

# PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

## 2022-84

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

**H02N 11/00** (2006.01)

**F03G 7/10** (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **23.02.2022**

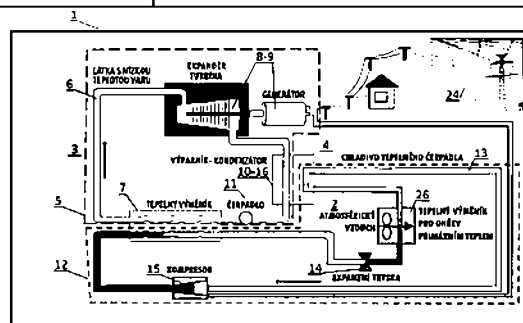
(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **30.08.2023**  
(Věstník č. 35/2023)

(71) Přihlašovatel:  
Ing. Jiří Hofman, Plzeň, Černice, CZ

(72) Původce:  
Ing. Jiří Hofman, Plzeň, Černice, CZ

(54) Název přihlášky vynálezu:  
**Nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj  
elektrické energie**

(57) Anotace:  
Nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (1) se vyznačuje tím, že k výrobě elektřiny využívá rozdíl teplot teplé (3) a chladné (4) strany, přičemž teplo se chladné straně (4) odnímá chladičem (13) tepelného čerpadla (12), jehož teplota je zvýšena stlačením v kompresoru (15) tepelného čerpadla (12), a předáno teplé straně (3), přičemž se chladnému chladiči (13) dodává tepelnou energii, odňatou nosiči primárního tepla (2), kterým může být vzduch, voda nebo země. Uzavřený termodynamický okruh tepelného čerpadla (12) i uzavřený termodynamický okruh zařízení pro výrobu elektrické energie (5) mohou být spojeny v jeden společný okruh se společným pracovním médiem (6-13), jehož vlastnosti jsou v rámci ORC stabilní, nebo se mohou v rámci jednoho cyklu měnit podle principu Kalinova cyklu. Tepelné čerpadlo (12) i ostatní pomocné pohony (17) mohou být poháněny turbínou (8) pomocí mechanických převodů, nebo elektrickými pohony, napájenými generátorem (9) turbogenerátoru (8-9).



Oddělený výměník a kondenzátor

## Nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie

### Oblast techniky

5

Řešení se týká výroby obnovitelné bezemisní elektrické energie a krátkodobého i sezónního ukládání energie.

### 10 Dosavadní stav techniky

Největší podíl výroby elektřiny zajišťují doposud elektrárny spalující fosilní paliva – uhlí, ropu a plyn. Využívá se v nich především parních turbogenerátorů pracujících v Rankin-Clausiově uzavřeném termodynamickém cyklu s vodní párou o vysoké teplotě několik set stupňů. Uvolňuje se tím však značné množství tepla a hlavně se produkují skleníkové plyny (zejména CO<sub>2</sub>), které vytvářejí skleníkový efekt zadržující teplo s následným oteplením planety, přičemž oteplení má tendenci trvalého zvyšování. Nadále jsou proto tyto zdroje elektřiny nevhodné, a to i s ohledem na to, že se jedná o zdroje v dohledné době (stovky let) zřejmě vyčerpatelné.

20 Vhodnějším zdrojem pro výrobu elektrické energie jsou proto jaderné elektrárny, které sice také zvyšují teplotu planety, avšak neprodukují skleníkové plyny, takže jimi způsobené oteplení planety nemá trvalý ráz a zastaví se při oteplení o určitou hodnotu. Nejedná se ovšem o obnovitelné zdroje, protože známé zásoby paliva pro jaderné elektrárny jsou v dohledné době (stovky let) také vyčerpatelné. Jaderné elektrárny však mají i další úskalí. Jsou jimi nebezpečný radioaktivní odpad, 25 vyžadující vybudování dlouhodobých bezpečných úložišť, a také nebezpečí napadení nepřitelem, teroristy či hackery s rozsáhlými škodami.

Proto jsou hledány i další obnovitelné způsoby výroby elektrické energie, které jsou založeny především na využití energie Slunce, Země nebo Měsíce, a to v různých formách. Nejdéle se 30 používá výroba elektřiny v hydroelektrárnách, kde se využívá spádu řek a přeměny potenciální energie vody v kinetickou k pohonu turbín a následně generátorů.

K nejrozšířenějším způsobům patří zejména výroba elektřiny fotovoltaickými panely, přeměňujícími v elektřinu sluneční záření, nebo větrným elektrárnami, využívajícími energii větru 35 k pohonu generátoru.

Méně rozšířena, avšak rostoucí, je výroba elektřiny geotermálními elektrárnami, využívajícími tepla čerpaného z nitra Země, přeměňovaného na elektřinu v parních elektrárnách. Protože teplota geotermálních zdrojů je nižší než teplota využívaná v parních elektrárnách používajících fosilních zdrojů energie, používá se jiného pracovního média, než je voda. Organický Rankinův cyklus (ORC) používá například benzen nebo toluen, Kalinův cyklus zase využívá směsi vody a amoniaku, přičemž koncentrace může být měněna podle kolísající teploty primárního zdroje energie, případně podle potřeby cyklu, za účelem zvýšení účinnosti přeměny primárního tepla.

45 K obnovitelné výrobě elektřiny se dále používá energie vln nebo energie přílivu a odlivu. Tato výroba elektřiny je doposud málo rozšířena.

Konečně lze k výrobě elektřiny využívat přímého spalování biomasy nebo spalování plynů vzniklých při zplynování biomasy. Vzniklé teplo se pak používá v parním cyklu k pohonu 50 turbogenerátorů. V tomto procesu se sice uvolňují skleníkové plyny, nicméně ty jsou zase zužitkovány při růstu biomasy, takže se jedná o cyklus nepřispívající ke globálnímu oteplení.

Žádný obnovitelný způsob výroby elektřiny však není univerzální a je závislý na nějaké přírodní anomálii s přerušovaným nebo lokálním výskytem.

55

Pro dostatečný výkon hydroelektrárny je zapotřebí dostatečné množství vody s dostatečným spádem a množství takto vyrobené elektřiny je proto omezeno. Kromě toho je stavba hydroelektrárny s velkou nádrží vody drahá a zasahuje do přírody. Hydroelektrárny se zpravidla využívají jako zdroj v době nedostatku energie.

5

Fotovoltaická výroba elektřiny je podmíněna slunečním svitem. Při obloze pokryté mračky nebo v noci je výkon minimální nebo nulový. Budovat fotovoltaické elektrárny je výhodné zejména tam, kde slunce je vysoko a počet slunečních dnů značný. Po dobu noci je však nutné zajistit dostatek elektřiny jinak.

10

Vítr sice může foukat ve dne i v noci, přesto však ne všude fouká stále a dostatečně silně. Vhodné pro stavbu větrných elektráren jsou zejména mořská pobřeží, mělké mořské pláně, návětrná strana hor nebo rozsáhlé větrné planiny. I pro větrné elektrárny však musí být k dispozici náhradní zdroj elektřiny po dobu, kdy vítr nefouká.

15

Geotermální výroba elektřiny je sice v čase stabilní, vhodné zdroje geotermálního tepla však nejsou všude dobře dostupné a pro získání dostatečného tepla většinou potřebují náročné vrty o hloubce několika kilometrů, které navíc nemusí být vždy úspěšné. Vhodnými místy pro výrobu elektřiny z geotermální energie jsou oblasti s vulkanickou činností. Např. Island získává z geotermální energie cca třetinu veškeré elektrické energie, poměrně velký podíl na výrobě elektřiny z geotermálních zdrojů mají také středoamerické země nebo Filipíny.

20

Energie z vln a přílivu/odlivu je omezena na mořské pobřeží a pobřežní oblast. Vlny nejsou stálé a je k nim potřeba přistupovat jako k větru. Příliv a odliv jsou sice časově spolehlivé, nicméně dostatečný rozdíl mezi přílivem a odlivem omezuje využití tohoto obnovitelného zdroje energie.

25

Nejspolehlivějším zdrojem obnovitelné výroby elektrické energie je biomasa. Potřebuje však rozsáhlé pěstební oblasti a dostatek času (v řádu roků). Dále je nutné do přeměny biomasy ve vhodné palivo vkládat finanční prostředky a práci. Proto se hodí především jako doprovodný proces k procesům, zabývajícím se jiným způsobem využití biomasy.

30

Je zřejmé, že dosud neexistuje žádný univerzální obnovitelný způsob výroby elektrické energie a že dokud nebude takový univerzální způsob znám, bude třeba obnovitelné zdroje výroby elektřiny kombinovat, a navíc doplnit vysokokapacitními krátkodobými i sezónními zásobníky energie. Země s nedostatkem primárních zdrojů energií pak přemýšlejí o doplnění obnovitelných zdrojů bezemisními jadernými zdroji vysokého nebo středního výkonu.

35

Přestože se nejedná o zdroje elektrické energie, je třeba zmínit tepelná čerpadla, která jsou schopna za použití elektrické energie používat teplo ze vzduchu, vody nebo půdy ke zvyšování teploty a energie chladiva, používaného tepelným čerpadlem, a převádět tak teplo z chladného prostředí do teplejšího prostředí. Této vlastnosti tepelných čerpadel se využívá především k topení, když se ochlazuje chladné okolí budov (země, vzduch nebo voda) a ohřívá teplý vnitřek budov. Oproti běžným způsobům vytápění se šetří přibližně 50-80% energie potřebné k vytápění. V energetice tak mohou tepelná čerpadla efektivně nahradit všechny ostatní neobnovitelné způsoby vytápění a přispět významným způsobem k omezení spalování fosilních paliv. Je-li tepelné čerpadlo napájeno elektřinou z obnovitelných zdrojů, jedná se o obnovitelný způsob výroby tepla.

40

45

Základním principem výroby elektřiny je dosud vytvoření tepelného spádu, který je využíván Rankin-Clausiovým uzavřeným termodynamickým cyklem k výrobě elektřiny v turbogenerátorech. Tepelný spád vůči okolnímu prostředí je přitom vytvořen za použití spalování fosilních paliv, která mohou být dopravena do kteréhokoliv místa na světě. Proto se jedná o nezávislý zdroj elektrické energie. Bylo by proto výhodné, kdyby bylo možno vytvořit kdekoli na světě trvalý dostatečný tepelný spád i bez spalování fosilních paliv. Krokem k tomu jsou geotermální elektrárny nebo elektrárny spalující biomasu. Ale je třeba učinit ještě nejméně jeden další krok k tomu, aby byly odstraněny problémy s tím spojené. K tomu směřuje tento vynález.

50

55

Podstata vynálezu

5    **PODSTATA – VYUŽITÍ TEPELNÉHO ČERPADLA K VYTVOŘENÍ TEPELNÉHO SPÁDU K VÝROBĚ ELEKTRICKÉ ENERGIE TERMOČLÁNKEM NEBO EXPANDÉREM (NAPŘ. TURBOGENERÁTOREM)**

10   Podstatou navrhovaného řešení je využití tepelného čerpadla k výrobě elektrické energie, resp. využití jeho schopnosti čerpat teplo z nižší teplotní hladiny na vyšší, pokud je k výrobě elektrické energie využit princip rozdílu teplot.

15   Má se na mysli např. termočlánek, ale především uzavřený termodynamický cyklus používaný v parních elektrárnách, kdy se zdrojem vnějšího tepla (např. kotel spalující fosilní palivo, jaderný reaktor, geotermální energie) ohřívá pracovní médium (zpravidla voda), které se vypaří a změní v páru a vzniklým tlakem proudí přes expandér (turbínu) pohánějící generátor, vyrábějící elektřinu. Za turbínou je umístěn kondenzátor, v němž pára kondenzuje a mění se opět v kapalinu. Cílem kondenzátoru je snížit teplotu za turbínou na co nejnižší hodnotu a vytvořit tak tepelný spád a podtlak, zvyšující využitou energii páry a výkon turbíny. Zkapalněné pracovní médium je čerpáno do ohřívače (kotle) a v něm opět ohříváno a přeměňováno v páru. Tím se cyklus uzavírá. Ke chlazení pracovního média se využívá vnější chladné vnější médium, zpravidla vzduch nebo voda, které pracovnímu médiu odebírá teplo v chladiči (chladičích věžích) a odevzdává vnějšímu prostředí.

25   Vnitřní parní cyklus výroby elektřiny je tedy cyklus uzavřený, zatímco vnější cyklus přívodu a odvodu tepla je otevřený – vysokopotenciální teplo pro ohřev pracovního média se získává z vnějšího zdroje, např. spalováním fosilního paliva, a nízkopotenciální teplo, odebrané v chladiči, se převádí do vnějšího prostředí (voda, vzduch) nebo se využívá k vytápění. O uzavření vnějšího cyklu se dosud stará příroda.

30

**PRIMÁRNÍ ENERGIE**

35   V řešení podle vynálezu nízkopotenciální teplo, odebrané z kondenzátoru parního cyklu, se neodvádí pryč, ale ohřívá podchlazené chladivo tepelného čerpadla. Ohřáté chladivo je posléze stlačeno v kompresoru a stlačením se jeho teplota zvýší natolik, že může v ohřívači předat teplo pracovnímu médiu vnitřního parního cyklu. Ochlazené chladivo je přivedeno do trysky, v níž expanduje a ochladí se, a je přivedeno do výparníku, v němž odebírá teplo pracovnímu médiu uzavřeného okruhu výroby energie. Tím se cyklus tepelného čerpadla uzavírá. Kondenzátor a výparník jsou součástí sdruženého výměníku tepla.

40

45   Protože se v cyklu výroby elektřiny odnímá pracovnímu médiu tepelná energie, která se přeměňuje na elektřinu a ztráty, je třeba pro udržení stálého výkonu energii odňatou pracovnímu médiu doplňovat o vnější energii rovnou vyrobené elektrické energii a dalším (mechanickým a tepelným) ztrátám, vznikajícím v průběhu cyklu v okruhu výroby elektřiny i v okruhu tepelného čerpadla. Teplo se doplňuje např. v okruhu tepelného čerpadla ve výparníku, kde je chladivo nejchladnější.

50   K tomu účelu se hodí jakákoli tepelná energie, jejíž teplota je přiměřeně vyšší než teplota chladiva ve výparníku. Může to být teplo vyrobené za tímto účelem, ale v tom případě je možno dosáhnout vyšší účinnosti výroby elektřiny bez tepelného čerpadla. Velmi vhodné je odpadní teplo, vznikající v nějakém výrobním procesu a nemající jiné použití. V tom případě je však taková výroba elektřiny vázána na konkrétní místo a na jiné zdroje energie.

55   Avšak existuje teplo, které je všudypřítomné a zdarma. Jedná se o teplo obsažené ve vodě, povrchové půdě a vzduchu. Odebere-li se těmto primárním energetickým zdrojům část jejich tepla a přemění-li se v elektřinu, jakákoli následná přeměna elektřiny v jakoukoliv jinou energii skončí

opět přeměnou v tepelnou energii, která se uloží opět do vzduchu, země nebo vody. Jedná se tedy o obnovitelný zdroj energie. Energie slunečního záření se tak na výrobě elektřiny nepodílí - slouží „jen“ ke krytí tepelných ztrát Země vůči vesmíru a k udržování ustálené teploty na planetě Zemi – tak jak tomu bylo odjakživa až do doby, kdy se začala používat fosilní paliva, která jednak vnášejí do atmosféry přídavné teplo, jednak zvyšují podíl CO<sub>2</sub> v atmosféře a vytvářejí tak vlastně Zemi jednosměrnou tepelnou izolaci, zadržující teplo v atmosféře.

Teplo obsažené ve vodě (především mořské) je vhodné pro výrobu elektřiny v přímořských územích. Teplo obsažené v půdě je méně vhodné, protože pro relativně nízké výkony je třeba vybavit sběračem tepla velká území, neboť tok tepla v půdě není dostatečně rychlý. Není-li k dispozici mořská voda, je nejvhodnějším nosičem tepla vzduch, který je k dispozici opravdu všude, stále a prakticky v neomezeném množství. Takový zdroj elektrické energie je proto možno označit za zcela nezávislý a nepřetržitý. Jeho výkon může pouze kolísat s kolísající teplotou nosiče energie (den-noc, léto-zima), případně se snížit s jeho hustotou a teplotou (v souvislosti s nadmořskou výškou), nicméně vhodným řízením procesu se lze těmto změnám přizpůsobit.

### ENERGIE PRO POHON TEPELNÉHO ČERPADLA A ÚČINNOST

Další velmi důležitou součástí celého řešení je energie pro pohon tepelného čerpadla. K pohonu tepelného čerpadla slouží část energie vyrobená turbínou, případně část elektrické energie, vyrobené generátorem poháněným turbínou. Pokud by nebylo použito tepelné čerpadlo a doplnění energie, odebrané při výrobě elektrické energie a zvýšené o ztráty, by se uskutečňovalo přímým ohřevem, zařízení by nefungovalo, protože by se vlastně jednalo o perpetuum mobile.

Pokud však použijeme k výrobě tepla tepelné čerpadlo, využívá se jeho schopnosti odebírat teplo okolí a převádět je na vyšší teplotní potenciál, přičemž odebíraný výkon je několikanásobkem přiváděného příkonu. Podíl výkonu a příkonu se nazývá COP (Coefficient Of Performance) a pohybuje se u výkonných průmyslových tepelných čerpadel při ohřevu chladiva o cca 60°C zpravidla mezi hodnotami 2,5-3,5, je-li primárním nosičem tepla vzduch, kolem hodnoty 4 i více, je-li primárním nosičem tepla půda nebo voda.

Například průmyslové tepelné čerpadlo společnosti Oilon zvyšuje teplotu vody ze 45°C na hodnotu 110°C při výkonu 1700 kW a při elektrickém příkonu 424 kW. To odpovídá hodnotě COP = 4, přičemž je pravděpodobné (nikoliv jisté), že potřebné teplo je odnímáno odpadní vodě o teplotě 45°C.

Použijeme-li tyto teploty a tento teplotní rozdíl o velikosti 65°C pro parní cyklus, dojdeme k tepelné účinnosti výroby elektrické energie  $1 - T_2/T_1 = 1 - 318/383 =$  cca 17% (teploty jsou uvedeny v Kelvinech). To znamená, že přivedeme-li do turbíny příkon 11 730 kW, pak při účinnosti turbíny 0,87 a při účinnosti generátoru 0,98 vyrobí generátor právě 1700 kW, přičemž pro pohon tepelného čerpadla je zapotřebí Oilon je zapotřebí pro tyto parametry příkon 424 kW. Při nižších teplotách a stejném teplotním rozdílu by účinnost byla ještě vyšší.

Budeme-li uvažovat s dalšími „nepochytanými“ ztrátami v celkové výši 5%, pak přivedením příkonu 12 350 kW získáme elektrický výkon  $1700 - 424 = 1276$  kW. To odpovídá účinnosti „jen“ cca 10%, nicméně je třeba si uvědomit, že odpadní teplo se vrací zpět do oběhu a doplňkové přiváděné teplo z nosiče primárního tepla je zdarma a účinnost má tedy vliv jen na mohutnost systému a investiční a údržbové náklady, nikoliv na náklady provozní.

Pokud by jako nosič primárního tepla sloužil vzduch a tepelné čerpadlo pracovalo s hodnotou COP = 3, pak by byl jeho potřebný příkon  $1700 : 3 = 567$  kW a výstupní elektrický výkon  $1700 - 567 = 1133$  kW. Energetická účinnost se tím sníží na  $1133:12350 =$  cca 9%. Při hodnotě COP = 2,5 se pak energetická účinnost sníží na hodnotu cca 8%. Tepelné čerpadlo, čerpající teplo ze vzduchu, musí tedy být až o 25% výkonnější, aby dodávalo stejný elektrický výkon jako tepelné čerpadlo, čerpající teplo z vody.

Od výkonu elektrárny však ještě musíme odečíst výkon potřebný pro pomocné pohony, kterými jsou zejména čerpadla a ventilátory. Zatímco výkony pomocných pohonů tepelného čerpadla jsou již započítány v hodnotě COP, v cyklu výroby elektrické energie s nimi počítáno není.

- 5 Předpokládejme, že pro pohon těchto pomocných pohonů bude zapotřebí až 10% z celkově vyrobeného výkonu, tedy 170 kW. V případě získávání primárního tepla z vody bude tedy finální výkon elektrárny  $1276 - 170 = 1106$  kW, při získávání primárního tepla ze vzduchu bude činit finální výkon  $1133 - 170 = 963$  kW.

## 10 NÍZKOTEPLTNÍ PARNÍ CYKLUS VÝROBY ELEKTŘINY

Z předchozí úvahy o používání teploty  $110^{\circ}\text{C}$  na teplé straně a  $45^{\circ}\text{C}$  na studené straně je zřejmé, že „obyčejný“ Rankin-Clausiusův parní cyklus pro pohon turbogenerátoru, jehož pracovním médiem je voda, je s těmito teplotami nekompatibilní, protože pracuje s teplotami o stovky stupňů vyššími.

- 15 Proto je vhodné používat buď organický Rankinův cyklus (ORC), který používá jako pracovního média kapaliny s nižší teplotou varu (např. benzen nebo toluen), nebo s Kalinovým cyklem, který pracuje se směsí dvou látek, zpravidla se směsí vody a amoniaku.

Výhodou Kalinova cyklu je, že se může přizpůsobovat proměnné hodnotě teploty primárního nosiče tepla (tedy může absorbovat rozdíl teploty vzduchu ve dne a v noci i v zimě a létě) a že jeho účinnost bývá o něco vyšší než účinnost ORC. Nevýhodou je větší složitost zařízení pro Kalinův cyklus, výhodou možnost využití části zařízení pro obyčejný parní cyklus. (Mohla by se využívat zařízení elektráren s ukončeným provozem, spalujících uhlí.)

- 25 Oba tyto uzavřené cykly se používají pro nízkoteplotní geotermální elektrárny a jsou tedy provozně ověřeny. Stejně tak je dlouhodobě provozně ověřen provoz tepelných čerpadel, přičemž nejvýkonnější průmyslová tepelná čerpadla dosahují výkonů vyšších jednotek MW.

## ROZBĚH A ZASTAVENÍ ZAŘÍZENÍ

- 30 Aby zařízení dodávalo elektřinu, je třeba je uvést do pracovního režimu, protože turbína ani tepelné čerpadlo se samo neroztočí. Nejvhodnějším způsobem startu je roztočení turbíny i připojeného tepelného čerpadla pomocí generátoru připojeného k elektrické síti, který působí po přechodnou dobu podobně, jako startér spalovacího motoru. Jakmile zařízení přejde do ustáleného pracovního režimu, generátor přejde plynule do režimu výroby elektřiny. Chybí-li připojení k elektrické síti, je možno pro start použít záložní baterii, která zároveň může sloužit k pokrývání špiček odběru nebo k doplnění výkonu během chladných nocí, případně jiný zdroj elektrické energie.

- 40 Pokud má tepelné čerpadlo samostatný elektrický motor, může být k vypnutí zařízení použito přerušení napájení elektromotorů. Je-li tepelné čerpadlo připojeno k turbíně bez možnosti mechanického odpojení, provede se zastavení například uzavřením přívodu nosiče primárního tepla nebo provedením obtoku některého zařízení. Je však potřeba počítat s tím, že odstavení si vyžádá nějakou dobu.

## 45 MINIMALIZACE ZTRÁT

- Důležitým způsobem zvyšování účinnosti výroby elektrické energie je minimalizace ztrát – tedy tepelných ztrát celého zařízení a mechanických ztrát strojů (turbína, kompresor, čerpadla, ventilátory aj.), které jsou ale ve svém výsledku také tepelnými ztrátami. Proto je vhodné všechna potrubí i stroje tepelně izolovat a celé zařízení ještě uzavřít do tepelně izolované kobky vůči vnějšímu okolí. Únikové teplo, zachycené v kobce, je pak možno prostřednictvím tepelného výměníku předávat primárnímu nosiči tepla a chladivu a zvyšovat tak jejich teplotu a tím i výslednou účinnost výroby elektrické energie. Zvláště vhodné je to tehdy, je-li primárním nosičem tepla vlhký vzduch při teplotách kolem bodu mrazu. Vlhkost obsažená ve vzduchu má totiž tendenci namrzat na chladném výparníku a odmrazování výparníku má za následek snížení

účinnosti výroby elektrické energie. Ztrátové teplo zachycené v kobce může tyto problémy eliminovat nebo přinejmenším snížit. Minimalizovat ztráty lze i tím, že co nejvíce strojů celého zařízení bude uspořádáno na společném hřídeli, případně že budou stroje poháněny turbínou prostřednictvím mechanického převodu s co nejvyšší účinností.

5

Dalším důležitým způsobem zvýšení účinnosti výroby elektriny je vyvážení výkonu turbíny a tepelného čerpadla. Na jedné straně je třeba docílit co nejvyššího rozdílu vstupní a výstupní teploty na turbíně turbogenerátoru, aby byl výkon turbíny co nejvyšší, na druhé straně je třeba docílit co nejvyšší hodnoty COP tepelného čerpadla, která ovšem s rostoucím rozdílem teplot na turbíně klesá a tepelné čerpadlo potřebuje vyšší příkon. Proto je potřebné tyto dvě hodnoty optimalizovat tak, aby výsledný výstupní elektrický výkon byl maximální.

10

## ÚLOŽIŠTĚ TEPLA JAKO ZDROJ ENERGIE PRO NAVÝŠENÍ VÝKONU

15

Velmi důležitým způsobem, jak podstatným způsobem zvýšit účinnost, ale především výkon, je používání úložiště tepla, které dokáže zvyšovat po určitou dobu teplotu chladiva, přiváděného do kompresoru, a následně i pracovního média, přiváděného do turbíny. Tím se zvýší teplotní spád na turbíně a tedy i její výkon. Tepelné čerpadlo přitom může pracovat při stejné hodnotě COP, jako při standardním cyklu bez zapojení úložiště energie, nebo dokonce při hodnotě vyšší, a tedy s nižším příkonem. Do úložiště tak vstupuje chladivo o nižší teplotě a ohřívá se v něm na vyšší teplotu, která se dále zvyšuje stlačením v kompresoru. Po určitou dobu tak může zařízení vyrábět elektrinu s podstatně zvýšeným výkonem.

20

25

Pokud se úložiště energie vyčerpá a dodává do kompresoru chladivo o málo vyšší teplotě, než jakou by mělo i bez použití energetické úložiště, pak se úložiště energie odpojí a výroba elektrické energie probíhá standardním způsobem a standardním výkonem.

30

Pokud je k dispozici přebytek elektrické energie, je možno energii do úložiště doplňovat. Teplo vyrobené kompresorem, nebo jeho část, je vedeno potrubím s chladivem (nebo jiným pracovním médiem) do úložiště tepelné energie a ukládá se v něm. Zbylé teplo pak je použito k výrobě elektriny pro tepelné čerpadlo a sníženou spotřebu. Případně může být použito k pohonu tepelného čerpadla a doplňování tepelné energie do úložiště i levné elektrické energie, dodávané externími zdroji v době přebytku prostřednictvím elektrické sítě.

35

## PROVEDENÍ ÚLOŽIŠTĚ TEPLA

40

Velmi vhodným typem úložiště tepla je zemní úložiště. Tepelná kapacita je sice přibližně jen poloviční ve srovnání s vodou, avšak zemina je všude k dispozici a nehrozí nebezpečí její ztráty. Teplo se do úložiště přivádí soustavou trubek s teplotnosnou kapalinou, kterou může být buď přímo horké chladivo tepelného čerpadla ohřáté kompresorem, nebo voda ohřátá horkým chladivem ve výměníku tepla. Ve druhém případě musí být voda poháněna samostatným čerpadlem, pokud nepostačuje samotná cirkulace.

45

Pokud se teplo z úložiště čerpá, je do úložiště přiváděno chladné chladivo před kompresorem a průchodem úložištěm se ohřívá. Takto předehřáté chladivo se přivádí do kompresoru, kde se stlačuje a ohřívá na vyšší teplotu než při prostém pracovním cyklu. Velmi horké chladivo pak ohřívá pracovní médium zařízení pro výrobu elektriny, které dosahuje vyšší termické účinnosti a výkonu.

50

Pro snížení tepelných ztrát úložiště tepla je vhodné provést jeho tepelnou izolaci. Je třeba, aby tepelná izolace odolávala jednak účinkům látky úložiště (např. vlhkost v zemině), jednak aby měla dostatečnou únosnost (např. pokud bude mít vrstva zeminy v úložišti mocnost/tloušťku několika metrů nebo dokonce desítek metrů). Jako vhodný materiál se jeví např. pěnové sklo, ať už v deskách, nebo v granulátu.

55

Pro snížení tepelných ztrát a pro větší flexibilitu úložiště je dále vhodné rozdělit úložiště na několik vzájemně tepelně izolovaných segmentů, přičemž nejteplejší vnitřní segment může být obklopen chladnějšími vnějšími segmenty. Ukládání tepla se provádí primárně do vnitřního segmentu a ukládání tepla do vnějších segmentů se provádí až po dosažení hraniční teploty vnitřního segmentu.

5 Úniky tepla vnitřního segmentu tak předehtávají vnější segmenty. Při čerpání tepla se pak teplo začíná odebírat ve vnějších chladnějších segmentech, jejichž teplota je vyšší než teplota chladiwa, a ukončuje ve vnitřním teplejším segmentu. K ovládání ukládání a čerpání tepla slouží ventily, kterými se volí charakter, směr a trasa průtoku chladiwa úložištěm tepla.

## 10 PROVEDENÍ A UMÍSTĚNÍ VÝMĚNÍKU PRO ZÍSKÁNÍ PRIMÁRNÍ ENERGIE

Energii pro výrobu elektrické energie zařízením podle vynálezu je teplo obsažené v nosiči primární energie (vzduch, voda, eventuelně země). Výrobou elektrické energie se primární nosič energie ochlazuje. Aby nedocházelo ke stále většímu lokálnímu ochlazení primárního nosiče tepla před vstupem do nezávislého zdroje elektrické energie, je třeba nezávislý zdroj umístit výše nad terénem a/nebo zajistit odvod ochlazeného nosiče primárního tepla pohybem vzduchu (větre) nebo vody (proudem). V případě vzduchu je proto výhodné budovat tyto nezávislé zdroje energie na svazích nebo vrcholcích kopců či hor, s výfukem ve směru okamžitého větru, případně na vyvýšených konstrukcích s nasáváním nahoře a výfukem dole. V posledním případě napomáhá gravitace proudění nosiče tepla a snižuje potřebný výkon ventilátoru či čerpadla.

Odvedený ochlazený vzduch se mísí se vzduchem normální teploty a tento vzduch se dále přirozenou cestou ohřívá tím, že vyrobená elektrická energie se mění v elektrických spotřebičích opět v teplo, které se do vzduchu odvádí. V atmosféře se tak uskutečňuje koloběh tepla, jehož součástí je i přeměna v elektrickou energii a zpětná přeměna elektrické energie v teplo, aniž by se atmosféra oteplevala nebo ochlazovala. Potvrzuje se tím zákon o zachování energie.

### Objasnění výkresů

- 30 Obrázek 1 – způsoby výroby elektrické energie založené na teplotním spádu
- Obrázek 2 – standardní způsob výroby elektřiny v uhelné parní elektrárně s Rankin-Clausiovým cyklem
- 35 Obrázek 3 – princip geotermální elektrárny s organickým Rankinovým cyklem (ORC)
- Obrázek 4 – výroba elektřiny s ORC a s tepelným čerpadlem, vytvářejícím tepelný spád, s oddělenými výměníky tepla
- 40 Obrázek 5 – výroba elektřiny s ORC a s tepelným čerpadlem, vytvářejícím tepelný spád, se sdruženým výměníkem tepla
- Obrázek 6 – výroba elektřiny s ORC a s tepelným čerpadlem, vytvářejícím tepelný spád, se sdruženým výměníkem tepla - při ukládání energie do vnitřního segmentu úložiště tepla
- 45 Obrázek 7 – výroba elektřiny s ORC a s tepelným čerpadlem, vytvářejícím tepelný spád, se sdruženým výměníkem tepla - při ukládání energie do vnějšího segmentu úložiště tepla
- Obrázek 8 – výroba elektřiny s ORC a s tepelným čerpadlem, vytvářejícím tepelný spád, se sdruženým výměníkem tepla - při čerpání energie z úložiště tepla
- 50 Obrázek 9 – výroba elektřiny s ORC a s tepelným čerpadlem, vytvářejícím tepelný spád, se společným okruhem výroby elektřiny i tepelného čerpadla
- 55 Obrázek 10 – schematické znázornění nezávislého nepřetržitého zdroje obnovitelné elektřiny s oddělenými okruhy výroby elektřiny a tepelného čerpadla
- Obrázek 11 – schematické znázornění nezávislého nepřetržitého zdroje obnovitelné elektřiny se společným okruhem výroby elektřiny a tepelného čerpadla

Obrázek 12 – srovnání principů výroby elektrické energie v uhelné elektrárně, v geotermální elektrárně a elektrárně s tepelným čerpadlem

5

#### Příklad uskutečnění technického řešení

Na obrázku 1 je znázorněn přehled vybraných způsobů výroby elektrické energie na základě rozdílu teplot teplé (3) a chladné (4) strany.

10

Elektrická energie se může vyrábět pomocí termočlánku (30), mnohem běžnější je však využití uzavřeného termodynamického cyklu, při němž se kapalina pracovního média mění v páru, která svou kinetickou energií pohání turbínu a mění se v ochlazeném kondenzátoru opět v kapalinu, která se ohřátím mění opět v páru. V uhelných tepelných elektrárnách (31) se používá Rankin-Clausiusův termodynamický cyklus, který využívá jako pracovního média vody a vodní páry. V geotermálních elektrárnách (32) se používá organický Rankinův cyklus, který využívá jako pracovního média látku se sníženou teplotou varu (např. benzen nebo toluen). Pro nízké teploty je vhodný také Kalinův cyklus, který používá jako pracovního média směs dvou látek, např. vody a amoniaku. Změnou poměru obou látek ve směsi lze vlastnosti pracovního média měnit.

20

Jako zdroj tepla pro teplou stranu (3) se využívá např. slunce, fosilní paliva, jaderný reaktor, geotermální energie či rozdíl teploty povrchové teplé a hlubinné studené mořské vody.

25

Pro ochlazení studené strany (4) se užívá zejména atmosférického vzduchu či říční nebo mořské vody.

30

Řešení podle tohoto vynálezu užívá k ohřevu teplé strany (3) i ke chlazení studené strany (4) uzavřeného cyklu tepelného čerpadla, které odebírá podchlazeným chladivem teplo chladné straně (4) a nosiči (2) primární energie (vzduch, voda, země), zvyšuje teplotu chladiva stlačením v kompresoru a teplo předává teplé straně (3). Při tomto způsobu vytváření teplotního spádu tedy není třeba spoléhat na přírodu a tepelný spád je možno vytvořit v libovolném místě na Zemi. Teplota chladné strany přitom není limitována okolním prostředím.

35

Na obr. 2 je znázorněno schéma uhelné tepelné elektrárny (31), kde se potřebné teplo pro teplou stranu (3) vytváří spalováním uhlí. Chladná strana (4) je pak vytvářena chladicí věží (33) ochlazenou atmosférickým vzduchem. Schéma výroby tepla z uhlí je překryto tmavším zbarvením. Nepřekrytá část schématu pak znázorňuje schéma uzavřeného Rankin-Clausiova cyklu s ohřívacem (7), který je součástí kotle, turbogenerátorem (8-9), kondenzátorem (10) s chladicí věží (33) a čerpadlem (11). Tyto čtyři komponenty používají i ostatní uzavřené termodynamické cykly.

40

45

Na obr. 3 je znázorněna geotermální elektrárna (32). K výrobě elektřiny slouží stejně jako u uhelné elektrárny uzavřený termodynamický cyklus sestávající z výměníku tepla/ohříváče (7), turbogenerátoru (8-9), kondenzátoru (10) s chladicí věží (33) a čerpadla (11). Chladná strana (4) je stejně jako u uhelné elektrárny ochlazována v chladicí věži (33) atmosférickým vzduchem. Pouze pracovním médiem (6) není voda, ale látka se sníženým bodem varu (organický Rankinův cyklus), protože teplá strana (3) je o dost chladnější než v uhelné elektrárně. Teplou stranu (3) zásobuje teplem geotermální vrt (34) s vodou o teplotě 100°C, která předá pracovnímu médiu (6) v ohříváči (7) část tepla a zpět do hloubky je navracena se sníženou teplotou k opětovnému ohřevu.

50

Na obr. 4 je znázorněn nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (1) podle vynálezu, v němž je tepelný spád vytvářen tepelným čerpadlem (12). Uzavřený termodynamický organický Rankinův cyklus z předchozího obrázku zůstává beze změny, ale geotermální vrt a chladicí věž (34 a 33 z obr. 3) jsou nahrazeny tepelným čerpadlem (12).

55

V kondenzátoru-výparníku (10-16) odebírá chladivo (13) tepelného čerpadla (12) teplo z okruhu zařízení výroby elektřiny (5). Chladivo (13) je vedeno do kompresoru (15), kde je stlačeno, ohřáto a vedeno do ohříváče (7), kde předá teplo pracovnímu médiu (6) zařízení pro výrobu elektřiny (5). Ochlazené chladivo (13) je vedeno k expanzní trysce (14), kde se kapalina promění v páru a dále  
5 ochladí. Chladné páry jsou vedeny k tepelnému výměníku pro ohřev vnějším primárním teplem (26), odebíraným nosiči primárního tepla (2), v tomto případě atmosférickému vzduchu. Páry jsou vedeny dále k výparníku/-kondenzátoru (10-16), kde se dále ohřejí teplem odebraným zařízením výroby elektrické energie (5). Tím je cyklus uzavřen a opakuje se.

10 Na obr. 5 je znázorněn nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (1), stejně jako na obr. 4. Rozdíl je pouze v tom, že kondenzátor-výparník (10-16) je spojen s tepelným výměníkem pro ohřev vnějším teplem (26 na obr.4) ve společný sdružený výměník tepla (25), v němž se provádí ochlazování pracovního média (6) zařízení pro výrobu elektřiny (5), ohřívání chladiva (13) okruhu tepelného čerpadla (12) i ohřev nosičem primárního tepla (2) současně. Ostatní zůstává  
15 nezměněno.

Na obr. 6 je okruh tepelného čerpadla (12) z obr. 5 doplněn o úložiště tepla (19), opatřené tepelnou izolací (20). V době dostatku elektrické energie je po průchodu kompresorem (15) ohřáté chladivo (13) vedeno soustavou trubek (21) do vnitřního segmentu (22) úložiště tepla (19), kde se teplo  
20 ukládá v ohříváné zemině. Průchodem úložištěm tepla (19) se chladivo (13) poněkud zchladí a nemá dostatek energie pro plný výkon turbogenerátoru (8-9). Turbogenerátor (8-9) tak vyrábí méně elektrické energie. Pokud tato energie nepostačuje pro pohon tepelného čerpadla (12) a ostatních pomocných pohonů (17), používá se i elektrická energie z elektrické sítě (24).

25 Na obr. 7 je znázorněna situace z obr. 6, kdy vnitřní segment (22) úložiště tepla je naplněn teplem. Ohřáté chladivo (13) proto prochází soustavou trubek (21) i vnějšími segmenty úložiště tepla (19) a teplo se ukládá i do těchto vnějších segmentů. Ostatní zůstává nezměněno.

Na obr. 8 je znázorněno čerpání tepla z úložiště tepla (19). Před vstupem chladiva (13) do kompresoru (15) protéká chladivo (13) úložištěm tepla (19) a ohřívá se. Teplota se ještě zvýší po stlačení kompresorem (15). Teplota na vstupu do turbíny (8) je tedy vyšší a turbogenerátor (8-9) může poskytovat vyšší výkon za předpokladu, že teplota na výstupu zůstane shodná. Aby mohl být vyšší příkon v důsledku zvýšené teploty na vstupu využit, musí na to být turbogenerátor (8-9) i  
30 tepelné čerpadlo (12) dimenzovány.

Na obr. 9 je znázorněno upravené provedení nezávislého nepřetržitého obnovitelného zdroje elektrické energie (1) podle obr. 5. Úprava spočívá v propojení okruhu zařízení pro výrobu elektřiny (5) i okruhu tepelného čerpadla (12) v jeden společný okruh se společným pracovním médiem-chladivem (6-13). Oproti schématu se dvěma oddělenými okruhy se schéma zjednodušuje  
40 použitím jednotného pracovního média-chladiva (6-13), vypuštěním tepelného výměníku/ohříváče (7) a vypuštěním čerpadla (11), jehož funkci zastává ve společném okruhu kompresor (15). Nebude-li schopen kompresor (15) zastávat funkci v dostatečném rozsahu, je možno čerpadlo (11) doplnit.

45 Na obr. 10 je znázorněno kompletní schéma nezávislého nepřetržitého obnovitelného zdroje elektrické energie (1), odpovídajícího obr. 5, přičemž jsou doplněny tepelně izolovaná uzavřená kobka (18) s výměníkem ztrátového tepla (27), měnič (29) a baterie (23) a je podrobněji znázorněno uspořádání sdruženého výměníku tepla (25).

50 V horní části uzavřené kobky (18) je znázorněn okruh zařízení k výrobě elektřiny (5) sestávající z turbogenerátoru (8-9), kondenzátoru (10), čerpadla (11) a ohříváče (7). Kondenzátor (10) je umístěn mimo uzavřenou kobku (18), ostatní části jsou umístěny v uzavřené kobce (18).

Ve spodní části uzavřené kobky (18) je znázorněn okruh tepelného čerpadla (12) sestávající z expanzní trysky (14), výparníku (16), kompresoru (15) a chladiče (7). Výparník (16) je umístěn mimo uzavřenou kobku (18), ostatní části jsou umístěny v uzavřené kobce (18).

- 5 Ohříváč-chladič (7) jsou společným zařízením, v němž je doplňováno do okruhu zařízení k výrobě elektriny (5) teplo odpovídající vyrobené elektrické energii a ztrátám, přičemž teplo je dodáváno okruhem tepelného čerpadla (12).

10 Tepelnou energii získává tepelné čerpadlo ve sdruženém výměníku tepla (25) prostřednictvím výparníku (16). Teplo je do výparníku (16) předáváno z kondenzátoru (10), z výměníku ztrátového tepla (27) a z nosiče primárního tepla (2), protlačovaného sdruženým výměníkem tepla ventilátorem (28).

15 Uzavřená kobka (18) shromažďuje všechny tepelné ztráty a předává je prostřednictvím výměníku ztrátového tepla (27) do sdruženého výměníku tepla (25).

20 Od generátoru (9) je vedena elektrická energie k pohonu kompresoru (15) a ostatních pomocných pohonů (17). Nespotebovaná část vyrobené elektrické energie je vedena mimo uzavřenou kobku (18) do měniče (29), který napájí elektrické spotřebiče a/nebo elektrickou síť (24). Pro ostrovní elektrické sítě se může přebytečná elektrická energie ukládat do baterie (23), která slouží ke startu zařízení, ke krytí výkonových špiček a k vyhlazování parametrů při změně teploty nosiče primární energie (2).

25 Na obr. 11 je znázorněno kompletní schéma nezávislého nepřetržitého obnovitelného zdroje elektrické energie (1), odpovídajícího obr. 9, v němž okruh výroby elektrické energie (5) i okruh tepelného čerpadla (12) jsou spojeny v jeden společný okruh se společným pracovním médiem-chladivem (6-13). V ostatním se popis neliší od obr. 10.

30 Na obr. 12 je znázorněno srovnání výroby elektriny v uhelné elektrárně (nahore), geotermální elektrárně (uprostřed) a nezávislém nepřetržitěm zdroji obnovitelné energie (1) s tepelným čerpadlem podle vynálezu (dole).

35 V uhelné elektrárně (nahore) je zdrojem tepla pro teplou stranu spalování uhlí v kotli (ohříváč 7), studené straně je teplo odnímáno pomocí chladičí věže (33). K výrobě elektriny se používá Rankin-Clausiiův uzavřený termodynamický oběh, v němž se po ohřátí v ohříváči (7) přemění voda v páru o vysoké teplotě a tlaku, která pohání turbogenerátor (8-9) vyrábějící elektrinu. Vodní pára kondenzuje na vodu v kondenzátoru (10), ochlazovaném pomocí chladičí věže (33). Ochladená voda je čerpadlem (11) přiváděna opět do ohříváče, kde je voda teplem ze spalovaného uhlí opět přiváděna do stavu páry. Cyklus se opakuje stále dokola. Díky vysoké teplotě páry (až cca 600°C) a ochlazování až na teplotu cca 28°C je dosahováno vysoké ideální termické účinnosti cca 67%.  
40 Po zohlednění všech ztrát dosahuje Nový zdroj v Ledvicích účinnosti přes 50% (podíl vyrobeného elektrického výkonu a energie spáleného uhlí). Uhelnou elektrárnu lze postavit prakticky kdekoli, kam je možno dovážet uhlí v potřebném množství.

45 V geotermální elektrárně (uprostřed) je postup výroby obdobný, jako v uhelné elektrárně. Rozdíl je v tom, že ohříváči (7) je teplo dodáváno geotermálními vrty. Není-li teplota geotermální vody dostatečně vysoká pro vývin energetické vodní páry, používá se organický Rankinův cyklus, v němž je pracovním médiem (6) látka s nižším bodem varu (např. benzen nebo toluen), nebo Kalinův cyklus, v němž pracovní médium sestává např. z vody a amoniaku v potřebném poměru.  
50 Výhodou Kalinova cyklu je poněkud vyšší účinnost a možnost změny vlastností pracovního média v návaznosti na změnu teploty geotermálního zdroje. Účinnost geotermálních elektráren je nižší než u uhelných elektráren a bývá v rozmezí 10-15%, protože rozdíl teploty teplé a chladné strany je nižší. Nicméně teplo je „zdarma“ a provozní náklad jsou podstatně nižší. Geotermální elektrárny nelze stavět všude, neboť potřebují vhodné podmínky, které se všude nevyskytují.

55

Dole je znázorněn nepřetržitý zdroj obnovitelné energie (1), v němž je okruh výroby elektřiny (5) doplněn ještě okruhem tepelného čerpadla (12), který nahrazuje jak zdroj tepla pro ohřev teplé strany, tak chladicí věž (33) pro ochlazování studené strany. Tepelné čerpadlo je totiž schopno odebrat teplo chladné straně okruhu výroby elektřiny (5) tím, že teplota chladiva (13) se po průchodu expanzním ventilem (14) sníží na teplotu nižší, než je teplota pracovního média (6) a teplo tak samovolně přechází ve společném kondenzátoru-výparníku (10-16) do chladiva (13). Chladivo (13) je následně stlačeno kompresorem (15). Tím se ohřeje na teplotu vyšší, než je teplota pracovního média (6) a teplo tak může v ohřívači (7) samovolně přecházet do okruhu výroby elektřiny (5), v němž se uvedeným způsobem vytvoří dostatečný tepelný spád, nutný pro výrobu elektřiny organickým Rankinovým nebo Kalinovým cyklem. K tomu, aby se do okruhu výroby elektřiny (5) doplnila energie, odčerpaná výrobou elektřiny, slouží tepelný výměník pro ohřev vnějším teplem (26), v němž je ochlazenému médiu (13) předáváno potřebné teplo z okolního teplejšího vzduchu (2). Přitom elektrická energie pro pohon tepelného čerpadla je dodávána turbogenerátorem (8-9). Protože potřebná energie k pohonu tepelného čerpadla je několikrát nižší (typicky 3 až 4 x), než energie tepelným čerpadlem dodaná, postačuje elektrická energie vyrobená turbogenerátorem (8-9) nejen k pohonu tepelného čerpadla, ale i k dodávání elektrické energie. Výkon vyrobené elektrické energie je roven příkonu energie obsažené v ochlazovaném vzduchu, zvětšenému ještě o případné nezužitkované ztráty.

20

### Průmyslová využitelnost

Nezávislý nepřetržitý zdroj elektrické energie podle vynálezu se s výhodou využije v obnovitelné bezuhlíkové ekonomice k levné a dostatečné distribuované výrobě elektrické energie.

25

Vzhledem k tomu, že potřebná energie k výrobě elektřiny je dostupná všude (ve vodě, vzduchu, případně v zemině), je možno výrobu distribuovat do menších lokálních energetických jednotek.

Velikost základní energetické jednotky je závislá na její ceně a rozměrech. Budou-li cena a rozměry přiměřené, může se stát základní velikostí domácí jednotka o výkonu cca 10 kW, která pokryje špičkovou spotřebu jednoho dostatečně tepelně izolovaného rodinného domu (topení a ohřev vody prostřednictvím „topného“ tepelného čerpadla, svícení, vaření, noční dobíjení baterie elektromobilu aj. při denní spotřebě až cca 100 kWh). Přebytky výkonu (zejména ve dne) mohou být dodávány do elektrické sítě. Taková jednotka se může stát integrovanou součástí nově stavěných rodinných domů.

Zajímavou možností doplňkového využití integrované domácí energetické jednotky je využití odpadního vzduchu, ochlazeného výrobou elektřiny, k ochlazování domácnosti v horkém letním období. Stejnou možnost však často poskytují i tepelná čerpadla určená k vytápění domácnosti.

40

Případně mohou být budovány energetické jednotky o vyšším elektrickém výkonu v hodnotě až několika tisíc kW i více pro stovky a tisíce domácností, přičemž maximální výkon jednotky je dán jednak výkonem tepelného čerpadla (dnešní maximální výkon průmyslových tepelných čerpadel dosahuje několika tisíc kW), jednak schopností odvádění ochlazeného vzduchu (je třeba předejít hromadění primárního nosiče tepla (vzduchu nebo vody před vstupem do nezávislého zdroje). U velkých nezávislých zdrojů elektřiny může být omezením i velikost plánovaného úložiště tepla, které však není podmínkou provozu zdroje.

Jako zajímavá možnost budování nezávislých nepřetržitých zdrojů velkého výkonu se jeví opuštěné povrchové doly a přilehlé uhelné tepelné elektrárny s ukončeným provozem. Při regeneraci povrchových dolů totiž mohou vznikat obří sezónní úložiště tepla o velikosti stovek a tisíců hektarů (1 ha úložiště o mocnosti 20 m může uložit až cca 10 GWh tepelné energie), která by mohla v létě a na podzim ukládat přebytky energie vzdálených obnovitelných zdrojů elektřiny (např. solární a větrné elektrárny) a v zimě a na jaře je používat k výrobě elektřiny v blízkých nezávislých zdrojích elektrické energie. Blízkými nezávislými zdroji se pak rozumí např.

55

elektrárny s nezávislým zdrojem elektřiny podle vynálezu s Kalinovým cyklem, vybudované na místě uhelných elektráren, které by mohly převzít část původního výrobního zařízení.

- 5 Další zajímavou možností budování nezávislých zdrojů elektrické energie vyššího výkonu je jejich citlivá instalace na vrcholcích v zimních sportovních střediscích. Takové zařízení pak nejen dodává středisku a jeho okolí potřebnou elektrickou energii, ale zároveň vhodně směřovaný odpadní chladný vzduch ochlazuje atmosféru pod takto umístěným energetickým zdrojem, zlepšuje podmínky pro výrobu sněhu na sjezdovkách, zpomaluje jeho tání a prodlužuje zimní sezónu.
- 10 Obdobným způsobem lze ochlazený vzduch využívat i v dalších specifických provozech, založených na ochlazování.

## PATENTOVÉ NÁROKY

1. Nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (1), **vyznačený tím**, že pokud se k výrobě elektřiny využívá postupu založeného na rozdílu teplot teplé strany (3) a chladné strany (4), pak je teplo chladné straně (4) odebíráno a teplé straně (3) dodáváno prostřednictvím uzavřeného termodynamického cyklu jedno- nebo víceúrovňového tepelného čerpadla (12), poháněného částí vyráběné elektřiny nebo částí energie vznikající při výrobě elektřiny, přičemž k doplňování energie, vynaložené k výrobě elektřiny a k pokrytí ztrát, se využívá tepla odebraného týmž nebo jiným tepelným čerpadlem (12) nosiči primárního tepla (2), kterým je například vzduch, voda, země nebo hmota blízkého úložiště tepla (19) nebo jiný přirozený nebo umělý zdroj tepla, případně i zachycených tepelných ztrát, vznikajících při výrobě elektřiny.

2. Nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (1) podle nároku 1, **vyznačený tím**, že zařízením k výrobě elektřiny, založené na rozdílu teplot teplé strany (3) a chladné strany (4), je buď termočlánek, nebo zařízení pro výrobu elektrické energie (5), které využívá uzavřeného Kalinova cyklu nebo organického Rankinova cyklu nebo Braytonova cyklu nebo jiného vhodného uzavřeného termodynamického cyklu a které sestává přinejmenším z ohřívače (7), v němž se z pracovního média (6) vyvíjí pára, parního expandéru (8) s generátorem (9), který vyrábí elektřinu, a kondenzátoru (10), v němž je pára ochlazována a zkapalňována a z něhož je pracovní médium (6) čerpáno čerpadlem (11) opět do ohřívače (7), a že do ohřívače (7) se prostřednictvím chladiva (13) tepelného čerpadla (12) přivádí teplo odňaté pracovnímu médiu (6) v kondenzátoru (10) chladivem (13), přičemž teplota chladiva (13) se zvyšuje na potřebnou úroveň jedno- či víceúrovňovým tepelným čerpadlem (12), přednostně poháněným částí výkonu turbogenerátoru (8-9), přičemž ochlazené chladivo (13) rovněž přijímá od nosiče primární energie (2) teplo k doplnění energie odčerpané výrobou elektrické energie a ztrátami, případně je toto teplo doplňováno do okruhu tepelného čerpadla (12) nebo do okruhu zařízení pro výrobu elektrické energie (5) jiným tepelným čerpadlem, poháněným rovněž energií vyrobenou v turbogenerátoru (8-9) a odebírajícím teplo rovněž primárnímu nosiči tepla (2).

3. Nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (1) podle bodu 2, **vyznačený tím**, že zařízení, sestávající ze zařízení k výrobě elektřiny (5) a tepelného čerpadla (12), je s výjimkou sdruženého výměníku tepla (25) nebo jeho části umístěno v uzavřené kobce (18), tepelně izolované vůči okolnímu prostředí, a že teplo zachycené v uzavřené kobce (18) je využíváno k ohřevu nosiče primárního zdroje tepla (2) před vstupem do výparníku (16) tepelného čerpadla (12), nebo se využívá k ohřevu chladiva (13) tepelného čerpadla (12) v samostatné části výparníku (16).

4. Nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (1) podle nároku 1, 2 nebo 3, **vyznačený tím**, že teplo odňaté primárnímu zdroji tepla (2) nebo jeho část se po zvýšení teploty tepelným čerpadlem (12) v době přebytku energie ukládá do úložiště tepla (19), přičemž při ukládání tepla mohou být k napájení tepelného čerpadla (12) i ostatních pomocných pohonů (17) použity přebytky elektrické energie vyprodukované jinými, i vzdálenými zdroji, a že teplo uložené v úložišti tepla (19) se v době nedostatku energie využívá ke zvýšení teplotního rozdílu teplé (3) a chladné (4) strany zařízení pro výrobu elektrické energie (5), a tedy ke zvýšení výkonu a účinnosti výroby elektřiny a/nebo k předehřevu nosiče primárního tepla (2) a/nebo k topným účelům.

5. Nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (1) podle nároku 4, **vyznačený tím**, že úložiště tepla (19) je tvořeno zeminou nebo horninou a případně odděleno od okolí vrstvou tepelné izolace (20), např. pěnového skla, a teplo vyrobené tepelným čerpadlem (12), případně přímým elektrickým ohřevem, je úložišti (19) předáváno i odnímáno soustavou trubek (21) s teplotnosnou tekutinou, přičemž tepelně izolované úložiště tepla (19) může být rozděleno na několik menších segmentů (22) o různých teplotách navzájem oddělených vrstvou tepelné izolace (20), do nichž je teplo dodáváno nebo z nich odebíráno postupně prepínatelnými smyčkami soustavy trubek (21).

6. Nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (1) podle nároku 1 nebo 2 nebo 3, **vyznačený tím**, že jeho součástí může být baterie (23) s energií dostatečnou pro rozběh a docílení

ustáleného provozního stavu, pro pokrytí energetické špičky a/nebo pro vyhlazení dodávky energie při různých denních a nočních teplotách, případně může být připojen k dalším paralelním zdrojům elektřiny nebo do elektrické sítě (24).

5 7. Nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (1) podle nároku 1, **vyznačený tím**, že je-li nosičem primárního tepla (2) vzduch, pak je přívod vzduchu umístován a orientován tak, aby tepelným čerpadlem (12) ochlazený vzduch mohl odtékat do nižších poloh a/nebo ve směru větru, přičemž v sezóně může být vzduch ochlazený výkonnějšími nezávislými zdroji elektrické energie (1) využíván např. k ochlazování zimních středisek, a je-li nosičem primárního tepla (1) říční nebo oceánská voda, je zdroj elektrické energie (1) umístován a orientován tak, aby ochlazená voda od něj odcházel a aby nedocházelo k nadměrnému odnímání tepla, případně nechtěnému zamrznutí vodní hladiny.

15 8. Nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (1) podle nároku 2 a/nebo 5, **vyznačený tím**, že k budování sezónních zemních úložišť tepla (19) o malé kapacitě může být využíván prostor pod základy domů a pro úložiště tepla (19) o velké kapacitě mohou být využity regenerované povrchové doly a/nebo že k výrobě elektřiny je možno využít některá zařízení nepoužívaných přilehlých parních elektráren.

20 9. Nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (1) podle nároku 2, **vyznačený tím**, že k pohonu tepelného čerpadla (12) a/nebo pomocných pohonů (17) se používá mechanického propojení s turbínou (8) turbogenerátoru (8-9) a/nebo elektrického pohonu napájeného turbogenerátorem (8-9).

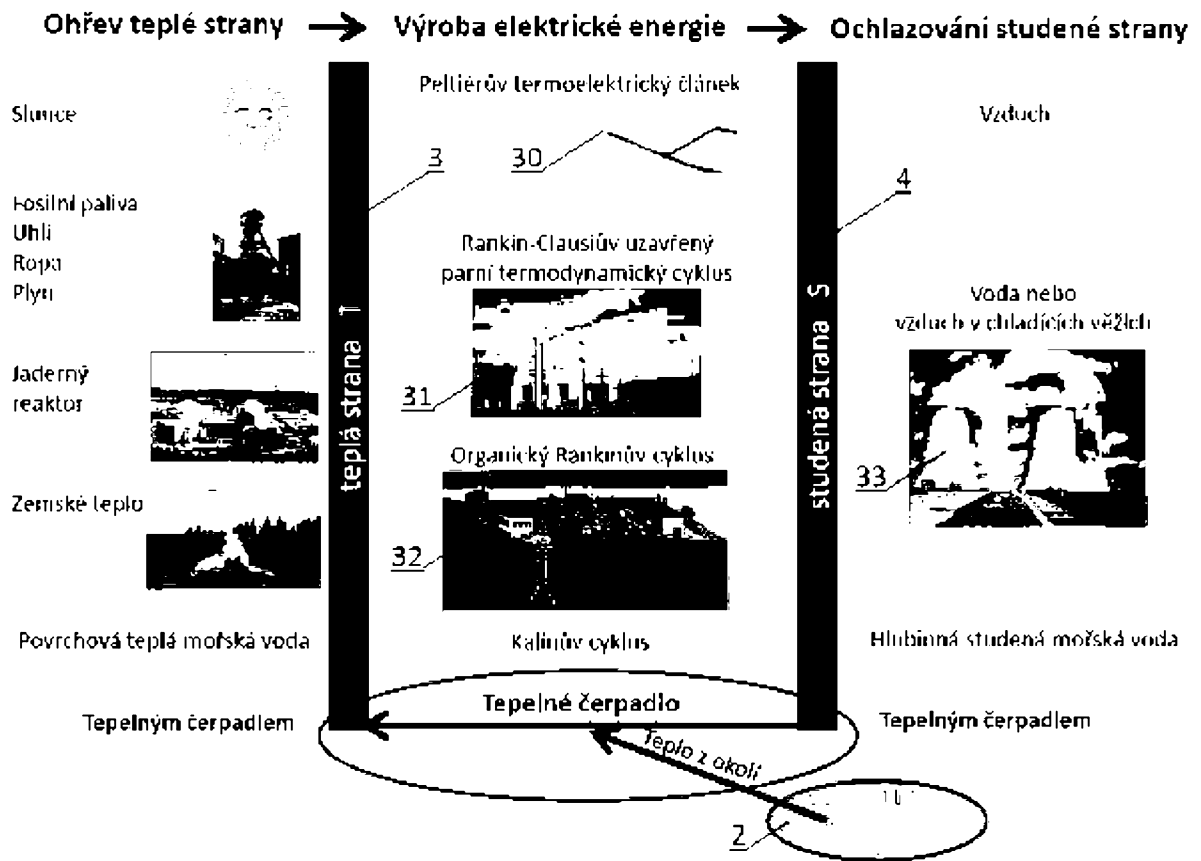
25 10. Nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (1) podle nároku 2, **vyznačený tím**, že uzavřený termodynamický cyklus zařízení k výrobě elektřiny (5) a uzavřený termodynamický cyklus tepelného čerpadla (12) jsou spojeny v jednom společném okruhu, přičemž vlastnosti společného pracovního média-chladiva (6-13) mohou být stabilní v souladu s organickým Rankinovým cyklem, nebo mohou být v rámci cyklu měněna podle potřeby např. postupem obdobným Kalinovu cyklu.

## 12 výkresů

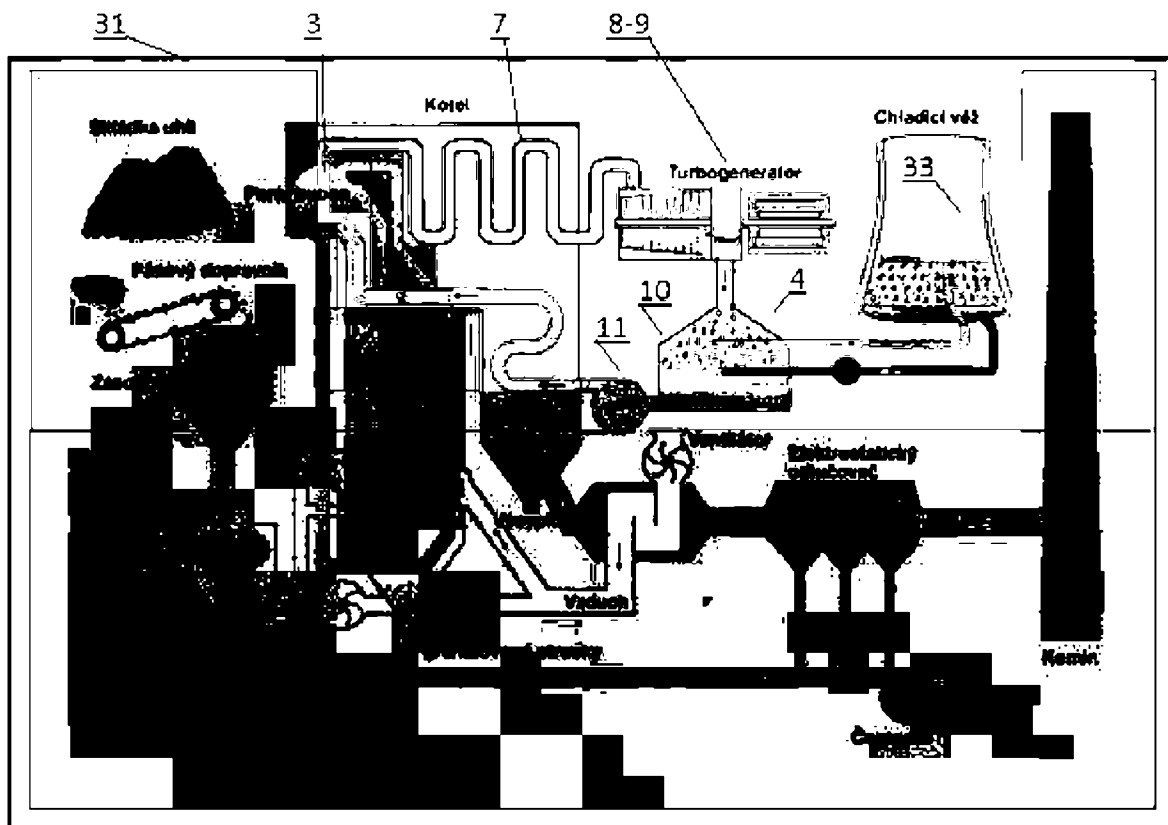
Seznam vztahových značek:

- 1 - nezávislý nepřetržitý obnovitelný zdroj elektrické energie (podle vynálezu)
- 2 - nosič primárního tepla (vzduch, voda, země)
- 3 - teplá strana
- 4 - chladná strana
- 5 - zařízení k výrobě elektřiny
- 6 - pracovní médium
- 6-13 společné pracovní médium-chladivo
- 7 - ohřívač, chladič, tepelný výměník
- 8 - expandér (turbína)
- 8-9 turbogenerátor
- 9 - generátor
- 10 - kondenzátor
- 10-16 kondenzátor/výparník
- 11 - čerpadlo
- 12 - tepelné čerpadlo
- 13 - chladivo
- 14 - expanzní tryska
- 15 - kompresor
- 16 - výparník

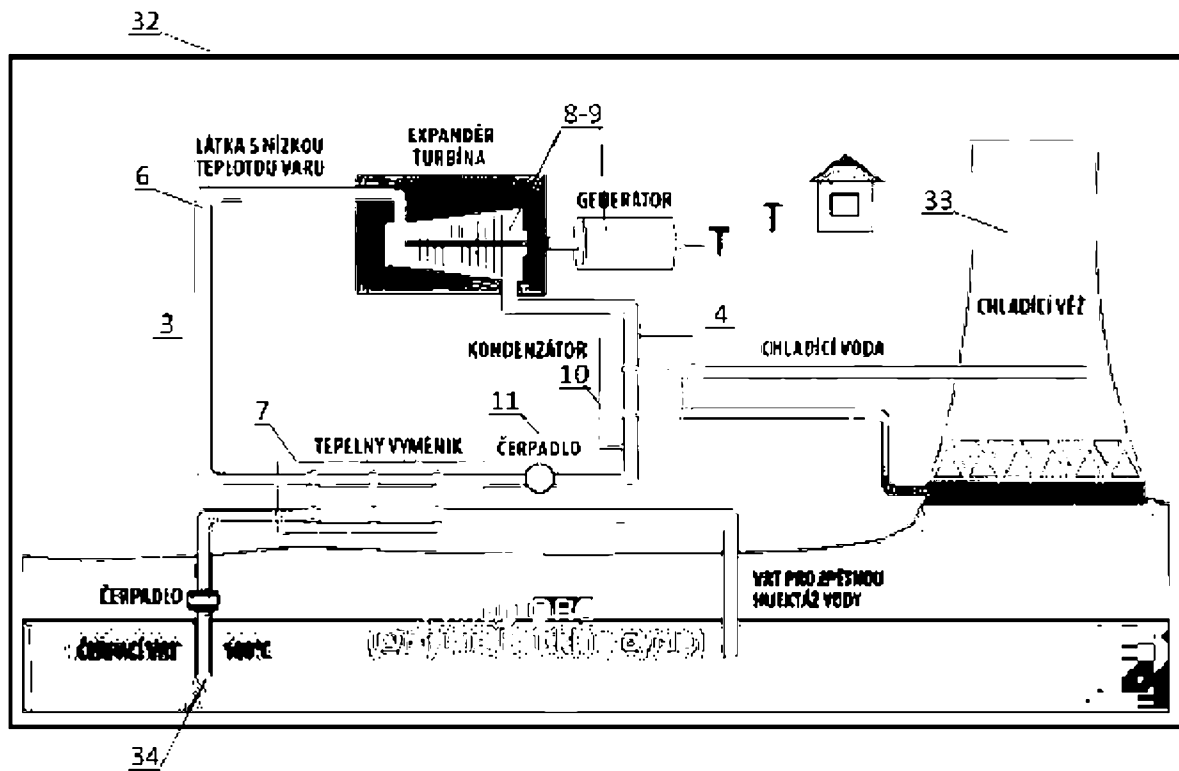
- 17 - ostatní pomocné pohony
- 18 - uzavřená kobka
- 19 - úložiště tepla
- 20 - tepelná izolace
- 21 - soustava trubek
- 22 - vnitřní segment úložiště tepla
- 23 - baterie
- 24 - elektrická síť
- 25 - sdružený tepelný výměník
- 26 - tepelný výměník pro ohřev vnějším teplem
- 27 - výměník ztrátového tepla
- 28 - ventilátor
- 29 - měnič
- 30 - termočlánek
- 31 - uhelná tepelná elektrárna
- 32 - geotermální elektrárna
- 33 - chladicí věž
- 34 - geotermální vrt



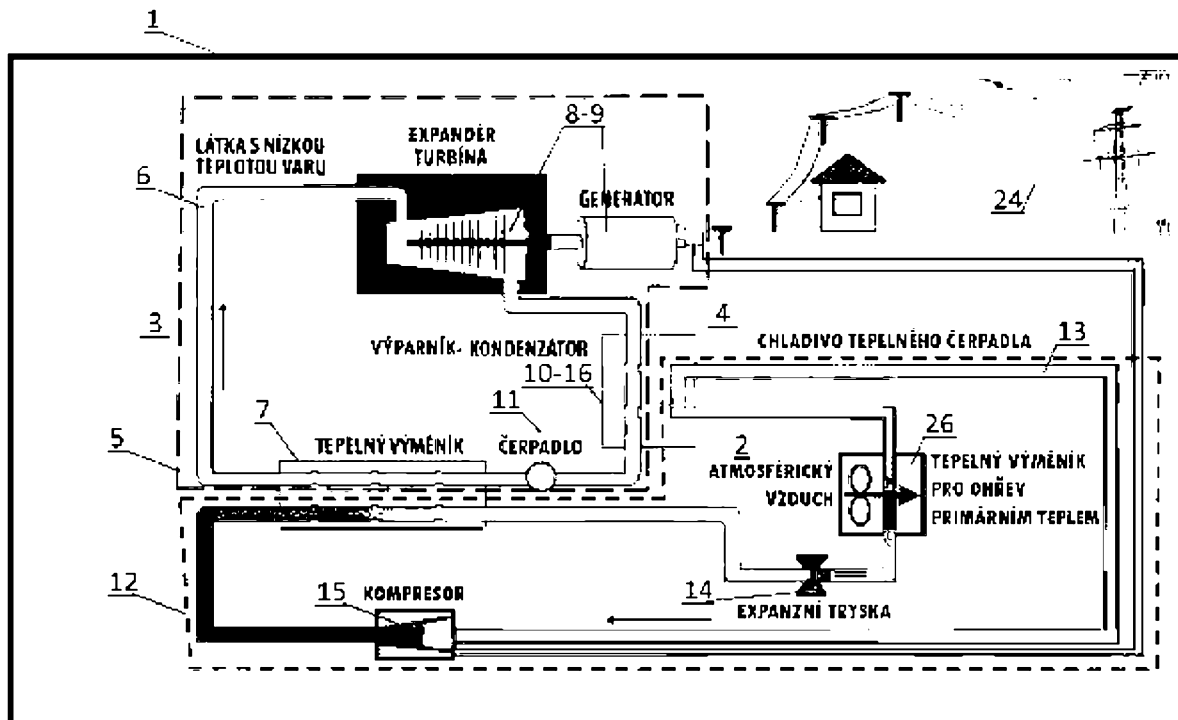
Obr. 1



Obr. 2



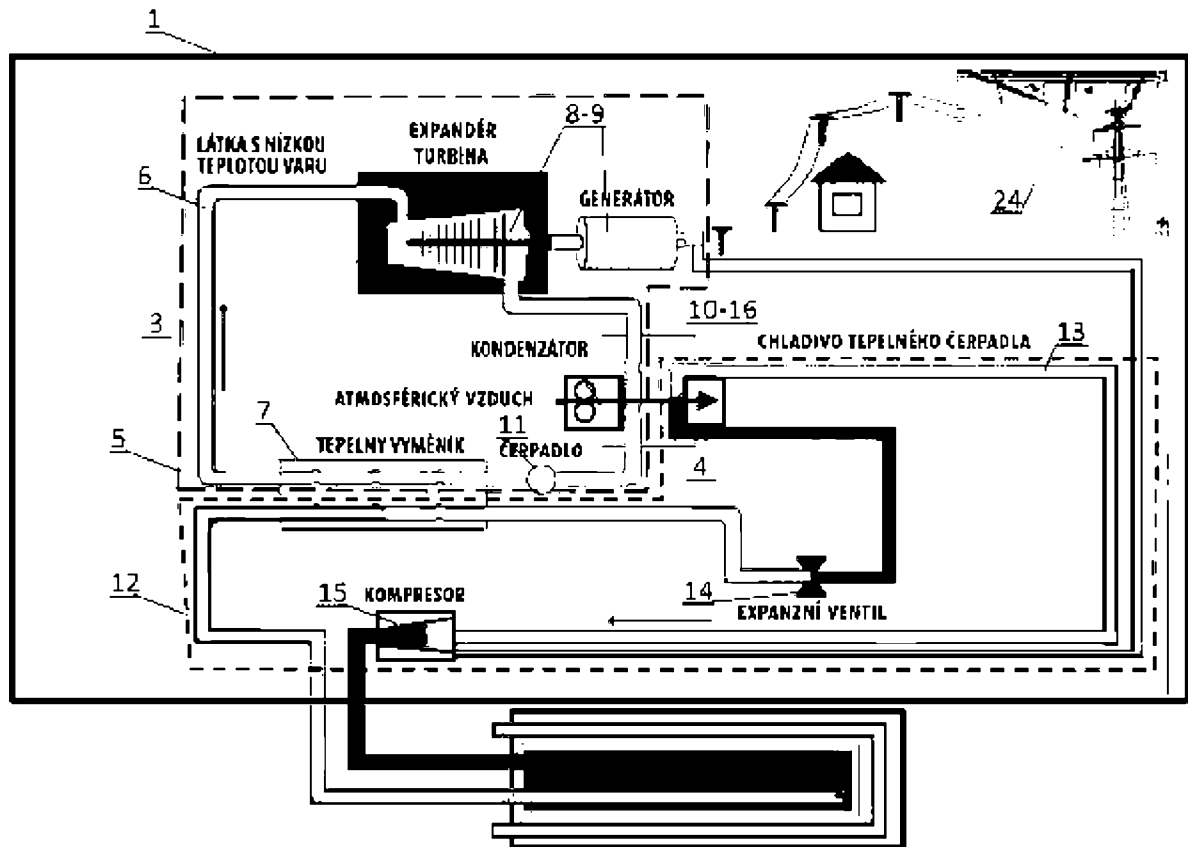
Obr. 3



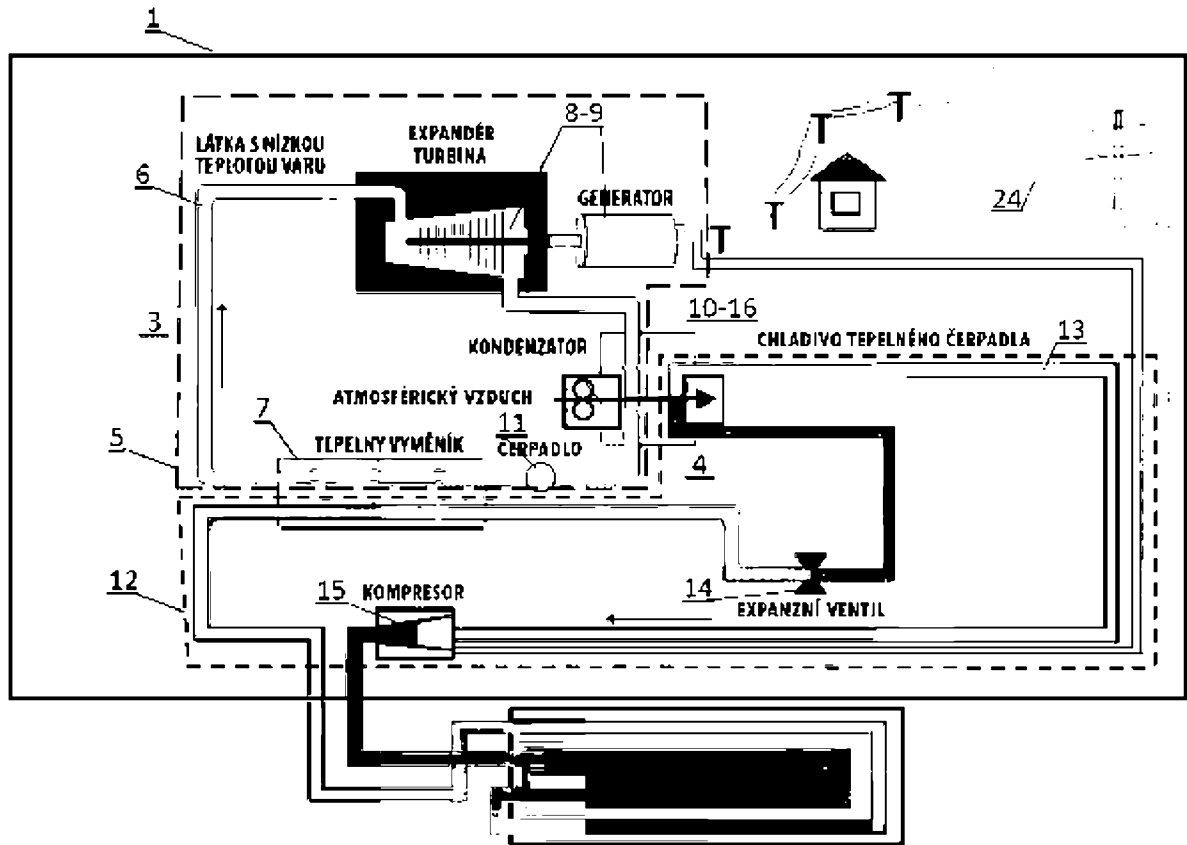
Oddělený výměník a kondenzátor

Obr. 4

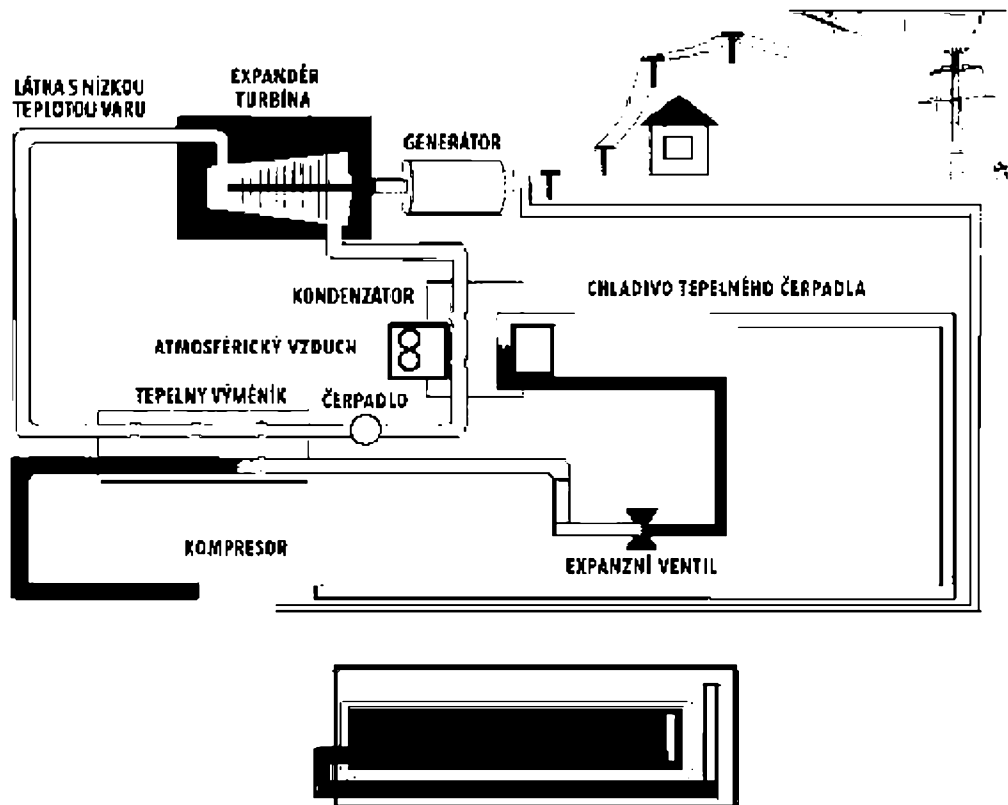




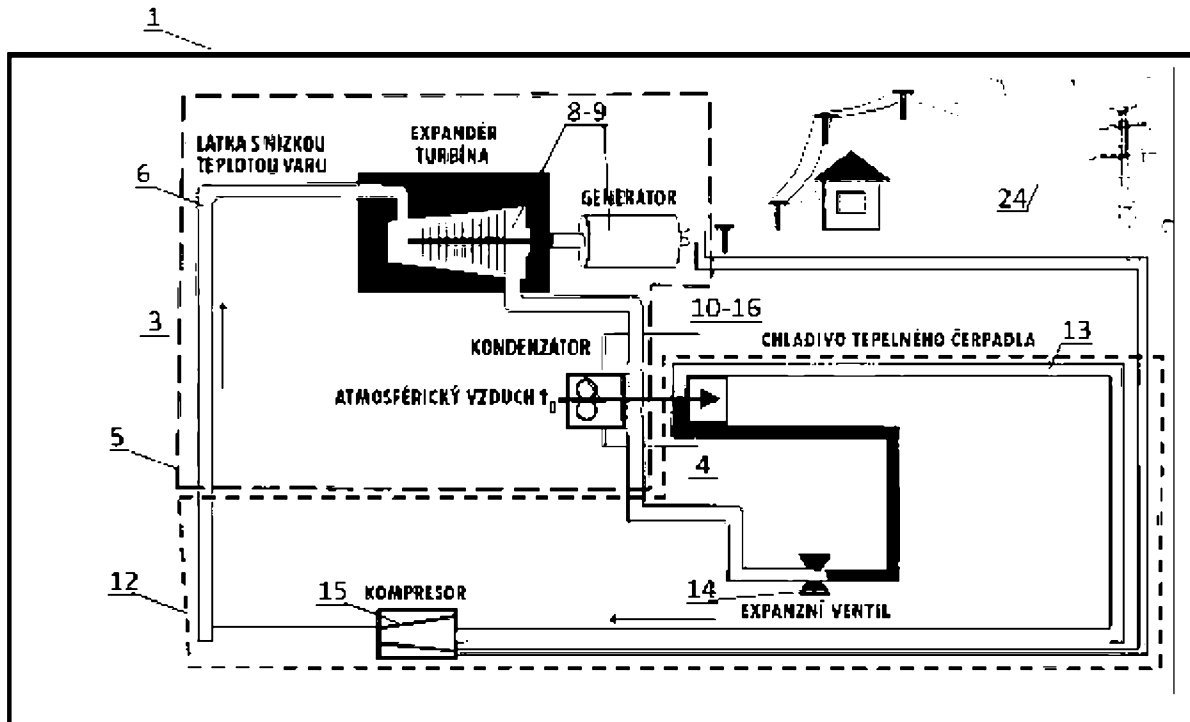
Obr. 6



Obr. 7

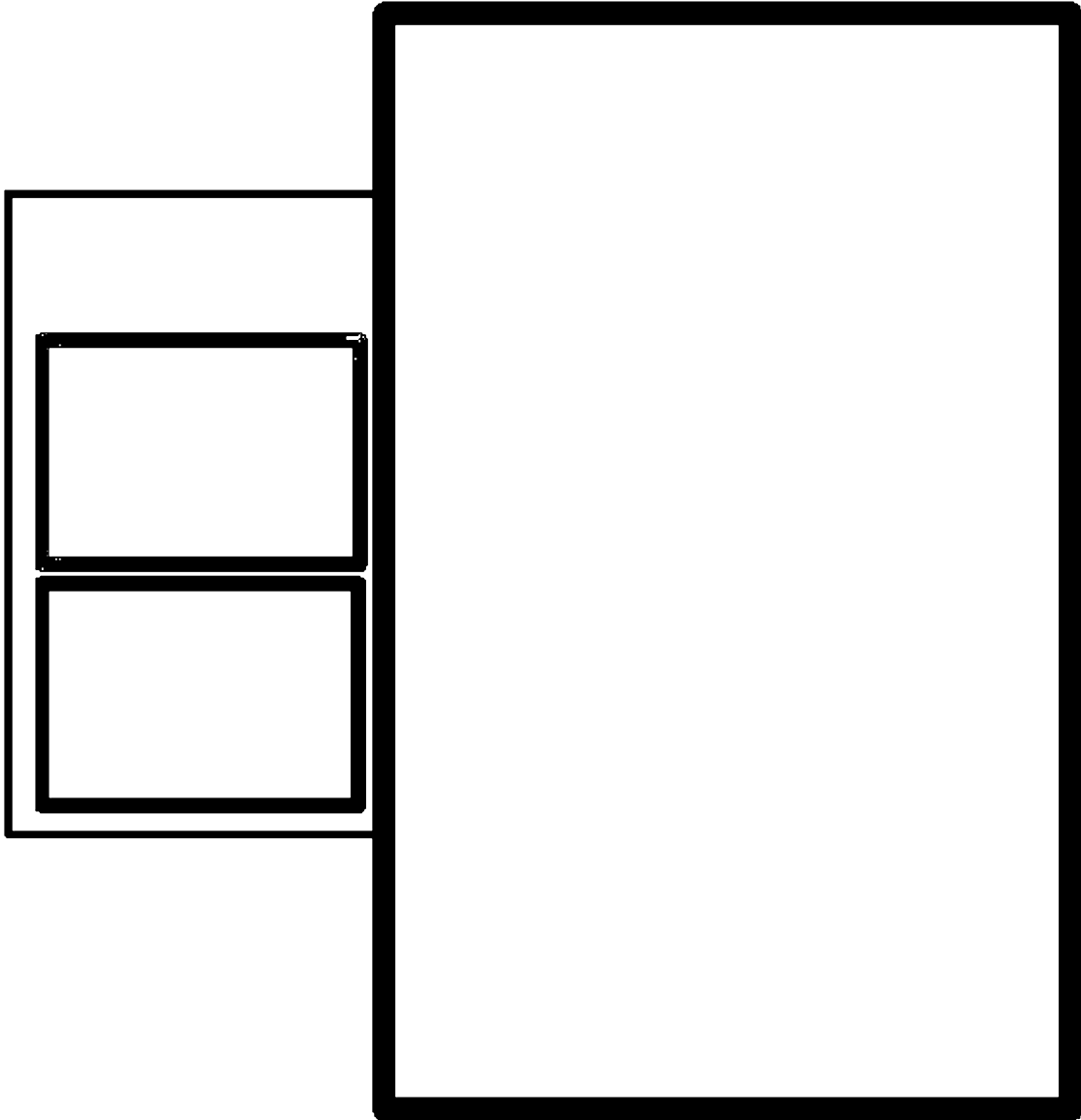


Obr. 8

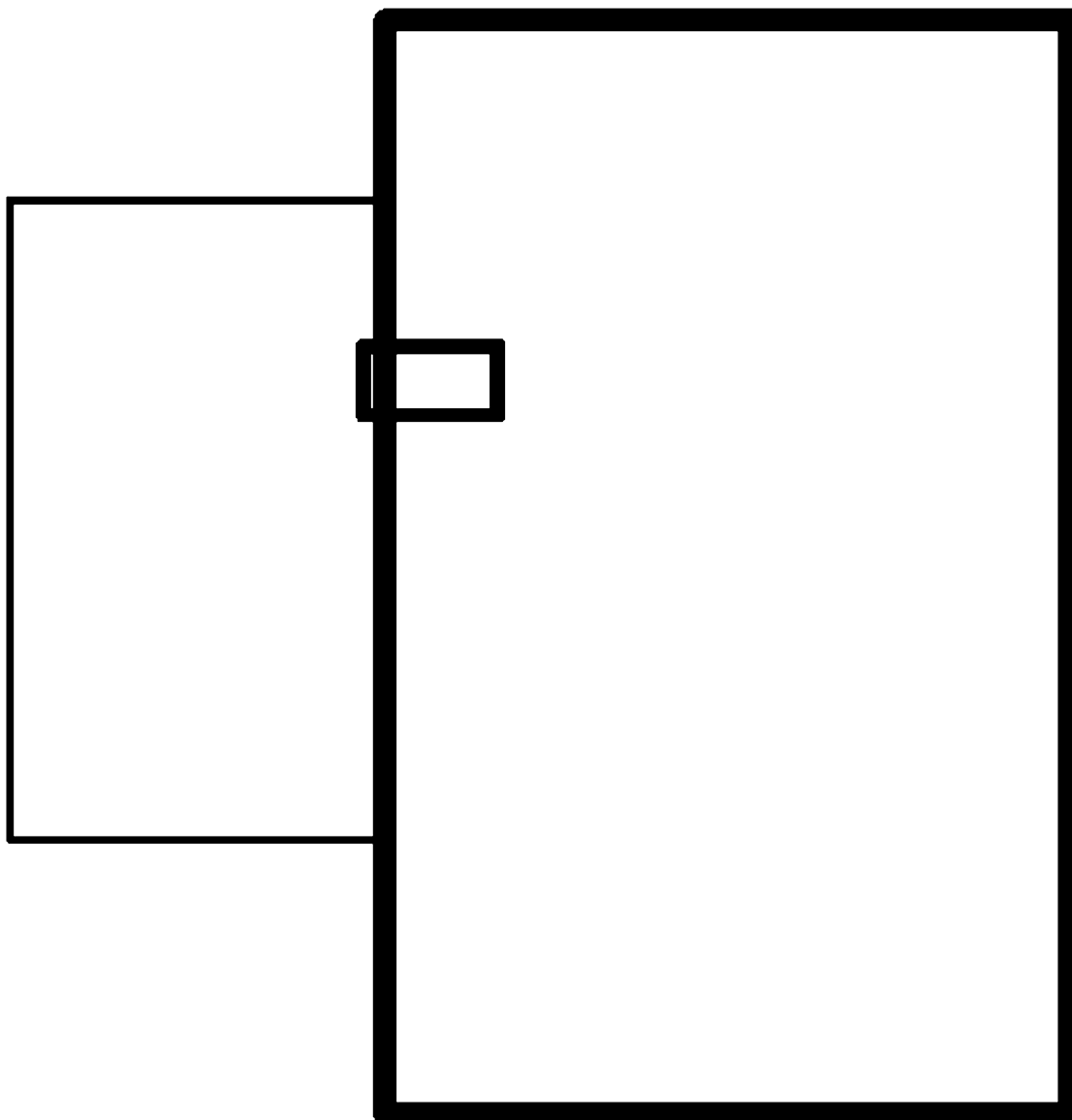


**Integrovaný okruh výroby elektřiny a tepelného čerpadla**

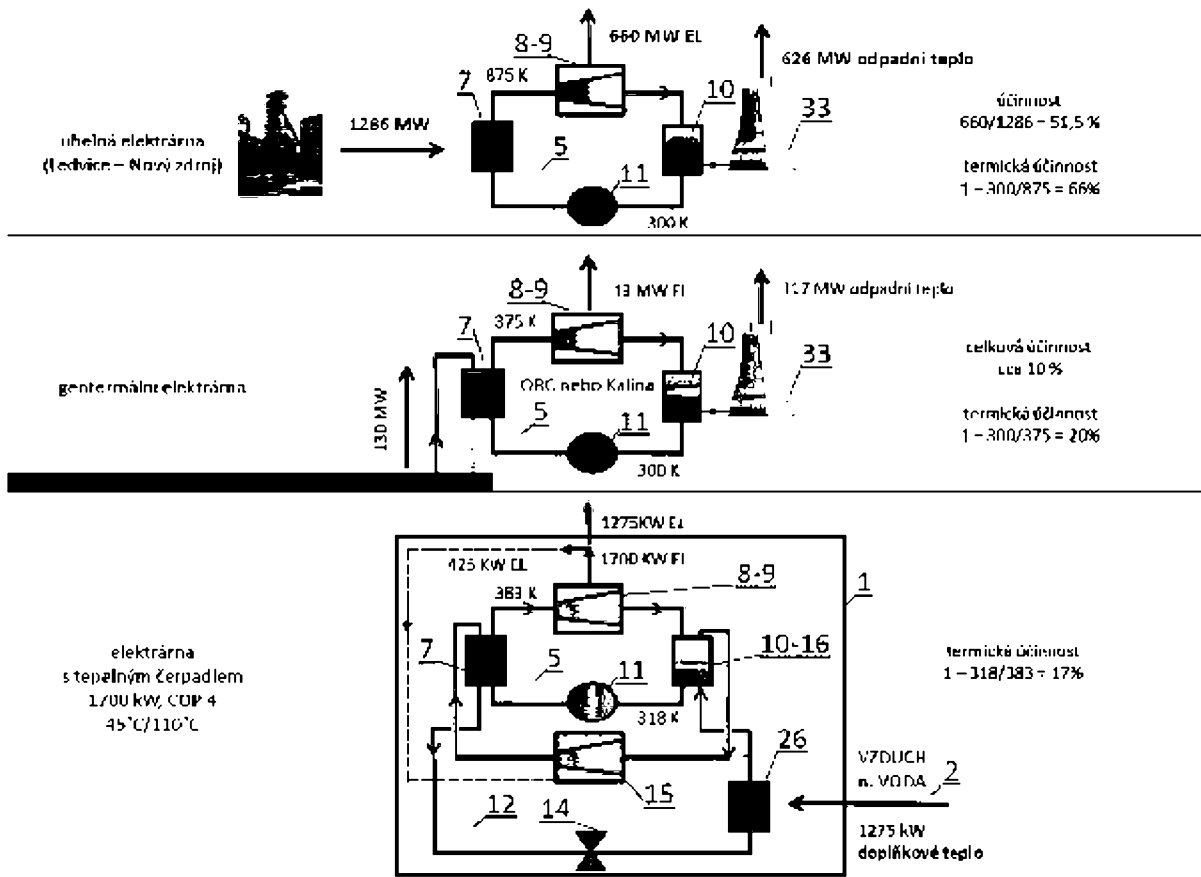
Obr. 9



Obr. 10



Obr. 11



Obr. 12