

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **241912**
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **438765**

(22) Data zgłoszenia: **18.08.2021**

(51) Int.Cl.

F28D 15/02 (2006.01)

F28F 23/00 (2006.01)

C09K 5/02 (2006.01)

F25B 23/00 (2006.01)

F25B 40/00 (2006.01)

Opis patentowy
przedrukowano ze względu
na zauważone błędy

(54) **Układ chłodniczy z termosyfonowym układem przenoszenia ciepła pracującym
z roztworem stałego dwutlenku węgla i sposób przenoszenia ciepła
z zastosowaniem takiego układu**

(30) Pierwszeństwo:

18.08.2020, PL, P.434999

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

21.02.2022 BUP 08/22

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

27.12.2022 WUP 52/22

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA WARSZAWSKA,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

MICHAŁ SOBIERAJ, Sandomierz, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Piotr Godlewski

PL 241912 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ chłodniczy z termosyfonowym układem przenoszenia ciepła pracującym z roztworem stałego dwutlenku węgla i sposób przenoszenia ciepła z zastosowaniem takiego układu.

W stanie techniki znane są urządzenia chłodnicze zwane rurką cieplną wykorzystujące efekt kapilarny do transferu ciepła w zamkniętej objętości. W części rozwiązań stosowane są cyrkulacyjne rurki cieplne, zwane termosyfonowymi wymiennikami ciepła.

W opisie patentowym PL 223720 B1 przedstawiono termosyfonowy rurowy wymiennik ciepła, wykorzystujący wodne roztwory alkoholi i nanopłynów jako czynnik roboczy, przeznaczony do odzysku ciepła w układach chłodniczych i klimatyzacyjnych. Z racji zastosowanego czynnika roboczego, rozwiązanie to jest przeznaczone zwłaszcza do układów pracujących w zakresie dodatnich wartości temperatury. Ponadto, ze względu na niedostateczną lotność zastosowanego czynnika roboczego, układ wymaga wykorzystania zewnętrznego urządzenia w postaci pompy próżniowej do obniżania ciśnienia w przestrzeni wymiennika ciepła, co powoduje zwiększenie stopnia złożoności konstrukcji i obniża niezawodność urządzenia.

Z patentu PL 230688 B1 znane jest rozwiązanie wykorzystujące pęczek rurek napełnionych czynnikiem roboczym do przenoszenia ciepła w urządzeniach klimatyzacyjnych, zwłaszcza w zakresie dodatniej temperatury. W rozwiązaniu zastosowano czynniki robocze z grupy fluorowanych węglowodorów HFC i HFO, a zatem substancje charakteryzujące się negatywnym wpływem na środowisko.

W patencie PL 192757 B1 przedstawiono termosyfonowy wymiennik ciepła w postaci pęczka rur we wspólnej obudowie zanurzonych w wodzie destylowanej. Rozwiązanie przeznaczone jest do pracy w zakresie wysokiej temperatury czynnika zasilającego układ w ciepło.

W opisie patentowym US20160231063A1 przedstawiono złożony sprężarkowy układ chłodniczy pracujący z dwutlenkiem węgla w obiegu podkrytycznym. Urządzenie wykorzystuje grawitacyjny termosyfonowy obieg cieplny do zasilania części parowników. Ze względu na temperaturę punktu potrójnego CO₂, niemożliwe jest uzyskanie temperatury parowania poniżej -56,5°C.

Z opisu EP1493983A1 znany jest termosyfony obieg cieplny współpracujący z silnikiem Stirlinga z zastosowaniem naturalnych czynników roboczych, w zakresie wysokiej temperatury przemian fazowych.

W opisie patentowym WO2020/160079A1 przedstawiono jako korzystny przykład wykonania układ chłodniczy, którego parownik połączony jest z układem termosyfonowym.

W publikacji [Z. Tong i in.: An experimental investigation of an R744 two-phase thermosyphon loop used to cool a data center, Applied Thermal Engineering. 90 (2015) 362–365] opisano dwufazowy układ termosyfonowy z CO₂ przeznaczony do chłodzenia serwerów danych, pracujący przy temperaturze rzędu 20°C.

W publikacji [T. Ding, i in.: Boiling heat transfer characteristics of the R744 coolant in the evaporator of the separated heat pipe system, International Journal of Heat and Mass Transfer. 113 (2017) 1254–1264] przedstawiono charakterystykę cieplną układu termosyfonowego pracującego z CO₂ przy temperaturze w zakresie 20°C do 30°C, a więc w warunkach zbliżonych do temperatury krytycznej.

W publikacji [H. Wang i in.: Experimental research on heat transfer performance of CO₂ low temperature heat pipe, International Journal of Heat and Mass Transfer. 170 (2021), 120987] przedstawiono wyniki prac eksperymentalnych dotyczących rurki ciepła z CO₂ w zastosowaniu niskotemperaturowym. Wykazano, działanie obiegu do temperatury nie niższej niż -50°C. Autorzy wskazali temperaturę punktu potrójnego CO₂, równą -56,6°C, jako wartość graniczną warunkującą działanie układu.

W technice chłodniczej dla uzyskania niskiej temperatury przestrzeni chłodzonej stosuje się niskowrzące substancje fluorowane takie jak trifluorometan (R23), charakteryzujący się niezwykle wysoką wartością współczynnika tworzenia efektu cieplarnianego na poziomie 14800. Obecnie nie istnieją bezpieczne dla środowiska i użytkowników bezpośrednio zamienniki czynnika R23. Możliwe byłoby stosowanie urządzeń chłodniczych wykorzystujących naturalne, nieszkodliwe dla środowiska substancje takie jak: etan R170 lub etylen R1150. Rozwiązanie takie okupione jest jednak ryzykiem związanym z palnością tych substancji i nie może być powszechnie stosowane z względu na zakaz prowadzenia instalacji chłodniczych o znacznym napełnieniu czynnikami palnymi wewnątrz pomieszczeń o przeznaczeniu ogólnym.

W związku z powyższym celem wynalazku było stworzenie układu chłodniczego możliwego do zastosowania również wewnątrz pomieszczeń a także bezpiecznego w kontekście ochrony środowiska, czyli eliminującego użycie fluorowanych węglowodorów jako czynników chłodniczych. Szczególnym celem wynalazku jest rozwiązanie problemu technicznego związanego z przenoszeniem ciepła z użyciem termosyfonowego układu z roztworem dwutlenku węgla a zwłaszcza sposób kontroli takiego układu i parametrów pracy urządzenia zawierającego ten układ.

Układ chłodniczy według wynalazku, zawiera co najmniej jedną sprężarkę, co najmniej jeden skraplacz, co najmniej jeden wymiennik regeneracyjny, zawór rozprężny i parownik, połączony z termosyfonowym układem zawierającym skraplacz termosyfonu, którego króciec wylotowy jest połączony przewodem rurowym cieczowym z króćcem wlotowym położonego niżej parownika termosyfonu, którego króciec wylotowy jest połączony przewodem rurowym parowym z króćcem wlotowym skraplacza termosyfonu, a parownik układu chłodniczego stanowi jednocześnie skraplacz układu termosyfonowego. Układ ten charakteryzuje się tym, że czynnikiem chłodniczym w obiegu termosyfonowym jest roztwór stałego dwutlenku węgla w ciekłym rozpuszczalniku.

Korzystnie na wyjściu z parownika zainstalowany jest zawór regulacji ciśnienia parowania połączony ze sterownikiem i czujnikiem temperatury.

Korzystnie sprężarka jest zasilana prądem elektrycznym poprzez przemiennik częstotliwości, połączony ze sterownikiem i czujnikiem temperatury.

Korzystnie czynnikiem chłodniczym w układzie termosyfonowym jest roztwór stałego dwutlenku węgla o stężeniu molowym w zakresie od 25 do 95% w ciekłym rozpuszczalniku wybranym z grupy obejmującej węglowodory: butan R600, izobutan R600a, propan R290, etan R170, etylen R1150; halo-genowane węglowodory: difluoroetan R152a, tetrafluoroetan R134a, tetrafluoropropen R1234, difluorometan R32 oraz trifluorodjodometan R13I1; i ich mieszaniny.

Kolejnym przedmiotem wynalazku jest sposób przenoszenia ciepła z zastosowaniem układu chłodniczego według wynalazku charakteryzujący się tym, że w skraplaczu termosyfonu chłodzi się pary roztworu doprowadzając do krystalizacji CO₂ na powierzchni wymiany ciepła skraplacza termosyfonu, a następnie doprowadza się do rozpuszczenia nadmiaru skryształizowanego CO₂ przez parowy film rozpuszczalnika kondensującego na powierzchni wymiany ciepła skraplacza termosyfonu, a roztwór stałego CO₂ w rozpuszczalniku odprowadza się ze skraplacza termosyfonu, kierując grawitacyjnie roztwór stałego CO₂ do parownika termosyfonu, gdzie doprowadza się do parowania roztworu stałego CO₂, uzyskując właściwy efekt chłodniczy doprowadzając do obniżenia temperatury w przestrzeni chłodzonej, a następnie kieruje odpływ nasyconej pary roztworu z parownika termosyfonu i odprowadza się przewodem parowym do skraplacza termosyfonu, doprowadzając do nieizotermicznego skroplenia roztworu w skraplaczu.

Korzystnie reguluje się stężenie rozpuszczonego stałego CO₂ poprzez zmianę temperatury parowania w układzie chłodniczym przez zmianę ciśnienia lub zmianę prędkości obrotowej sprężarki.

Korzystnie reguluje się temperaturę parowania przez nastawienie za pomocą sterownika odpowiedniego stopnia otwarcia zaworu regulacji ciśnienia parowania na podstawie temperatury roztworu stałego dwutlenku węgla w rozpuszczalniku odpływającego ze skraplacza termosyfonu zmierzzonej za pomocą czujnika temperatury.

Korzystnie reguluje się temperaturę parowania przez nastawienie za pomocą sterownika połączanego z przemiennikiem częstotliwości prędkości obrotowej sprężarki na podstawie temperatury roztworu stałego dwutlenku węgla w rozpuszczalniku odpływającego ze skraplacza termosyfonu zmierzzonej za pomocą czujnika temperatury.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest to, iż pozwala ono na przenoszenie ciepła z zastosowaniem obiegu termosyfonowego z dwutlenkiem węgla (R744) jako naturalnym czynnikiem chłodniczym. Powszechnym ograniczeniem zakresu stosowalności dwutlenku węgla (R744) jako czynnika roboczego jest temperatura punktu potrójnego tj. -56,5°C. Poniżej tej temperatury CO₂ występuje w stanie stałym jako suchy lód. Dzięki zastosowaniu rozpuszczalnika o niskiej temperaturze krzepnięcia wybranego z grupy węglowodorów nasyconych i nienasyconych oraz ich fluorowanych lub jodowanych pochodnych, możliwe jest uzyskanie temperatury kriogenicznej z wykorzystaniem substancji o niskim wpływie na środowisko.

Dodatkową zaletę stanowi to, iż proponowany obieg termosyfonowy pozwala na transfer ciepła z przestrzeni chłodzonej do zewnętrznego źródła chłodu, którym może być układ chłodniczy z czynnikiem chłodniczym zawierającym substancje z grupy węglowodorów, składający się ze sprężarki, skraplacza, wymiennika regeneracyjnego, zaworu rozprężnego i parownika. Rozwiązanie takie zapewnia

wysokie bezpieczeństwo użytkowania, wysoką sprawność przenoszenia ciepła przy niewielkim wpływie na środowisko. Ponadto rozwiązanie umożliwia przekazywanie ciepła z przestrzeni chłodzonej dzięki sile wyporu, będącej wynikiem różnicy gęstości czynnika roboczego poddawanego przemianom fazowym.

Szczególną zaletą wynalazku jest sposób kontroli obiegu przenoszenia ciepła wykorzystującego termosyfonowy układ z dwutlenkiem węgla oraz parametrów pracy urządzenia zawierającego ten układ.

Pod pojęciem czynnik roboczy/czynnik chłodniczy rozumie się czynnik termodynamiczny o właściwej do zastosowania lotności, podlegający przemianom cieplnym w zamkniętym układzie. Oba sformułowania mogą być używane zamiennie i należy je traktować jako synonimy.

Wynalazek został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym:

Fig. 1 przedstawia schemat ideowy układu chłodniczego z termosyfonowym układem przenoszenia ciepła pracującym z roztworem stałego dwutlenku węgla, gdzie: 1 – skraplacz termosyfonu, 2 – przewód rurowy cieczowy, 3 – parownik termosyfonu, 4 – przewód rurowy parowy, 5 – parownik, 6 – zawór rozprężny, 7 – wymiennik regeneracyjny, 8 – skraplacz, 9 – sprężarka, 10 – zawór regulacji ciśnienia parowania, 11 – sterownik, 12 – czujnik temperatury, 13 – przełącznik częstotliwości.

Fig. 2 przedstawia wykres przemian fazowych, jakim podlega roztwór dwutlenku węgla w dwufazowym termosyfonowym obiegu cieplnym, gdzie jako A oznaczono roztwór w stanie nasycenia, B – roztwór przesycony, C – roztwór nasycony odpływający ze skraplacza, D – roztwór nienasycony.

Na Fig. 1 przedstawiono układ chłodniczy z termosyfonowym układem przenoszenia ciepła pracującym z roztworem stałego dwutlenku węgla zawierający co najmniej jedną sprężarkę 9, co najmniej jeden skraplacz 8, co najmniej jeden wymiennik regeneracyjny 7, zawór rozprężny 6 i parownik 5, połączony z termosyfonowym układem przenoszenia ciepła zawierającym skraplacz termosyfonu 1, którego króciec wylotowy jest połączony przewodem rurowym cieczowym 2 z króćcem wlotowym położonego niżej parownika termosyfonu 3, którego króciec wylotowy jest połączony przewodem rurowym parowym 4 z króćcem wlotowym skraplacza termosyfonu 1, a parownik 5 układu chłodniczego stanowi jednocześnie skraplacz układu termosyfonowego. Czynnikiem chłodniczym w termosyfonowym układzie przenoszenia ciepła jest roztwór stałego dwutlenku węgla w difluorometanie R32, przy czym stężenie molowe dwutlenku węgla wynosi 0,875. W parowniku 5, następuje wrzenie czynnika chłodniczego zawierającego substancję z grupy węglowodorów, np. etan R170 lub etylen R1150, przy czym jednocześnie na powierzchni skraplacza termosyfonu 1 zachodzi skraplanie roztworu stałego dwutlenku węgla.

Na Fig. 2 przedstawiono wykres przemian fazowych, jakim podlega roztwór dwutlenku węgla o stężeniu molowym równym 0,875 (x_2^*), w termosyfonowym układzie przenoszenia ciepła. W skraplaczu termosyfonu 1 chłodzi się pary roztworu doprowadzając jednocześnie do krystalizacji CO₂ na powierzchni wymiany ciepła skraplacza termosyfonu, którego temperatura ścianki jest niższa od temperatury nasycenia roztworu roboczego. Ze względu na niższą rozpuszczalność stałego w warstwie przyściennej filmu kondensacyjnego wynikającą z lokalnego obniżenia temperatury płynu (B), doprowadza się do krystalizacji CO₂ (A) na powierzchni wymiany ciepła skraplacza termosyfonu 1. Następnie doprowadza się do rozpuszczenia nadmiaru skryształizowanego CO₂ przez parowy film rozpuszczalnika kondensującego na powierzchni wymiany ciepła. Maksymalne stężenie rozpuszczonego stałego CO₂ jest ściśle zależne od temperatury kondensatu odpływającego ze skraplacza. Nadmiar CO₂ w postaci stałej (Δx_2) może osadzać się na powierzchni wymiany ciepła, powodując wzrost oporu cieplnego. Z tego względu istotny jest właściwy dobór stężenia CO₂ i temperatury powierzchni wymiany ciepła. Maksymalne stężenie molowe CO₂, oznaczone jako x_2 wynosi 0,770 przy temperaturze powierzchni wymiany ciepła równej 206 K, tj. -67,2°C. Natomiast przy temperaturze powierzchni wymiany ciepła równej 210,2 K, tj. -63,0°C, maksymalne stężenie molowe CO₂ wynosi 0,875. Nienasycony lub nasycony roztwór stałego CO₂ w rozpuszczalniku (C) odprowadza się ze skraplacza termosyfonu 1 kierując grawitacyjnie do położonego niżej parownika termosyfonu 3, gdzie doprowadza się do parowania roztworu na skutek doprowadzenia zewnętrznego strumienia ciepła z przestrzeni chłodzonej. W parowniku termosyfonu 3 zachodzi właściwy efekt chłodniczy pozwalający na obniżenie temperatury w przestrzeni chłodzonej poniżej temperatury punktu potrójnego czystego CO₂, tj. poniżej -56,5°C. Z parownika termosyfonu 3 odprowadza się parę nasyconą roztworu kierując ją przewodem parowym 4 do skraplacza termosyfonu 1, gdzie doprowadza się do nieizotermicznego skroplenia roztworu (D-A-B). Temperaturę parowania czynnika chłodniczego w parowniku 5 układu chłodniczego reguluje się na podstawie temperatury czynnika chłodniczego odpływającego ze skraplacza termosyfonu 1, w takim zakresie aby nadmiar CO₂

w postaci stałej osadzający się na powierzchni wymiany ciepła (Δx_2), nie przekraczał określonej grubości, tj. w przykładzie wykonania reguluje się w temperaturę parowania czynnika chłodniczego w parowniku 5 w taki sposób aby zawierała się ona w zakresie od $(-67 - DT)^\circ\text{C}$ do $(-63 - DT)^\circ\text{C}$, gdzie DT – wymagana różnica temperatury ze względu na opór przenikania ciepła pomiędzy skraplaczem termosyfonu 1 i parownikiem 5 układu chłodniczego wynikająca z sumy oporów cieplnych złożonej wymiany ciepła obejmującej przejmowanie po stronie wrzącego czynnika chłodniczego, przewodzenie przez ściankę wymiennika ciepła, przejmowania po stronie skraplającego się roztworu stałego dwutlenku węgla, i przewodzenia w warstwie stałego CO_2 na powierzchni wymiany ciepła. Wymagana różnica temperatury DT wynosi od 3 do 5 K.

W korzystnym przykładzie wykonania, temperaturę parowania czynnika chłodniczego, etanu R170, w parowniku 5 reguluje się za pomocą zaworu regulacji ciśnienia parowania 10 połączonego ze sterownikiem 11, za pomocą którego zadaje się odpowiednie otwarcie zaworu na podstawie temperatury roztworu stałego dwutlenku węgla w rozpuszczalniku odpływającego ze skraplacza termosyfonu 1 zmierzonej za pomocą czujnika temperatury 12. Temperaturę parowania etanu R170 w parowniku 5, przy wymaganej różnicy temperatury 5 K i nadmiarze CO_2 , Δx_2 równym 0,100 utrzymuje się na poziomie -72°C do -68°C , najkorzystniej na poziomie -70°C , przez regulację stopnia otwarcia zaworu regulacji ciśnienia parowania 10. Pomiar temperatury uzyskany za pomocą czujnika temperatury 12 wskazuje wartość od -67°C do -63°C . Jeżeli wartość temperatury wskazywana przez czujnik temperatury 12, jest niższa niż -65°C , zwiększa się stopień otwarcia zaworu regulacji ciśnienia parowania 10. Jeżeli wartość temperatury wskazywana przez czujnik temperatury 12, jest wyższa niż -65°C , zmniejsza się stopień otwarcia zaworu regulacji ciśnienia parowania 10. Zawór regulacji ciśnienia parowania jest zaworem o charakterystyce wprost proporcjonalnej, o zakresie regulacji od 0 do 100%, utrzymującym ciśnienie parowania w parowniku 5 na poziomie od 1 bar do 7 bar, przy czym nastawa 0% odpowiada ciśnieniu 1 bar, a nastawa 100% odpowiada ciśnieniu 7 bar. Jeżeli temperatura wskazywana przez czujnik temperatury 12 wynosi -65°C , temperatura parowania etanu R170 w parowniku 5 wynosi -70°C , a stopień otwarcia zaworu regulacji ciśnienia 10 wynosi 25%. Jeżeli temperatura wskazywana przez czujnik temperatury 12 wynosi -67°C , stopień otwarcia zaworu regulacji ciśnienia 10 zwiększa się do wartości 28%. Jeżeli temperatura wskazywana przez czujnik temperatury 12 wynosi -63°C , stopień otwarcia zaworu regulacji ciśnienia 10 zmniejsza się do wartości 22%. W innym korzystnym przykładzie wykonania, reguluje się temperaturę parowania przez nastawienie za pomocą sterownika 11 połączonego z przemiennikiem częstotliwości 13 prędkości obrotowej sprężarki 9 na podstawie temperatury roztworu stałego dwutlenku węgla w rozpuszczalniku odpływającego ze skraplacza termosyfonu 1 zmierzonej za pomocą czujnika temperatury 12.

W korzystnych przykładach wykonania sterownik 11 zadaje odpowiedni sygnał wyjściowy do zaworu regulacji ciśnienia parowania 10 lub przemiennikiem częstotliwości 13 na podstawie zmierzonej temperatury roztworu i wprowadzonych do sterownika danych dotyczących przebiegu linii równowagi fazowej i wymaganej różnicy temperatury DT . W korzystnym przykładzie wykonania zastosowano sprężarkę 5 z silnikiem zasilanym prądem przemiennym trójfazowym przez przemiennik częstotliwości. Przy częstotliwości prądu równej 50 Hz, prędkość obrotowa silnika sprężarki 5 wynosi 2900 obr./min. Przemiennik częstotliwości 13 reguluje częstotliwość prądu w zakresie 30 Hz do 70 Hz. Prędkość obrotowa silnika sprężarki 5 odpowiadająca częstotliwości prądu 30 Hz wynosi 1740 obr./min, natomiast odpowiadająca częstotliwości 70 Hz wynosi 4060 obr./min. Temperaturę parowania etanu R170 w parowniku 5, przy wymaganej różnicy temperatury 5 K i nadmiarze CO_2 , Δx_2 równym 0,100 utrzymuje się na poziomie -72°C do -68°C , najkorzystniej na poziomie -70°C , przez zmianę częstotliwości prądu za pomocą przemiennika częstotliwości 13. Pomiar temperatury uzyskany za pomocą czujnika temperatury 12 wskazuje wartość od -67°C do -63°C . Jeżeli wartość temperatury wskazywana przez czujnik temperatury 12, jest niższa niż -65°C , zmniejsza się częstotliwość prądu. Jeżeli wartość temperatury wskazywana przez czujnik temperatury 12, jest wyższa niż -65°C , zwiększa się częstotliwość prądu. Jeżeli temperatura wskazywana przez czujnik temperatury 12 wynosi -70°C , temperatura parowania etanu R170 w parowniku 5 wynosi -65°C , częstotliwość prądu na wyjściu z przemiennika częstotliwości 13 wynosi 50 Hz, a prędkość obrotowa silnika sprężarki 5 wynosi 2900 obr./min. Jeżeli temperatura wskazywana przez czujnik temperatury 12 wynosi -67°C , częstotliwość prądu na wyjściu z przemiennika częstotliwości 13 zmniejsza się do wartości 30 Hz, a prędkość obrotowa sprężarki 5 zmniejsza się do 1740 obr./min. Jeżeli temperatura wskazywana przez czujnik temperatury 12 wynosi -63°C , częstotliwość prądu zwiększa się do 70 Hz, a prędkość obrotowa sprężarki zwiększa się do 4060 obr./min.

Wykaz oznaczeń:

- 1 – skraplacz termosyfonu
- 2 – przewód rurowy cieczowy
- 3 – parownik termosyfonu
- 4 – przewód rurowy parowy
- 5 – parownik
- 6 – zawór rozprężny
- 7 – wymiennik regeneracyjny
- 8 – skraplacz
- 9 – sprężarka
- 10 – zawór regulacji ciśnienia parowania
- 11 – sterownik
- 12 – czujnik temperatury
- 13 – przemiennik częstotliwości

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ chłodniczy zawierający co najmniej jedną sprężarkę 9, co najmniej jeden skraplacz 8, co najmniej jeden wymiennik regeneracyjny 7, zawór rozprężny 6 i parownik 5, połączony z termosyfonowym układem przenoszenia ciepła zawierającym skraplacz termosyfonu 1, którego króciec wylotowy jest połączony przewodem rurowym cieczowym 2 z króćcem wlotowym położonego niżej parownika termosyfonu 3, którego króciec wylotowy jest połączony przewodem rurowym parowym 4 z króćcem wlotowym skraplacza termosyfonu 1, a parownik 5 układu chłodniczego stanowi jednocześnie skraplacz układu termosyfonowego, **znamienny tym**, że czynnikiem chłodniczym w układzie termosyfonowym jest roztwór stałego dwutlenku węgla w ciekłym rozpuszczalniku.
2. Układ chłodniczy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że na wyjściu z parownika (5) zainstalowany jest zawór regulacji ciśnienia parowania (10) połączony ze sterownikiem (11) i czujnikiem temperatury (12).
3. Układ chłodniczy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sprężarka (9) jest zasilana prądem elektrycznym poprzez przemiennik częstotliwości (13), połączony ze sterownikiem (11) i czujnikiem temperatury (12).
4. Układ chłodniczy według któregoś z zastrz. 1 do 3, **znamienny tym**, że czynnikiem chłodniczym w układzie termosyfonowym jest roztwór stałego dwutlenku węgla o stężeniu molowym w zakresie od 25 do 95% w ciekłym rozpuszczalniku wybranym z grupy obejmującej węglowodory: butan R600, izobutan R600a, propan R290, etan R170, etylen R1150; halogenowane węglowodory: difluoroetan R152a, tetrafluoroetan R134a, tetrafluoropropen R1234, difluorometan R32 oraz trifluorodometan etan R131i; i ich mieszaniny.
5. Sposób przenoszenia ciepła z zastosowaniem układu chłodniczego jak zdefiniowano w którymkolwiek z zastrz. 1 do 4, **znamienny tym**, że w skraplaczu termosyfonu (1) chłodzi się pary roztworu doprowadzając do krystalizacji CO₂ na powierzchni wymiany ciepła skraplacza termosyfonu (1), a następnie doprowadza się do rozpuszczenia nadmiaru skryzalizowanego CO₂ przez parowy film rozpuszczalnika kondensującego na powierzchni wymiany ciepła skraplacza termosyfonu (1), a roztwór stałego CO₂ w rozpuszczalniku odprowadza się ze skraplacza termosyfonu (1), kierując grawitacyjnie roztwór stałego CO₂ do parownika termosyfonu (3), gdzie doprowadza się do parowania roztworu stałego CO₂, uzyskując właściwy efekt chłodniczy doprowadzając do obniżenia temperatury w przestrzeni chłodzonej, a następnie kieruje odpływ nasyconej pary roztworu z parownika termosyfonu (3) i odprowadza się przewodem parowym (4) do skraplacza termosyfonu (1), doprowadzając do nieizotermicznego skroplenia roztworu w skraplaczu (1).
6. Sposób według zastrzeżenia 5, **znamienny tym**, że reguluje się stężenie rozpuszczonego stałego CO₂ poprzez zmianę temperatury parowania w układzie chłodniczym przez zmianę ciśnienia lub zmianę prędkości obrotowej sprężarki (9).

7. Sposób według zastrzeżenia 6, **znamienny tym**, że reguluje się temperaturę parowania przez nastawienie za pomocą sterownika (11) odpowiedniego stopnia otwarcia zaworu regulacji ciśnienia parowania (10) na podstawie temperatury roztworu stałego dwutlenku węgla w rozpuszczalniku odpływającego ze skraplacza termosyfonu (1) zmierzonej za pomocą czujnika temperatury (12).
8. Sposób według zastrzeżenia 6, **znamienny tym**, że reguluje się temperaturę parowania przez nastawienie za pomocą sterownika (11) połączonego z przemiennikiem częstotliwości (13) prędkości obrotowej sprężarki (9) na podstawie temperatury roztworu stałego dwutlenku węgla w rozpuszczalniku odpływającego ze skraplacza termosyfonu (1) zmierzonej za pomocą czujnika temperatury (12).

Rysunki

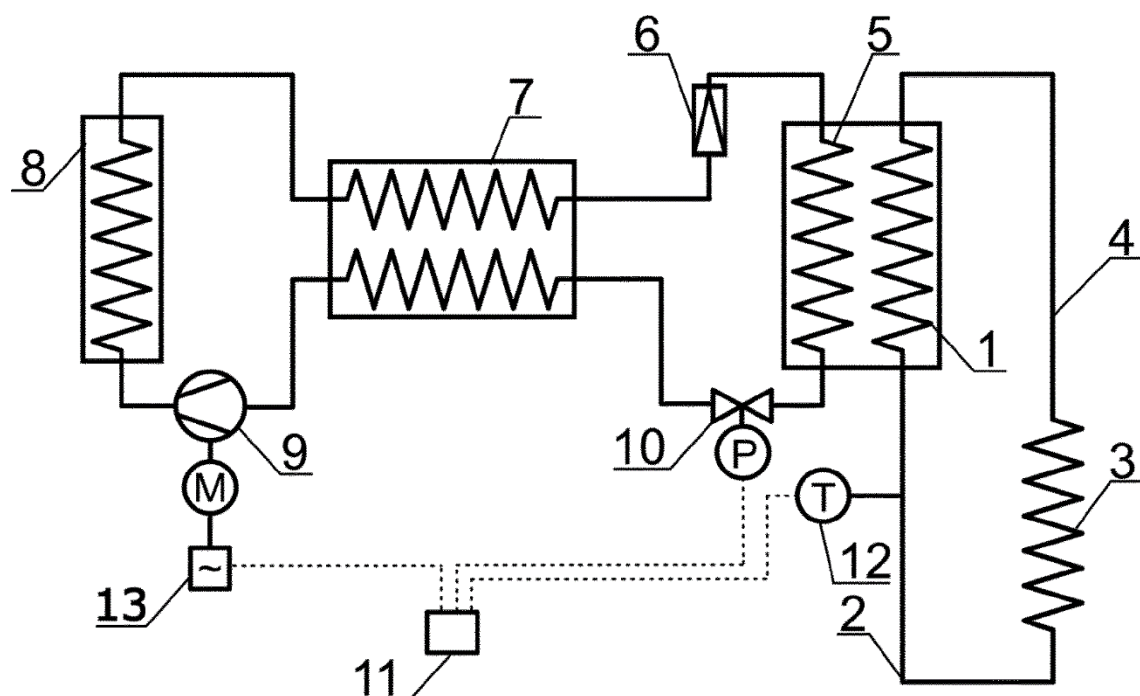


fig. 1

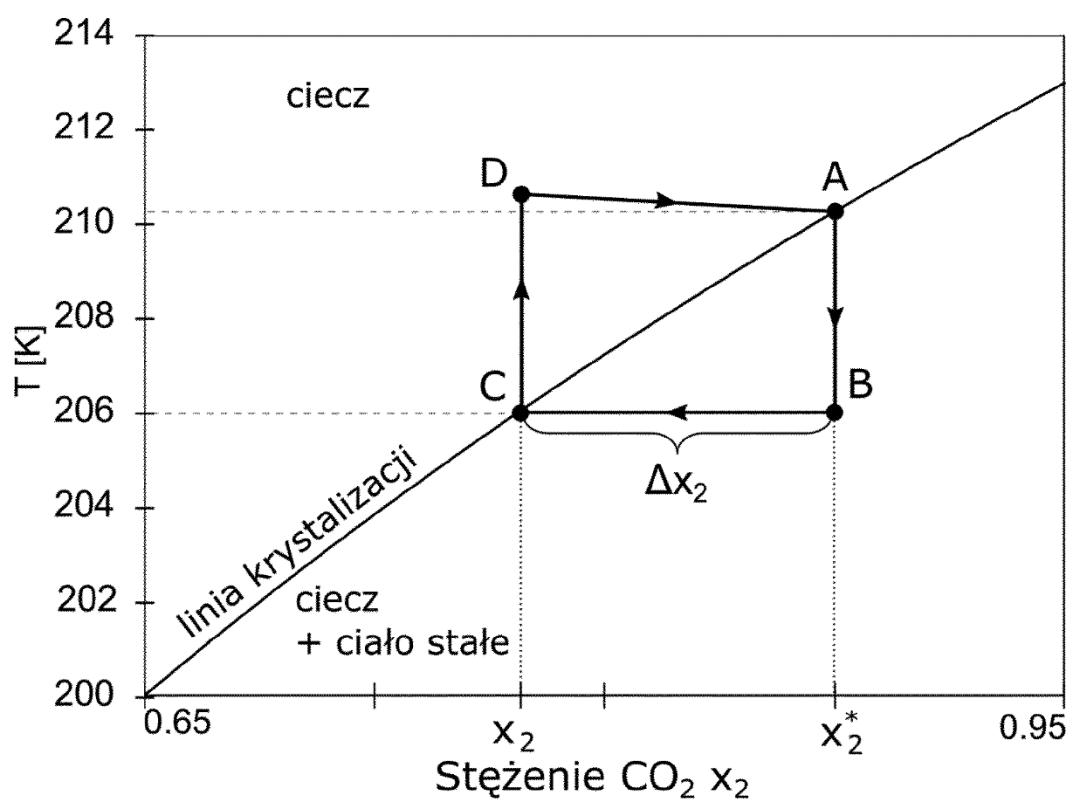


fig. 2