



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(21) Numer zgłoszenia: **430327**

(22) Data zgłoszenia: **21.06.2019**

(51) Int.Cl.

F25B 1/04 (2006.01)

F25B 39/02 (2006.01)

F25B 40/00 (2006.01)

F25B 41/37 (2021.01)

F28F 13/12 (2006.01)

(54)

Agregat chłodniczy

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

28.12.2020 BUP 27/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

07.03.2022 WUP 10/22

(73) Uprawniony z patentu:

**PRZEDSIĘBIORSTWO
PRODUKCYJNO-HANDLOWE I USŁUGOWE
BOLID SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Radom, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**CEZARY CZAJKOWSKI, Wrocław, PL
SŁAWOMIR PIETROWICZ, Wrocław, PL
AGNIESZKA OCHMAN, Wrocław, PL
ANDRZEJ NOWAK, Starachowice, PL
HENRYK MACIEJEWSKI, Radom, PL
JAKUB STARZYŃSKI, Stefanków, PL
MARCEL BARDUS, Radom, PL
ADAM OLESIAK, Warszawa, PL
WOJCIECH WESOŁOWSKI, Radom, PL
JANUSZ TURCZYNOWICZ, Siechnice, PL**

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest jednoczęściowy, kompaktowy agregat chłodniczy o wysokiej sprawności energetycznej na wodę/glikol. Przedmiotowy agregat chłodniczy przeznaczony jest do stosowania w procesach technologicznych, w tym między innymi w piekarnictwie, przetwórstwie i procesach chemicznych.

Agregaty chłodnicze powszechnie stosuje się w:

- systemach chłodzenia w układzie zamkniętym maszyn roboczych, na przykład chłodzenie gwoździarek, chłodzenie w procesie produkcji plastiku,
- w medycynie w układzie chłodzenia dla akceleratora liniowego,
- przy przechowywaniu owoców i warzyw, przy ich schładzaniu,
- w przemyśle browarniczym, przy schładzaniu tankofermentatorów,
- w piekarnictwie, przy schładzanie wody do wyrobu ciasta (schładzanie płaszczowe).

Agregat chłodniczy to dwa wymienniki ciepła – parowacz oraz skraplacz, sprężarka, zawór dławiący, zbiornik skroplonego czynnika roboczego oraz hermetyczny układ rurek do transportu czynnika obiegowego. Agregat chłodniczy można skonstruować na wiele sposobów, zależnie zwłaszcza od typu zastosowanej w nim sprężarki (łukowa, spiralna, śrubowa, przepływowa) oraz wymiennika ciepła (płytowy, płaszczowo-rurowy). W powyżej wymienionych procesach zazwyczaj stosowane są sprężarki spiralne, które charakteryzują się wysokim wskaźnikiem efektywności objętościowej oraz dużą wytrzymałością na zużycia mechaniczne. Największym problemem w powyżej poruszonych konstrukcjach układów chłodzących jest drastycznie zmieniająca się sprawność izentropowa, która ma duży wpływ na moc sprężarki oraz wielkość wymaganego skraplacza. Jeśli warunki pracy są standardowe, dobór wymiennika ciepła jest sprawą czysto ekonomiczną. Dobierając lepsze materiały, z których wykonany jest wymiennik ciepła możemy zintensyfikować wymianę ciepła, a co za tym idzie poprawić sprawność układu. Czynniki obniżającymi entalpię ziębniaka mogą być woda lub powietrze – z uwagi na łatwy dostęp do dużej ilości powietrza o jednakowej i łatwej do określenia temperaturze. Woda jest mniej popularnym medium użytym w tego typu instalacjach, niemniej woda znajduje zastosowanie w instalacjach, w których istnieje ryzyko (przekroczenie punktu rosy) na powierzchni wymiennika ciepła. Zjawisko wykraplania się wilgoci pogorszą wymianę ciepła oraz sprawność i żywotność wymiennika. Wybór czynnika obiegu zewnętrznego dla skraplacza nie ma wpływu na budowę agregatu chłodniczego, konstrukcje układów składają się z tych samych elementów, a ich działanie opiera się o lewobieżny układ parowy. W parowaczu, przez który przepływa medium chłodzone, ziębniak pobiera ciepło i odparowuje przy określonej temperaturze parowania. Czynnik w formie pary jest sprężany przez sprężarkę, a następnie ulega skropleniu w skraplaczu, oddając ciepło bezpośrednio do powietrza lub do medium pośredniczącego innego układu. Za skraplaczem czynnik obniża swoją temperaturę i ciśnienie na zaworze rozprężnym, a następnie z powrotem trafia do parowacza, od którego rozpoczyna kolejny swój obieg. Zadaniem ziębniczego układu chłodzącego jest obniżenie parametrów wody/glikolu do takich, przy których będzie ona w stanie odebrać ciepło z urządzeń zewnętrznych. Przykładem instalacji chłodniczej z urządzeniem zewnętrznym jest sprzężenie agregatu chłodzącego z klimakonwektorem, w którym powietrze chłodzone przekazuje ciepło wodzie obiegowej – ogrzewając ją. Zastosowanie agregatu chłodzącego sprowadza się do ciągłego schładzania wody w instalacji hydraulicznej by klimakonwektor był w stanie utrzymać zadaną temperaturę odbierając ciepło z pomieszczenia.

Znane jest z amerykańskiego zgłoszenia wynalazku US2647377A urządzenie do zapewniania grawitacyjnego przepływu cieczy zbudowane ze zbiornika wody, w którym umiejscowiony jest agregat chłodniczy utworzony z parownika, którego oba końce węzownicy wprowadzone są do umiejscowionego nad zbiornikiem cieczy zbiornika czynnika chłodzącego. W zbiorniku wody, w jego górnej części, umiejscowiona jest także nagrzewnica wodna, której jeden koniec wprowadzony jest do zbiornika czynnika chłodzącego a drugi połączony jest z kompresorem, który kanałem wyposażonym w wymiennik ciepła połączony jest ze zbiornikiem lub odbiornikiem, który kolejno połączony jest kanałem z termostatycznym zaworem rozprężnym wbudowanym w pokrywę zbiornika czynnika chłodzącego.

Z japońskiego zgłoszenia patentowego JP2015169404 znana jest maszyna do schładzania, która zawiera obwód dla czynnika chłodniczego wliczając w to sprężarkę, skraplacz i parowacz oraz obwód dla płynu chłodzącego. Obwód płynu chłodzącego obejmuje dwie ścieżki – dla czynnika o niskiej i wysokiej temperaturze. Obwód czynnika chłodniczego zawiera podgrzewacz.

Efektywność agregatów chłodniczych o powyższej konstrukcji dla małych mocy (do 15 kW) nie przekracza $EER \approx 3$.

Poprawę efektywności dotychczas znanych agregatów chłodniczych można osiągnąć poprzez wyeliminowanie z nich wymienników płytowych, ograniczenie ilości czynnika chłodniczego, wyeliminowanie sprężarek tłokowych oraz mieszadeł czynnika schładzanego.

Celem według wynalazku jest konstrukcja o lepszej efektywności uzyskiwanej poprzez wyeliminowanie z rozwiązania powyższych elementów.

Celem wynalazku jest również wyposażenie konstrukcji w elementy pozwalające na wykorzystanie ciepła odpadowego.

Agregat chłodniczy mający linię obiegową medium roboczego, w którą wbudowane są kolejno sprężarka, skraplacz, zbiornik skroplonego medium roboczego i parownik, oraz linię obiegową medium schładzanego, w którą wbudowane są pompa oraz otwarty zbiornik buforowy, w którym umiejscowiony jest parownik, **według wynalazku charakteryzuje się tym**, iż w odcinek linii obiegowej medium schładzanego, przed zbiornikiem buforowym, w którym umiejscowiony jest parownik, wbudowany jest układ wstępnego schładzania medium schładzanego, w odcinek gazowej linii obiegowej medium roboczego, pomiędzy sprężarką a skraplaczem, wbudowany jest schładzający medium robocze wymiennik ciepła, a w odcinek cieczowej linii obiegowej medium roboczego, pomiędzy zbiornikiem skroplonego medium roboczego a parownikiem, wbudowany jest dochładzający medium robocze rurowy wymiennik ciepła, który utworzony jest z miedzianych rur i który umiejscowiony jest w zbiorniku regeneracyjnym, którego wlot połączony jest z wylotem z parownika, a wylot z wylotem do sprężarki, przy czym parownik ma geometrię wymiennika rurowo-krzyżowo-równoległego, którego zasilanie ma postać kapilar, w zbiorniku buforowym, w którym zanurzony jest parownik, umiejscowiony jest również areator wywołujący strumieniem powietrza burzliwe ruchy medium schładzanego, sprężarkę stanowi sprężarka spiralna, a skraplacz wyposażony jest w lamele pakietowe oraz wentylator sterowany szybkozmiennym ciśnieniem skraplania. Agregat chłodniczy sterowany jest modulem zdalnego porozumiewania się i wizualizacji chwilowych parametrów w czasie rzeczywistym. Medium robocze stanowi freon R404a z możliwością retrofitu na zamienniki.

Agregat chłodniczy według wynalazku przeznaczony jest do chłodzenia w obiegach zamkniętych, za pośrednictwem wody sieciowej, wody DEMI oraz mieszanek glikolowych do 35% z wykorzystaniem powietrza z otoczenia do pierwszego schładzania medium schładzanego transportującego chłód lub ciepło na trasie agregat chłodniczy-odbiornik-agregat chłodniczy.

W rozwiązaniu według wynalazku chłód generowany jest przez parownik rurowo-krzyżowo-równoległy, który na zasilaniu ma kapilary i który umieszczony jest bezpośrednio w zbiorniku buforowym o pojemności 200 L. Generowany tak chłód w zbiorniku buforowym przekazywany jest do buforowej cieczy wychładzającej, która dalej transmitowana jest w obiegu zamkniętym do odbiornika. Przedmiotowy wynalazek eliminuje wymiennik płytowy, termostatyczny zawór rozprężny, a to ogranicza ilość czynnika chłodniczego w obiegu i pozwala na osiągnięcie $EER \approx 5-6$.

Zastosowany w rozwiązaniu areator ma za zadanie wywoływanie ruchów burzliwych w zbiorniku buforowym, które poprawiają skuteczność wymiany chłodu między rurami parownika przy użyciu powietrza pobieranego z nad lustro bufora.

Wbudowanie w linię medium roboczego, pomiędzy sprężarką a skraplaczem, dodatkowego wymiennika ciepła pozwala na wstępne jego schładzanie oraz na odzysk generowanego ciepła skraplania i wykorzystanie go na cele podgrzewania, suszenia czy inne podobne.

Przedmiot wynalazku został uwidoczniony na rysunku w postaci schematu, na którym fig. 1 przedstawia agregat chłodniczy, a fig. 2 parownik agregatu chłodniczego.

Agregat chłodniczy w przykładzie wykonania według wynalazku ma hermetycznie zamkniętą linię 1 obiegową medium roboczego oraz przyłączaną do odbiornika ciepła i pracującą w takim układzie przyłączenia również w obiegu zamkniętym linię 2 obiegową medium schładzanego. W linię 2 obiegową medium schładzanego wbudowany jest otwarty zbiornik buforowy 3 (bufor), w którym umiejscowiony jest parownik 4, przy czym w zasilający chłodem odbiornik ciepła, odcinek linii 2 obiegowej medium schładzanego wbudowana jest pompa 5, a w odcinek linii 2 obiegowej medium schładzanego stanowiącej powrót ze schładzanego odbiornika ciepła wbudowany jest bocznikujący częściowo ten odcinek układ 6 wstępnego schładzania medium schładzanego, uruchamiany gdy temperatura ze schładzanego obiektu jest większa o 5°C od temperatury otoczenia. Układ 6 wstępnego schładzania medium schładzanego powracającego z odbiornika ciepła ma postać powietrznej chłodnicy lamelowej ze współpracującym z nią wentylatorem. Płynące do zbiornika buforowego 3 medium schładza-

ne przepuszczane jest przez układ 6 schładzania wstępnego wtedy, gdy temperatura medium schładzanego powracającego jest większa o 5°C od temperatury otoczenia. Zastosowanie układu 6 wstępnego schładzania medium schładzanego poprawia ekonomię i efektywność energetyczną agregatu chłodniczego. Medium schładzane stanowi woda bądź glikol. W linię 1 obiegową medium roboczego wbudowane są kolejno, zgodnie z kierunkiem przepływu medium roboczego, sprężarka 7, skraplacz 8, zbiornik 9 skroplonego medium roboczego oraz, umiejscowiony w zbiorniku buforowym 3, parownik 4, przy czym w odcinek linii 1 obiegowej medium roboczego pomiędzy sprężarką 7 a skraplaczem 8 wbudowany jest schładzający medium robocze wymiennik ciepła 10, a w odcinek linii 1 obiegowej medium roboczego, pomiędzy zbiornikiem 9 skroplonego medium roboczego a parownikiem 4, wbudowany jest, schładzający przeprowadzane przez niego medium robocze, wymiennik ciepła 11, który umiejscowiony jest w zbiorniku regeneracyjnym 12, którego wlot połączony jest odcinkiem linii 1 obiegowej medium roboczego z wylotem z parownika 4, a wylot odcinkiem linii 1 obiegowej medium roboczego z wlotem do sprężarki 7. Sprężarkę 7 stanowi sprężarka spiralna. Skraplacz 8 wyposażony jest w wentylator ZiehlABEG/ $\phi 500\text{mm/V}$ z regulatorem prędkości obrotowej. Skraplacz 8 pracuje w funkcji ciśnienia skraplania i współpracuje ze zbiornikiem 9 skroplonego medium roboczego i zbiornikiem regeneracyjnym 12, z którego podawana jest faza ciekła medium roboczego do kapilar 4a parownika 4 – o pożądanej dla tego obiegu temperaturze skroplin $< 40^{\circ}\text{C}$ (max $+40^{\circ}\text{C}$). W rozwiązaniu stosuje się skraplacz 8 z lamelami pakietowymi oraz wentylatorem sterowanym elektronicznie. Lamelle pakietowe o 30% zwiększają powierzchnie wymiany ciepła, zwiększając przy tym wydajność skraplacza 8 przy zachowaniu tych samych gabarytów. Wentylator pozwala na płynną regulację obrotów w funkcji ciśnienia skraplania podwyższając sprawność rozwiązania według wynalazku. Cały układ medium roboczego stanowi odseparowany hermetycznie zamknięty obieg zbliżony do termodynamicznego obiegu klasycznego. Parownik 4 ma postać wymiennika ciepła rurowo-krzyżowo-równoległego. Parownik 4 wyposażony w cztery kapilary 4a na zasilaniu i kolektor na powrocie, łączący cztery równoległe kanały sekcji parownika 4 dla układu medium roboczego. Kapilary mają postać włoskowatych rurek miedzianych z otworem wewnętrznym o średnicy 2,2 mm i 600 mm długości każdej z 4 kapilar o stałym przekroju i zmiennej wydajności dla realizowania przemiany fazowej zależnej od ciśnienia skraplania uzależnionego od cieplnego obciążenia każdej sekcji parownika 4. Musi przy tym być spełniony warunek optymalizacyjny: powierzchnia wymiany sekcji do wielkości masowego przepływu kapilary 4a jako zaworu o stałym przekroju. Kapilary 4a dobiera się empirycznie dla skrajnych ciśnień odparowania odpowiadających katalogowym parametrom granicznym sprężarki chłodniczej spiralnej wzorcowego modelu C-SBS235H38B. Geometrię wymiennika (R-promień gięcia A/B/H/N – długość/szerokość/wysokość/ilość warstw) dobiera się tak, aby były zapewnione:

- swobodny opływ medium chłodzonego po ściankach zewnętrznych rur parownika 4;
- intensyfikacja odbioru chłodu z parownika 4; oraz
- tworzenie bazy lodowej w zbiorniku parownika 4.

W zbiorniku buforowym 3 oprócz parownika 4 umiejscowiony jest również areator 13 wywołujący burzliwe ruchy medium schładzanego. Areator 13 utworzony jest z wentylatora boczno-kanałowego 13a zestawionego z umiejscowionym w zbiorniku węzłem PCV 13b, w którym wykonano co najmniej kilkanaście otworów o średnicy 2 mm, poprzez które wentylator 13a wtłacza powietrze na całą objętość zbiornika buforowego 3. W zbiorniku buforowym 3 wąż PVC 13b oplata pakiet rur parownika 4 co daje efekt silnego mieszania. Areacyjny sposób mieszania medium schładzanego zastępuje tradycyjne mieszadło i minimalizuje ilość zużywanej energii efektywnej na ten cel. Zastosowanie takiego rozwiązania eliminuje wymiennik płytowy, pozwala kumulować chłód na rurkach parownika 4 oraz eliminuje termostatyczny zawór rozprężny i ogranicza ilość czynnika chłodniczego w obiegu.

Zbiornik 9 skroplonego (fazy ciekłej) medium roboczego i zbiornik regeneracyjny 12 – oba o pojemności 3 litrów – stanowią zespół przystosowany do współpracy z czterema kapilarami 4a zasilającymi parownik 4. Zespół ogranicza efektywną ilość używanego czynnika R404a już do 3 kg. W rozwiązaniu, medium robocze ze skraplacza 8, w którym skraplane jest w 80%, transportowane jest do zbiornika 9 skroplonego (fazy ciekłej) medium roboczego i dalej do wymiennika ciepła 11 utworzonego z rur miedzianych o średnicy 10 mm i umieszczonego w zbiorniku regeneracyjnym 12, w którym następuje przemiana zupełna do fazy 100% cieczy kontrolowanej co do efektu przez oczko indykatora wilgotności – kontrolera ciągłości strugi cieczy – uzyskując optymalną temperaturę końcową na poziomie $+40^{\circ}\text{C}\pm 5$. Kolejno – linią wykonaną z rury miedzianej o średnicy 12 mm – medium robocze przepływa poprzez elektrozawór 14 i filtr do czterech kapilar 4a (ϕ_w 2,2 mm/600 mm parownika 4, a stamtąd poprzez zbiornik regeneracyjny 12 w postaci pary do sprężarki 7.

Agregat chłodniczy według wynalazku wyposażony jest w układ 15 sterowania złożony z modułu zdalnego porozumiewania się i wizualizacji chwilowych parametrów w czasie rzeczywistym, widzianym przez sieci WAN/LAN na trzech poziomach dostępu, realizowanych za pośrednictwem „chmury” z dostępem do archiwum tworzonego poprzez dowolne centrum danych lub na serwerach komercyjnych, (np. Amazon, Google). Temperaturę medium schładzanego kontroluje sterownik, na przykład sterownik EVK, z wyświetlaniem temperatur obiegu, który poprzez ustawienie punktu nastawczego aktywuje albo dezaktywuje pracę hermetycznego układu chłodniczego.

Agregat chłodniczy według wynalazku wykorzystuje ciepło skraplania, które generowane jest podczas wytwarzania chłodu i odpowiednio je wykwstuje, ograniczając przy tym emisję ciepła do atmosfery.

Zastąpienie wymiennika płytowego wymiennikiem rurowym pozwala kumulować chłód w bryle lodowej tworzonej na jego ściankach, ograniczając jednocześnie ilość czynnika R404a w obiegu. Przedmiotowy wynalazek eliminuje standardowe energochłonne mieszkadło do wytwarzania ruchów burzliwych na rzecz areatora 13 – wentylatora o wysokim sprężu. Powoduje to oszczędności energetyczne, daje niezawodność i obniża jednostkowy koszt wytwarzania chłodu. Areator 13 stosowany jest jako wspomaganie wymiany ciepła w zbiorniku buforowym 3.

Agregat chłodniczy według wynalazku stanowi kompakt o zwartej, jednolitej konstrukcji. Wszystkie powyżej wymienione moduły tworzące rozwiązanie według wynalazku umiejscowione są w konstrukcji nośnej, której elementem pierwszym jest karkas. Karkas wykonany jest z dwóch cienkościennych profili 20x20x1 oraz 40x20x1, które spawane są w osłonie CO₂, i które zabezpieczone są antykorozyjnie i przeciwdrganiowo. Agregat chłodniczy jako całość osłonięty jest plastyfikowanym obłachowaniem z kratami wentylacyjnymi i systemem do cyrkulacji medium chłodzącego/grzejącego na bazie preizolowanych rur PVC połączonych zgrzaniowo. Czyść elektryczną agregatu chłodniczego według wynalazku stanowi standardowa, hermetyczna skrzynia RHp18 z ABS, w której ulokowano aparaturę rozdzielczo-kontrolną 400 V/240 V/50 Hz oraz moduł komunikacji.

Zastrzeżenia patentowe

1. Agregat chłodniczy mający linię obiegową medium roboczego, w którą wbudowane są kolejno spizarka, skraplacz, zbiornik skroplonego medium roboczego i parownik, oraz linię obiegową medium schładzanego, w którą wbudowane są pompa i otwarty zbiornik buforowy, w którym umiejscowiony jest parownik, **znamienny tym**, że w odcinek linii (2) obiegowej medium schładzanego, przed zbiornikiem buforowym (3), w którym umiejscowiony jest parownik (4), wbudowany jest układ (6) wstępnego schładzania medium schładzanego, w odcinek gazowej linii (1) obiegowej medium roboczego, pomiędzy sprężarką (7) a skraplaczem (8), wbudowany jest schładzający medium robocze wymiennik ciepła (10), a w odcinek cieczowej linii (1) obiegowej medium roboczego, pomiędzy zbiornikiem (9) skroplonego medium roboczego a parownikiem (4), wbudowany jest, dochładzający przepuszczane przez niego medium robocze, rurowy wymiennik ciepła (11), który utworzony jest z miedzianych rur i który umiejscowiony jest w zbiorniku regeneracyjnym (12), którego wlot połączony jest z wylotem z parownika (4) a wylot z wlotem do sprężarki (7), przy czym parownik (4) ma geometrię wymiennika rurowo-krzyżowo-równoległego, którego zasilanie ma postać kapilar (4a), w zbiorniku buforowym (3), w którym zanurzony jest parownik (4), umiejscowiony jest również areator (13) wywołujący strumieniem powietrza burzliwe ruchy medium schładzanego, sprężarkę (7) stanowi sprężarka spiralna, a skraplacz (8) wyposażony jest w lamele pakietowe oraz wentylator sterowany szybkozmiennym ciśnieniem skraplania.
2. Agregat chłodniczy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że ma układ sterowania (15), który zawiera moduł zdalnego porozumiewania się i wizualizacji chwilowych parametrów w czasie rzeczywistym.
3. Agregat chłodniczy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że medium robocze stanowi freon R404a.

Rysunki

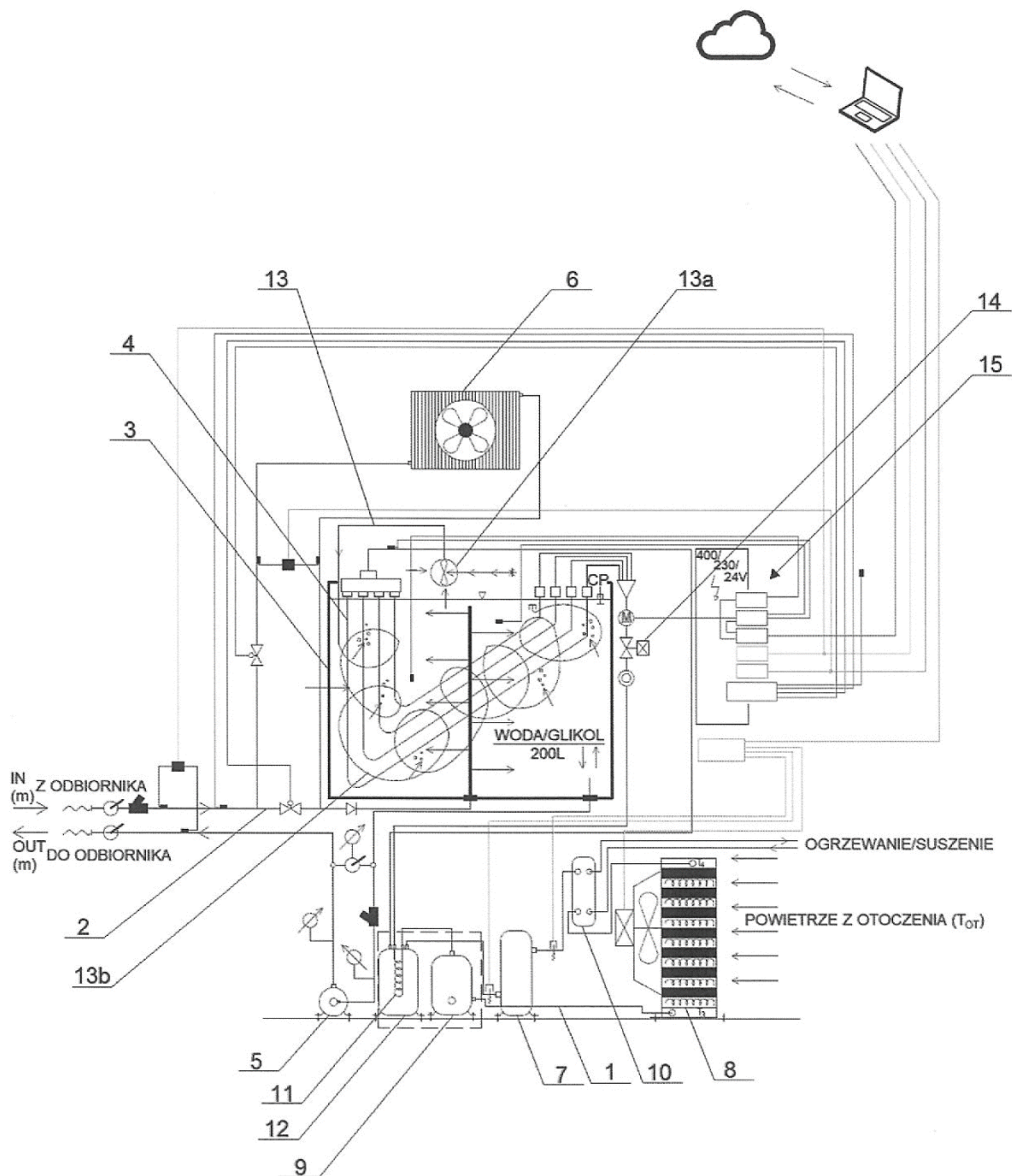


Fig. 1

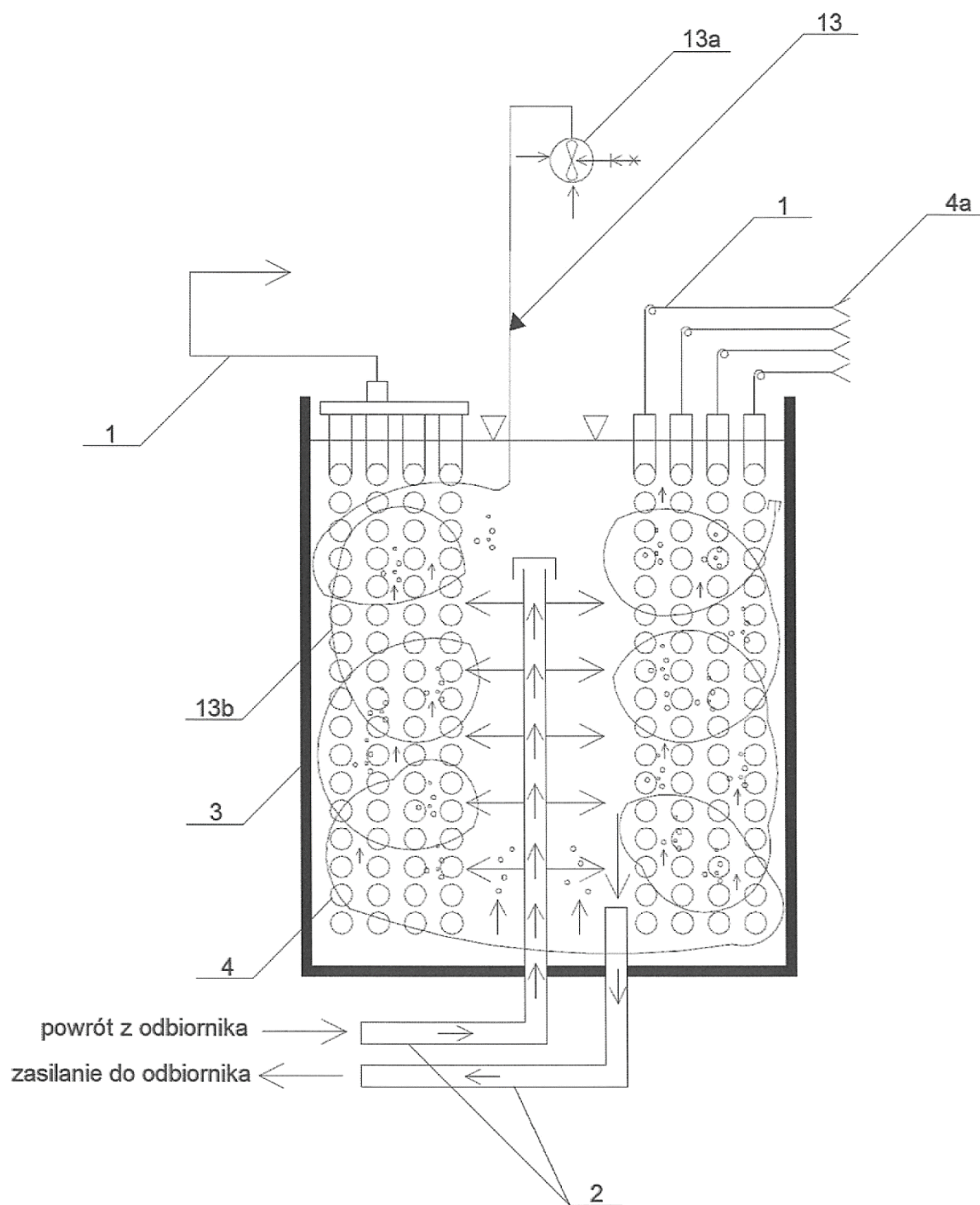


Fig. 2