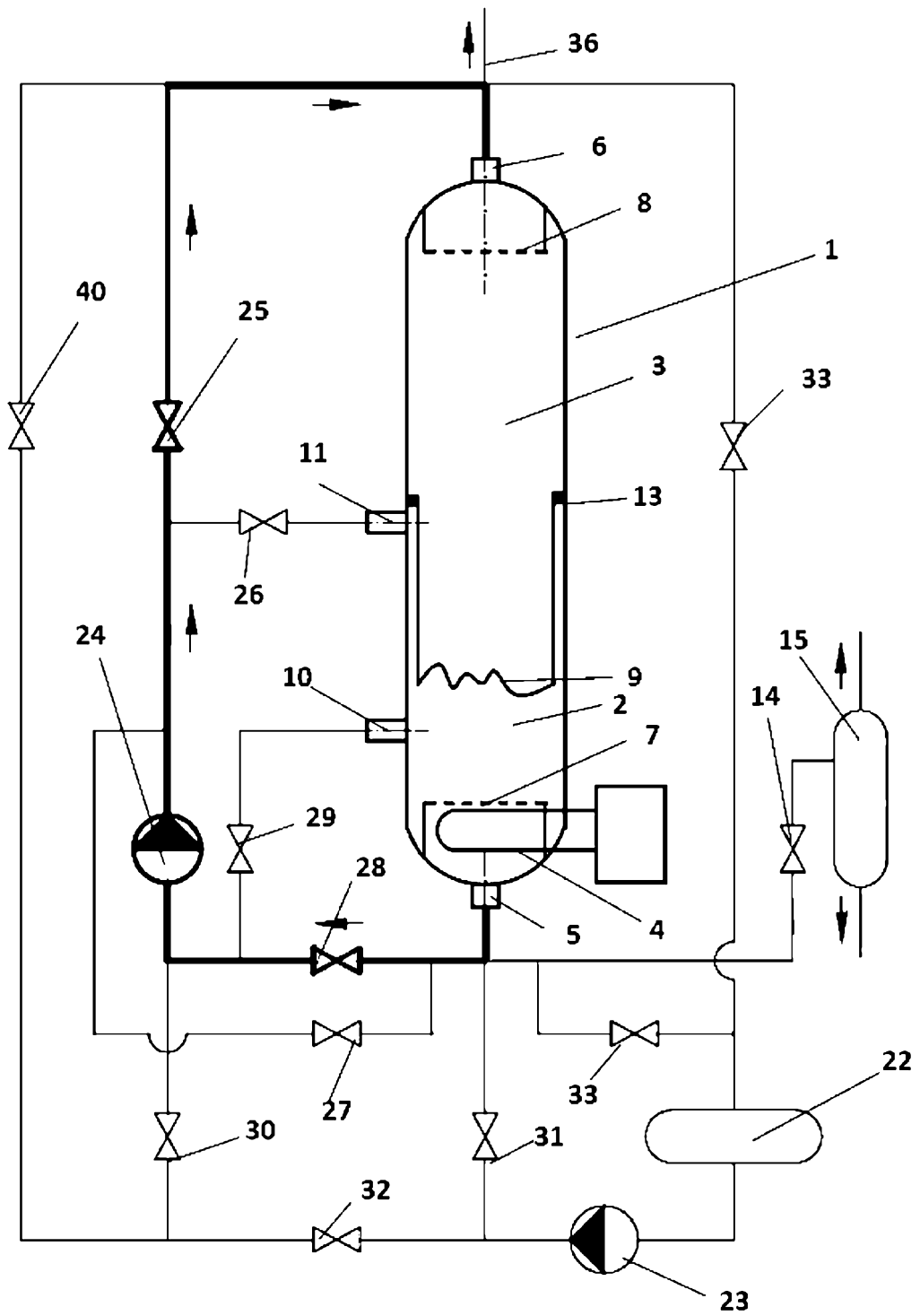
Obr. 3



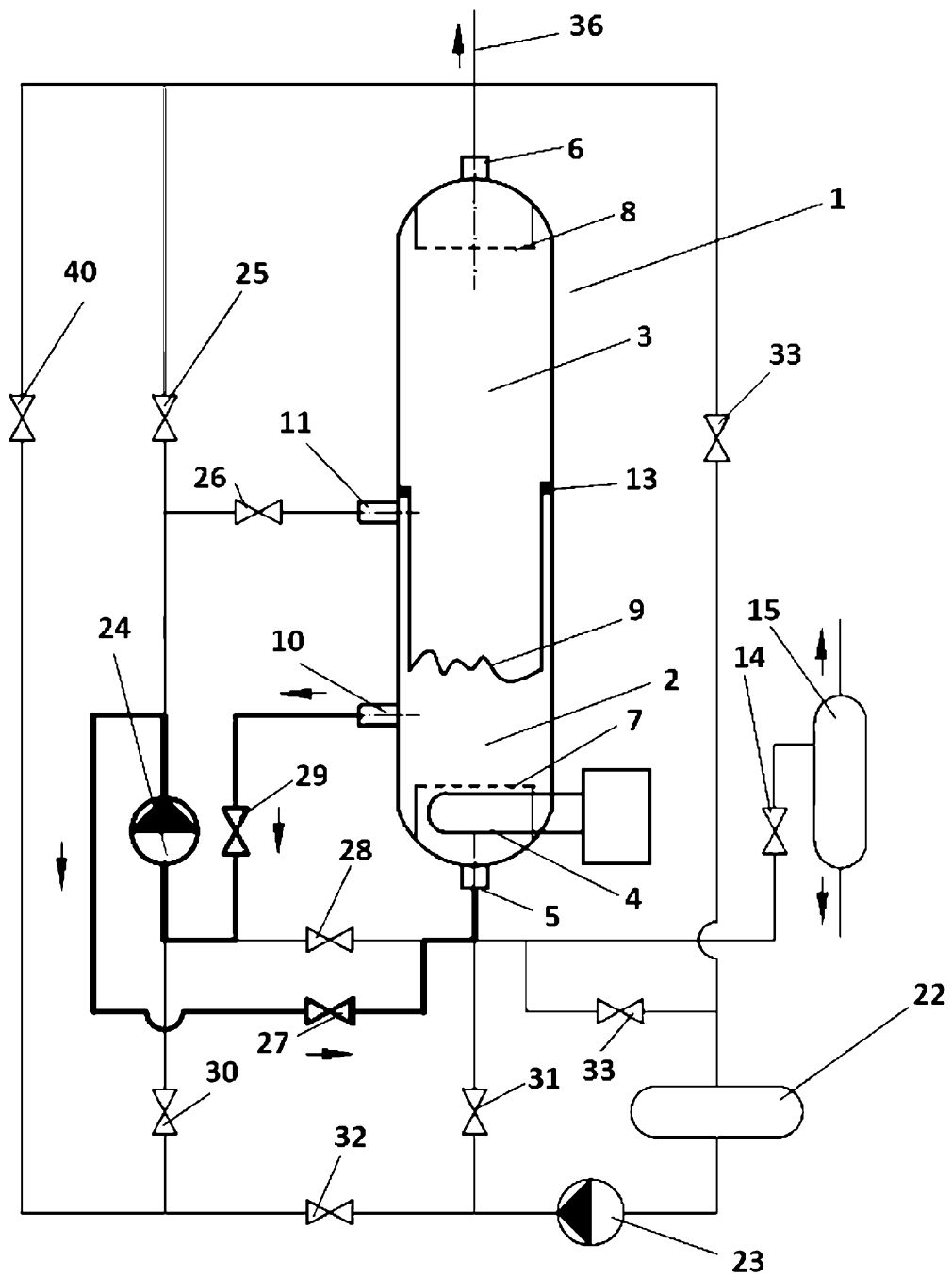
Obr. 4



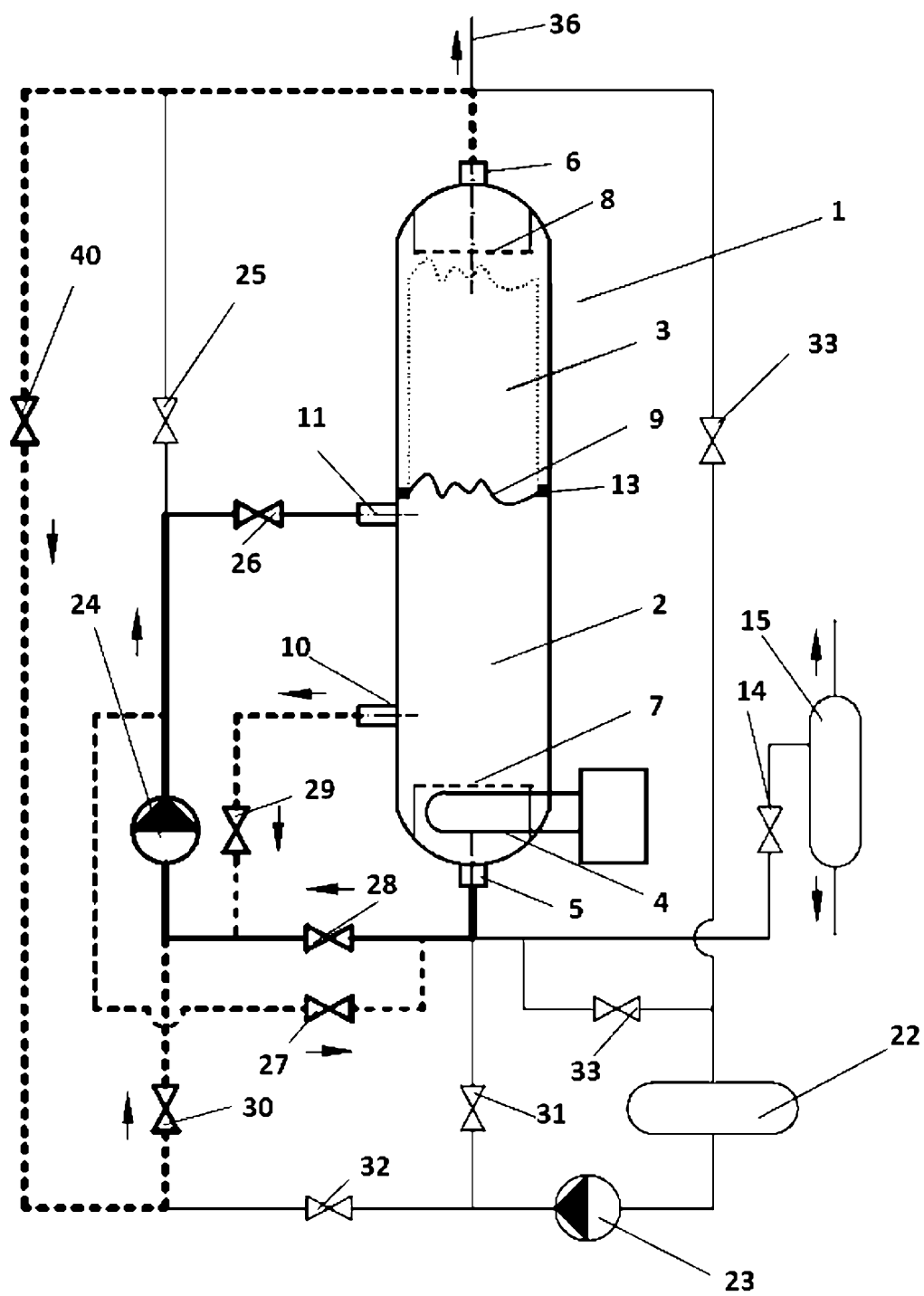
Obr. 5



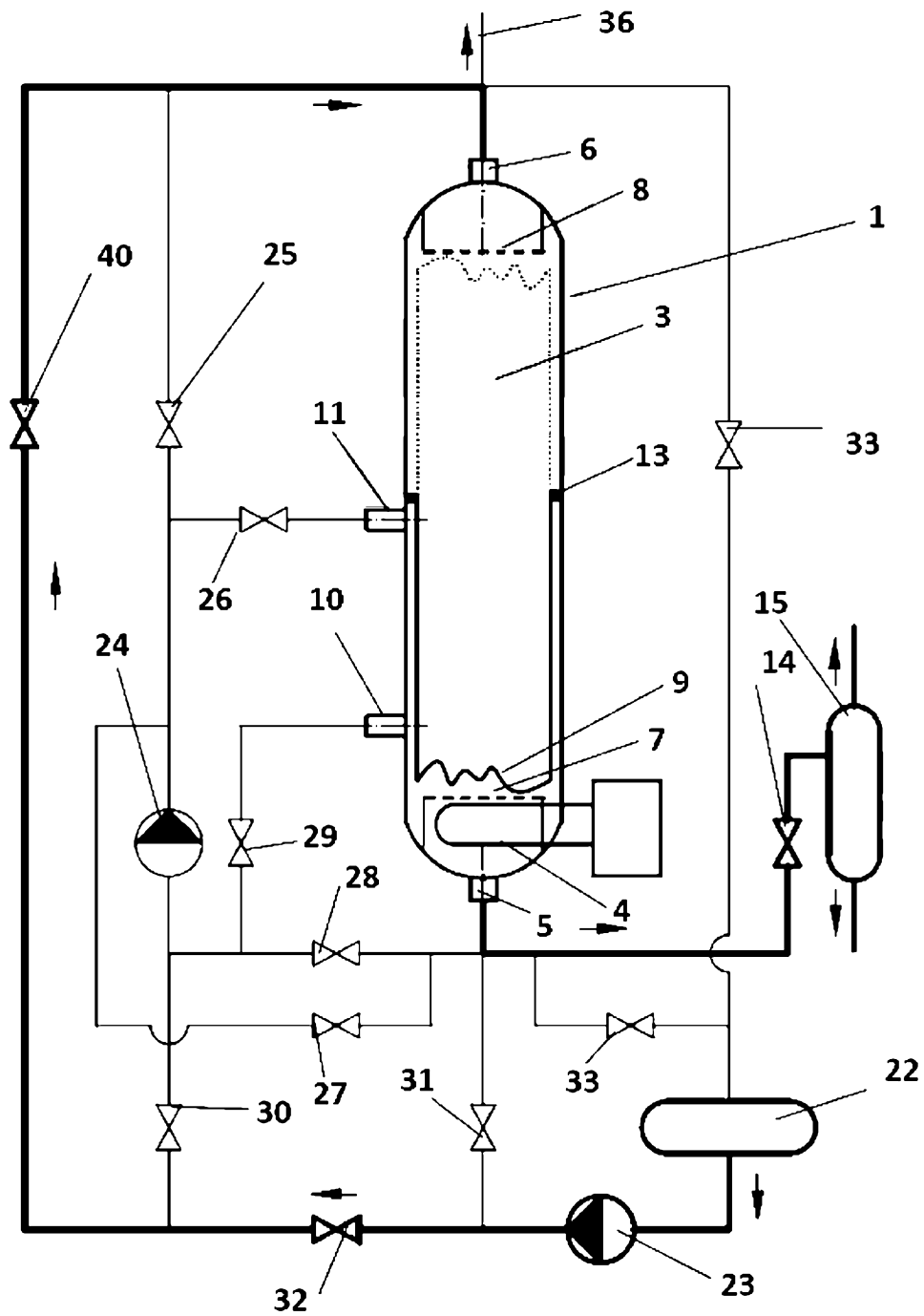
Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9