

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **235408**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **424898**

(51) Int.Cl.

F24T 10/10 (2018.01)

F24T 10/15 (2018.01)

(22) Data zgłoszenia: **15.03.2018**

(54) **Układ hydrauliczny dwupoziomowego gruntowego wymiennika ciepła**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

23.09.2019 BUP 20/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

27.07.2020 WUP 10/20

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI, Kraków, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

KRZYSZTOF KUPIEC, Kraków, PL
BARBARA LARWA, Lipiny Dolne, PL
TADEUSZ KOMOROWICZ, Kraków, PL
MONIKA GWADERA, Siedliska, PL
KRZYSZTOF NEUPAUER, Niedzica, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Andrzej Stachowski

PL 235408 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ hydrauliczny dwupoziomowego gruntowego wymiennika ciepła, mającego poziome sekcje rurowe dostarczające energię z gruntu do parownika pompy ciepłej.

Gruntowe wymienniki ciepła stanowią część instalacji pomp ciepła, dostarczając energię z gruntu stanowiącego dolne źródło. Grunt jako źródło ciepła, ze względu na swoją dużą pojemność cieplną, wydaje się pod tym względem niewyczerpywalny. Ograniczenie stanowi jednak szybkość transportu ciepła. Jeżeli strumienie ciepłe w gruncie nie nadążają za strumieniami pobieranymi w gruntowym wymienniku, to następuje wychłodzenie gruntu w pobliżu rur wymiennika, które istotnie utrudnia dalszą eksploatację wymiennika.

W trakcie sezonu grzewczego wychładzanie się gruntu powoduje obniżanie sprawności działania omawianych urządzeń. Układy pompa ciepła – wymiennik gruntowy charakteryzują się współczynnikami wydajności cieplnej (COP) rzędu 3,5 do 4 na początku sezonu grzewczego, lecz w miarę obniżania się temperatury gruntu, wartości COP spadają.

Wymienniki gruntowe często służą również jako upust, a nie tylko jako źródło ciepła. Jeżeli ilość ciepła przekazywana w wymienniku gruntowym w ciągu roku jest porównywalna z ilością pobieraną do celów grzewczych, to grunt częściowo pełni rolę akumulatora, a nie tylko źródła czy upustu ciepła. Najczęściej jednak ilości ciepła pobieranego i przekazywanego z i do gruntu nie są porównywalne. W klimacie umiarkowanym więcej ciepła jest, na ogół, pobierane niż przekazywane do gruntu, a często ciepło jest tylko pobierane z gruntu. W takich przypadkach zasadniczą rolę w uzupełnianiu deficytu odgrywa przenoszenie ciepła pomiędzy otoczeniem a gruntem.

Rury gruntowych wymienników poziomych są umieszczane najczęściej na jednym poziomie. Ostatnio jednak spotykane są rozwiązania wymienników gruntowych, w których rury umieszczone są na dwóch różnych poziomach, ale wyłącznie w takim układzie hydraulicznym, że płyn roboczy przepływa jednocześnie przez rury na obydwu poziomach tzn. bez możliwości przełączania przepływu z jednego poziomu na drugi.

W opisie wzoru użytkowego CN 202432758 ujawniono urządzenie do odzyskiwania ciepła odpadowego, mające pompę ciepła z poziomym gruntowym wymiennikiem ciepła. Według fig. 1 z tego opisu gruntowy wymiennik ma dwie poziome sekcje rurowe, usytuowane jedna nad drugą i tak połączone, że ciecz przepływa jednocześnie przez rury na obydwu poziomach. Układ hydrauliczny gruntowego wymiennika ciepła zawiera pompę cyrkulacyjną cieczy i jest skojarzony z przeponowym wymiennikiem ciepła zawierającym parownik układu pompy ciepła.

Poziomy wymiennik ciepła jest umieszczony w warstwie przenoszącej ciepło; jeden koniec poziomego rurowego wymiennika ciepła jest połączony z przewodem doprowadzającym ciecz z parownika, a drugi koniec jest połączony poprzez pompę cyrkulacyjną z rurą wypływu cieczy do parownika. Urządzenie zawiera po stronie skraplacza układu pompy ciepła termiczny zbiornik do przechowywania nagrzanej wody.

Urządzenie z pompą ciepła i gruntowym wymiennikiem może skutecznie odzyskiwać ciepło ze ścieków, na przykład odprowadzanych przez publiczne łaźnie.

W literaturze opisano działanie dwupoziomowych gruntowych wymienników ciepła, w których płyn roboczy przepływa jednocześnie przez rury na obydwu poziomach. W publikacji Tarnawski V.R., Leong W.H., Momose T., Hamada Y., *Analysis of ground source heat pumps with horizontal ground heat exchangers for northern Japan*, Renewable Energy 2009; 34: 127–134 przedstawiono wyniki symulacji takiego dwupoziomowego wymiennika gruntowego. Symulacja dotyczyła ogrzewania oraz chłodzenia domu mieszkalnego w północnej Japonii. Porównano działanie wymiennika dwupoziomowego z rurami umieszczonymi na głębokościach 0,5 i 1,0 m oraz wymienników jednopoziomowych umieszczonych na głębokościach 0,5 i 1,0 m. Stwierdzono, że główną zaletą wymiennika dwupoziomowego jest to, że zajmuje on w przybliżeniu dwukrotnie mniejszą powierzchnię gruntu w stosunku do wymiennika jednopoziomowego przy tej samej ogólnej długości rur.

Symulację działania dwupoziomowego wymiennika gruntowego przedstawiono również w pracy Dasare R.R., Saha S.K., *Numerical study of horizontal ground heat exchanger for high energy demand applications*, Applied Thermal Engineering 2015; 85: 252–263. Stwierdzono, że działanie takiego wymiennika jest podobne do jednoczesnego działania dwóch wymienników jednopoziomowych oraz że optymalna odległość pomiędzy poziomami wynosi 1,2 m.

Z kolei w pracy de Jesus Freire A., Alexandre J.L.C., Silva V.B., Couto N.D., Rouboa A., *Compact buried pipes system analysis for indoor air conditioning*, Applied Thermal Engineering 2013; 51:

1124–1134, przedstawiono koncepcję gruntowego wymiennika wielopoziomowego, w którym chłodzone jest powietrze atmosferyczne w obiegu otwartym.

Wiadomo, że przy wysokich temperaturach otoczenia ciepło jest transportowane z otoczenia do gruntu. Jeżeli grunt w wierzchniej warstwie jest nagrzany, to strumień ciepła od otoczenia do gruntu jest niewielki.

Z kolei przy niskich temperaturach otoczenia ciepło jest transportowane w przeciwnym kierunku. Jeżeli wierzchnia warstwa gruntu w tych warunkach nie jest dostatecznie wychłodzona, to strumień ciepła tracony do otoczenia jest duży.

A zatem, korzystne jest aby przy dowolnej temperaturze otoczenia wierzchnia warstwa gruntu miała możliwie jak najniższą temperaturę. Zapewnia to zwiększenie strumienia ciepła przejmowanego przez grunt w okresie ciepłym oraz zmniejszenie strumienia w kierunku przeciwnym w okresie zimnym, co w konsekwencji pozwala zwiększyć ilości ciepła przejmowanego netto.

Wiadomo jest również, że temperatura gruntu zmienia się z głębokością w charakterystyczny sposób, wynikający z okresowej zmienności temperatury jego powierzchni i bezwładności cieplnej gruntu. W okresie zimnym grunt na głębokości rzędu kilku metrów ma temperaturę o kilka Kelvinów wyższą niż powierzchnia gruntu; odwrotnie jest w okresie ciepłym.

Gdy ciepło jest pobierane z gruntu w warunkach zimowych, to korzystniejsze jest by rury wymiennika gruntowego miały głębsze usytuowanie. Natomiast gdy ciepło jest pobierane z gruntu w okresie cieplejszym (np. w lecie do ogrzewania wody w basenie), to korzystniejsze jest ułożenie rur bliżej powierzchni gruntu.

Zagadnieniem technicznym postawionym do rozwiązania jest opracowanie takiego układu wymiennika gruntowego, w którym istniałaby możliwość wpływania na siłę napędową transportu ciepła (gradient temperatury) pomiędzy otoczeniem a gruntem, a tym samym uzyskiwania korzystniejszych warunków pobierania energii z gruntu przez wymiennik.

Okazało się, że taką możliwość stwarza zastosowanie gruntowego wymiennika dwupoziomowego, w którym poprzez możliwość niezależnego pobierania ciepła z jednego lub z drugiego poziomu – można wpływać na profil temperatury w gruncie, a zatem na wielkość strumienia cieplnego pomiędzy gruntem a otoczeniem.

Zgodnie z wynalazkiem, układ hydrauliczny dwupoziomowego gruntowego wymiennika ciepła, który zawiera pierwszą poziomą rurową sekcję, zagłębioną w gruncie oraz drugą poziomą rurową sekcję, zagłębioną w gruncie poniżej pierwszej sekcji, przy czym gruntowy wymiennik ciepła jest połączony z przeponowym parownikiem pompy ciepła oraz z obiegową pompą, wymuszającą przepływ płynu roboczego przez gruntowy wymiennik, charakteryzuje się tym, że obie rurowe sekcje gruntowego wymiennika są usytuowane poniżej granicy przemarzania gruntu, przy czym wyjścia obu rurowych sekcji gruntowego wymiennika są połączone równolegle i przyłączone do wejścia parownika, natomiast wyjście parownika ma, w zależności od odmiany wynalazku, odmienne połączenia z pozostałymi elementami układu.

W pierwszej odmianie wynalazku, wyjście parownika jest połączone z wejściem pierwszego zaworu odcinającego, którego wyjście połączone jest z wlotem obiegowej pompy, przy czym do wyjścia pierwszego zaworu jest przyłączone równolegle wyjście drugiego odcinającego zaworu, którego wejście jest z kolei połączone z wyjściem trzeciego odcinającego zaworu oraz z wejściem drugiej rurowej sekcji, natomiast wylot obiegowej pompy jest przyłączony do wejścia trzeciego zaworu i wejścia czwartego odcinającego zaworu, zaś wyjście czwartego zaworu jest połączone z wejściem pierwszej rurowej sekcji.

W drugiej odmianie wynalazku, wyjście parownika jest połączone z pierwszym wejściem zaworu trójdrożnego, którego wyjście połączone jest z wlotem obiegowej pompy, podczas gdy drugie wejście zaworu trójdrożnego jest przyłączone do drugiego wejścia zaworu czterodrożnego, przy czym wylot obiegowej pompy jest połączony z pierwszym wejściem zaworu czterodrożnego, a pierwsze wyjście zaworu czterodrożnego jest połączone z wejściem pierwszej rurowej sekcji, zaś drugie wyjście zaworu czterodrożnego jest połączone z wejściem drugiej rurowej sekcji.

Wynalazek pozwala zintensyfikować strumień ciepła przejmowany przez grunt w okresie ciepłym oraz zmniejszyć strumień ciepła tracony przez grunt do otoczenia w okresie zimnym, dzięki temu, że układ hydrauliczny gruntowego wymiennika ciepła daje możliwość pobierania ciepła przez pompę ciepła z pierwszego (płytszego) lub z drugiego (głębszego) poziomu gruntu.

Aby nie dopuścić do nadmiernego wychłodzenia gruntu, pompa ciepła jest wyłączana, jeżeli temperatura płynu roboczego na wlocie do wymiennika spadnie poniżej określonej (zadanej) temperatury minimalnej.

Podczas pracy układu, ciepło jest pobierane z gruntu przez wymiennik najpierw z pierwszego (płytszego) poziomu, a gdy temperatura płynu roboczego spadnie poniżej zadanej temperatury minimalnej, dalsze pobieranie ciepła jest kontynuowane z drugiego (głębszego) poziomu.

Jeżeli na drugim poziomie temperatura płynu roboczego spadnie poniżej zadanej wartości minimalnej, to dalsze działanie urządzenia jest uzależnione od aktualnych warunków temperaturowych w gruncie na pierwszym poziomie. Gdy na tym poziomie temperatura stanie się ponownie wyższa od zadanej temperatury minimalnej, to następuje ponowne pobieranie ciepła z pierwszego poziomu. W przeciwnym przypadku dalsze pobieranie ciepła przez wymiennik zostaje wstrzymane aż do osiągnięcia odpowiedniego stanu regeneracji termicznej gruntu.

Dwupoziomowy wymiennik jest również przystosowany do pracy z przesyłaniem ciepła pomiędzy poziomami (sekcjami), bez transportu ciepła na/z zewnątrz. Przepływ cieczy roboczej pomiędzy poziomami jest stosowany poza sezonem grzewczym. Przepływ ciepła pomiędzy poziomami jest zasadny wyłącznie w przypadku, gdy temperatura na pierwszym poziomie jest wyższa niż na drugim poziomie.

Główne zalety rozwiązania według wynalazku polegają na tym, że:

- zastosowanie w układzie gruntowego wymiennika z rurami usytuowanymi na dwóch poziomach gruntu umożliwia podczas sezonu grzewczego przełączanie przepływu cieczy roboczej z poziomu, który został wychłodzony, na drugi poziom i kontynuację pobierania ciepła; umożliwia to regenerację cieplną gruntu na poziomie, z którego ciepło nie jest aktualnie pobierane.
- zastosowanie w układzie gruntowego wymiennika z rurami usytuowanymi na dwóch poziomach gruntu umożliwia poza sezonem grzewczym zwiększenie strumienia ciepła transportowanego z otoczenia oraz magazynowanie (akumulowanie) ciepła w głębszych warstwach gruntu.
- zastosowanie w układzie gruntowego wymiennika z rurami usytuowanymi na dwóch poziomach gruntu pozwala zwiększyć roczną ilość pobieranego ciepła w porównaniu z zainstalowanym na tej samej powierzchni wymiennikiem jednopoziomowym; to zwiększenie ilości pobieranego ciepła nie wiąże się ze zwiększeniem deficytu cieplnego gruntu, ponieważ użyty w układzie według wynalazku dwupoziomowy wymiennik umożliwia zwiększenie ilości ciepła netto przekazywanego pomiędzy otoczeniem a gruntem w porównaniu z wymiennikiem jednopoziomowym.

Ustalono w toku badań, że ilość ciepła netto przekazywanego pomiędzy otoczeniem a gruntem jest dla wymiennika dwupoziomowego pracującego w układzie według wynalazku większa o ponad 20% w stosunku do wymiennika jednopoziomowego. Szacuje się, że w podobnym stopniu zwiększeniu ulegnie ilość ciepła pobieranego przez ciecz roboczą przy tych samych ograniczeniach dotyczących zabezpieczenia przed nadmiernym wychłodzeniem gruntu. Ponadto stwierdzono, że wielkość deficytu cieplnego generowanego w obu typach wymienników – tj. wymienniku dwupoziomowym i wymienniku jednopoziomowym jest na porównywalnym poziomie.

Wynalazek w obu odmianach opisano poniżej w przykładach realizacji oraz uwidoczniono na załączonym rysunku, na którym:

- fig. 1 przedstawia schemat układu hydraulicznego w przykładzie dotyczącym pierwszej odmiany wynalazku;
- fig. 2 przedstawia schemat układu hydraulicznego w przykładzie dotyczącym drugiej odmiany wynalazku;
- fig. 3 przedstawia profile temperatur w gruncie z zainstalowanym wymiennikiem dwupoziomowym pracującym w układzie według wynalazku w okresie sezonu grzewczego, przy czym liczby oznaczają kolejny dzień roku kalendarzowego;
- fig. 4 przedstawia profile temperatur w gruncie z zainstalowanym wymiennikiem dwupoziomowym pracującym w układzie według wynalazku w okresie poza sezonem grzewczym, przy czym liczby oznaczają kolejny dzień roku kalendarzowego.

Układ hydrauliczny zawiera przeponowy parownik pompy ciepła PR, pompę obiegową P, wymiennik gruntowy złożony z dwóch rurowych sekcji wymiany ciepła – pierwszej S1 i drugiej S2 oraz zestawu zaworów.

Zestawy zaworów składają się w przykładzie realizacji pierwszej odmiany wynalazku z czterech zaworów odcinających Z1, Z2, Z3, Z4, połączonych jak pokazano na fig. 1, natomiast w przykładzie realizacji drugiej odmiany – z dwóch zaworów: trójdrożnego ZT i czterodrożnego ZC, połączonych jak pokazano na fig. 2.

Gruntowy wymiennik ciepła ma dwie sekcje S1 i S2, umieszczone w gruncie. Sekcja pierwsza S1 znajduje się w gruncie rodzimym przykładowo 0,1 m poniżej granicy przemarzania gruntu. (Głębokość przemarzania gruntu wyznacza się dla danej lokalizacji wymiennika na podstawie mapy stref przemarzania gruntu). Sekcja druga S2 posadowiona jest poniżej sekcji pierwszej S1. Korzystne jest takie rozmieszczenie sekcji wymiennika, aby odległość H pomiędzy nimi wynosiła co najmniej 0,5 m. W prezentowanych przykładach przyjęto $H = 1$ m.

W obu odmianach wynalazku, połączenia hydrauliczne, łączące wymiennik gruntowy z obiegową pompą P, parownikiem PR i zestawami zaworów Z1, Z2, Z3, Z4 lub ZT, ZC, są rozdzielone na wejściach we1 i we2 sekcji rurowych S1 i S2, natomiast na wyjściach wy1 i wy2 sekcji S1 i S2 są połączone równolegle. Daje to możliwość pobierania ciepła przez parownik PR pompy ciepła z pierwszego lub z drugiego poziomu gruntu.

W przykładzie dotyczącym pierwszej odmiany wynalazku, wyjścia wy1 i wy2 obu sekcji rurowych S1 i S2 gruntowego wymiennika są połączone z wejściem we parownika PR, a wejścia we1 i we2 obu sekcji rurowych S1 i S2 gruntowego wymiennika są poprzez zawory trzeci Z3 i czwarty Z4 zestawu zaworów połączone hydraulicznie z wylotem obiegowej pompy P, przy czym dodatkowo wejście we2 drugiej sekcji rurowej S2 jest poprzez drugi zawór Z2 zestawu zaworów połączone z wlotem obiegowej pompy P, podczas gdy wlot obiegowej pompy P jest jednocześnie poprzez pierwszy zawór Z1 zestawu zaworów połączony z wyjściem wy parownika PR.

W przykładzie dotyczącym pierwszej odmiany wynalazku, wyjścia wy1 i wy2 obu sekcji rurowych S1 i S2 gruntowego wymiennika są połączone z wejściem we parownika PR, a wejście we1 pierwszej rurowej sekcji S1 gruntowego wymiennika jest połączone z wylotem obiegowej pompy P poprzez pierwsze wyjście wyc1 zaworu czterodrożnego ZC, zaś wejście we2 drugiej rurowej sekcji S2 gruntowego wymiennika jest połączone z wylotem obiegowej pompy P poprzez drugie wyjście wyc2 zaworu czterodrożnego ZC, przy czym wylot obiegowej pompy P jest przyłączony do pierwszego wejścia we1 zaworu czterodrożnego ZC, a drugie wejście we2 zaworu czterodrożnego ZC jest połączone z drugim wejściem wet2 zaworu trójdrożnego ZT, którego pierwsze wejście wet1 jest z kolei połączone z wyjściem wy parownika PR, a wyjście wyt zaworu trójdrożnego ZT jest połączone z wlotem obiegowej pompy P.

Aby nie dopuścić do nadmiernego wychłodzenia gruntu pompa ciepła jest wyłączana, jeżeli temperatura płynu roboczego na wlocie do wymiennika gruntowego spadnie poniżej zadanej temperatury minimalnej.

Ciepło jest pobierane z gruntu najpierw z poziomu pierwszego (sekcja S1), a gdy temperatura płynu roboczego na wlocie do wymiennika gruntowego spadnie poniżej zadanej temperatury minimalnej, dalsze pobieranie ciepła jest kontynuowane z poziomu drugiego (sekcja S2). Gdy na poziomie drugim temperatura płynu roboczego spadnie poniżej wartości minimalnej, to dalsze działanie układu zależy od aktualnych warunków temperaturowych na poziomie pierwszym. Gdy na skutek regeneracji termicznej gruntu, na poziomie pierwszym temperatura płynu roboczego na wlocie do wymiennika stanie się ponownie wyższa od zadanej temperatury minimalnej, to następuje zaprzestanie pobierania ciepła z poziomu drugiego i ponowne pobieranie ciepła z poziomu pierwszego; w przeciwnym przypadku dalsze pobieranie ciepła z gruntu jest wstrzymane aż do osiągnięcia odpowiedniego stanu regeneracji termicznej gruntu.

Układ według wynalazku jest ponadto przystosowany do pracy z przesyłaniem ciepła pomiędzy poziomami (sekcjami S1 i S2), bez transportu ciepła na/z zewnątrz. Taki przepływ cieczy roboczej pomiędzy poziomami S1 i S2 jest stosowany poza sezonem grzewczym, przy czym ten tryb pracy układu jest technicznie zasadny wyłącznie w przypadku, gdy temperatura na poziomie pierwszym jest wyższa niż na poziomie drugim, bo wówczas możliwa jest akumulacja energii cieplnej w głębszej warstwie gruntu.

Różne warianty przepływu cieczy roboczej w układzie hydraulicznym z dwupoziomowym wymiennikiem ciepła zrealizować można według przykładu realizacji pierwszej odmiany wynalazku za pomocą zaworów odcinających Z1, Z2, Z3 i Z4, przedstawionego na rysunku na fig. 1. Możliwe kombinacje ustawienia zaworów Z1, Z2, Z3 i Z4, przedstawiono w tabeli poniżej.

Zawór Obieg \	1	2	3	4
poziom 1	+	-	-	+
poziom 2	+	-	+	-
poziomami	-	+	-	+

+ zawór otwarty, - zawór zamknięty

Pobieranie ciepła z poziomu pierwszego (sekcja S1) odbywa się podczas pracy pompy obiegowej P oraz przy otwartych zaworach Z1 i Z4. Natomiast pobieranie ciepła z poziomu drugiego (sekcja S2) przy otwartych zaworach Z1 i Z3. Wyrównywanie temperatur pomiędzy poziomami pierwszym i drugim realizowane jest przy otwartych zaworach Z2 i Z4. Czwartym możliwym stanem jest brak przepływu cieczy roboczej równoznaczny z wyłączeniem wymiennika gruntowego.

Analogiczne kombinacje przepływów przez dwupoziomowy wymiennik ukłádzie według przykładu realizacji drugiej odmiany wynalazku można uzyskać za pomocą zestawu dwóch zaworów: trójdrożnego ZT i czterodrożnego ZC.

Pobieranie ciepła z poziomu pierwszego (sekcja S1) odbywa się przy takim ustawieniu zaworów ZT i ZC kiedy ciecz robocza wypływająca z parownika PR pompy ciepła wyjściem wy, płynie przez pierwsze wejście we1 i wyjście wyt zaworu trójdrożnego ZT do wlotu pompy obiegowej P, następnie z wylotu pompy obiegowej P przez pierwsze wejście we1 i pierwsze wyjście wyc1 zaworu czterodrożnego ZC do wejścia we1 sekcji pierwszej S1, a z niej wyjściem wy1 z powrotem do parownika PR wejściem we.

Pobieranie ciepła z poziomu drugiego (sekcja S2) odbywa się podobnie jak przy poborze ciepła z poziomu pierwszego, z tą różnicą że ciecz robocza wpływa z wylotu obiegowej pompy P do pierwszego wejścia we1 zaworu czterodrożnego ZC, a wypływa drugim wyjściem wyc2 zaworu czterodrożnego ZC i kieruje się do wejścia we2 drugiej sekcji S2 wymiennika, aby następnie przez wyjście wy2 sekcji S2 przepłynąć z powrotem do parownika PR wejściem we.

Wyrównywanie temperatur pomiędzy poziomami realizowane jest gdy czynnik roboczy przepływa z pompy obiegowej P przez zawór czterodrożny ZC króćcami we1 i wyc1 do wejścia we1 sekcji pierwszej S1, następnie przemieszcza się przez spięte ze sobą wy1 i wy2 do sekcji S2, po czym przepływa z wejścia we2 sekcji S2 przez wyjście wyc2 i wejście we2 zaworu czterodrożnego ZC do wejścia we2 zaworu trójdrożnego ZT i przez wyjście wyt zaworu trójdrożnego ZT powraca do pompy obiegowej P jako punktu początkowego.

Przeprowadzono badania przykładowego układu według wynalazku z dwupoziomowym gruntowym wymiennikiem ciepła. Rury wymiennika były ułożone na głębokości 1 m oraz 2 m pod powierzchnią gruntu. W badaniach wykorzystano obliczenia symulacyjne oparte na uproszczonym modelu przenoszenia ciepła. Obliczenia wykonano dla typowych warunków klimatycznych występujących w Polsce. Wyniki przedstawiono na rysunku na fig. 3 i fig. 4.

Na rysunku na fig. 3 przedstawiono profile temperatur w gruncie z zainstalowanym wymiennikiem dwupoziomowym w okresie sezonu grzewczego tj. pomiędzy 289 a 106 dniem roku (od 15 października do 15 kwietnia). Deformacje profili temperatur dla $x = 1$ m i $x = 2$ m pokazują, z którego poziomu pobierane jest ciepło w gruntowym wymienniku.

Na początku sezonu grzewczego ciepło jest pobierane w wymienniku z pierwszego poziomu (z mniejszej głębokości). Powoduje to obniżenie temperatury na tym poziomie do wartości zbliżonej do temperatury powierzchni gruntu. Zatem w zakresie głębokości od 0 do 1 m profile temperatur są prawie pionowe, a więc gradient temperatury na powierzchni gruntu i straty ciepła z gruntu do otoczenia są niewielkie co przedstawiono na fig. 3 w postaci linii odpowiadających 302., 316., 329. i 342. dniu roku. Przy końcu sezonu grzewczego temperatura powierzchni gruntu wzrasta, a utrzymująca się niska temperatura gruntu na głębokości 1 m powoduje powstanie dużego ujemnego gradientu temperatury na

powierzchni gruntu. Istnieje więc w tym okresie duży strumień ciepły od otoczenia do gruntu. Na rysunku fig. 3 zobrazowano to w postaci linii odpowiadających 70., 83. i 98. dniu roku.

Gdyby temperatura na pierwszym poziomie (1 m) stała się niższa od zadanej temperatury minimalnej, to ciepło może być nadal pobierane z gruntu z drugiego poziomu (2 m), co praktycznie nie wpływa na gradient temperatury na powierzchni gruntu.

Na rysunku na fig. 4 przedstawiono profile temperatur w gruncie z zainstalowanym wymiennikiem dwupoziomowym w okresie poza sezonem grzewczym, tj. pomiędzy 106 a 289 dniem roku (od 15 kwietnia do 15 października). W tym okresie w wymienniku gruntowym ciepło nie jest pobierane; może jednak być przemieszczane z górnego poziomu (1 m) na dolny (2 m).

Linie ciągle oznaczają profile temperatur przy załączonym wymienniku, zaś linie przerywane dotyczą wyłączanego wymiennika.

Przemieszczanie ciepła poza sezonem grzewczym ma na celu, po pierwsze obniżenie temperatury na poziomie 1 m, co powoduje zwiększenie siły napędowej transportu ciepła z otoczenia do gruntu oraz po drugie – zmagazynowanie ciepła w głębszych warstwach gruntu (2 m) celu późniejszego wykorzystania go w sezonie grzewczym. Tych korzystnych skutków nie da się uzyskać w znanych rozwiązaniach zawierających dwupoziomowe wymienniki gruntowe, których rury umieszczone są na dwóch różnych poziomach i pracują w takim układzie, że płyn roboczy przepływa jednocześnie przez rury na obydwu poziomach bez możliwości przełączania przepływu z jednego poziomu wymiennika na drugi.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ hydrauliczny dwupoziomowego gruntowego wymiennika ciepła, który zawiera pierwszą poziomą rurową sekcję (S1), zagłębioną w gruncie oraz drugą poziomą rurową sekcję (S2), zagłębioną w gruncie poniżej pierwszej sekcji (S1), przy czym gruntowy wymiennik ciepła jest połączony z przeponowym parownikiem (PR) pompy ciepła oraz z obiegową pompą (P), wymuszającą przepływ płynu roboczego przez gruntowy wymiennik, **znamienny tym**, że obie rurowe sekcje (S1), (S2) gruntowego wymiennika są usytuowane poniżej granicy przemarzania gruntu, przy czym wyjścia (wy1), (wy2) obu rurowych sekcji (S1), (S2) gruntowego wymiennika są połączone równolegle i przyłączone do wejścia (we) parownika (PR), a wyjście (wy) parownika (PR) jest połączone z wejściem pierwszego odcinającego zaworu (Z1), którego wyjście połączone jest z wlotem obiegowej pompy (P), przy czym do wyjścia pierwszego zaworu (Z1) jest przyłączone równolegle wyjście drugiego odcinającego zaworu (Z2), którego wejście jest z kolei połączone z wyjściem trzeciego odcinającego zaworu (Z3) oraz z wejściem (we2) drugiej rurowej sekcji (S2), natomiast wylot obiegowej pompy (P) jest przyłączony do wejścia trzeciego zaworu (Z3) i wejścia czwartego odcinającego zaworu (Z4), zaś wyjście czwartego zaworu (Z4) jest połączone z wejściem (we1) pierwszej rurowej sekcji (S1).
2. Układ hydrauliczny dwupoziomowego gruntowego wymiennika ciepła, który zawiera pierwszą poziomą rurową sekcję (S1), zagłębioną w gruncie oraz drugą poziomą rurową sekcję (S2), zagłębioną w gruncie poniżej pierwszej sekcji (S1), przy czym gruntowy wymiennik ciepła jest połączony z przeponowym parownikiem (PR) pompy ciepła oraz z obiegową pompą (P), wymuszającą przepływ płynu roboczego przez gruntowy wymiennik, **znamienny tym**, że obie sekcje rurowe (S1), (S2) gruntowego wymiennika są usytuowane poniżej granicy przemarzania gruntu, przy czym wyjścia (wy1), (wy2) obu rurowych sekcji (S1), (S2) gruntowego wymiennika są połączone równolegle i przyłączone do wejścia (we) parownika (PR), a wyjście (wy) parownika (PR) jest połączone z pierwszym wejściem (wet1) zaworu trójdrożnego (ZT), którego wyjście (wyt) połączone jest z wlotem obiegowej pompy (P), podczas gdy drugie wejście (wet2) zaworu trójdrożnego (ZT) jest przyłączone do drugiego wejścia (wec2) zaworu czterodrożnego (ZC), przy czym wylot obiegowej pompy (P) jest połączony z pierwszym wejściem (wec1) zaworu czterodrożnego (ZC), a pierwsze wyjście (wyc1) zaworu czterodrożnego (ZC) jest połączone z wejściem (we1) pierwszej rurowej sekcji (S1), zaś drugie wyjście (wyc2) zaworu czterodrożnego (ZC) jest połączone z wejściem (we2) drugiej rurowej sekcji (S2).

Rysunki

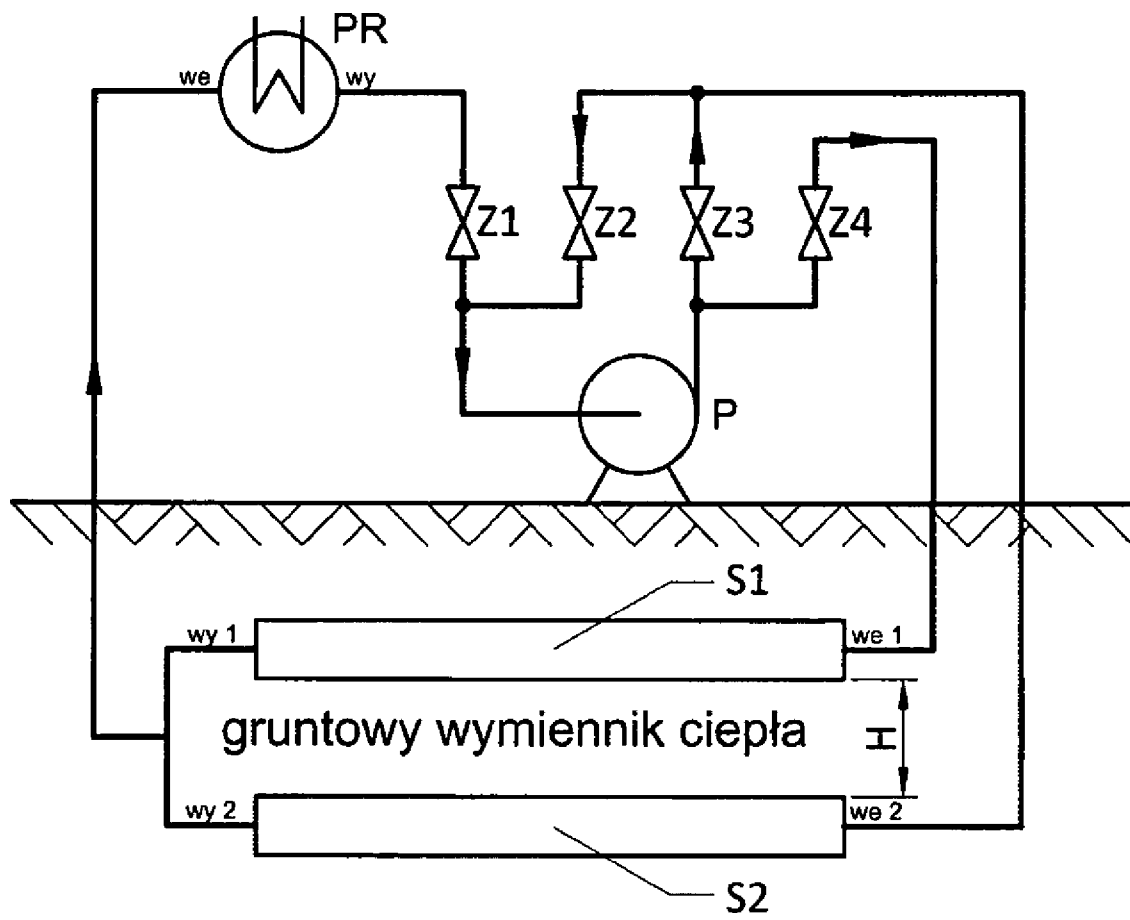


Fig.1

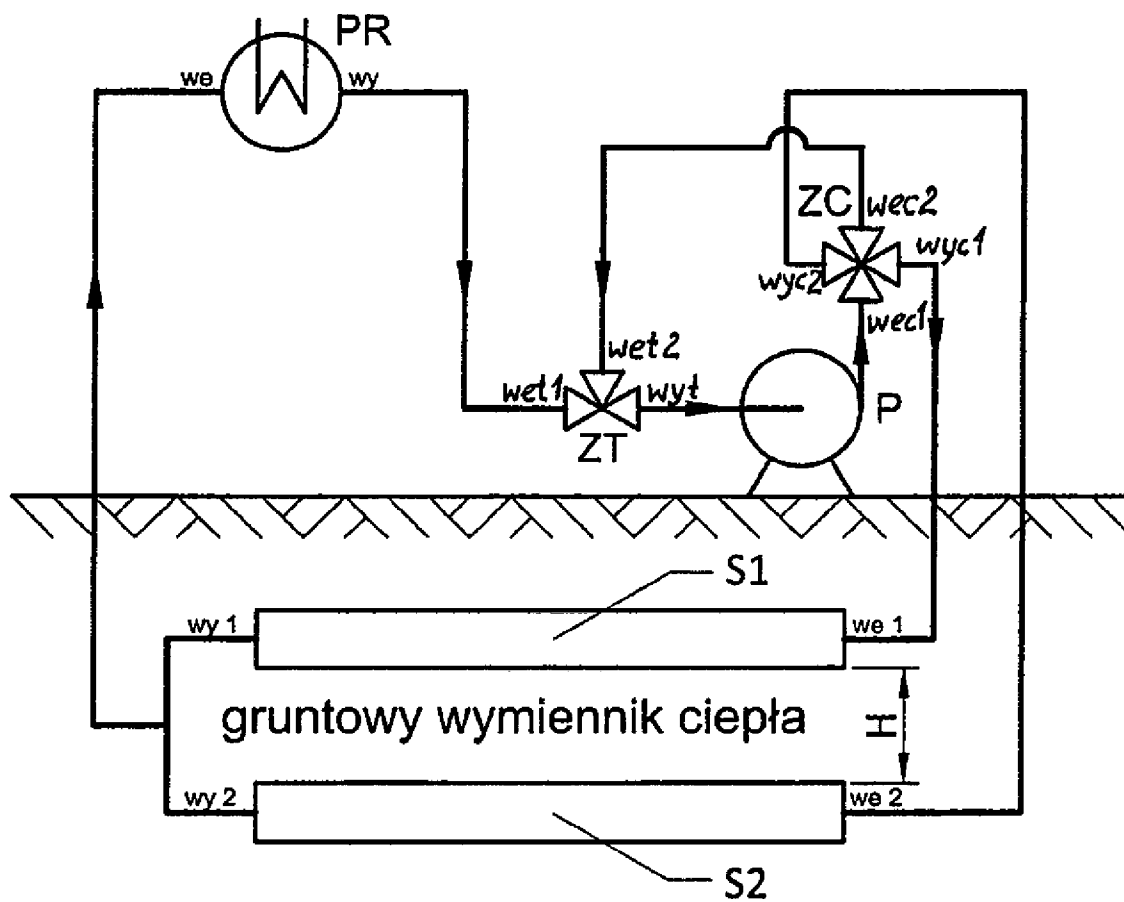


Fig.2

