(19) URZĄD PATENTOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

(10) **PL 242147 B1**

(12) # Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **435184**
(22) Data zgłoszenia: **2020.09.03**
(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.03.07 BUP 10/2022**
(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.01.23 WUP 04/2023**

(51) MKP:
G01M 99/00 *(2011.01)*
F25B 30/00 *(2006.01)*
F25B 49/00 *(2006.01)*

(73) Uprawniony z patentu:
SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – INSTYTUT TECHNOLOGII EKSPLOATACJI W RADOMIU, Radom, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
KAZIMIERZ WOJTAS, Batowice, PL
TOMASZ SAMBORSKI, Radom, PL
ANDRZEJ ZBROWSKI, Radom, PL
STANISŁAW KOZIOŁ, Radom, PL

(74) Pełnomocnik:
Bartłomiej Fijałkowski, Łódź, PL

(54) Tytuł:
Hydrauliczny układ stanowiska do badania pomp ciepła lub rekuperatorów

PL 242147 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest hydrauliczny układ stanowiska do badania pomp ciepła lub rekuperatorów stosowanych głównie w budownictwie. Układ, dzięki modułowej strukturze funkcjonalnej składającej się z kilku osobno sterowanych obiegów cieczy, zasilanych ze wspólnego agregatu chłodniczego, umożliwia konfigurowanie instalacji pozwalających na realizację normatywnych i rozszerzonych badań większości rodzajów pomp ciepła stosowanych w budownictwie. Badania realizowane z wykorzystaniem układu służą do wyznaczania wartości parametrów technicznych pomp ciepła zgodnie z obowiązującymi normami.

W urządzeniach zasilanych sprężonymi gazami lub cieczami częstym problemem jest zapewnienie właściwego ciśnienia i temperatury medium roboczego we wszystkich punktach odbioru. Szczególne znaczenie utrzymanie tych parametrów ma w procedurach badawczych związanych z certyfikacją oraz badaniami parametrów pracy.

Znane są metody badań sprężarkowych pomp ciepła określone w następujących normach: PN-EN 14511-2:2018-08 Klimatyzatory, ziębiarki cieczy i pompy ciepła do grzania i ziębienia oraz ziębiarki do procesów przemysłowych, ze sprężarkami o napędzie elektrycznym – Część 2: Warunki badań.

PN-EN 14825:2019-03 Klimatyzatory, agregaty do chłodzenia cieczy oraz pompy ciepła ze sprężarkami napędzanymi elektrycznie, do ogrzewania i chłodzenia pomieszczeń – Badanie i ocena w warunkach częściowego obciążenia oraz obliczanie wydajności sezonowej.

PN-EN 16147:2017-04 Pompy ciepła ze sprężarkami o napędzie elektrycznym – Badanie, raport oceny i wymagania dotyczące oznakowania pomp ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Normy precyzyjnie określają warunki fizyczne, w jakich powinny być przeprowadzone badania, ich przebieg oraz sposób obliczania i przedstawiania wyników badań. Normy nie opisują natomiast rozwiązań technicznych układów, stanowisk badawczych, które pozwalają na zrealizowanie tych wymagań. Tym samym często dochodzi do kwestionowania wyników uzyskanych za pomocą różnej aparatury badawczej lub w niejednorodnych warunkach eksperymentu, szczególnie bez uwzględnienia czynników losowych. Dlatego konstruowane są urządzenia oraz systemy, które mają zapewnić jednorodne i określone normami warunki przez cały czas trwania badania.

Znany jest z opisu CN209485711 system testowania wydajności chłodzenia klimatyzatora w stanie bez obciążenia zimnem. System składa się z jednostki chłodzącej wodę, wieży chłodniczej i wymiennika ciepła, a podczas eksperymentu mierzy się temperaturę do jakiej schładza powietrze przyłączony do układu klimatyzator.

Znane jest z opisu CN109883740 przenośne urządzenie testujące wydajność urządzenia z pompą ciepła do zimnej wody, które zawiera moduł wejściowy temperatury, moduł wejściowy przepływu, moduł pomiaru parametrów elektrycznych i terminal przetwarzania danych, a ponadto zawiera skrzynkę miernika i skrzynkę ochronną. Urządzenie jest lekkie, wygodne i łatwe do przenoszenia i może być bezpośrednio stosowane na obiekcie.

Znany jest z opisu CN207662450 model użytkowy układu testowania pompy ciepła powietrze/woda, który zawiera między innymi zbiornik na wodę, pompę cyrkulacyjną, skraplacz, urządzenie do jednorazowej regulacji, urządzenie do podgrzewania wtórnego, urządzenie testujące i system testowy.

Znany jest z opisu CN107014630 system symulacyjny do testowania wydajności pompy ciepła woda/woda i metoda testowa. System zawiera pompę ciepła i pomieszczenie do symulacji środowiska, pomieszczenie do symulacji środowiska jest izolowane termicznie, a temperatura pomieszczenia do symulacji środowiska jest regulowana. Pompa ciepła zawiera jednostkę sprężającą, pierwszy wymiennik ciepła, dwukierunkowy, termiczny zawór rozprężny i drugi wymiennik ciepła; a wszystkie elementy systemu symulacji można dowolnie demontować i wymieniać. Wynalazek zapewnia system symulacji, który jest prosty i wygodny w instalacji i demontażu. Korzystając z systemu, można dokładnie kontrolować środowisko, temperaturę zasilania wodą i inne parametry wydajności, aby parametry były stabilne, a wydajność urządzenia pompy ciepła źródła wody w różnych warunkach pracy może być testowana.

Znany jest z opisu CN104677655 sposób testowania wydajności systemu pompy ciepła ze źródłem wody centralnego klimatyzatora i dotyczy testu wydajności systemu pompy ciepła ze źródłem wody. Metoda obejmuje etapy, w których czujnik temperatury i czujnik przepływu zbierają w czasie rzeczywistym temperaturę, przepływ i ciśnienie wszystkich rurociągów systemu klimatyzacji ze źródłem ciepła pompy ciepła i przesyłają temperaturę, przepływ i ciśnienie do sterownika w celu przetworzenia w standardowej formie sygnału elektrycznego.

Zaletą metody badania wydajności systemu pompy ciepła ze źródłem wody w centralnym klimatyzatorze jest możliwość sprawdzenia wydajności całkowicie zainstalowanego systemu klimatyzacji z pompą ciepła.

Znane jest z opisu CN203798594 urządzenie do testowania wydajności zestawu pompy ciepła typu woda/glikol, zawierające układ cyrkulacji wody w skraplaczu, układ wymiany ciepła, układ obiegu glikolu w parowniku i układ przechowywania roztworu glikolu, które są z kolei połączone, oraz układ rozpraszający ciepło połączony z układem cyrkulacji wody w skraplaczu. Parametry wydajnościowe zestawu pompy ciepła typu woda-glikol, takie jak wydajność chłodnicza, pobór mocy chłodniczej i wskaźnik efektywności energetycznej chłodzenia, oraz parametry techniczne, takie jak temperatura wody na wlocie i wylocie parownika, temperatura wody na wlocie i wylocie skraplacza, parownik różnicę ciśnienia na wlocie i wylocie, różnicę ciśnienia na wlocie i wylocie skraplacza, przepływ wody w parowniku i przepływ wody w skraplaczu, można dokładnie zmierzyć za pomocą urządzenia, dzięki czemu zapewniono ważne środki do testów wydajności oraz rozwoju i badań źródła ciepła typu woda-glikol.

Znane rozwiązania nie pozwalają na prowadzenie badań porównawczych urządzeń, na przykład pomp ciepła pracujących z różnymi mediami roboczymi, co generuje potrzebę ciągłego rozrostu parku maszynowego i zwiększa koszty działalności laboratorium. Dlatego celem wynalazku było uzyskanie możliwości realizacji normatywnych i rozszerzonych badań rozwiązań pomp ciepła stosowanych w budownictwie:

- sprężarkowych pomp ciepła typu „ciecz-woda" („solanka-woda", B-W),
- sprężarkowych pomp ciepła typu „powietrze-woda" (A-W), zarówno w wersji split jak i monoblok
- sprężarkowych pomp ciepła do podgrzewania ciepłej wody użytkowej (CWU) wyposażonych w zasobnik CWU.

Badania takie służą przede wszystkim do wyznaczania wartości parametrów technicznych takich pomp oraz badania innych właściwości użytkowych. Przeprowadzenie badania pompy wymaga zbudowania układu realizującego następujące funkcje:

- dostarczanie ciepła do parownika pompy ciepła z powietrza lub cieczy w stałej, normatywnej temperaturze lub różnicy temperatur (dolne źródło ciepła),
- odbieranie ciepła ze skraplacza pompy ciepła za pomocą kontrolowanego strumienia cieczy w stałej, normatywnej temperaturze lub różnicy temperatur (górne źródło ciepła),
- uzdatnianie powietrza w otoczeniu badanej pompy ciepła (precyzyjna stabilizacja parametrów powietrza odpowiednia do warunków, w jakich pompa ciepła może pracować).

Wymienione funkcje są realizowane w dwóch osobno klimatyzowanych powietrznych komorach klimatyzacyjnych, w których temperatura ma być regulowana w zakresie od -20 do +30°C oraz **trzech obiegach** cieczy z **trzema zasobnikami**, w których temperatury są regulowane w zakresach: od -30 do -10°C, od -15 do +30°C i od +25 do +80°C. Każdy z tych obiegów (zasobników) musi mieć wbudowane wyposażenie dostarczające ciepło (np. grzałki elektryczne) oraz odbierające ciepło (układy chłodnicze) pracujące w różnych temperaturach i różnych warunkach przepływu ciepła (dostarczanie lub odbieranie ciepła). Odpowiednio zaprojektowany, zbudowany i sterowany komputerowo hydrauliczny układ stanowiska do badania pomp ciepła, który jest przedmiotem wynalazku, pozwala na **jednoczesne** zasilanie całego systemu badawczego z jednego źródła chłodu (dwustopniowego agregatu chłodniczego, którego obiegi sprężarkowe napełnione są czynnikami chłodniczymi o bardzo niskim współczynniku GWP – R2900 oraz R744) **na trzech poziomach temperaturowych (wymienionych powyżej)**. Niezależną i skuteczną regulację temperatury w klimatyzowanych komorach i zasobnikach ciepła oraz precyzyjne pomiary strumieni ciepła przepływających przez badane pompy ciepła umożliwia dedykowany układ sterowania i akwizycji danych, który zarządza pracą poszczególnych urządzeń i wybranych modułów systemu badawczego i reguluje parametry pracy badanych pomp ciepła adekwatnie do normatywnych wymagań dotyczących poszczególnych rodzajów pomp ciepła.

Hydrauliczny układ stanowiska do badania pomp ciepła według wynalazku zawiera co najmniej dwie, wyposażone w umieszczone w ich wnętrzu centrale klimatyzacyjne komory, z których pierwsza stanowi dolne źródło ciepła badanej pompy powietrze/woda i symuluje normatywne warunki klimatu zewnętrznego (do -20°C), a druga symuluje warunki pomieszczenia, w którym zainstalowany jest badany rekuperator lub pompa ciepła (-20 ÷ 30°C). Centrale klimatyzacyjne komory pierwszej i drugiej przyłączone są armaturą do co najmniej dwustopniowego agregatu chłodniczego.

Poprzez armaturę oraz zespół pomp komory połączone są z trzema zasobnikami, z których:

Zasobnik V_1 symuluje dolne źródło ciepła badanej pompy solanka/woda (gruntowy wymiennik ciepła) i zawiera ciecz o obniżonej temperaturze krzepnięcia, tj. temperaturze krzepnięcia równej lub niższej niż -15°C, z możliwością stabilizacji temperatury w zakresie (-15 ÷ 30°C). W zasobniku wykorzystano zewnętrzny obieg chłodzący do wstępnego schłodzenia cieczy przed rozpoczęciem testów oraz elektryczny element grzejny kompensujący ubytek ciepła wynikający z pracy badanej pompy.

Zasobnik V_2 stanowi górne źródło ciepła badanych pomp ciepła i symuluje instalację centralnego ogrzewania lub ciepłej wody użytkowej. Zawiera wodę, która w zależności od parametrów realizowanego badania posiada możliwość stabilizowania temperatury w zakresie (25 ÷ 80°C). W zasobniku zastosowano zewnętrzny obieg chłodzący do kompensowania zysków ciepła wynikających z pracy badanej pompy oraz elektryczny element grzejny do wstępnego podgrzewania wody w celu osiągnięcia temperatury wymaganej w badaniu.

Zasobnik V_0 jest zasobnikiem „chłodu" o bardzo niskim poziomie temperatur tj. w zakresie -30 ÷ -10°C, wypełnionym cieczą o bardzo niskiej temperaturze krzepnięcia, tj. temperaturze krzepnięcia mniejszej lub równej -30°C schładzanej w agregacie AGR-1 o niższej temperaturze odparowania, zapewniającym możliwość uzyskania i utrzymania bardzo niskich temperatur, tj. w zakresie -3 ÷ -10°C, w komorach K1 i K2.

Co najmniej dwustopniowy agregat sprężarkowy składa się z agregatu pierwszego stopnia AGR-1, agregatu drugiego stopnia AGR-2, wraz z przyłączoną do obu agregatów pompą P1 i trójdrożnego zaworu regulacyjnego Z_{r-1}. Układ połączonych poprzez pompę P1 agregatów sprężarkowych oraz trójdrożny zawór Z_{r-1} agregatów pierwszego i drugiego stopnia zbocznikowany jest i połączony pośrednio przez dodatkowy zawór Z_{r-12}, oraz pompę P9 z rurowym wymiennikiem ciepła JAD oraz w innym przykładzie wykonania przez dodatkowy zawór Z_{t-3} z dodatkowym zbiornikiem V_1 cieczy o obniżonej temperaturze krzepnięcia, tj. temperaturze krzepnięcia równej lub niższej niż -15°C.

Agregat chłodniczy pierwszego stopnia AGR-1 połączony jest poprzez przyłączoną do niego pompę P2 do zasobnika V_0 cieczy o bardzo niskiej temperaturze krzepnięcia, tj. temperaturze krzepnięcia równej lub niższej niż -30°C.

Agregat chłodniczy drugiego stopnia AGR-2 ochładza ciecz o obniżonej temperaturze krzepnięcia, tj. temperaturze krzepnięcia równej lub niższej niż -15°C, która to ciecz jest przetłaczana przez AGR-2 przez pompę P1 o regulowanym wydatku i w zależności od stanu wyregulowania zaworu Z_{r-1} kierowana do AGR-1 w celu schłodzenia cieczy o bardzo niskiej temperaturze krzepnięcia znajdującej się w zasobniku V_0 do temperatury około -35°C, lub w zależności od stanu wyregulowania zaworu Z_{t-3} do zasobnika cieczy V_1 lub rurowego wymiennika ciepła JAD. Sposób regulacji zaworów Z_{r-1} i Z_{t-3} pozwalają na równoczesne lub sekwencyjne kierowanie strumienia cieczy ochłodzonej w AGR-2 do AGR-1, zasobnika V_1 i wymiennika JAD.

Agregat pierwszego stopnia AGR-1 ochładza ciecz o niskiej temperaturze krzepnięcia (inną niż AGR-2 – osobny obieg) do temperatury około -30°C, która to ciecz jest przetłaczana przez AGR-1 za pomocą pompy P2 o regulowanym wydatku i jest zgromadzona w zasobniku V_0. Zasobnik V_0 wyposażony jest w pompę P_{r-0}, dzięki czemu znajdująca się w nim ciecz jest mieszana w celu wyrównania temperatury w całej objętości zasobnika. Dodatkowo zasobnik V_0 jest wyposażony w czujnik temperatury T_{g-0}.

Zasobnik V_0 połączony jest pośrednio poprzez pompę o regulowanym wydatku P3, w zależności od stanu wyregulowania zaworów Z_{r-3} i Z_{t-1} z chłodnicą Q_{CH1} centrali klimatyzacyjnej CK-K1 umieszczonej w komorze K1 i/lub z chłodnicą Q_{CH2} centrali klimatyzacyjnej CK-K2 umieszczonej w komorze K2.

Strumienie cieczy dostarczane do chłodnic central wentylacyjnych są sterowane co do kierunku i wydatku poprzez regulację nastaw zaworów Z_{r-3}, Z_{t-1} i pompy P3, a dodatkowo na dopływie i odpływie chłodnicy Q_{CH1} zainstalowane są czujniki temperatury T_{g-7} i T_{g-8} oraz przepływomierz M_{w-4} pozwalające na pomiar ilości ciepła odbieranego z komory K1.

Agregat drugiego stopnia AGR-2 połączony jest z zasobnikiem V_1 wyposażonym w mieszającą pompę P_{r-1}. Zasobnik V_1 jest wyposażony w czujnik temperatury T_{w-1} oraz przyłączony jest do umieszczonej w zbiorniku V_1 nagrzewnicy elektrycznej Q_{N3}. Ciecz w zasobniku V_1 stanowi źródło ciepła dla badanej pompy ciepła typu „solanka/woda" (dolne źródło ciepła odtwarzające parametry najczęściej stosowanego gruntowego wymiennika ciepła), a zbiornik V_1 jest połączony pośrednio poprzez pompę P5 o regulowanym wydatku oraz zawory regulacyjne Z_{r-5} i Z_{r-6} umieszczone pomiędzy zasobnikiem V_1, a pompą ciepła (nie pokazano na rysunku) umieszczoną w komorze K2 w taki

sposób, że wartości temperatury zasilania pompy ciepła mierzonej za pomocą czujnika temperatury T_{g-3} i temperatury powrotu cieczy mierzonej za pomocą czujnika temperatury T_{g-4} oraz wydatku cieczy mierzonego za pomocą czujnika przepływu M_{w-1} są zgodne z przyjętymi parametrami testu pompy ciepła. Przy czym przewody zasilania i odbioru cieczy zasilającej pompę ciepłą przyłączone są do różnicowego miernika ciśnienia Dp-w3, jaki służy do pomiaru oporów przepływu cieczy przez wymiennik ciepła pompy dostarczający ciepło z dolnego źródła ciepła przy wydatku cieczy mierzonym za pomocą M_{w-1}.

Wydatek cieczy o obniżonej temperaturze krzepnięcia schłodzonej w AGR-2 przepompowywanej do rurowego wymiennika ciepła JAD jest regulowany za pomocą pompy o regulowanym wydatku P9 i zaworu Z_{t-12}, przez który to wymiennik jest odbierane ciepło z wodnego obiegu zawierającego zasobnik wody V_2. Temperatura wody zgromadzonej w zasobniku V_2 odpowiada warunkom pracy instalacji centralnego ogrzewania lub ciepłej wody użytkowej budynku. Przy czym korzystnie, gdy zasobnik V_2 wyposażony jest w nagrzewnicę elektryczną Q_{N4}, przy czym na wstępnym etapie przygotowywania instalacji do pracy lub na etapie testu pompy ciepła ciepło dostarczane jest poprzez przepompowywanie wody między zasobnikiem V_2, a wymiennikiem JAD za pomocą pompy P6 o regulowanym wydatku i z wykorzystaniem zaworu Z_{r-7} oraz z wykorzystaniem mieszania wody w zasobniku V_2 za pomocą pompy P_{r-2} w taki sposób, że temperatura wody w zasobniku mierzona i sterowana z wykorzystaniem czujnika temperatury T_{w-2} będzie posiadała zadaną wartość.

Odbieranie ciepła z badanej pompy ciepła (nie pokazano na rysunku) umieszczonej w komorze K2 jest realizowane przez strumień wody przepompowywany przez wymiennik pompy ciepła z wykorzystaniem pompy o regulowanej wydajności P7 oraz odpowiednio wyregulowanych zaworów Z_{r-8} i Z_{r-9} w taki sposób, że wartości temperatury dopływu do pompy ciepła mierzonej za pomocą czujnika temperatury T_{g-1} i temperatury powrotu wody mierzonej za pomocą czujnika temperatury T_{g-2} oraz wydatku cieczy mierzonego za pomocą czujnika przepływu M_{w-2} są zgodne z przyjętymi parametrami testu pompy ciepła. Różnicowy miernik ciśnienia Dp-w2 służy do pomiaru oporów przepływu cieczy przez wymiennik ciepła pompy dostarczający ciepło do górnego źródła ciepła przy wydatku cieczy mierzonym za pomocą M_{w-2}.

W przypadku pomp ciepła typu „powietrze/woda" montowanych w całości na zewnątrz budynku, odbieranie ciepła w górnym źródle ciepła nie może odbywać się z wykorzystaniem obiegu wodnego ze względu na możliwość uszkodzenia urządzenia podczas niskich temperatur (zamarzanie). W takich pompach ciepła są stosowane obiegi z cieczami o obniżonej temperaturze krzepnięcia – niższej lub równej -15°C. W układzie stanowiska stanowiącego przedmiot wynalazku takie pompy są umieszczane w komorze K1, a odbieranie ciepła odbywa się z wykorzystaniem przyłączonego do komory K1 obiegu cieczy o obniżonej temperaturze krzepnięcia z pompą P8 o regulowanej wydajności i z wykorzystaniem zaworów Z_{r-10} i Z_{r-11}. Wodny zasobnik V_2 jest połączony z obiegiem cieczy za pośrednictwem płytowego wymiennika ciepła PWC. Obieg cieczy pomiędzy badaną pompą ciepła, a PWC jest wyregulowany w taki sposób, że wartości temperatury dopływu do pompy ciepła mierzonej za pomocą czujnika temperatury T_{g-5} i temperatury powrotu cieczy mierzonej za pomocą czujnika temperatury T_{g-6} oraz wydatku cieczy mierzonego za pomocą czujnika przepływu M_{w-3} są zgodne z przyjętymi parametrami testu pompy ciepła. Transport ciepła z PWC do zasobnika V_2 jest realizowany przepływem wody wywołanym pompą P7 przy zamkniętym zaworze Z_{r-9} i odpowiednio wysterowanych zaworach Z_{t-2} i Z_{r-8}. Różnicowy miernik ciśnienia Dp-w1 służy do pomiaru oporów przepływu cieczy przez wymiennik ciepła pompy dostarczający ciepło do górnego źródła ciepła przy wydatku cieczy mierzonym za pomocą M_{w-3}.

Przedmiot wynalazku jest pokazany na rysunku, na którym:

- fig. 1 pokazuje jego schemat w konfiguracji przystosowanej do badania pomp ciepła „powietrze/woda" i „solanka/woda" przeznaczonych do współpracy z zewnętrzną instalacją centralnego ogrzewania lub ciepłej wody użytkowej budynku, nie stanowiącą elementu składowego pompy,
- fig. 2 pokazuje jego schemat w konfiguracji przystosowanej do badania pomp ciepła „powietrze/woda" przeznaczonych do podgrzewania ciepłej wody użytkowej w zasobniku, który jest wbudowany w pompę ciepła.

Przykład wykonania

Hydrauliczny układ stanowiska do badania pomp ciepła według wynalazku zawiera dwie, wyposażone w umieszczone w ich wnętrzu centrale klimatyzacyjne komory, z których pierwsza **Komora K1** stanowi dolne źródło ciepła badanej pompy powietrze/woda i symuluje normatywne warunki klimatu

zewnętrznego (do -20°C), a druga **Komora K2** symuluje warunki pomieszczenia, w którym zainstalowany jest badany rekuperator lub pompa ciepła (-20 ÷ 30°C). Centrale klimatyzacyjne komory pierwszej i drugiej przyłączone są armaturą do dwustopniowego agregatu chłodniczego.

Poprzez armaturę oraz zespół pomp komory połączone są z trzema zasobnikami, z których:

Zasobnik V_1 symuluje dolne źródło ciepła badanej pompy solanka/woda (gruntowy wymiennik ciepła) i zawiera ciecz o obniżonej temperaturze krzepnięcia z możliwością stabilizacji temperatury w zakresie (-15 ÷ 30°C). W zasobniku wykorzystano zewnętrzny obieg chłodzący do wstępnego schłodzenia cieczy przed rozpoczęciem testów oraz elektryczny element grzejny kompensujący ubytek ciepła wynikający z pracy badanej pompy.

Zasobnik V_2 stanowi górne źródło ciepła badanych pomp ciepła i symuluje instalację centralnego ogrzewania lub ciepłej wody użytkowej. Zawiera wodę, która w zależności od parametrów realizowanego badania posiada możliwość stabilizowania temperatury w zakresie (25 ÷ 80°C). W zasobniku zastosowano zewnętrzny obieg chłodzący do kompensowania zysków ciepła wynikających z pracy badanej pompy oraz elektryczny element grzejny do wstępnego podgrzewania wody w celu osiągnięcia temperatury wymaganej w badaniu.

Zasobnik V_0 jest zasobnikiem „chłodu" o bardzo niskim poziomie temperatur, tj. w zakresie -30 ÷ -10°C, wypełnionym cieczą o bardzo niskiej temperaturze krzepnięcia, tj. poniżej -30°C, schładzanej w agregacie AGR-1 o niższej temperaturze odparowania, zapewniającym możliwość uzyskania i utrzymania bardzo niskich temperatur, tj. w zakresie -30 ÷ -10°C,w komorach K1 i K2.

Dwustopniowy agregat sprężarkowy składa się z agregatu pierwszego stopnia AG_{R-1}, agregatu drugiego stopnia AGR-2, wraz z przyłączoną do obu agregatów pompą P1 i trójdrożnego zaworu regulacyjnego Z_{r-1}. Układ połączonych poprzez pompę P1 agregatów sprężarkowych oraz trójdrożny zawór Z_{r-1} agregatów pierwszego i drugiego stopnia zbocznikowany jest i połączony pośrednio przez dodatkowy zawór Z_{r-12}, oraz pompę P9 z rurowym wymiennikiem ciepła JAD oraz w innym przykładzie wykonania przez dodatkowy zawór Z_{t-3} z dodatkowym zbiornikiem V_1 cieczy o obniżonej temperaturze krzepnięcia, tj. temperaturze krzepnięcia mniejszej lub równej -15°C.

Agregat chłodniczy pierwszego stopnia AGR-1 połączony jest poprzez przyłączoną do niego pompę P2 do zasobnika V_0 cieczy o bardzo niskiej temperaturze krzepnięcia, tj. o temperaturze krzepnięcia mniejszej lub równej -30°C.

Agregat chłodniczy drugiego stopnia AGR-2 ochładza ciecz o obniżonej temperaturze krzepnięcia do temperatury około -15°C, która to ciecz jest przetłaczana przez AGR-2 przez pompę P1 o regulowanym wydatku i w zależności od stanu wyregulowania zaworu Z_{r-1} kierowana do AGR-1 w celu schłodzenia cieczy o bardzo niskiej temperaturze krzepnięcia znajdującej się w zasobniku V_0 do temperatury około -35°C, lub w zależności od stanu wyregulowania zaworu Z_{t-3} do zasobnika cieczy V_1 lub rurowego wymiennika ciepła JAD. Sposób regulacji zaworów Z_{r-1} i Z_{t-3} pozwalają na równoczesne lub sekwencyjne kierowanie strumienia cieczy ochłodzonej w AGR-2 do AG_{R-1}, zasobnika V_1 i wymiennika JAD.

Agregat pierwszego stopnia AGR-1 ochładza ciecz o bardzo niskiej temperaturze krzepnięcia (inną niż AGR-2 – osobny obieg) do temperatury około -30°C, która to ciecz jest przetłaczana przez AGR-1 za pomocą pompy P2 o regulowanym wydatku i jest zgromadzona w zasobniku V_0.

Zasobnik V_0 wyposażony jest w pompę P_{r-0}, dzięki czemu znajdująca się w nim ciecz jest mieszana w celu wyrównania temperatury w całej objętości zasobnika. Dodatkowo zasobnik V_0 jest wyposażony w czujnik temperatury T_{g-0}.

Zasobnik V_0 połączony jest pośrednio poprzez pompę o regulowanym wydatku P3, w zależności od stanu wyregulowania zaworów Z_{r-3} i Z_{t-1} z chłodnicą Q_{CH1} centrali klimatyzacyjnej CK-K1 umieszczonej w komorze K1 i/lub z chłodnicą Q_{CH2} centrali klimatyzacyjnej CK-K2 umieszczonej w komorze K2.

Strumienie cieczy dostarczane do chłodnic central wentylacyjnych są sterowane co do kierunku i wydatku poprzez regulację nastaw zaworów Z_{r-3}, Z_{t-1} i pompy P3, a dodatkowo na dopływie i odpływie chłodnicy Q_{CH1} zainstalowane są czujniki temperatury T_{g-7} i T_{g-8} oraz przepływomierz M_{w-4} pozwalające na pomiar ilości ciepła odbieranego z komory K1.

Agregat drugiego stopnia AGR-2 połączony jest z zasobnikiem V_1 wyposażonym w mieszającą pompę P_{r-1}. Zasobnik V_1 jest wyposażony w czujnik temperatury T_{w-1} oraz przyłączony jest do umieszczonej w zbiorniku V_1 nagrzewnicy elektrycznej Q_{N3}. Ciecz w zasobniku V_1 stanowi źródło ciepła dla badanej pompy ciepła typu „solanka/woda" (dolne źródło ciepła odtwarzające parametry najczęściej stosowanego gruntowego wymiennika ciepła), a zbiornik V_1 jest połączony pośrednio

poprzez pompę P5 o regulowanym wydatku oraz zawory regulacyjne Z_{r-5} i Z_{r-6} umieszczone pomiędzy zasobnikiem V_1, a pompą ciepła (nie pokazano na rysunku) umieszczoną w komorze K2 w taki sposób, że wartości temperatury zasilania pompy ciepła mierzonej za pomocą czujnika temperatury T_{g-3} i temperatury powrotu cieczy mierzonej za pomocą czujnika temperatury T_{g-4} oraz wydatku cieczy mierzonego za pomocą czujnika przepływu M_{w-1} są zgodne z przyjętymi parametrami testu pompy ciepła. Przy czym przewody zasilania i odbioru cieczy zasilającej pompę ciepłą przyłączone są do różnicowego miernika ciśnienia Dp-w3, jaki służy do pomiaru oporów przepływu cieczy przez wymiennik ciepła pompy dostarczający ciepło z dolnego źródła ciepła przy wydatku cieczy mierzonym za pomocą M_{w-1}.

Wydatek cieczy o obniżonej temperaturze krzepnięcia schłodzonej w AGR-2 przepompowywanej do rurowego wymiennika ciepła JAD jest regulowany za pomocą pompy o regulowanym wydatku P9 i zaworu Z_{t-12}, przez który to wymiennik jest odbierane ciepło z wodnego obiegu zawierającego zasobnik wody V_2. Temperatura wody zgromadzonej w zasobniku V_2 odpowiada warunkom pracy instalacji centralnego ogrzewania lub ciepłej wody użytkowej budynku. Przy czym korzystnie, gdy zasobnik V_2 wyposażony jest w nagrzewnicę elektryczną Q_{N4}, przy czym na wstępnym etapie przygotowywania instalacji do pracy lub na etapie testu pompy ciepła ciepło dostarczane jest poprzez przepompowywanie wody między zasobnikiem V_2, a wymiennikiem JAD za pomocą pompy P6 o regulowanym wydatku i z wykorzystaniem zaworu Z_{r-7} oraz z wykorzystaniem mieszania wody w zasobniku V_2 za pomocą pompy P_{r-2} w taki sposób, że temperatura wody w zasobniku mierzona i sterowana z wykorzystaniem czujnika temperatury T_{w-2} będzie posiadała zadaną wartość.

Odbieranie ciepła z badanej pompy ciepła (nie pokazano na rysunku) umieszczonej w komorze K2 jest realizowane przez strumień wody przepompowywany przez wymiennik pompy ciepła z wykorzystaniem pompy o regulowanej wydajności P7 oraz odpowiednio wyregulowanych zaworów Z_{r-8} i Z_{r-9} w taki sposób, że wartości temperatury dopływu do pompy ciepła mierzonej za pomocą czujnika temperatury T_{g-1} i temperatury powrotu wody mierzonej za pomocą czujnika temperatury T_{g-2} oraz wydatku cieczy mierzonego za pomocą czujnika przepływu M_{w-2} są zgodne z przyjętymi parametrami testu pompy ciepła. Różnicowy miernik ciśnienia Dp-w2 służy do pomiaru oporów przepływu cieczy przez wymiennik ciepła pompy dostarczający ciepło do górnego źródła ciepła przy wydatku cieczy mierzonym za pomocą M_{w-2}.

W przypadku pomp ciepła typu „powietrze/woda" montowanych w całości na zewnątrz budynku, odbieranie ciepła w górnym źródle ciepła nie może odbywać się z wykorzystaniem obiegu wodnego ze względu na możliwość uszkodzenia urządzenia podczas niskich temperatur (zamarzanie). W takich pompach ciepła są stosowane obiegi z cieczami o obniżonej temperaturze krzepnięcia. W układzie stanowiska stanowiącego przedmiot wynalazku takie pompy są umieszczane w komorze K1, a odbieranie ciepła odbywa się z wykorzystaniem przyłączonego do komory K1 obiegu cieczy o obniżonej temperaturze krzepnięcia z pompą P8 o regulowanej wydajności i z wykorzystaniem zaworów Z_{r-10} i Z_{r-11}. Wodny zasobnik V_2 jest połączony z obiegiem cieczy za pośrednictwem płytowego wymiennika ciepła PWC. Obieg cieczy pomiędzy badaną pompą ciepła, a PWC jest wyregulowany w taki sposób, że wartości temperatury dopływu do pompy ciepła mierzonej za pomocą czujnika temperatury T_{g-5} i temperatury powrotu cieczy mierzonej za pomocą czujnika temperatury T_{g-6} oraz wydatku cieczy mierzonego za pomocą czujnika przepływu M_{w-3} są zgodne z przyjętymi parametrami testu pompy ciepła. Transport ciepła z PWC do zasobnika V_2 jest realizowany przepływem wody wywołanym pompą P7 przy zamkniętym zaworze Z_{r-9} i odpowiednio wysterowanych zaworach Z_{t-2} i Z_{r-8}. Różnicowy miernik ciśnienia Dp-w1 służy do pomiaru oporów przepływu cieczy przez wymiennik ciepła pompy dostarczający ciepło do górnego źródła ciepła przy wydatku cieczy mierzonym za pomocą M_{w-3}.

Badanie pomp ciepła do ogrzewania ciepłej wody użytkowej z wbudowanym zasobnikiem wymaga wykonania pomiarów parametrów ich pracy w trakcie pobierania z zasobnika ogrzanej wody zgodnie z narzuconym przez normę przebiegiem czasowym. W zależności od konstrukcji badanej pompy ciepła, jej zasobnik CWU może znajdować się podczas badań stanowiskowych w komorze K1 lub w komorze K2. W celu umożliwienia dokonania kontrolowanego poboru wody i wykonania pomiarów, układ hydrauliczny będący przedmiotem wynalazku posiada mobilny moduł pomiarowy ciepłej wody użytkowej MMP_CWU, który wodę o ustalonej temperaturze wskazywanej przez czujnik T_{w-2} z zasobnika V_2 przepompowuje przez zasobnik CWU badanej pompy ciepła (nie pokazano na rysunku) za pomocą pompy P_{cwu} o regulowanej wydajności z wykorzystaniem odpowiednio wyregulowanych zaworów Z_{cwu} i Z_{tcwu} i normatywnie regulowaną wydajnością sterowaną z wykorzystaniem przepływomierza M_{cwu}. Do pomiaru wartości temperatury wody dopływającej do zasobnika badanej pompy ciepła

służy czujnik temperatury T_{CWU1}, a wody ogrzanej wracającej do zasobnika V_2 czujnik temperatury T_{cwu-2}. Zawory przełączające Zp służą do przesterowania przepływu wody przez MMP_CWU do przyłączy hydraulicznych komory K1 lub K2 w zależności od tego, w której komorze jest realizowany test pompy ciepła.

Oznaczenia na rysunkach:

AGR-1 – agregat chłodniczy 1-go stopnia,
AGR-2 – agregat chłodniczy 2-go stopnia,
P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8, P9, P_{cwu} – pompy o regulowanym wydatku,
Z_{r-1}, Z_{r-3}, Z_{r-5}, Z_{r-6}, Z_{r-7}, Z_{r-8}, Z_{r-9}, Z_{r-10}, Z_{r-11}, Z_{r-12}, Z_{cwu} – zawory regulacyjne sterowane elektrycznie,
Z_{t-1}, Z_{t-2}, Z_{t-3}, Z_{tcwu} – zawór trójdrożny sterowany elektrycznie,
P_{r-0}, P_{r-1}, P_{r-2} – pompy cyrkulacyjne zasobników cieczy,
V_0, V_1 – zasobniki cieczy o niskiej temperaturze krzepnięcia,
V_2 – zasobnik wody,
CK-K1 – centrala klimatyzacyjna komory K1,
CK-K2 – centrala klimatyzacyjna komory K2,
T_{g-0}, T_{g-1}, T_{g-2}, T_{g-3}, T_{g-4}, T_{g-5}, T_{g-6}, T_{g-7}, T_{g-8}, T_{w-1}, T_{w-2}, T_{cwu-1}, T_{cwu-2} – czujniki temperatury cieczy
JAD – rurowy wymiennik ciepła,
PWC – płytowy wymiennik ciepła,
Q_{N1}, Q_{N2}, Q_{N3}, Q_{N4} – nagrzewnice elektryczne,
Q_{CH1}, Q_{CH2} – chłodnice cieczowe,
NP – nawilżacz powietrza,
M_{w-1}, M_{w-2}, M_{w-3}, M_{w-4}, M_{cwu} – przepływomierze,
Dp-w1, Dp-w2, Dp-w3 – różnicowe mierniki ciśnienia,
PC+ – przyłącze badanej pompy ciepła po stronie górnego źródła ciepła,
PC- – przyłącze badanej pompy ciepła po stronie dolnego źródła ciepła,
MMP_CWU – mobilny miernik przepływu ciepłej wody użytkowej,
CWU – przyłącze zasobnika ciepłej wody użytkowej badanej pompy ciepła z wbudowanym zasobnikiem,
Zp – zawory przełączające

Zastrzeżenia patentowe

1. Hydrauliczny układ stanowiska do badania pomp ciepła lub rekuperatorów, **znamienny tym**, że zawiera co najmniej dwie, wyposażone w umieszczone w ich wnętrzu centrale klimatyzacyjne komory, z których pierwsza **Komora (K1)** stanowi dolne źródło ciepła badanej pompy powietrze/woda i symuluje normatywne warunki klimatu zewnętrznego od -20°C, a druga **Komora (K2)** symuluje warunki pomieszczenia, w którym zainstalowany jest badany rekuperator lub pompa ciepła -20 ÷ 30°C, centrale klimatyzacyjne komory pierwszej (K1) i komory drugiej (K2) przyłączone są armaturą do co najmniej dwustopniowego agregatu chłodniczego i poprzez armaturę oraz zespół pomp komory połączone są z trzema zasobnikami, z których:
   Zasobnik (V_1) symuluje dolne źródło ciepła badanej pompy solanka/woda, symulując gruntowy wymiennik ciepła i zawiera ciecz o obniżonej temperaturze krzepnięcia o stabilizowanej temperaturze w zakresie -15 ÷ 30°C
   Zasobnik (V_2) stanowi górne źródło ciepła badanych pomp ciepła i symuluje instalację centralnego ogrzewania lub ciepłej wody użytkowej i zawiera wodę o stabilizowanej temperaturze w zakresie 25 ÷ 80°C
   Zasobnik (V_0) jest zasobnikiem „chłodu" o bardzo niskim poziomie temperatur, tj. w zakresie -30 ÷ -10°C, wypełniony jest cieczą o bardzo niskiej temperaturze krzepnięcia, tj. poniżej -30°C, schładzanej w agregacie o niższej temperaturze odparowania, zapewniającym możliwość uzyskania i utrzymania bardzo niskich temperatur, tj. w zakresie -30 ÷ -10°C, w komorach (K1 i K2).

2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że co najmniej dwustopniowy agregat sprężarkowy składa się z agregatu pierwszego stopnia (AGR-1), agregatu drugiego stopnia (AGR-2), wraz z przyłączoną do obu agregatów pompą (P1) i trójdrożnego zaworu regulacyjnego (Z_{r-1}),a układ połączonych poprzez pompę (P1) agregatów sprężarkowych oraz trójdrożny zawór (Z_{r-1}) agregatów pierwszego i drugiego stopnia zbocznikowany jest i połączony pośrednio przez dodatkowy zawór (Z_{r-12}), oraz pompę (P9) z rurowym wymiennikiem ciepła (JAD).
3. Układ według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że agregat chłodniczy pierwszego stopnia (AGR-1) połączony jest poprzez przyłączoną do niego pompę (P2) do zasobnika (V_0) cieczy o bardzo niskiej temperaturze krzepnięcia, tj. temperaturze krzepnięcia mniejszej lub równej -30°C.
4. Układ według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że agregat chłodniczy pierwszego stopnia (AGR-1) połączony jest poprzez przyłączoną do niego pompę (P2) do zasobnika (V_0) cieczy o bardzo niskiej temperaturze krzepnięcia, tj. temperaturze krzepnięcia mniejszej lub równej -30°C, a agregat sprężarkowy (AGR-2) poprzez zawór Z_{t-3} połączony jest z dodatkowym zbiornikiem (V_1) cieczy o obniżonej temperaturze krzepnięcia, tj. temperaturze krzepnięcia mniejszej lub równej -15°C, przyłączonym do komory (K2) .
5. Układ według zastrz. 1 albo 2 albo 3 albo 4, **znamienny tym**, że poprzez zawory (Z_{r-1}, Z_{r-12} i Z_{t-3}) zrealizowane jest równoczesne lub sekwencyjne połączenie agregatów (AGR-2 do AGR-1), zasobnika (V_1) i wymiennika (JAD) do którego przyłączony poprzez pompę o regulowanym wydatku P6 przyłączony jest zbiornik (V_2).
6. Układ według zastrz. 1 albo 2 albo 3 albo 4 albo 5, **znamienny tym**, że zasobnik (V_0, V_1 i V_2) wyposażone są pompy cyrkulacyjne oraz czujniki temperatury.
7. Układ według zastrz.1 albo 2 albo 3 albo 4 albo 5 albo 6, **znamienny tym**, że zasobnik (V_0) połączony jest pośrednio poprzez pompę o regulowanym wydatku (P3), w zależności od stanu wyregulowania zaworów (Z_{r-3} i Z_{t-1}) z chłodnicą (Q_{CH1}) centrali klimatyzacyjnej (CK-K1) umieszczonej w komorze (K1) i/lub z chłodnicą (Q_{CH2}) centrali klimatyzacyjnej (CK-K2) umieszczonej w komorze (K2).
8. Układ według zastrz. 1 albo 2 albo 3 albo 4 albo 5 albo 6 albo 7, **znamienny tym**, że na dopływie i odpływie chłodnicy (Q_{CH1}) zainstalowany są czujniki temperatury (T_{g-7} i T_{g-8}) oraz przepływomierz (M_{w-4}).
9. Układ według dowolnego z wcześniejszych zastrzeżeń **znamienny tym**, że agregat drugiego stopnia (AGR-2) połączony jest z zasobnikiem (V_1) wyposażonym w mieszającą pompę (P_{r-1}), zasobnik (V_1) jest wyposażony w czujnik temperatury (T_{w-1}) oraz przyłączony jest do umieszczonej w zbiorniku (V_1) nagrzewnicy elektrycznej (Q_{N3}), a zbiornik (V_1) jest połączony pośrednio poprzez pompę (P5) o regulowanym wydatku oraz zawory regulacyjne (Z_{r-5} i Z_{r-6}) umieszczone pomiędzy zasobnikiem (V_1), a pompą ciepła (nie pokazano na rysunku) umieszczoną w komorze (K2) w taki sposób, że wartości temperatury zasilania pompy ciepła mierzonej za pomocą czujnika temperatury (T_{g-3}) i temperatury powrotu cieczy mierzonej za pomocą czujnika temperatury (T_{g-4}) oraz wydatku cieczy mierzonego za pomocą czujnika przepływu (M_{w-1}) są zgodne z przyjętymi parametrami testu pompy ciepła.
10. Układ według zastrz. 1 albo 5 albo 6, **znamienny tym**, że zasobnik (V_2) wyposażony jest w nagrzewnicę elektryczną (Q_{N4}).

Rysunki

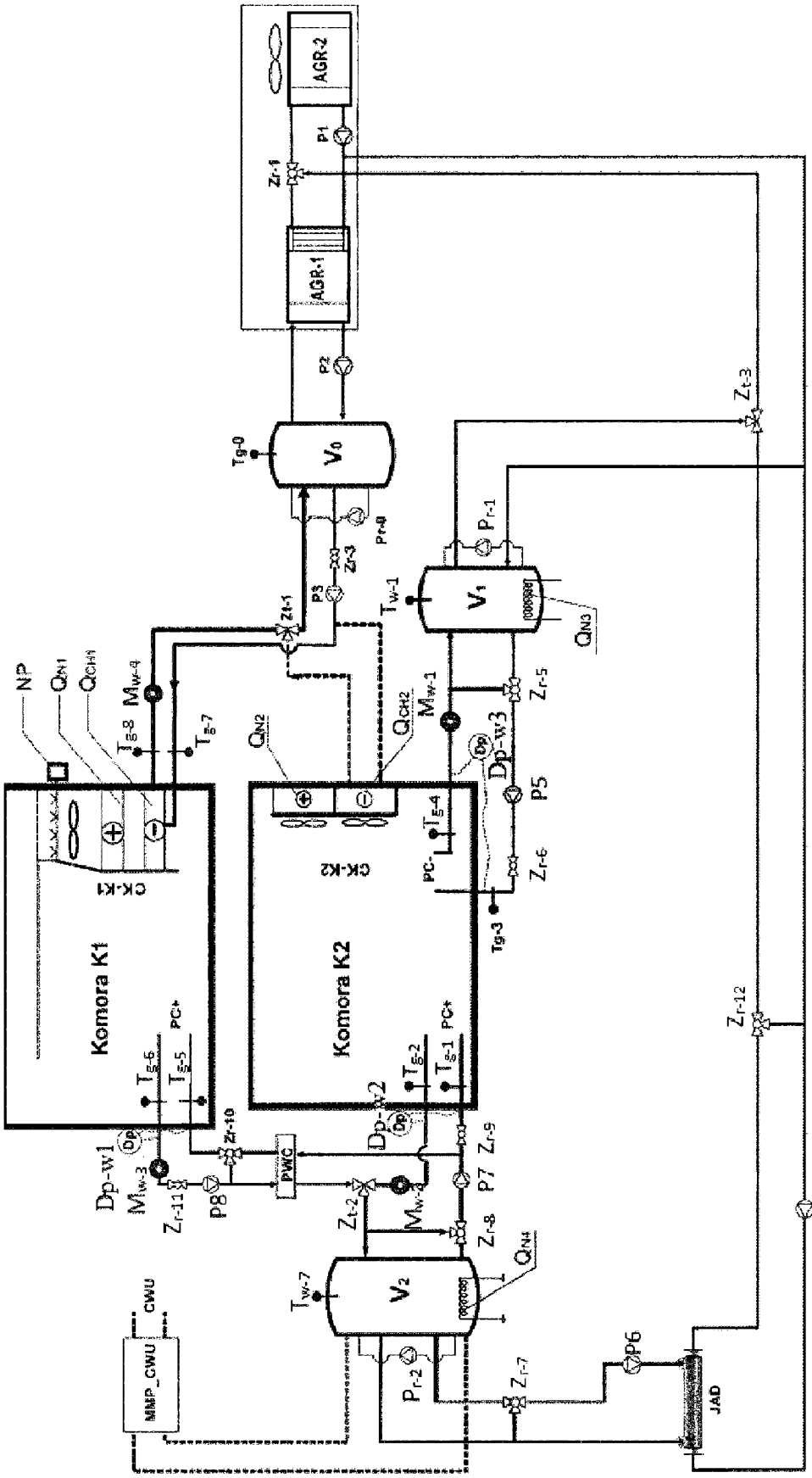

Fig.1

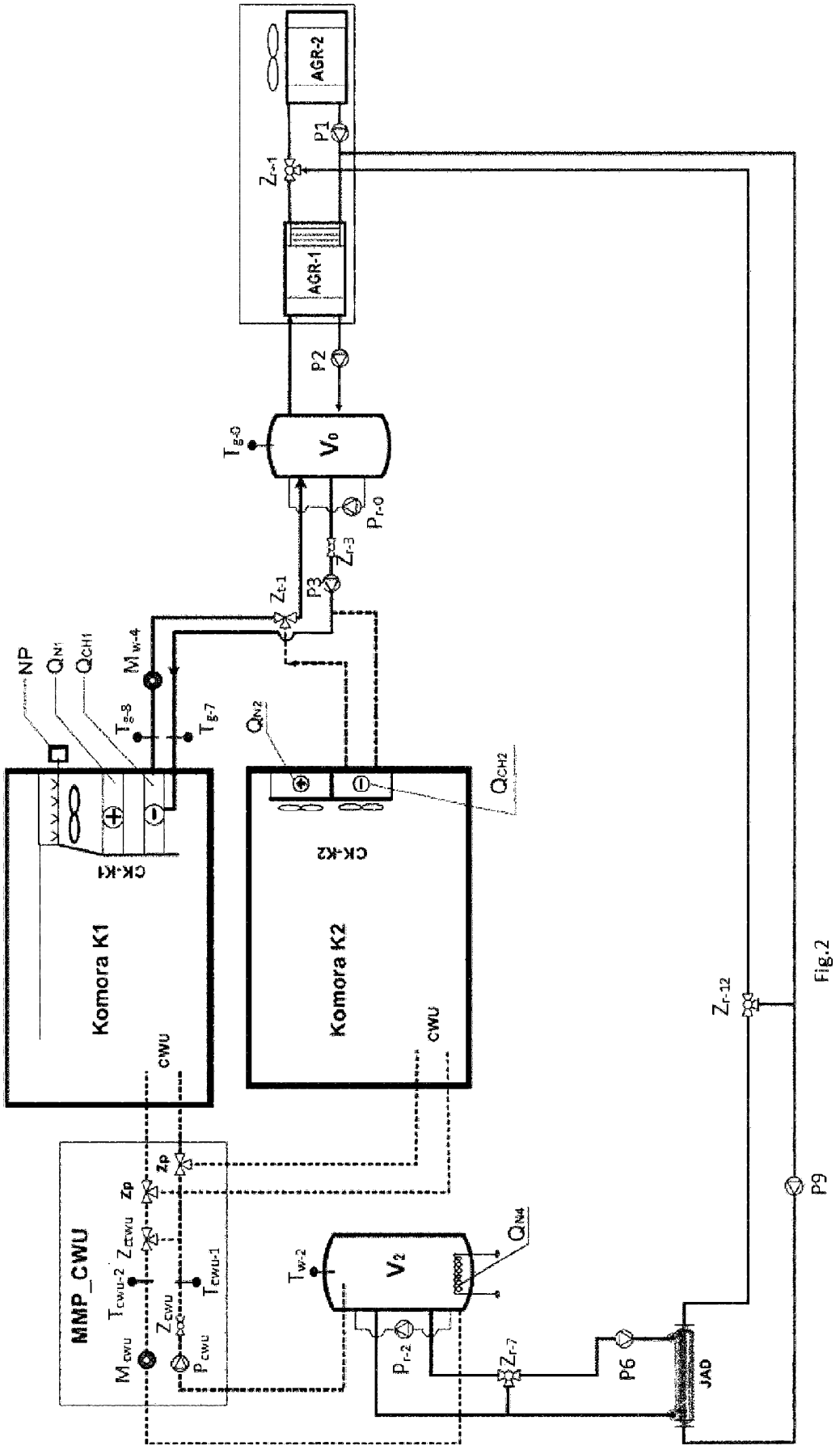
AGR-2
AGR-1
P1
P2
P3
P6
P9
Z_{r-1}
Z_{r-3}
Z_{r-7}
Z_{r-12}
$Z_{\varepsilon-1}$
T_{g-0}
V_0
P_{r-0}
NP
Q_{N1}
Q_{CH1}
M_{w-4}
T_{g-8}
T_{g-7}
Q_{N2}
Q_{CH2}
CK-K1
CK-K2
Komora K1
Komora K2
CWU
CWU
MMP_CWU
M_{cwu}
T_{cwu-2}
Z_{cwu}
Z_{cwu}
T_{cwu-1}
P_{cwu}
Zp
Zp
Zp
T_{w-2}
V_2
Q_{N4}
P_{r-2}
JAD

Fig.2