

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 247343 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **445819**

(22) Data zgłoszenia: **2023.08.14**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2025.02.17 BUP 07/2025**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.06.16 WUP 24/2025**

(51) MKP:

F25B 1/08 (2006.01)

F25B 27/02 (2006.01)

F25B 41/24 (2021.01)

F25B 49/02 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**MARINE PROJECTS LTD SPÓŁKA
Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ,
Gdańsk, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**TADEUSZ ZIELIŃSKI, Gdańsk, PL
DARIUSZ BUTRYMOWICZ, Gdynia, PL
KAMIL ŚMIERCIEW, Gdańsk, PL
JERZY GAGAN, Białystok, PL
PAWEŁ JAKOŃCZUK, Bielsk Podlaski, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Jacek Czabajski, Gdańsk, PL

(54) Tytuł:

Układ hybrydowego urządzenia chłodniczego

PL 247343 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ hybrydowego urządzenia chłodniczego, znajdujący zastosowanie w chłodnictwie oraz w klimatyzacji. Określenie hybrydowe użyto w tym opisie patentowym dla podkreślenia, że układ według wynalazku może pracować w dwóch reżimach pracy. W reżimie pracy sprężarkowej, zespołem napędowym jest konwencjonalna sprężarka czynnika roboczego, zaś w przypadku braku zasilania sprężarki, układ w znanych rozwiązaniach przechodzi w reżim pracy z wykorzystaniem ciepła odpadowego.

Układy hybrydowe stanowią zazwyczaj urządzenia korzystające zarówno z energii elektrycznej bądź mechanicznej do napędu sprężarki, jak i z ciepła odpadowego. Układ chłodniczy wymaga cyrkulacji czynnika roboczego w układzie, przy czym w układach pracujących w oparciu o wykorzystanie ciepła odpadowego, rolę tę przyjmuje pompa obiegowa, zapewniająca krążenie czynnika.

Znane rozwiązanie hybrydowego układu chłodniczego przedstawiono w opisie zgłoszenia wynalazku na P.421091. Według tego znanego rozwiązania układ chłodniczy zawiera wytwornicę pary, parownik, skraplacz, strumienicę, pompę obiegową oraz zawór rozprężny. Do tego układu dołączona jest także chłodnicza sprężarka wraz z armaturą. Według tego znanego rozwiązania układ pozwala na wytwarzanie chłodu także w okresach braku energii zasilającej sprężarkę. W tym znanym rozwiązaniu układ w pracy strumienicowej wymaga, podobnie jak w trybie pracy sprężarkowej, energii elektrycznej do napędu pompy.

Wynalazek rozwiązuje problem uniezależnienia urządzenia chłodniczego od zewnętrznego zasilania energią sprężarki. Zadaniem wynalazku jest opracowanie układu hybrydowego, gdzie możliwa jest kontynuacja pracy urządzenia przy braku zasilania z zewnątrz sprężarki energią elektryczną lub energią mechaniczną. Układ urządzenia chłodniczego został tak zaprojektowany aby możliwe było wykorzystanie ciepła odpadowego z innych procesów produkcyjnych dla celów napędu całości urządzenia w sytuacji braku zasilania sprężarki, i/lub dla obniżenia kosztów pracy sprężarki poprzez uniezależnienie całości układu od zasilania energetycznego.

Według wynalazku, układ hybrydowego urządzenia chłodniczego, zawiera wyjście sprężarki czynnika roboczego połączone poprzez odolejacz oraz zawór trójdrogowy sprężarki, skraplacz i zawór rozprężny z wejściem parownika, którego wyjście połączone jest poprzez zawór trójdrogowy parownika z wejściem sprężarki.

Według wynalazku, układ hybrydowego urządzenia chłodniczego charakteryzuje się tym, że trzecie wyjście zaworu trójdrogowego parownika połączone jest z komorą ssawną strumienicy, której komora wylotowa połączona jest poprzez zawór trójdrogowy sprężarki, skraplacz oraz zawór odcinający i zbiornik czynnika roboczego ciekłego, z komorą ssawną inżektora parowo-cieczowego, gdzie komora wylotowa inżektora parowo-cieczowego połączona jest poprzez generator pary czynnika roboczego z komorą dopływową strumienicy. Komora wylotowa wymienionego inżektora parowo-cieczowego połączona jest z komorą dopływową tego inżektora parowo-cieczowego poprzez generator pary.

Rozwiązania hybrydowe, znane ze stanu techniki oparte są głównie na postaci urządzenia chłodniczego utworzonego z połączenia sprężarkowego urządzenia chłodniczego z urządzeniem chłodniczym absorpcyjnym. Natomiast w rozwiązaniu według wynalazku zastosowano układ o charakterystyce urządzenia sprężarkowego oraz urządzenia strumienicowego, które pod względem konfiguracji oraz funkcjonalności zasadniczo różni się od urządzenia absorpcyjnego. Pompowanie czynnika roboczego w tych urządzeniach zachodzi przy zastosowaniu napędzanej elektrycznie lub mechanicznie pompy mechanicznej, zaś w proponowanym rozwiązaniu pompowanie odbywa się z zastosowaniem inżektora. Układy znane ze stanu techniki nie wykazują zatem zasadniczej korzystnej funkcjonalności która charakteryzuje rozwiązanie według wynalazku, tzn. nie mogą być napędzane wyłącznie energią ciepłą dostarczaną do generatora, gdyż wymagają posiadania w swoim układzie pompy mechanicznej. Rozwiązanie według wynalazku w trybie pracy strumienicowej, bez wykorzystania sprężarki, wymaga jedynie doprowadzenia ciepła do generatora pary, przy czym może to być ciepło odpadowe z innych procesów przemysłowych wydzielane przez inne pracujące urządzenia, względnie z odnawialnych źródeł energii.

W rozwiązaniu układu według wynalazku, w przypadku całkowitego braku dostępu do mocy elektrycznej lub mechanicznej niezbędnej do napędu sprężarki, umożliwiono napęd układu wyłącznie z wykorzystaniem źródła ciepła, na przykład ciepła odpadowego. W szczególności, możliwe jest zastosowanie zaproponowanego systemu dla chłodzenia w krytycznych warunkach bezpieczeństwa, w tym w sytuacji, gdy z racji braku dostępu do wymaganej mocy elektrycznej lub mechanicznej do

napędu sprężarki, wytwarzana jest niezależnie moc cieplna, którą można wykorzystać dla celów chłodzenia w układzie według wynalazku. W szczególności, w trybie pracy z napędem wyłącznie cieplnym, wymagana jest energia mechaniczna bądź elektryczna jedynie do przesterowania zaworów trójdrogowych bądź odcinających jak to wyżej opisano oraz ewentualnie, w przypadku niezbędnej konieczności, do zapewnienia cyrkulacji płynu chłodzącego skraplacz. Należy podkreślić, że istotną cechą układu według wynalazku, pracującego w trybie strumieniowym, czyli przy zasilaniu go wyłącznie mocą cieplną jest jego pasywność, tj. w układzie nie występują żadne elementy składowe ruchome.

Przedmiot wynalazku pokazano w przykładzie wykonania na załączonym rysunku na którym uwidoczniono układ połączeń poszczególnych zespołów i zaworów hybrydowego urządzenia chłodniczego.

Na załączonym rysunku wyróżniono dwa obiegi czynnika chłodniczego, którym w tym przykładzie wykonania jest czynnik znany w technice chłodniczej pod symbolem R-1234, który pod względem chemicznym stanowi 2,3,3,3-tetrafluoropropen o wzorze $C_3H_2F_4$. Czynnik ten znajduje się w obiegu układu przedstawionego na załączonym rysunku. Jak powiedziano wyżej, na tym rysunku wyróżniono w układzie według wynalazku dwa obiegi czynnika chłodniczego: obieg sprężarkowy wyróżniony liniami kropkowanymi oraz obieg strumienicowy wyróżniony liniami przerywanymi. W związku z tym układ według wynalazku pokazany na załączonym rysunku stanowi rozwiązanie hybrydowe.

W rozwiązaniu pokazanym w przykładzie wykonania na załączonym rysunku, strumienica parowa 1 jest połączona od strony ssawnej z parownikiem 4 czynnika roboczego poprzez zawór trójdrogowy 7. Od strony napędowej strumienica parowa 1 połączona jest z generatorem pary 6 czynnika roboczego. Z parownikiem 4 połączony jest także wlot do sprężarki 8 poprzez wymieniony zawór trójdrogowy 7. Wylot ze sprężarki 8 przyłączony jest do zaworu trójdrogowego 10 poprzez odolejacz 9. Poprzez wymieniony zawór trójdrogowy 10 przyłączony jest także w układzie wylot strumienicy parowej 1 oraz wlot czynnika roboczego do skraplacza 2.

Wylot ze skraplacza 2 połączony jest z wlotem do parownika 4 poprzez zawór rozprężny 3. Wylot ze skraplacza 2 połączony jest także ze zbiornikiem ciekłego czynnika roboczego 12 poprzez zawór odcinający 11. Wlot ssawny inżektora 5 pracującego w cyklu strumienicowym, połączony jest od strony ssawnej z wylotem ze zbiornika ciekłego czynnika 12. Wlot napędowy inżektora 5 połączony jest korzystnie z wylotem generatora pary 6 czynnika roboczego natomiast wylot z inżektora 5 połączony jest z wlotem czynnika roboczego do wymienionego generatora pary 6.

Zawory trójdrogowe 7, 10 oraz zawór rozprężny 3 i zawór odcinający 11 pozwalają na przestawienie układu z pracy z udziałem sprężarki na pracę z ominięciem sprężarki 8 i z wykorzystaniem strumienicy 1. W trybie pracy ze sprężarką aktywną, zawór trójdrogowy 7 jest otwarty dla przepływu czynnika roboczego z parownika 4 do sprężarki 8, natomiast jest zamknięty dla połączenia parownika 4 ze strumienicą 1. Natomiast zawór 10 jest otwarty dla połączenia odolejacza 9 ze skraplaczem 2, zaś jest zamknięty dla połączenia wylotu ze strumienicy 1 do skraplacza 2. W trybie pracy sprężarkowej zawór odcinający 11 jest zamknięty.

Poniżej przedstawiono opis działania układu według wynalazku pokazanego w przykładowym wykonaniu na załączonym rysunku, w trybie pracy ze sprężarką, gdzie sprężarka zasilana jest energią elektryczną lub mechaniczną z zewnątrz. Ten układ obiegu czynnika roboczego wyróżniony jest na załączonym rysunku dodatkowo linią kropkowaną.

Sprężarka 8 zasysa czynnik roboczy w postaci pary z parownika 4, spręża ją, przetłacza poprzez odolejacz 9 do skraplacza 2, gdzie para ulega skropleniu. Skraplacz 2 zawiera znany układ chłodzenia. Ciekły czynnik roboczy ze skraplacza 2 przekazywany jest do parownika 4 poprzez zawór rozprężny 3. W zaworze rozprężnym 3 następuje redukcja ciśnienia od ciśnienia panującego w skraplaczu 2 do ciśnienia parowania panującego w parowniku 4. Para wytwarzana w parowniku 4 dopływa do sprężarki 8. Część obiegu odciętego zaworami 7, 10, 11, obejmująca zbiornik ciekłego czynnika roboczego 12, inżektor 5 oraz strumienicę 1 jest nieczynna. Do generatora pary 6 w tym trybie pracy układu nie jest dostarczane ciepło.

Dalej przedstawiono tryb pracy układu według załączonego rysunku, z wykorzystaniem strumienicy 1 oraz inżektora 5. Ten układ obiegu czynnika roboczego wyróżniony został na załączonym rysunku linią kreskowaną. W tym trybie pracy niezbędne jest doprowadzenie ciepła napędowego do generatora pary 6. Ciepło napędowe może tu stanowić energię cieplną odpadową pozyskiwaną z innych źródeł. Jest to tryb pracy z pominięciem sprężarki 8, gdy jest ona pozbawiona zasilania energetycznego z zewnątrz.

W trybie pracy strumienicowej zawór 7 jest zamknięty dla połączenia parownika 4 ze sprężarką 8, zaś jest otwarty dla połączenia parownika 4 z wlotem ssawnym strumienicy 1. Również zawór 10 jest zamknięty dla połączenia odolejacza 9 ze skraplaczem 2, zaś jest otwarty dla połączenia wylotu ze

strumienicy 1 i skraplacza 2. Zawór 11 jest otwarty. Strumienica 1 zasysa czynnik roboczy pod postacią pary z parownika 4, spręża ją oraz przetłacza do skraplacza 2, w którym para się skrapla. Skraplacz 2 wymaga odpowiedniego chłodzenia. Ciekły czynnik ze skraplacza 2 przepływa do parownika 4 poprzez zawór rozprężny 3, w którym następuje redukcja ciśnienia od ciśnienia panującego w skraplaczu 2 do ciśnienia parowania panującego w parowniku 4. Para wytwarzana w parowniku 4 dopływa do strumienicy 1. Pozostała część ciekłego czynnika roboczego przepływa ze skraplacza 2 poprzez otwarty zawór 11 do zbiornika ciekłego czynnika. Ciekły czynnik roboczy ze zbiornika 12 jest zasysany przez inżektor 5, a następnie sprężany w inżektorze 5 do ciśnienia panującego w generatorze pary 6. Do generatora pary 6 dostarczane jest ciepło, na skutek czego dostarczany czynnik odparowuje. Z generatora pary część pary w tym przykładzie wykonania zasila wlot strumienicy 1, zaś część pary zasila wlot napędowy inżektora 5. Część obiegu odciętego zaworami 7, 10, 11, obejmująca m.in. sprężarkę 8 z odolejaczem 9 jest nieczynna w tym trybie pracy strumienicowej.

Poniżej wskazano przykładowe parametry pracy składowych zespołów układu, adekwatne do pracy z czynnikiem roboczym o symbolu R1234ze. W innych przykładach wykonania może być w przedmiotowym układzie zastosowany inny czynnik roboczy stosowany w układach chłodniczych.

Strumienica 1, parametry na wlocie: faza parowa czynnika roboczego z parownika 4 do wlotu strumienicy 1: temperatura 0°C, ciśnienie 0,68 bar. Para wypływająca z generatora pary 6 do komory ssawnej strumienicy parowej 1 ma ciśnienie 6,72 bar, zaś temperatura nasycenia dla tego ciśnienia w tym przykładzie wykonania wynosi 70°C. Generator opuszcza para przegrzana o 5°C, co oznacza, że temperatura pary wypływającej z generatora wynosi 75°C. Para na wylocie ze strumienicy 1, w tym przykładzie wykonania ma temperaturę 40°C, ciśnienie 2,10 bar.

W skraplaczu 2, czynnik roboczy na dopływie w tym przykładzie wykonania ma ciśnienie 5 bar i temperaturę 40°C. W skraplaczu 2 następuje schłodzenie pary przegrzanej do stanu nasycenia odpowiadającego warunkom chłodzenia skraplacza, w tym przykładzie wykonania od 35°C. Następnie para ulega skropleniu i na wylocie ze skraplacza 2 skroplony czynnik roboczy ma ciśnienie 2,10 bar i temperaturę 30°C.

W zaworze rozprężnym 3 ciśnienie spada od ciśnienia panującego w skraplaczu do ciśnienia panującego w parowniku, czyli od 2,10 bar do 0,68 bar. Do zaworu rozprężnego 3 dopływa ciecz, zaś z zaworu rozprężnego 3 wypływa para mokra, gdyż w trakcie dławienia część czynnika roboczego odparowuje. Wraz ze spadkiem ciśnienia spada temperatura tego czynnika w tym przykładzie wykonania do 0°C.

Parametry czynnika roboczego w parowniku 4. Do parownika 4 dopływa para mokra czynnika pod ciśnieniem 0,68 bar, gdzie temperatura parowania wynosi 0°C. Para wypływająca z parownika 4, ma temperaturę parowania 0°C.

Parametry czynnika w inżektorze 5. Na wlocie do inżektora 5 ze zbiornika 12 ciekłego czynnika, czynnik roboczy jest w stanie ciekłym i ma ciśnienie 2,10 bar i temp. 30°C. Na wlocie do inżektora 5 od strony generatora pary 6 czynnik roboczy jest w stanie pary o tych samych parametrach jak zasilanie strumienicy 1, czyli temperatura 0°C, ciśnienie 0,68 bar. Na wylocie z inżektora 5 czynnik roboczy znajduje się w stanie ciekłym o ciśnieniu teoretycznie równym ciśnieniu w generatorze pary 6, czyli 6,72 bar, lecz praktycznie nieco wyższym z uwagi na konieczność pokonania oporów przepływu. Ciekły czynnik roboczy na wylocie z inżektora ma temperaturę niższą od temp. parowania w generatorze pary, w tym przykładzie wykonania 50°C.

Do generatora pary 6 podawany jest z inżektora 5 ciekły czynnik roboczy o ciśnieniu 6,72 bar i temperaturze 50°C. W generatorze 6 ciecz dogrzewa się do temperatury parowania 70°C i odparowuje. Z generatora 6 wypływa czynnik w postaci pary, w tym przykładzie wykonania, pod ciśnieniem 6,72 bar i o temperaturze 75°C, co oznacza że para jest przegrzana o 5°C.

Do sprężarki 8 dopływa w tym przykładzie wykonania, z parownika 4 para o ciśnieniu parowania 0,68 bar i temperaturze parowania 0°C. W sprężarce 8 para jest sprężana do ciśnienia 2,10 bar i po sprężeniu para czynnika roboczego ma temperaturę 40°C.

Do odolejacza 9 dopływa sprężona para ze sprężarki 8, poprzez odolejacz 9 gdzie ulega odseparowaniu olej. Z odolejacza 9 wypływa para o ciśnieniu i temperaturze równym ciśnieniu i temperaturze wytłaczania pary ze sprężarki 8, czyli o parametrach ciśnienia 2,10 bar i temperatury 40°C.

W odolejacz 8, w zbiorniku czynnika roboczego 12, i w zaworach 7, 10, 11 nie odbywają się żadne przemiany termodynamiczne, nie ulegają też zmianie parametry ani stan skupienia czynnika roboczego.

Podane wyżej parametry pracy elementów składowych układu według wynalazku są przykładowe i mogą mieć inne wartości w innych przykładach wykonania.

Wykaz oznaczeń na rysunku

- 1 – strumienica
- 2 – skraplacz
- 3 – zawór rozprężny
- 4 – parownik
- 5 – inżektor parowo-cieczowy
- 6 – generator pary
- 7 – zawór trójdrogowy parownika
- 8 – sprężarka
- 9 – odolejacz sprężarki
- 10 – zawór trójdrogowy sprężarki
- 11 – zawór odcinający
- 12 – zbiornik czynnika ciekłego

Zastrzeżenie patentowe

1. Układ hybrydowego urządzenia chłodniczego, gdzie wyjście sprężarki (8) czynnika roboczego połączone jest poprzez odolejacz (9) oraz zawór trójdrogowy (10) sprężarki, skraplacz (2) i zawór rozprężny (3) z wejściem parownika (4), którego wyjście połączone jest poprzez zawór trójdrogowy (7) parownika z wejściem sprężarki (8), **znamienny tym**, że trzecie wyjście zaworu trójdrogowego (7) parownika połączone jest z komorą ssawną strumienicy (1), której komora wylotowa połączona jest poprzez zawór trójdrogowy (10) sprężarki, skraplacz (2), zawór odcinający (11) i zbiornik (12) czynnika roboczego ciekłego, z komorą ssawną inżektora parowo-cieczowego (5), gdzie komora wylotowa inżektora parowo-cieczowego (5) połączona jest poprzez generator pary (6) czynnika roboczego z komorą dopływową strumienicy (1), przy czym komora wylotowa wymienionego inżektora parowo-cieczowego (5) połączona jest z komorą dopływową tego inżektora parowo-cieczowego (5) poprzez generator pary (6).

Rysunek