(19) URZĄD PATENTOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

(10) **PL 245957 B1**

(12) # Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **442283**
(22) Data zgłoszenia: **2022.09.14**
(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.03.18 BUP 12/2024**
(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.11.04 WUP 45/2024**

(51) MKP:
F25B 7/00 *(2006.01)*
F25B 39/00 *(2006.01)*
F25B 43/00 *(2006.01)*
F28D 7/02 *(2006.01)*
F25B 5/04 *(2006.01)*
F25B 40/00 *(2006.01)*
F25B 41/20 *(2021.01)*
F25B 41/42 *(2021.01)*
F25B 49/02 *(2006.01)*

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA WARSZAWSKA, Warszawa, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
MICHAŁ SOBIERAJ, Warszawa, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Oliwia Czarnocka, Warszawa, PL

(54) Tytuł:
Termostat niskotemperaturowy z kompensacyjnym wymiennikiem międzystopniowym

PL 245957 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest kompensacyjny wymiennik międzystopniowy oraz termostat niskotemperaturowy z kompensacyjnym wymiennikiem międzystopniowym zawierający dwa obiegi czynnika chłodniczego.

W dziedzinie techniki chłodniczej znane są rozwiązania dotyczące termostatów grzewczych, chłodzących lub grzewczo-chłodzących.

Z opisu patentowego CZ306657B6 znany jest termostat laboratoryjny grzewczy, wyposażony w pompy obiegowe bez wewnętrznego źródła chłodzenia i sposób jego regulacji.

Z opisu patentowego US6324857B1 znany jest termostat laboratoryjny grzewczo-chłodzący, w którym regulacja temperatury płynu realizowana jest za pomocą zaworu termostatycznego połączonego z elementem regulacyjnym, gdzie termostat grzewczo-chłodzący cechuje się tylko jedną przestrzenią do chłodzenia płynu z układem chłodniczym 1-stopniowym, co nie umożliwia schładzania płynu do temp. poniżej -50°C. Niniejszy układ regulacji temperatury płynu, nie daje możliwości dopasowania wydajności chłodniczej sprężarki do aktualnego zapotrzebowania na chłodzenie (przy zadanej temperaturze płynu), co w konsekwencji powoduje powrót nieodparowanego czynnika do sprężarki i skutkować może jej uszkodzeniem.

Z opisu patentowego EP1573257B1 znane jest rozwiązanie dotyczące dwukomorowej szafy mroźniczej o zakresie temperatury -40 do -80°C, wyposażonej w podwójny układ kaskadowy przeznaczony do niezależnego chłodzenia komór, połączony z pojedynczym układem wysokiego stopnia.

W opisach patentowych US2682756A, US5235820A, US8739567B2 przedstawiono dwukomorowe urządzenia chłodnicze wykorzystujące zeotropową mieszaninę czynników roboczych do uzyskiwania chłodzenia w dwóch, różnych poziomach temperatury w poszczególnych komorach z wykorzystaniem jednej lub dwóch sprężarek czynnika chłodniczego. Natomiast w opisach patentowych US3643466A i US7111472B1 ujawniono konstrukcję akumulatora ciekłego czynnika na ssaniu, zabezpieczającego sprężarkę przed powrotem ciekłego nieodparowanego czynnika i układ chłodniczy zawierający taki akumulator, przy czym układ chłodniczy jest układem jednostopniowym, gdzie akumulator zawiera tylko jedną wężownicę przez co ograniczona jest zdolność regulacji wydajności układu.

W opisach patentowych CN106568274A, CN110553428B ujawniono dwusprężarkowy, dwukomorowy układ chłodniczy z zastosowaniem zeotropowej mieszaniny czynników chłodniczych oraz dwusprężarkowy układ chłodniczy z wewnętrznymi wymiennikami ciepła wykorzystujący wymiennik międzystopniowy oraz wewnętrzny wymiennik ciepła, przy czym wskazany wymiennik międzystopniowy nie jest wymiennikiem kompensacyjnym samoregulującym, zaś układ nie zawiera zaworu obejściowego po stronie niskiego ciśnienia.

W opisie patentowym CN1223817C ujawniono układ chłodniczy z wewnętrznymi wymiennikami ciepła wykorzystujący zeotropową mieszaninę czynników chłodniczych, w konstrukcji którego występują zawory obejściowe, przy czym opisany układ jest układem jednosprężarkowym, który nie zawiera kompensacyjnego międzystopniowego wymiennika ciepła. W rozwiązaniu tym zawory obejściowe łączą stronę wysokociśnieniową ze stroną niskociśnieniową. Niemniej jednak układ nie zawiera drugiego zaworu rozprężnego włączonego szeregowo względem połączonych równolegle zaworów: pierwszego rozprężnego i obejściowego.

Problemem technicznym nieznajdującym rozwiązania w obecnym stanie techniki jest utrzymanie stałych warunków pracy układu chłodniczego, zwłaszcza dwustopniowego (kaskadowego), zapewniającego chłodzenie przy dwóch poziomach temperatury.

Przedmiotem wynalazku jest kompensacyjny wymiennik międzystopniowy zawierający połączone ze sobą komorę główną zaopatrzoną w dolnej części w wężownicę skraplającą i komorę boczną zaopatrzoną w wężownicę pary przegrzanej, przy czym komora boczna jest dołączona do górnej części komory głównej, powyżej wężownicy skraplającej, a wewnątrz komory głównej umiejscowiona jest pionowo rura syfonowa, której wlot umieszczony jest powyżej wężownicy pary przegrzanej.

Przedmiotem wynalazku jest również termostat niskotemperaturowy zawierający pierwszy obieg czynnika chłodniczego oraz drugi obieg czynnika chłodniczego charakteryzujący się tym, że obiegi te połączone są kompensacyjnym wymiennikiem międzystopniowym przez wężownicę skraplającą, przy czym

pierwszy obieg czynnika składa się z pierwszej sprężarki połączonej po stronie ssawnej z wylotem rury syfonowej, a po stronie tłocznej kolejno z wężownicą pary przegrzanej, skraplaczem, pierwszym zaworem rozprężnym, pierwszym parownikiem umieszczonym w pierwszej komorze, drugim zaworem rozprężnym i komorą główną,

zaś drugi obieg czynnika składa się z drugiej sprężarki połączonej po stronie tłocznej kolejno z odolejaczem, chłodnicą gazu, wężownicę skraplającą, separatorem fazy, wewnętrznym wymiennikiem ciepła składającym się z wężownic wyposażonych w zawory rozprężne, gdzie wylot parowy separatora fazy połączony jest przez pierwszą wężownicę i trzeci zawór rozprężny z drugim parownikiem umieszczonym w drugiej komorze, zaś wylot drugiego parownika połączony jest przez pierwszą wężownicę i drugą wężownicę ze stroną ssawną drugiej sprężarki, natomiast wylot cieczowy separatora fazy połączony jest przez czwartą wężownicę i czwarty zawór rozprężny z wylotem drugiej wężownicy.

Korzystnie, gdy pomiędzy pierwszym zaworem rozprężnym i drugim zaworem rozprężnym umieszczony jest pierwszy zawór obejściowy, włączony równolegle do pierwszego parownika.

Korzystnie, gdy pierwsza komora w pierwszym obiegu ma czujnik temperatury pierwszej komory oraz druga komora w drugim obiegu ma czujnik temperatury drugiej komory, przy czym czujniki temperatury połączone są sterownikiem, odpowiednio z zaworem obejściowym i sprężarką.

Rozwiązanie według wynalazku umożliwia zapewnienie stałych warunków pracy sprężarki (stałe ciśnienie ssania) i zaworów rozprężnych poprzez zastosowanie zaworu obejściowego po stronie niskiego ciśnienia, włączonego pomiędzy dwa zawory rozprężne i tym sposobem wyeliminowanie ryzyka uszkodzenia sprężarki przez uderzenie hydrauliczne, wywołane powrotem ciekłego czynnika. Ryzyko to jest eliminowane przez zastosowanie kompensacyjnego wymiennika międzystopniowego wyposażonego w dwie komory: główną oraz boczną. Komora główna jest stale zalana ciekłym czynnikiem chłodniczym a komora boczna może być okresowo zalewana ciekłym czynnikiem chłodniczym który będzie odparowywany przez przegrzaną parę przepływającą przez wężownicę pary przegrzanej umieszczoną w tej komorze. W rezultacie do sprężarki powraca para przegrzana o właściwym stopniu przegrzania, a układ posiada zdolność samoregulacji wynikającą z wzajemnego geometrycznego usytuowania komory głównej, bocznej oraz rury syfonowej.

Wynalazek został bliżej przedstawiony w przykładach wykonania oraz na rysunku, na którym:

Fig. 1 przedstawia schemat termostatu niskotemperaturowego;

Fig. 2 przedstawia przekrój wymiennika kompensacyjnego;

Fig. 3 przedstawia stany pracy wymiennika kompensacyjnego;

Fig. 4 przedstawia schemat termostatu wyposażonego w czujnikami temperatury r i sterownik.

Przykład 1

Termostat niskotemperaturowy z kompensacyjnym wymiennikiem międzystopniowym przedstawiony na fig. 1–4 jest termostatem przystosowany do pracy z ciekłym czynnikiem chłodniczym zawierający dwa obiegi czynnika chłodniczego. W pierwszym obiegu chłodniczym 1 czynnik chłodniczy taki jak R290, R32 i inny jednorodny lub niejednorodny czynnik chłodniczy z grupy węglowodorów lub ich halogenowanych pochodnych jest sprężany w pierwszej sprężarce 3, kierowany do wężownicy pary przegrzanej 4, skraplany w skraplaczy 7, następnie rozprężany w pierwszym zaworze rozprężnym 8 w celu obniżenia ciśnienia i możliwości odparowania w pierwszym parowniku 9 umieszczonym w pierwszej komorze 2 w celu zapewnienia chłodzenia tej komory do temperatury od 0 do -40°C, i kolejno rozprężany w drugim zaworze rozprężnym 11 w celu dalszego obniżenia ciśnienia celem odbierania ciepła od drugiego obiegu czynnika 14 poprzez zapewnienie ciągłego dopływu ciekłego czynnika chłodniczego do komory głównej 12 kompensacyjnego wymiennika międzystopniowego 6, w której to komorze znajduje się wężownica skraplająca 19, a odparowany czynnik chłodniczy w postaci pary przegrzanej zasysany jest przez rurę syfonową 13 do pierwszej sprężarki 3. W drugim obiegu chłodniczym 14 czynnik chłodniczy będący mieszaniną zeotropową węglowodorów i ich halogenowanych pochodnych np. (R600a, R170, R50) lub (R134a, R23, R14) jest sprężany w drugiej sprężarce 16, kierowany do odolejacza 17, chłodnicy gazu 18, a następnie częściowo skraplany w wężownicy skraplającej 19, po czym ten częściowo skroplony czynnik jest rozdzielany w separatorze fazy 20 na ciecz nasyconą i parę suchą nasyconą. Ciecz nasyconą odpływającą z dolnego króćca separatora fazy 20 kieruje się celem dochłodzenia przez czwartą wężownicę 27 do czwartego zaworu rozprężnego 28, a następnie rozprężoną ciecz wprowadza się do trzeciej wężownicy 26. Parę suchą nasyconą odpływającą z górnego króćca separatora fazy wprowadza się celem skroplenia do pierwszej wężownicy 22, a następnie rozpręża w trzecim zaworze rozprężnym 23 i odparowuje częściowo w drugim parowniku 24 umieszczonym

w drugiej komorze 15, zapewniając chłodzenie tej komory do temperatury od -40 do -120°C, po czym przepływa przez drugą wężownicę 25 i trzecią wężownicę 26 do drugiej sprężarki 16.

Przykład 2

Zasada działania wymiennika kompensacyjnego przedstawionego na fig. 3 polega na wykorzystaniu zmiany geometrycznej wysokości poziomu cieczy w kompensacyjnym wymienniku ciepła 6 w różnych warunkach pracy termostatu w celu osiągnięcia zdolności urządzenia do samoregulacji. Samoregulacja wymiennika międzystopniowego wynika z różnej zdolności cieczy i pary do przejmowania ciepła. Wrzący ciekły czynnik chłodniczy charakteryzuje się współczynnikiem przejmowania ciepła a na poziomie 750 do 3500 W/(m^2 K), natomiast współczynnik α dla pary suchej lub przegrzanej czynnika chłodniczego osiąga wartość rzędu 15 do 150 W/(m^2 K). W ten sposób dla stałego pola powierzchni wymiany ciepła wężownic 19 i 4 równego odpowiednio A_19 i A_4 można osiągnąć wymaganą moc tych wężownic wyrażoną Q = α *A*DT (gdzie: Q – strumień ciepła, α – współczynnik przejmowania ciepła, A – pole powierzchni wymiany ciepła, DT – różnica temperatury) na zmiennym poziomie, zależnym jedynie od stopnia poziomu ciekłego czynnika w komorach wymiennika, ponieważ α = f(Δh).

Można wyszczególnić następujące tryby pracy termostatu:

1) jednoczesne działanie pierwszego obiegu i drugiego obiegu przy jednoczesnym zamknięciu zaworu obejściowego,
2) jednoczesne działanie pierwszego obiegu i drugiego obiegu przy jednoczesnym otwarciu zaworu obejściowego,
3) działanie wyłącznie pierwszego obiegu przy jednoczesnym otwarciu zaworu obejściowego.

Wariant 1 realizowany jest gdy występuje zapotrzebowanie na chłodzenie zarówno w pierwszej komorze 1 i drugiej komorze 15. W takim przypadku ilość ciekłego czynnika chłodniczego wypełniającego komorę główną 12 wymiennika kompensacyjnego ustala się na poziomie Δh1, a komora boczna 5 pozostaje wypełniona jedynie parą przegrzaną czynnika chłodniczego, w wyniku czego wężownica pary przegrzanej 4 pozostaje nieaktywna. Nie następuje też nadmierne, niekorzystne przegrzewanie pary ponieważ, czynnik nie wpływa do komory bocznej 5, a wymiana ciepła zachodzi jedynie w obrębie wężownicy skraplającej 19.

Wariant 2 realizowany jest gdy występuje zapotrzebowanie na chłodzenie jedynie w drugiej komorze 15, a pierwsza komora 1 nie wymaga chłodzenia w wyniku czego zawór obejściowy 10 pozostaje otwarty, a nadmiar ciekłego czynnika chłodniczego przepływa do wymiennika kompensacyjnego 6 wypełniając częściowo komorę boczną 5 wymiennika do poziomu Δh2, a wraz ze wzrostem poziomu cieczy Δh, strumień ciepła przekazywany przez wężownicę pary przegrzanej) rośnie, ze względu na wzrost wartości współczynnika przejmowania ciepła α, powodując jednocześnie odparowanie nadmiaru ciekłego czynnika chłodniczego wpływającego do kompensacyjnego wymiennika ciepła.

Wariant 3 realizowany jest gdy wymagane jest jedynie częściowe chłodzenie w pierwszej komorze 1 a zawór obejściowy jest otwarty, w wyniku czego następuje przepływ nadmiaru nieodparowanego ciekłego czynnika chłodniczego do wymiennika kompensacyjnego, w wyniku czego następuje wzrost poziomu cieczy w komorze bocznej 5 do wartości Δh3 skutkujący dalszym zwiększeniem mocy wężownicy pary przegrzanej 4, co zabezpiecza przed dalszym wzrostem poziomu cieczy mogącym skutkować uszkodzeniem sprężarki ze względu na zasysanie ciekłego czynnika chłodniczego.

Wykaz oznaczeń odsyłających:

1 – pierwszy obieg chłodniczy
2 – pierwsza komora
3 – pierwsza sprężarka
4 – wężownica pary przegrzanej
5 – komora boczna
6 – kompensacyjny wymiennik międzystopniowy
7 – skraplacz
8 – pierwszy zawór rozprężny
9 – pierwszy parownik
10 – pierwszy zawór obejściowy
11 – drugi zawór rozprężny
12 – komora główna
13 – rura syfonowa
14 – drugi obieg czynnika

15 – druga komora
16 – druga sprężarka
17 – odolejacz
18 – chłodnica gazu
19 – wężownica skraplająca
20 – separator fazy
21 – wewnętrzny wymiennik ciepła
22 – pierwsza wężownica
23 – trzeci zawór rozprężny
24 – drugi parownik
25 – druga wężownica
26 – trzecia wężownica
27 – czwarta wężownica
28 – czwarty zawór rozprężny
29 – czujnik temperatury pierwszej komory
30 – czujnik temperatury drugiej komory
31 – sterownik

Zastrzeżenia patentowe

1. Kompensacyjny wymiennik międzystopniowy (6) zawierający połączone ze sobą komorę główną (12) zaopatrzoną w dolnej części w wężownicę skraplającą (19) i komorę boczną (5) zaopatrzoną w wężownicę pary przegrzanej (4), przy czym komora boczna (5) jest dołączona do górnej części komory głównej (12), powyżej wężownicy skraplającej (19), a wewnątrz komory głównej (12) umiejscowiona jest pionowo rura syfonowa (13), której wlot umieszczony jest powyżej wężownicy pary przegrzanej (4).
2. Termostat niskotemperaturowy zawierający pierwszy obieg czynnika chłodniczego oraz drugi obieg czynnika chłodniczego **znamienny tym**, że obiegi te połączone są kompensacyjnym wymiennikiem międzystopniowym (6) zgodnie z zastrz. 1 przez wężownicę skraplającą (19), przy czym

   pierwszy obieg czynnika (1) składa się z pierwszej sprężarki (3) połączonej po stronie ssawnej z wylotem rury syfonowej (13), a po stronie tłocznej kolejno z wężownicą pary przegrzanej (4), skraplaczem (7), pierwszym zaworem rozprężnym (8), pierwszym parownikiem (9) umieszczonym w pierwszej komorze (2), drugim zaworem rozprężnym (11) i komorą główną (12),

   zaś drugi obieg czynnika (14) składa się z drugiej sprężarki (16) połączonej po stronie tłocznej kolejno z odolejaczem (17), chłodnicą gazu (18), wężownicą skraplającą (19), separatorem fazy (20), wewnętrznym wymiennikiem ciepła (21) składającym się z wężownic (22, 25, 26, 27) wyposażonych w zawory rozprężne (23, 28), gdzie wylot parowy separatora fazy (20) połączony jest przez pierwszą wężownicę (22) i trzeci zawór rozprężny (23) z drugim parownikiem (24) umieszczonym w drugiej komorze (15), zaś wylot drugiego parownika (24) połączony jest przez pierwszą wężownicę (25) i drugą wężownicę (26) ze stroną ssawną drugiej sprężarki (16), natomiast wylot cieczowy separatora fazy (20) połączony jest przez czwartą wężownicę (27) i czwarty zawór rozprężny (28) z wylotem drugiej wężownicy (25).
3. Termostat niskotemperaturowy według zastrz. 2, **znamienny tym**, że pomiędzy pierwszym zaworem rozprężnym (8) i drugim zaworem rozprężnym (11) umieszczony jest pierwszy zawór obejściowy (10), włączony równolegle do pierwszego parownika (9).
4. Termostat niskotemperaturowy według zastrz. 3, **znamienny tym**, że pierwsza komora (2) w pierwszym obiegu (1) ma czujnik temperatury pierwszej komory (29) oraz druga komora (15) w drugim obiegu (14) ma czujnik temperatury drugiej komory (30), przy czym czujniki temperatury (29, 30) połączone są sterownikiem (31), odpowiednio z zaworem obejściowym (10) i sprężarką (16).

Rysunki

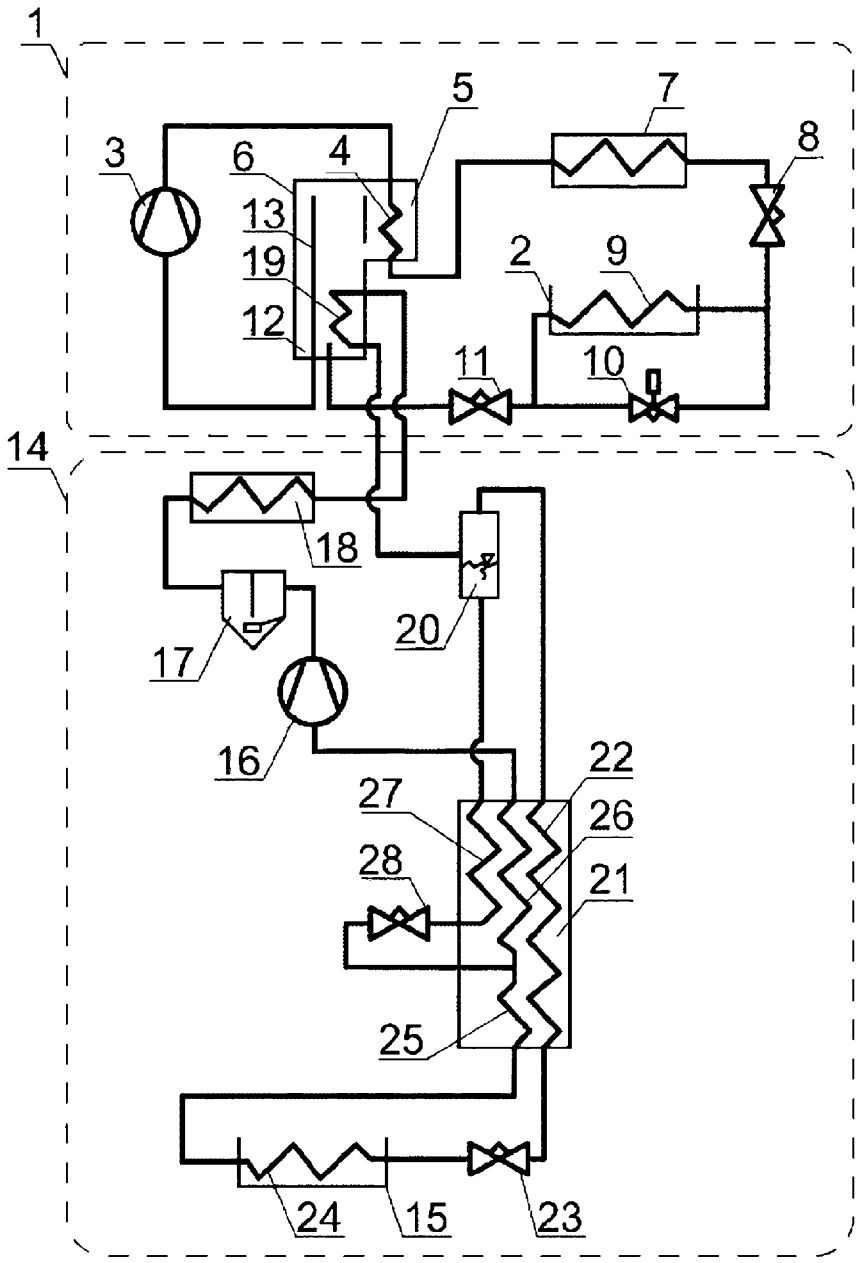


Fig. 1

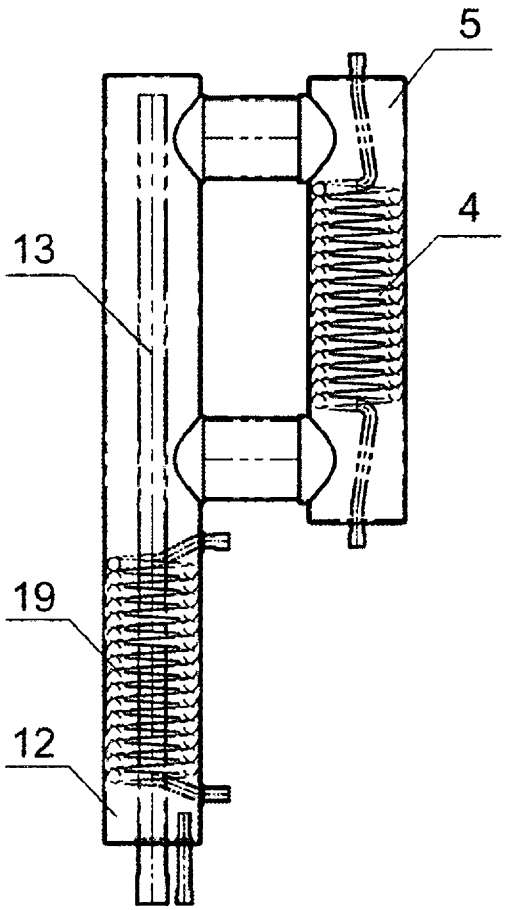


Fig. 2

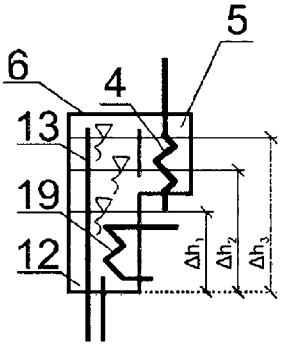


Fig. 3

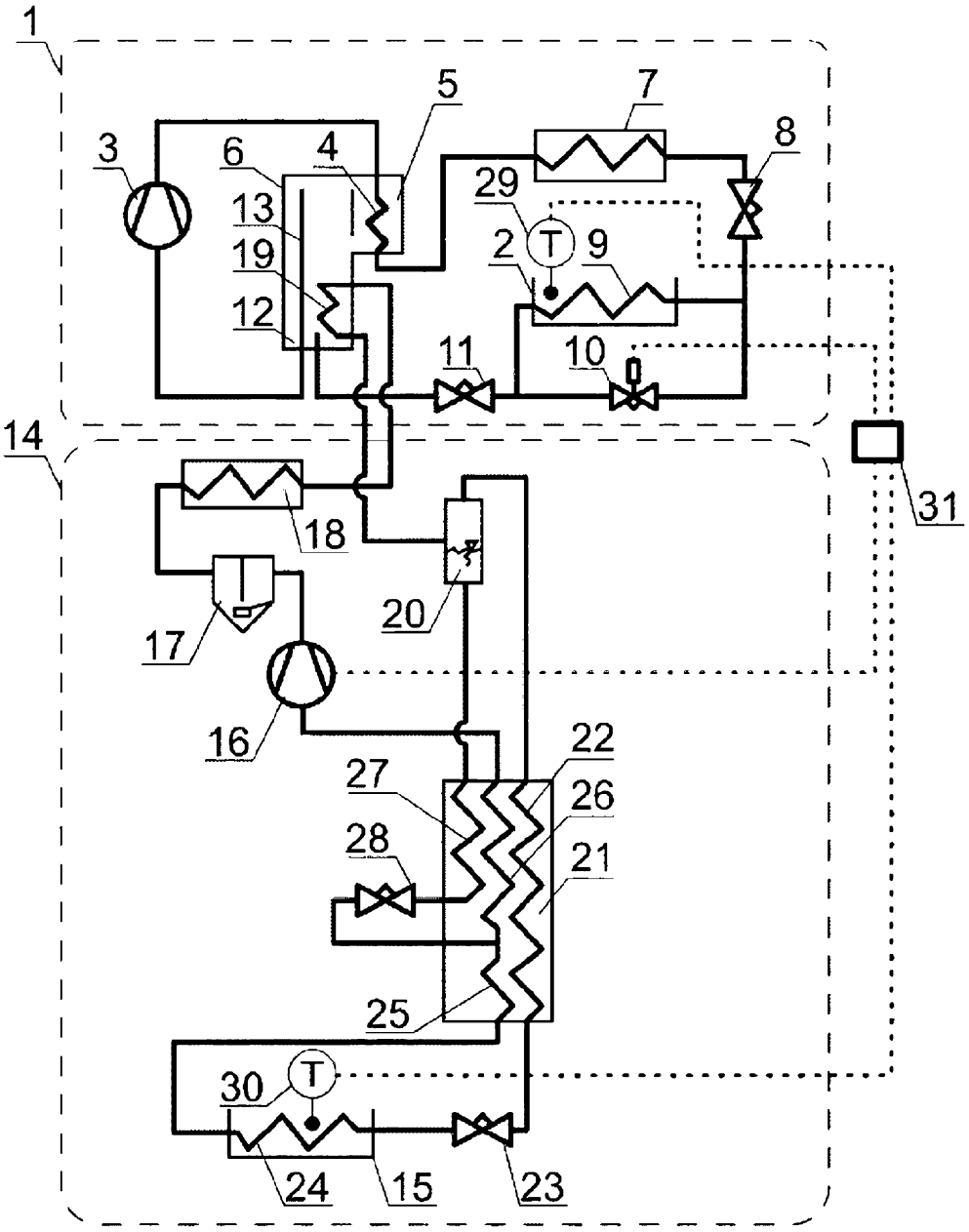

1
5
7
3
6
4
8
29
13
19
2
T
9
12
11
10
14
31
18
20
17
16
22
27
26
28
21
25
30
T
24
15
23

Fig. 4