UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:
28 034
(13) Druh dokumentu: **U1**
(51) Int. Cl.:
F01K 25/00 (2006.01)
F01K 13/00 (2006.01)

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2014-30294**
(22) Přihlášeno: **19.11.2014**
(30) Právo přednosti:
19.11.2014 CZ PV 2014-804
(47) Zapsáno: **31.03.2015**

(73) Majitel:
Vysoká škola báňská- Technická univerzita Ostrava, Ostrava- Poruba, CZ

(72) Původce:
doc. Dr. Ing. Tadeáš Ochodek, Ostrava- Krásné Pole, CZ
Ing. Jan Koloničný, Ph.D., Metylovice, CZ
Ing. Jiří Horák, Ph.D., Vřesina, CZ
Ing. David Kupka, Ph.D., Ostrava- Poruba, CZ

(74) Zástupce:
INPARTNERS GROUP, Ing. Dušan Kendereški, Lidická 51, 602 00 Brno

(54) Název užitného vzoru:
Systém akumulace odpadního tepla vznikajícího při průmyslových procesech pro výrobu elektrické energie

CZ 28034 U1

Úřad průmyslového vlastnictví v zápisném řízení nezjišťuje, zda předmět užitného vzoru splňuje podmínky způsobilosti k ochraně podle § 1 zák. č. 478/1992 Sb.

Systém akumulace odpadního tepla vznikajícího při průmyslových procesech pro výrobu elektrické energie

Oblast techniky:

Technické řešení se týká systému akumulace odpadního tepla, včetně špičkové výroby elektrické energie, přičemž tepelná energie je akumulována do uzavřeného olejového okruhu, kterým je ohřívána vodní pára a mechanická práce je získávána expanzí vodní páry na rotoru bezlopatkové turbíny.

Dosavadní stav techniky

Odpadní teplo vznikající například při průmyslových procesech je pro výrobu elektrické energie využitelné v omezené míře. Limitující je často nízká teplota odpadního média a nestabilní produkce zdroje tepla. Klasický Rankinův oběh je možné nahradit organickým Rankiovým oběhem (ORC), který se vyznačuje použitím pracovní látky v podobě silikonového oleje. Jelikož olej je za srovnatelného tlaku schopen odpařování při podstatně nižší teplotě než voda, umožňuje toto řešení částečně eliminovat potíže vyplývající z nízké kvality zdroje odpadního tepla v souvislosti s potřebnou velikostí teploty pro realizaci periodické fázové přeměny v rámci pracovního cyklu. Problémy spojené s nestabilní produkcí odpadního tepla jsou řešeny systémem akumulace. V současnosti se však jedná o akumulaci nízkopotenciálního tepla, které je vhodné pro přímé využití například pro ohřev užitkové vody, nikoliv pro přípravu procesní páry s požadovanými parametry umožňujícími účelnou expanzi na turbíně.

V patentové přihlášce č. US 4266404 je popsán způsob a zařízení pro úsporu ztrátové energie přenosem ztrátového tepla ze spalovacího motoru, sběrače sluneční energie, nebo jakéhokoliv jiného zdroje odpadní tepelné energie o teplotě 200 °C a výše. Vynález se týká převádění odpadního tepla na užitečnou energii, a zejména na využití odpadního tepla ze spalovacího motoru k výkonu práce, jako je například klimatizace automobilu nebo provozování čerpadla nebo další mechanická zařízení. V principu je ztrátové teplo odváděno nosnou kapalinou do výměníku tepla. S výhodou provedení obsahuje motor Rankin-Stirlingov cyklus. Patentované řešení se od předkládaného vynálezu liší v použití pracovní látky Rankinova oběhu a způsobu transformace tepelné energie na mechanickou práci. V tomto systému není uvažováno s výrobou elektrické energie.

Vynález popisovaný v Evropské přihlášce vynálezu č. EP 2211028 se týká postupu recyklace odpadního tepla pro zdroje odpadního tepla poměrně nízké kvality, doposud nevyužitelného hlavně z ekonomických důvodů, a zároveň pro nedostatek vhodných zařízení pro instalaci vynálezu. Uzavřený Rankinův cyklus je napájen plynem nebo kapalinou zahřátou ze zbytkového tepla, které má teplotu nižší než 350 °C. Odpadní teplo vstupuje do výměníku tepla z výparníku prostřednictvím mezilehlého vodního okruhu pro přenášení odpadního tepla do pracovní tekutiny. Patentované řešení se od předkládaného vynálezu liší v použití pouze jedné pracovní látky, kterou je silikonový olej. Olej je nutné po uplynutí určitého počtu pracovních cyklů obměňovat, což zvyšuje provozní náklady technologie. Tato koncepce neobsahuje akumulační systém, který by eliminoval nerovnoměrnou dodávku odpadního tepla.

Vynález popisovaný v přihlášce č. EP 2762691 se týká zařízení v kogeneračním uspořádání, které pracuje zejména na organickém Rankinůvém cyklu (ORC). Zařízení obsahuje turbínu spojenou s výparníkem. Pracovní médium z výparníku se dodává v mlžném stavu, a výměník tepla je také spojen s turbínou. Tepelný výměník je propojen s jednotkou pro zužitkování tepelné energie, takže tepelná energie z pracovního média se přenese do pracovní kapaliny, která proudí jednotkou pro zužitkování tepelné energie. Pro pohon cyklu, a pro zvýšení tlaku pracovního média v kapalném stavu, se obvykle používá dopravní čerpadlo pro zajištění proudění pracovního média mezi funkčními jednotkami a pro natlakování pracovního média mezi kondenzátorem a výparníkem. Pracovní médium se převádí na tepelnou energii ve výparníku. V turbíně, je pracovní tekutina ve stavu páry a adiabaticky se přemění na mechanickou práci. Turbína je přístroj, který mění vnitřní energii mlžného pracovního média do rotační energie, a nakonec na mechanickou práci. Patentované řešení používá k vykonání práce na turbíně termo-olej, nikoliv vodní páru. Systém nemá ošetřeny výkyvy dodávek odpadního tepla formou akumulace tepelné energie.

V německé přihlášce vynálezu č. DE 102012009459 je popsáno zařízení pro přeměnu tepelné energie na mechanickou energii prostřednictvím procesu Rankinova cyklu. V zařízení je používán oxid uhličitý v kritickém bodu, jako pracovní tekutina, při tlaku max. asi 73,8 barů a teplotě 31 °C. Zařízení se skládá

z cirkulačního potrubí pro vedení pracovní tekutiny, výparníku pro odpařování pracovní kapaliny, zahřívané ze ztrátového tepla. Dále se skládá z přístroje pro generování mechanické energie z expanzí páry pracovní tekutiny, kondenzátoru pro kondenzaci par expandované pracovní tekutiny a pro odstranění odpadní tepelné energie. Čerpadlo slouží pro natlakování kondenzované pracovní tekutiny.

Cílem technického řešení je využití odpadního tepla vznikajícího při průmyslových procesech pro výrobu elektrické energie a její následný odběr ve špičce. K tomuto účelu je navržen systému akumulace odpadního tepla, umožňující akumulaci a využití odpadního tepla s poměrně nízkou kvalitou.

Podstata technického řešení

Cíle technického řešení je dosaženo systém akumulace tepla, jehož podstata spočívá v tom, že je tvořen akumulačním okruhem a okruhem pro výrobu elektrické energie, kde akumulační okruh zahrnuje zdroj odpadního tepla a tepelný výměník napojený na komín, přičemž výměník je přes ohřívací okruh propojen s akumulačním výměníkem a okruh pro výrobu elektrické energie zahrnuje parní oběh propojující generátor páry s napájecí nádrží, kondenzátorem a bezlopatkovou turbínou napojenou na elektrický generátor, přičemž akumulační výměník je dále propojen přes vychlazovací okruh s generátorem páry a kondenzátor je přes okruh chlazení kondenzátu propojen se vzduchovým kondenzátorem.

Ve výhodném provedení systému akumulace tepla dle technického řešení mohou být ohřívací okruh a/nebo parní oběh a/nebo vychlazovací okruh a/nebo okruh chlazení kondenzátu opatřeny čerpadlem.

V detailním provedení tedy systém zahrnuje zdroj odpadního tepla, jenž je připojen přes tepelný výměník na komín, přičemž tepelný výměník je dále zapojen do ohřívacího okruhu, v němž je uspořádáno první čerpadlo a ohřívací okruh je dále napojen na akumulační zásobník, jenž je napojen vychlazovací okruh, v němž je zařazeno druhé čerpadlo a vychlazovací okruh je připojen na generátor páry, který je zařazen v parním okruhu, ve kterém dále zařazeno první oběhové čerpadlo vody napojené mezi generátor páry a napájecí nádrž, která je dále napojena na kondenzátor, jenž je napojen okruh chlazení kondenzátu, v němž je zařazeno druhé oběhové čerpadlo vody, přičemž tento okruh je připojen na vzduchový kondenzátor a dále je na kondenzátor napojena bezlopatková turbína propojená s elektrickým generátorem.

Uspořádání systému akumulace tepla může být ve výhodném provedení také modifikováno tak, že ohřívací okruh a vychlazovací okruh jsou tvořeny souvislým oběhovým potrubím spojujícím tepelný výměník s generátorem páry a vedoucím přes akumulační výměník.

Systém uzavřeného okruhu s teplonosným organickým médiem slouží k akumulaci tepelné energie, která je uvolňována v době špičkových odběrů elektrické energie.

Podstatou technického řešení je využití odpadního tepla vznikajícího při průmyslových procesech pro výrobu elektrické energie. Uvedené řešení se od současného stavu techniky liší tím, že energetickým zdrojem v procesu výroby elektrické energie v rámci Rankinova kondenzačního oběhu není spalovací zařízení na fosilní paliva, nýbrž vyvíječ páry, do něhož je organickou teplonosnou kapalinou přiváděna tepelná energie získaná akumulací odpadního tepla z odpadních plynů vznikajících v průmyslových zařízeních. Zařazení akumulačního okruhu se zásobníkem do systému umožňuje eliminovat vliv nerovnoměrných dodávek odpadního tepla a provozovateli zařízení dává ekonomickou výhodu spočívající v možnosti výroby elektrické energie v době odběrových špiček a krytí spotřeby vlastní výrobou.

Nabíjení akumulačního okruhu je s výhodou možné realizovat v tepelném výměníku proudem ohřátých plynů s teplotou nižší než 250 °C. Vybíjení akumulačního okruhu se děje v době vysoké poptávky po elektrické energie, a to převáděním tepelné energie z organického média v tepelném výměníku do vody. Přivedeným teplem se voda odpařuje a jako pára je vedena na bezlopatkovou turbínu, ve které expanduje. Oběžné kolo turbíny je přes hřídel spojeno s elektrickým generátorem, který zajišťuje transformaci mechanické energie na elektrickou.

Toto řešení systému umožňuje stabilizovat pracovní proces eliminací vlivů nerovnoměrného výkonu zdroje odpadního tepla při současném zachování jednoduchého konceptu založeného na klasickém parním Rankinovu oběhu. Výhodou pak je možnost uplatnění konstrukčně jednodušších typů parní turbíny bez lopatkového oběžného kola.

Objasnění výkresů

Technické řešení je schematicky znázorněno na výkrese, kde obr. 1 znázorňuje blokové schéma systému akumulace odpadního tepla, obr. 2 znázorňuje blokové schéma systému akumulace odpadního tepla, kde akumulační okruh vznikne vzájemným propojením ohřívacího a vychlazovacího okruhu.

Příklady uskutečnění technického řešení

Technické řešení řeší systém akumulace odpadního tepla vznikajícího při průmyslových procesech určeného pro výrobu elektrické energie. Systém akumulace tepla tvoří akumulační okruh 19, který zahrnuje zdroj 1 odpadního tepla, tepelný výměník 2, ohřívací okruh 5, akumulační výměník 6 a vychlazovací okruh 7, a okruh 21 pro výrobu elektrické energie, který zahrnuje parní oběh 12, generátor 9 páry, napájecí nádrž 11, kondenzátor 15, okruh 16 chlazení kondenzátu, vzduchový kondenzátor 17 a bezlopatkovou turbínu 13 a elektrický generátor 14.

V akumulačním okruhu 19 proudí teplonosná kapalina 20, například olej, která neprochází fázovou přeměnou a okruhem pro výrobu elektřiny 21.

V okruhu 21 pro výrobu elektrické energie je využívána akumulovaná tepelná energie z teplonosné kapaliny 20, která je v generátoru 9 páry přeměňována na páru.

Detailní uspořádání jednotlivých součástí systému akumulace odpadního tepla vznikajícího při průmyslových procesech je znázorněno na obr. 1. Systém v tomto provedení zahrnuje zdroj 1 odpadního tepla, jenž je připojen přes tepelný výměník 2 na komín 3. Tepelný výměník 2 je dále zapojen do ohřívacího okruhu 5, v němž je uspořádáno první čerpadlo 4, například oběhové čerpadlo oleje, přičemž ohřívací okruh 5 je napojen na akumulační zásobník 6. Akumulační zásobník 6 je dále napojen na vychlazovací okruh 7, v němž je zařazeno druhé čerpadlo 8, například oběhové čerpadlo oleje. Vychlazovací okruh 7 je připojen na generátor 9 páry, který je zařazen v parním okruhu 12, ve kterém je dále zařazeno první oběhové čerpadlo 10 vody napojené mezi generátor 9 páry a napájecí nádrž 11, která je dále napojena na kondenzátor 15. Na kondenzátor 15 je napojen okruh 16 chlazení kondenzátu, v němž je zařazeno druhé oběhové čerpadlo 18 vody, přičemž tento okruh 16 je připojen na vzduchový kondenzátor 17. A dále je na kondenzátor 15 napojena bezlopatková turbína 13, která je propojena s elektrickým generátorem 14.

Příkladná varianta provedení systému je znázorněna na obr. 1. Odpadní teplo procesních plynů je předáváno tepelným výměníkem 2, který proveden jako trubkový, do ohřívacího okruhu 5, ve kterém je zařazeno první čerpadlo 4, a kterým je ohřívána teplonosná náplň 20, v tomto případě olejová náplň akumulačního zásobníku 6. Tato fáze představuje nabíjení systému. V době odběrové špičky elektrické energie je vychlazovacím okruhem 7, ve kterém je zařazeno druhé čerpadlo 8, odebírána akumulovaná tepelná energie určená k výrobě páry v generátoru 9 páry, který představuje integrální prvek akumulačního a parního okruhu 12. Vyrobená pára je využita k výrobě elektrické energie na soustrojí turbogenerátoru, které je tvořeno bezlopatkovou turbínou 13 elektrickým generátorem 14.

Další příkladná varianta provedení systému je podobná, jak varianta znázorněná na obr. 1, jediným rozdílem je rozdílná konstrukce tepelného výměníku 2. V tomto provedení systému je odpadní teplo kapalin předáváno tepelným výměníkem 2, který je proveden jako deskový, do ohřívacího okruhu 5, ve kterém je zařazeno čerpadlo 4, a kterým je ohříváno teplonosné médium 20, například olejová náplň akumulačního zásobníku 6. Tato fáze představuje nabíjení systému. V době odběrové špičky elektrické energie je vychlazovacím okruhem 7, ve kterém je zařazeno oběhové čerpadlo 8, odebírána akumulovaná tepelná energie k výrobě páry v generátoru 9 páry, který představuje integrální prvek akumulačního a parního okruhu 12. Vyrobená pára je využita k výrobě elektrické energie na soustrojí turbogenerátoru, které je tvořeno bezlopatkovou turbínou 13 a elektrickým generátorem 14.

Poslední z příkladných provedení systému je znázorněno na obr. 2. Tento obrázek znázorňuje akumulační okruh 19, který zahrnuje zdroj 1 odpadního tepla, jenž je připojen přes tepelný výměník 2 na komín 3. Tepelný výměník 2 je dále propojen oběhovým potrubím 22 s teplonosným médiem 20, v němž je zařazeno druhé čerpadlo 8, například oběhové čerpadlo oleje. Toto potrubí 22 prochází přes akumulační zásobník 6, který je naplněn teplonosným médiem 20 a je připojeno na generátor 9 páry. Teplo odpadních plynů nebo kapaliny je tepelným výměníkem 2 převáděno do oběhového potrubí 22, které vznikne vzájemným propojením ohřívacího 5 a vychlazovacího okruhu 7. Vybíjení akumulačního okruhu 19 se děje

prostřednictvím parního generátoru 9, kde ohřevem napájecí vody vzniká pára o tlaku 1,5 MPa a teplotě 200 °C. Tato expanduje na turbíně 13, která je spojena s elektrickým generátorem 14.

Průmyslová využitelnost

Systém akumulace odpadního tepla lze využít při všech procesech, při nichž vzniká proud odpadních plynu či kapalin s teplotou alespoň 250 °C. Může být využit pro vychlazení spalin stacionárních spalovacích motorů nebo jiných tepelných zařízení, odpadních plynů z chemických procesů, v zemědělských bioplynových stanicích nebo hutních provozech

NÁROKY NA OCHRANU

1. Systém akumulace tepla, **vyznačující se tím**, že je tvořen akumulačním okruhem (19) a okruhem (21) pro výrobu elektrické energie, kde akumulační okruh (19) zahrnuje zdroj (1) odpadního tepla a tepelný výměník (2) napojený na komín (3), přičemž výměník (2) je přes ohřívací okruh (5) propojen s akumulačním výměníkem (6) a okruh (21) pro výrobu elektrické energie zahrnuje parní oběh (12) propojující generátor (9) páry s napájecí nádrží (11), kondenzátorem (15) a bezlopatkovou turbínou (13) napojenou na elektrický generátor (14), přičemž akumulační výměník (6) je dále propojen přes vychlazovací okruh (7) s generátorem (9) páry a kondenzátor (15) je přes okruh (16) chlazení kondenzátu propojen se vzduchovým kondenzátorem (17).

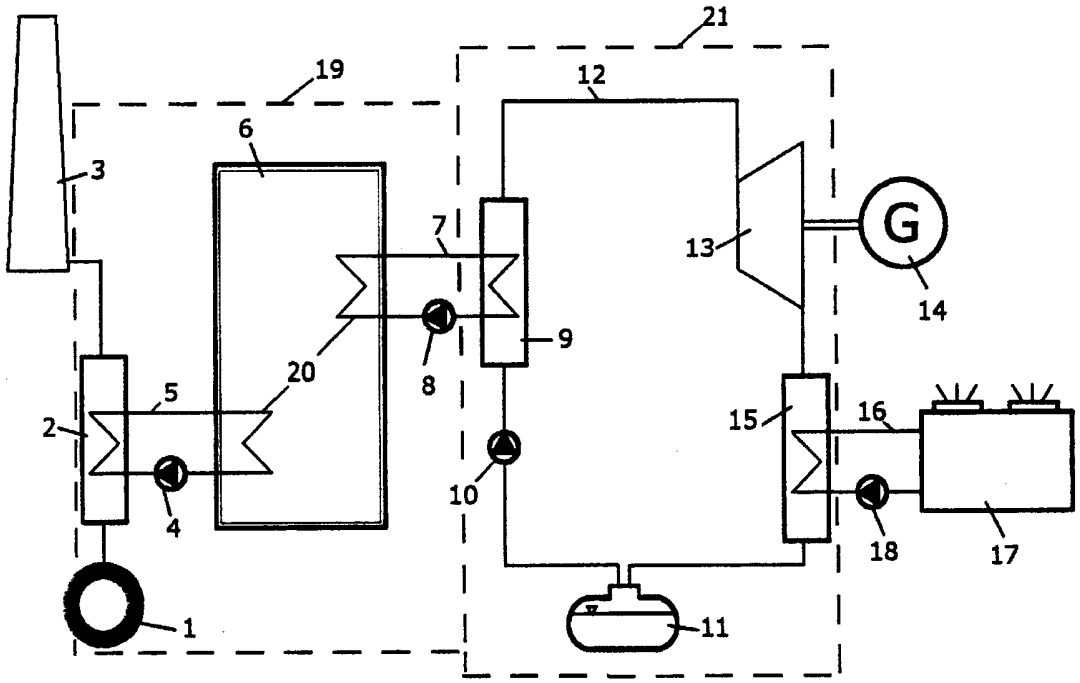
2. Systém akumulace tepla, podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že ohřívací okruh (5) a vychlazovací okruh (7) jsou tvořeny souvislým oběhovým potrubím (22) spojujícím tepelný výměník (2) s generátorem (9) páry a vedoucím přes akumulační výměník (6).

3. Systém akumulace tepla, podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že ohřívací okruh (5) a/nebo parní oběh (12) a/nebo vychlazovací okruh (7) a/nebo okruh (16) chlazení kondenzátu je opatřený čerpadlem.

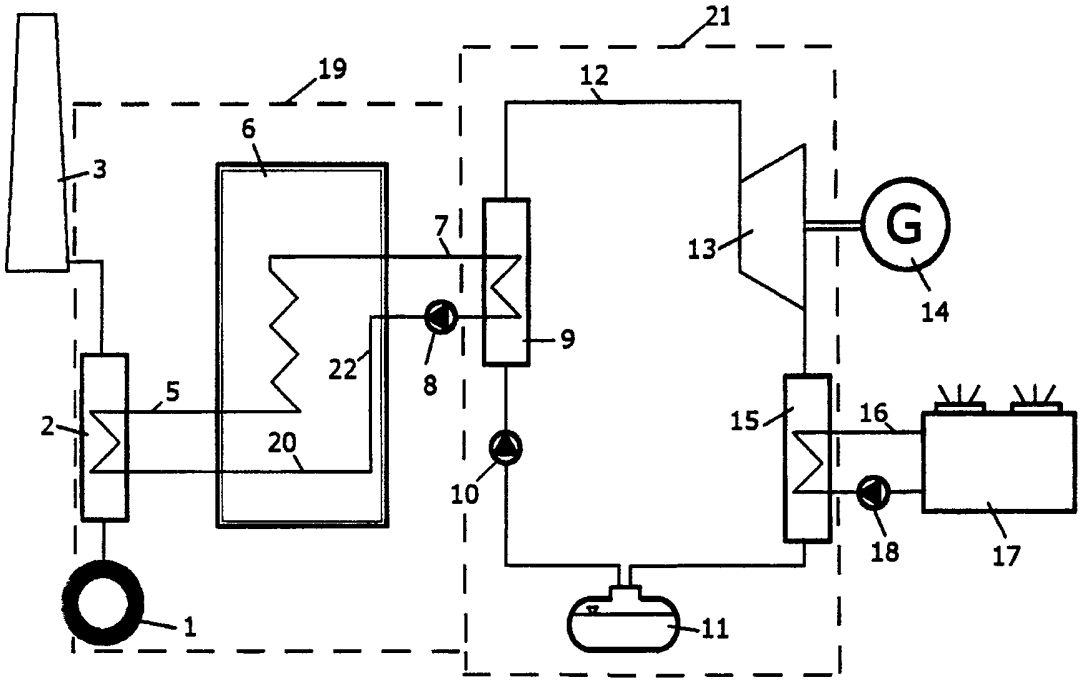
2 výkresy

Seznam vztahových značek:

1	zdroj odpadního tepla
2	tepelný výměník
3	komín
4	první čerpadlo
5	ohřívací okruh
6	akumulační zásobník
7	vychlazovací okruh
8	druhé čerpadlo
9	generátor páry
10	oběhové čerpadlo vody
11	napájecí nádrž
12	parní okruh
13	bezlopatková turbína
14	elektrický generátor
15	kondenzátor
16	okruh chlazení kondenzátu
17	vzduchový kondenzátor
18	oběhové čerpadlo chladicí vody
19	akumulační okruh
20	teplonosná kapalina
21	okruh výroby elektrické energie
22	oběhové porubí.



Obr. 1



Obr. 2

Konec dokumentu