

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 449896 A1**

(12)

Opis zgłoszeniowy wynalazku (z daty zgłoszenia)

(21) Numer zgłoszenia: **449896**(22) Data zgłoszenia: **2024.09.26**(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2026.03.30 BUP 13/2026**

(51) MKP:

F03G 4/00 (2006.01)**F02G 1/043** (2006.01)

(71) Zgłaszający:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(-y):

MIROSŁAW JANOWSKI, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:

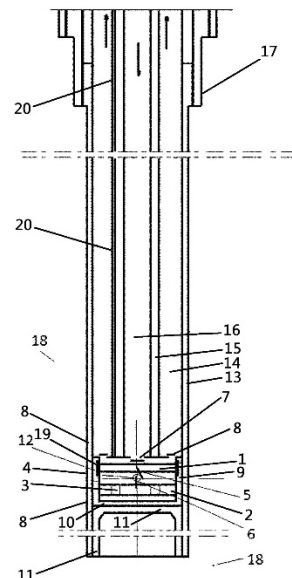
rzecz. pat. Alicja Rogozińska, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Silnik geotermalny oraz sposób pozyskiwania energii z górotworu za pomocą silnika geotermalnego

(57) Skróć opisu:

Przedmiotem zgłoszenia jest silnik geotermalny z co najmniej jednym elementem odbierającym ciepło z górnego źródła ciepła i elementem dostarczającym ciepło do dolnego źródła ciepła, przystosowany do umieszczenia w otworze wiertniczym (17) i mający obieg czynnika chłodzącego, cylindryczny korpus (9) z głowicą (10), tłok roboczy (1), wypornik (2) z regeneratorem (3), wał korbowy oraz korbowody tłoka roboczego i wypornika, wymiennik ciepła górotwór-głowica oraz urządzenie generatorowo-rozruchowe. Element oddający ciepło do dolnego źródła ciepła stanowi tłok roboczy (1), a element odbierający ciepło z górnego źródła ciepła stanowi wymiennik ciepła (11) górotwór-głowica. Obieg czynnika chłodzącego zawiera pompę, rurę okładzinową (13) oraz rurę centralną (15). Wewnątrz rury okładzinowej (13) znajduje się przestrzeń przepływu (14) ogrzanego czynnika chłodzącego, zaś wewnątrz rury centralnej (15) znajduje się przestrzeń przepływu (16) chłodnego czynnika chłodzącego, który stanowi dolne źródło ciepła i opływa górną powierzchnię tłoka roboczego (1). Wał korbowy (4) silnika jest zamknięty w przestrzeni roboczej silnika, w której znajduje się gaz roboczy, pomiędzy tłokiem roboczym (1) a wypornikiem (2). Pompa zawiera co najmniej jeden zawór ssący (7) i co najmniej jeden zawór tłoczący (8). Zgłoszenie dotyczy ponadto sposobu pozyskiwania energii z górotworu za pomocą zamontowanego w otworze górotworu silnika geotermalnego według wynalazku, w którym inicjuje się ruch tłoka roboczego (1) oraz wymusza przepływ i zmianę objętości znajdującego się wewnątrz silnika gazu roboczego, dostarczając energię mechaniczną potrzebną do uruchomienia silnika za pomocą zasilanego zewnątrz z powierzchni i pracującego w trybie rozruchowym urządzenia generatorowo-rozruchowego (19), po czym przełącza się urządzenie generatorowo-rozruchowe (19) na tryb generatorowy, następnie ogrzewa się



sprężony gaz roboczy ciepłem pobieranym z górotworu i przekazuje się je do zimnego czynnika chłodzącego, przy czym przetwarza się energię mechaniczną ruchu tłoka roboczego za pomocą pracującego w trybie generatorowym urządzenia generatorowo-rozruchowego (19) w energię elektryczną, którą wyprowadza się przewodami (20) na powierzchnię, i tłoczy się ogrzany czynnik chłodzący za pomocą co najmniej jednego zaworu tłoczącego (8) przez obieg czynnika chłodzącego na powierzchnię.

Silnik geotermalny oraz sposób pozyskiwania energii z górotworu za pomocą silnika geotermalnego

Dziedzina techniki

[0001] Przedmiotem wynalazku jest silnik geotermalny z co najmniej jednym elementem odbierającym ciepło z górnego źródła ciepła i co najmniej jednym elementem oddającym ciepło do dolnego źródła ciepła, przystosowany do umieszczenia go w otworze wiertniczym i mający obieg czynnika chłodzącego, przy czym silnik geotermalny ma cylindryczny korpus z głowicą, w którym są umieszczone ruchomo wzdłuż osi korpusu tłok roboczy oraz wypornik z regeneratorem, ponadto wał korbowy, korbowód tłoka roboczego i korbowód wypornika, wymiennik ciepła górotwór-głowica oraz urządzenie generatorowo-rozruchowe do przekształcania energii elektrycznej w energię mechaniczną do rozruchu silnika i przekształcania energii mechanicznej wytwarzanej przez silnik w energię elektryczną, przy czym obieg czynnika chłodzącego zawiera zintegrowaną z silnikiem pompę, umieszczoną wzdłuż ścian otworu wiertniczego rurę okładzinową oraz umieszczoną osiowo w środkowej części otworu wiertniczego, preizolowaną rurę centralną, przy czym wewnątrz rury okładzinowej pomiędzy rurą centralną a rurą okładzinową znajduje się przestrzeń przepływu ogrzanego czynnika chłodzącego, zaś wewnątrz rury centralnej znajduje się przestrzeń przepływu chłodnego czynnika chłodzącego, przy czym chłodny czynnik chłodzący stanowi dolne źródło ciepła i opływa górną powierzchnię tłoka roboczego. Wynalazek dotyczy również sposobu pozyskiwania energii z górotworu za pomocą silnika geotermalnego według wynalazku. Rozwiązanie jest przeznaczone w szczególności do pozyskiwania i przekształcania energii geotermalnej z istniejących lub nowych otworów wiertniczych o odpowiednich parametrach geotermalnych w energię mechaniczną lub elektryczną. Dodatkowo rozwiązanie może być zastosowane w ogrzewnictwie i dostarczaniu ciepłej wody użytkowej.

Stan techniki

[0002] Zastosowanie silników Stirlinga do pozyskiwania i przetwarzania energii geotermalnej jest znane. Według niektórych znanych rozwiązań urządzenia i układy pozyskujące energię są wstawiane bezpośrednio w otwory wiertnicze. Znane są dokumenty ujawniające wykorzystanie energii mechanicznej, np. do wiercenia górotworu, przy użyciu energii geotermalnej pozyskanej za pomocą silnika Stirlinga, lub opisujące silniki kriogeniczne do pozyskiwania energii geotermalnej.

[0003] Dokument US2010223924A1 ujawnia urządzenie, zawierające pierwszy wymiennik ciepła, połączony przepływowo z proksymalnym segmentem otworu wiertniczego, i drugi wymiennik ciepła, połączony przepływowo z dystalnym segmentem otworu wiertniczego. Urządzenie zawiera ponadto barierę cyrkulacyjną, która zapewnia uszczelnienie między urządzeniem a otworem wiertniczym, aby odizolować od siebie proksymalny i dystalny segment otworu. Silnik cieplny, połączony z pierwszym i drugim wymiennikiem ciepła, jest termodynamicznym silnikiem cieplnym z zamkniętym cyklem w fazie gazowej, wykorzystującym energię cieplną. Pierwszy wymiennik ciepła, drugi wymiennik ciepła, bariera cyrkulacyjna oraz silnik cieplny są przystosowane do umieszczenia razem w otworze wiertniczym

[0004] Dokument US2013220656A1 ujawnia wolnotłokowy silnik Stirlinga z tłokiem napędowym i tłokiem wporowym, które są umieszczone na wspólnej osi cylindrycznego zbiornika ciśnieniowego. Silnik cieplny jest silnikiem termoakustycznym z, korzystnie cylindryczną, ciśnieniową tubą rezonansową. Energia cieplna do rozruchu silnika cieplnego jest dostarczana przez elektryczną grzałkę oporową. Wymagana moc elektryczna dla grzałki oporowej jest dostarczana przez generator elektryczny na powierzchni lub podziemny generator elektryczny, napędzany przez płyn wiertniczy. Energia cieplna jest dostarczana do silnika przez gorący płyn, który jest podawany przez wymiennik ciepła, umieszczony na górnym końcu przestrzeni roboczej silnika, lub płomień z palnika bądź ciepło tarcia. Ujawnione rozwiązanie zużywa dużo energii, zwłaszcza przez to, że ciepło niezbędne do powstania różnicy temperatur w silniku musi być dostarczone do urządzenia na powierzchni. Ponadto silnik termoakustyczny jest uzależniony od częstotliwości rezonansowej gazu roboczego.

[0005] W zgłoszeniu US2024044232A1 ujawniono system i sposób aktywnego pozyskiwania energii cieplnej, węglowodorów i innych zasobów energetycznych ze złoża. W jednym z przykładów do otworu wiertniczego jest wprowadzana duża liczba przewodów płynowych. Płyn do spalania jest wtryskiwany przez jeden z przewodów do złoża, gdzie służy do zapłonu i utrzymania strefy spalania poprzez spalanie paliwa w złożu. Aby odzyskać energię cieplną, chłodny płyn jest cyrkulowany przez otwór wiertniczy przez inny przewód, gdzie jest podgrzewany energią cieplną w strefie spalania. Energię cieplną można odzyskiwać z ogrzanego płynu lub można przeprowadzać dalsze procesy w celu odzyskania różnych typów energii. Przepływ i skład płynu do spalania oraz prędkość przepływu chłodnego płynu mogą być indywidualnie kontrolowane bądź sterowane w celu regulacji transferu ciepła, zrównoważenia odzysku energii cieplnej z ulepszonym odzyskiem ropy (EOR) oraz regulacji temperatury i ciśnienia dla zapewnienia bezpieczeństwa.

[0006] Opis patentowy US 8,281.591 ujawnia samowystarczalny generator geotermalny, zawierający kocioł, komorę turbiny, generator elektryczny, skraplacz oraz kabel elektryczny. Skraplacz składa się z komory dystrybutora, komory peryferyjnej oraz wielu rur umieszczonych między tymi komorami. Komora peryferyjna skraplacza otacza i chłodzi turbinę, generator elektryczny oraz selektor komór skraplacza. Skraplacz chłodzi i przekształca parę z powrotem w stan ciekły, a następnie zwraca ją do kotła w celu ponownego ogrzania. Dokument ujawnia wykorzystanie generatora geotermalnego, gdzie woda zawarta w kotle podlega przemianie w parę pod wysokim ciśnieniem i w bardzo wysokiej temperaturze, dzięki ciepłu pochodzącemu z gorących skał, zawartych w wcześniej wywierconym otworze poniżej powierzchni ziemi. Para jest używana do produkcji energii elektrycznej, która jest transportowana na powierzchnię ziemi za pomocą kabla elektrycznego. W "binarnych" elektrowniach geotermalnych można stosować dużą liczbę takich generatorów za pośrednictwem systemu kilku wymienników ciepła. Jest to koncepcja otworowego silnika turbinowego zainstalowanego w otworze wiertniczym, co jest rozwiązaniem dość skomplikowanym, kosztownym i trudnym do sterowania. Przedstawiona koncepcja ma jednak tę niedogodność, że nie zawiera pompy obiegowej, co powoduje, że system taki nie może działać, gdyż nie ma urządzenia separującego niski i wysokociśnieniową część obiegu.

Problem techniczny

[0007] U podstaw wynalazku leży zadanie wyeliminowania niedogodności stanu techniki i umożliwienie pozyskiwania i wykorzystywania energii geotermalnej górotworu, zwłaszcza z istniejących otworów wiertniczych, do otrzymywania energii mechanicznej lub elektrycznej bezpośrednio w górotworze przez wykorzystanie silnika geotermalnego.

[0008] Wynalazek ma na celu również zminimalizowanie wykorzystania zewnętrznej energii mechanicznej i elektrycznej do takich działań, jak rozruch, oraz wymuszanie przepływu czynnika chłodzącego przez obieg chłodzący silnika, a także skuteczniejsze wykorzystanie energii mechanicznej generowanej przez silnik, co niesie ze sobą oszczędność energii i zmniejsza straty konwersji energii pomiędzy silnikiem a np. zewnętrzną pompą obiegową dla czynnika chłodzącego silnik.

[0009] Wynalazek ma przy tym zapewnić geotermalny silnik o prostej konstrukcji, zapewniającej bezawaryjną pracę oraz pozwalającej na umieszczenie silnika i jego eksploatację na dnie górotworu w warunkach specyficznych dla otworu wiertniczego, który to silnik jednocześnie cechuje się dużą wydajnością, efektywnością i sprawnością.

[0010] Konstrukcja silnika ma ponadto cechować się ulepszoną wymianą ciepła po stronie górnego źródła ciepła oraz dolnego źródła ciepła i tym samym poprawą sprawności tegoż silnika w stosunku do jego objętości oraz masy.

Istota wynalazku

[0011] Silnik geotermalny z co najmniej jednym elementem odbierającym ciepło z górnego źródła ciepła i co najmniej jednym elementem oddającym ciepło do dolnego źródła ciepła, przystosowany do umieszczenia go w otworze wiertniczym i mający obieg czynnika chłodzącego, przy czym silnik geotermalny ma cylindryczny korpus z głowicą, w którym są umieszczone ruchomo wzdłuż osi korpusu tłok roboczy oraz wypornik z regeneratorem, ponadto wał korbowy, korbowód tłoka roboczego i korbowód wypornika, wymiennik ciepła górotwór-głowica oraz urządzenie generatorowo-rozruchowe do przekształcania energii elektrycznej w energię mechaniczną do rozruchu silnika i przekształcania energii mechanicznej wytwarzanej przez silnik w energię elektryczną, przy czym obieg czynnika chłodzącego zawiera zintegrowaną z silnikiem pompę, umieszczoną wzdłuż ścian otworu wiertniczego rurę okładzinową oraz umieszczoną osiowo w środkowej części otworu wiertniczego, preizolowaną rurę centralną, przy czym wewnątrz rury okładzinowej pomiędzy rurą centralną a rurą okładzinową znajduje się przestrzeń przepływu ogrzanego czynnika chłodzącego, zaś wewnątrz rury centralnej znajduje się przestrzeń przepływu chłodnego czynnika chłodzącego, przy czym chłodny czynnik chłodzący stanowi dolne źródło ciepła i opływa górną powierzchnię tłoka roboczego, według wynalazku charakteryzuje się tym, że co najmniej jeden element oddający ciepło do dolnego źródła ciepła stanowi tłok roboczy, a co najmniej jeden element odbierający ciepło z górnego źródła ciepła stanowi wymiennik ciepła górotwór-głowica, wymiennik ciepła górotwór-głowica jest osadzony swoją dolną częścią w gnieździe na dnie otworu wiertniczego, zaś swoją górną częścią styka się z korpusem silnika, zwłaszcza z głowicą silnika, urządzenie generatorowo-rozruchowe i wał korbowy są umieszczone wewnątrz przestrzeni roboczej silnika, w któ-

rej znajduje się gaz roboczy, pomiędzy tłokiem roboczym a wypornikiem, regeneratory ma postać rozmieszczonych w wyporniku kanałów, w których znajduje się wypełnienie absorbujące i oddające ciepło, i pompa zawiera tłok roboczy oraz, umieszczone na górnej części korpusu silnika, co najmniej jeden zawór ssący i co najmniej jeden zawór tłoczący.

[0012] Korzystnie urządzenie generatorowo-rozruchowe jest urządzeniem o budowie liniowej, zamontowanym na tłoku roboczym, lub urządzeniem o budowie obrotowej, zamontowanym na wale korbowym.

[0013] Korzystnie co najmniej jeden zawór ssący jest zamontowany przysosiowo w otworze wiertniczym i/lub co najmniej jeden zawór tłoczący jest zamontowany na obwodzie otworu wiertniczego.

[0014] Korzystnie gaz roboczy stanowi hel, wodór lub dwutlenek węgla i/lub czynnik chłodzący stanowi woda.

[0015] Korzystnie silnik geotermalny jest połączony ze stacją regazyfikacji LNG, a czynnikiem chłodzącym jest skroplony gaz ziemny LNG.

[0016] Sposób według wynalazku pozyskiwania energii z górotworu za pomocą zamontowanego w otworze górotworu silnika geotermalnego według wynalazku, charakteryzuje się tym, że inicjuje się ruch tłoka roboczego oraz wymusza przepływ i zmianę objętości znajdującego się wewnątrz silnika gazu roboczego, dostarczając energię mechaniczną potrzebną do uruchomienia silnika za pomocą zasilanego zewnątrz z powierzchni i pracującego w trybie rozruchowym urządzenia generatorowo-rozruchowego, po czym przełącza się urządzenie generatorowo-rozruchowe na tryb generatorowy, następnie ogrzewa się sprężony gaz roboczy ciepłem pobieranym z górotworu przez wymiennik ciepła górotwór-głowica i głowicę korpusu silnika, przemieszczając tłok w górę silnika aż do górnego położenia zwrotnego, w którym objętość gazu roboczego w wewnętrznej przestrzeni silnika osiąga wartość maksymalną, po czym odbiera się ciepło od ogrzanego rozprężonego gazu roboczego za pomocą tłoka roboczego i przekazuje się je do zimnego czynnika chłodzącego, zmniejszając jego objętość i wymuszając ruch tłoka roboczego do dolnego położenia zwrotnego, w którym objętość gazu roboczego w wewnętrznej przestrzeni silnika osiąga wartość minimalną, po czym powtarza się kolejno wszystkie etapy sposobu, przetwarzając energię mechaniczną ruchu tłoka roboczego za pomocą pracującego w trybie generatorowym urządzenia generatorowo-rozruchowego w energię elektryczną, którą wyprowadza się przewodami na powierzchnię, i tłocząc ogrzany czynnik chłodzący za pomocą co najmniej jednego zaworu tłoczącego przez obieg czynnika chłodzącego na powierzchnię.

[0017] Korzystnie jako gaz roboczy stosuje się hel, wodór lub dwutlenek węgla i/lub jako czynnik chłodzący stosuje się wodę, którą po ogrzaniu wyprowadza się na powierzchnię i wykorzystuje np. w ogrzewnictwie i sieci dostarczającej ciepłą wodę użytkową.

[0018] Korzystnie jako czynnik chłodzący stosuje się skroplony gaz ziemny, który zasysa się za pomocą co najmniej jednego zaworu ssącego i co najmniej jednego zaworu tłoczącego, odbierając ciepło od tłoka roboczego, poddaje regazyfikacji, a następnie w stanie gazowym wyprowadza przez przestrzeń z otworu wiertniczego na powierzchnię.

[0019] Przedmiotowe rozwiązanie umożliwia generowanie bezpośrednio w otworze wiertniczym energii mechanicznej lub elektrycznej z pominięciem konieczności transportu czynnika chłodzącego do silnika znajdującego się na powierzchni.

[0020] Silnik według wynalazku cechuje się prostą konstrukcją i ograniczeniem do minimum ruchomych części systemu, co pozwala na umieszczenie go w otworze wiertniczym i sprawia, że jest mniej awaryjny, a koszty jego konstrukcji są zmniejszone w stosunku do innych, bardzo złożonych i obecnie stosowanych rozwiązań. Jednocześnie silnik według wynalazku zachowuje wysoką sprawność, szacowaną na $\frac{1}{2}$ sprawności teoretycznego obiegu Carnota dla danych warunków.

[0021] Konstrukcja silnika geotermalnego, ze względu na rozmieszczenie jego elementów, jest prosta i zwarta, co skutkuje bezawaryjną pracą oraz możliwością zamontowania tegoż silnika w górotworze i zapewnia odporność na warunki panujące w górotworze. Wyprowadzenie energii użytkowej z silnika jest realizowane w postaci energii elektrycznej i cieplnej z obiegu chłodzącego.

[0022] Umieszczenie wału korbowego wewnątrz silnika poprawia jego szczelność oraz również przyczynia się do prostoty i zwartości konstrukcji silnika, co pozwala bez problemu umieścić silnik w otworze wiertniczym, a silnik taki cechuje się bezawaryjną pracą również w warunkach panujących na dnie górotworu. Umieszczenie wału korbowego wewnątrz silnika eliminuje konieczność uszczelnienia tłoczyska wypornika i eliminuje z konstrukcji silnika zarówno ten element, jak też tłoczysko tłoka roboczego. Ponadto wał pracuje w środowisku gazu roboczego, które jest mniej agresywne od wody chłodzącej, co ma miejsce w przypadku wału zewnętrznego, przez co zmniejsza się ryzyko korozji i zwiększa się żywotność silnika.

[0023] Praca wyporowa tłoka roboczego zwiększa zawirowanie czynnika chłodzącego po stronie pompowej tłoka roboczego, co poprawia wymianę ciepła, a zatem sprawność i wydajność silnika.

[0024] Znajdujący się w wyporniku regeneratory ciepła w postaci wielu kanałów, które są tak rozmieszczone, że podają równomiernie zawirowany czynnik roboczy na powierzchnię głowicy, tj. powierzchnię grzewczą, i na powierzchnię tłoka roboczego, tj. powierzchnię chłodzącą, poprawia wymianę ciepła w głowicy i na tłoku roboczym i wpływa pozytywnie na jego sprawność.

[0025] Konstrukcja silnika geotermalnego i rozmieszczenie jego elementów powoduje, że jest on niejako spłaszczony, czyli ma duży stosunek średnicy tłoka i wypornika do ich skoku i grubości, przez co stosunek powierzchni wymiany ciepła do objętości komory z ogrzewanym czynnikiem, jak też komory z chłodzonym czynnikiem jest znaczenie większy, co z kolei poprawia wymianę ciepła, a tym samym zwiększa sprawność i wydajność silnika.

[0026] Ciśnienie czynnika chłodzącego, wynikające z wysokości słupa wody w otworze, na dole otworu przyczynia się do poprawy szczelności tłoka roboczego, pozwalając na stosowanie wysokiego ciśnienia gazu roboczego (czynnika) w silniku, co zwiększa wydajność silnika w stosunku do objętości oraz masy tego silnika.

[0027] Cylindryczny kształt silnika pozwala na jego prosty montaż w otworze wiertniczym poprzez opuszczenie wraz z wymiennikiem ciepła i kolumną wewnętrzną bezpośrednio do otworu wiertniczego.

[0028] Pompa czynnika chłodzącego według wynalazku ma bezpośredni napęd, ponieważ ruch tłoka roboczego powoduje zmianę objętości przestrzeni roboczej pompy, co generuje pracę zaworów tłoczących i ssących, inicjując przepływ czynnika chłodzącego. Dzięki temu nie ma potrzeby zewnętrznego doprowadzania energii elektrycznej, co pozwala na skuteczniejsze wykorzystanie energii mechanicznej generowanej przez silnik, redukuje straty konwersji energii między silnikiem a zewnętrzną pompą obiegową, a także przynosi oszczędność energii poprzez wyeliminowanie potrzeby dodatkowego napędu do obiegu dolnego źródła ciepła.

[0029] W porównaniu z silnikiem termoakustycznym, silnik nie jest ograniczony częstotliwością rezonansową gazu roboczego i może pracować w większym zakresie obrotów (częstotliwości cykli).

[0030] Silnik według wynalazku, dzięki swej konstrukcji, pozwala wytwarzać energię bezpośrednio przy źródle ciepła w otworze wiertniczym, zarówno wywierconym specjalnie do celów pozyskiwania energii geotermalnej, jak i stanowiącym pozostałość po pracach górniczych lub wydobywczych. Otwór wiertniczy może być zarówno suchy, jak i zawodniony lub nawet nasycony węglowodorami, co zwiększa możliwość wykorzystania potencjału Odnawialnych Źródeł Energii, a także zmniejsza zanieczyszczenie środowiska, generowane przez energetyczne spalanie paliw kopalnych, i pozwala na wykorzystanie nieeksploatowanych otworów wiertniczych. Silnik według wynalazku zapewnia również niezależność energetyczną. Dodatkowym korzystnym efektem jest to, że silnik według wynalazku pozwala na zasilanie odbiorców znacznie oddalonych od sieci elektroenergetycznej. Dodatkowo silnik według wynalazku umożliwia pozyskiwanie energii cieplnej poprzez odbieranie ciepła z górotworu i przekazywanie go do czynnika chłodzącego oraz następane wykorzystanie jej do napowierzchniowych systemów centralnego ogrzewania lub centralnej wody użytkowej.

Opis figur rysunku

[0031] Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym w sposób schematyczny przedstawiają

- fig. 1 umieszczony w otworze wiertniczym silnik geotermalny w schematycznym przekroju prostopadle do osi wału,
- fig. 2a silnik geotermalny w powiększonym przekroju wzdłuż wału, z liniowym urządzeniem generatorowo-rozruchowym,
- fig. 2b silnik geotermalny w powiększonym przekroju wzdłuż wału, z obrotowym urządzeniem generatorowo-rozruchowym,
- fig 3a fragment fig. 1 w powiększeniu, ilustrujący fazę I pracy silnika, gdzie wypornik znajduje się w górnym zwrotnym położeniu, zaś tłok roboczy przesuwany w górę,

- fig. 3b fragment fig. 1 w powiększeniu, ilustrujący fazę II pracy silnika, gdzie tłok roboczy znajduje się w górnym zwrotnym położeniu, zaś wypornik przetłacza gaz przez re-generator do przestrzeni chłodzonej pomiędzy tłokiem roboczym a wypornikiem,
- fig. 3c fragment fig. 1 w powiększeniu, ilustrujący fazę III pracy silnika, gdzie tłok roboczy podąża w dół, zaś wypornik znajduje się w dolnym zwrotnym położeniu,
- fig. 3d fragment fig. 1 w powiększeniu, ilustrujący fazę IV pracy silnika, gdzie tłok roboczy ze swego dolnego położenia zwrotnego będzie poruszał się do góry, zaś wypornik porusza się do góry, tłocząc gaz roboczy przez re-generator z przestrzeni chłodzonej do przestrzeni ogrzewanej pomiędzy głowicą a wypornikiem.

[0032] Ukazany na figurach i opisany w przykładach wykonania silnik geotermalny stanowi silnik Stirlinga, wyposażony w co najmniej jeden element odbierający ciepło z górnego źródła ciepła i co najmniej jeden element oddający ciepło do dolnego źródła ciepła. Silnik geotermalny według wynalazku jest przystosowany do umieszczenia w otworze wiertniczym **17**.

[0033] Silnik geotermalny ma cylindryczny korpus **9** z głowicą **10**, w którym są umieszczone ruchomo wzdłuż osi korpusu tłok roboczy **1** oraz wypornik **2** z regeneratorem **3**, ponadto wał korbowy **4**, korbowód **5** tłoka roboczego **1** i korbowód **6** wypornika **2** oraz osadzony w gnieździe otworu wiertniczego **17** wymiennik ciepła **11** górotwór-głowica, który styka się z korpusem **9** silnika, zwłaszcza z głowicą **10** silnika, w sposób zapewniający optymalny przepływ ciepła. Tłok roboczy **1** jest przy tym elementem oddającym ciepło do dolnego źródła ciepła, zaś wymiennik ciepła **11** górotwór-głowica jest elementem odbierającym ciepło z górnego źródła ciepła. Tłok roboczy **1**, stanowiący równocześnie chłodnicę, jest jedynym elementem ruchomym na zewnątrz silnika. Dolna część wymiennika ciepła **11** górotwór-głowica jest przystosowana do odbioru ciepła z górotworu **18**, a jego górna część przystosowana jest do przekazywania ciepła do głowicy **10**.

[0034] Głowica **10** ma okrągły przekrój, którego średnica jest zbliżona do średnicy wypornika **2** oraz do średnicy tłoka roboczego **1**. Izolacja cieplna **12** silnika oddziela przestrzeń chłodzoną silnika od odpływu ciepła z górotworu **18** i stanowi jednocześnie część cylindrycznego korpusu **9** w zakresie dolnego zwrotnego położenia wypornika **2** i górnego zwrotnego położenia tłoka roboczego **1**. Izolacja cieplna **12** jest wykonana z materiału izolacyjnego o dużej wytrzymałości, np. ebonitu lub innego, o lepszych parametrach wytrzymałościowych, ścieralności i mniejszym przewodnictwie cieplnym.

[0035] Wał korbowy **4** jest zamknięty w korpusie **9** wewnątrz przestrzeni roboczej silnika, gdzie jest łożyskowany. Pomiedzy tłokiem roboczym **1** a wypornikiem **2** jest utworzona przestrzeń robocza silnika, w której znajduje się gaz roboczy, co przedstawiono na fig. 2a i 2b oraz fig. 3 a-d. Gazem roboczym może być na przykład hel, wodór lub dwutlenek węgla.

[0036] Wał korbowy **4** steruje i synchronizuje pracę wypornika **2** i tłoka roboczego **1**. Taka konstrukcja pozwala na to, że silnik może mieć budowę cylindryczną, co z kolei umożliwia jego łatwe umieszczenie w górotworze. Dodatkowo można dzięki temu uprościć konstrukcję silnika i zmniejszyć liczbę ruchomych elementów, jako że jedynym zewnętrznym elementem

ruchomym jest tłok roboczy **1**. Zmniejsza to awaryjność silnika przy zachowaniu jego wydajności. Dodatkowo przy takiej konstrukcji nie stosuje się tłoczyska wypornika, dzięki czemu nie jest wymagane jego uszczelnianie, gdyż nie wychodzi on na zewnątrz silnika, a wszystkie elementy są zamknięte wewnątrz silnika. W konstrukcji silnika z wałem korbowym **4** umieszczonym wewnątrz silnika, w wyporniku **2** i tłoku roboczym **1** muszą być wykonane specjalne wyłobienia, czyli przestrzenie, w których będzie się mógł pomieścić korbowód **5** tłoka roboczego **1** oraz korbowód **6** wypornika **2**, i wykorbienia wału, aby zapobiec kolizji pomiędzy tymi elementami.

[0037] Rolę chłodnicy, tj. elementu odbierającego ciepło od gazu roboczego, pełni tłok roboczy **1**. Tłok roboczy **1** jest wykonany z materiału o bardzo dużej przewodności cieplnej i jest z jednej strony omywany przez gaz roboczy, z drugiej zaś strony przez czynnik chłodzący, podawany przez przestrzeń **16**. Czynnikiem chłodzącym w tym przykładzie wykonania jest woda, może to być jednak również inny płyn o odpowiednich parametrach, np. skroplony gaz ziemny LNG, którego zastosowanie w silniku geotermalnym według wynalazku jest bardziej szczegółowo opisane poniżej.

[0038] W przypadku długiego wymiennika ciepła **11** górotwór-głowica można wstępnie zamontować w otworze jego część, a następnie za pomocą połączenia gwintowego przymocować część pozostałą wraz z silnikiem i pierwszą od silnika sekcją rur okładzinowych **13** silnika wraz z preizolowaną rurą centralną **15**, doprowadzającą z powierzchni czynnik chłodzący. Korzystne jest, jeżeli wewnętrzna część wymiennika ciepła **11** górotwór-głowica jest zalana wodą w celu wykorzystania konwekcyjnego transportu ciepła z dolnych warstw górotworu **18**, do których sięga wymiennik ciepła **11** górotwór-głowica, w celu poprawy wymiany ciepła z górotworem **18**. Sposób generowania energii przez silnik może być realizowany tak samo, jak w poprzednim przykładzie.

[0039] Regenerator **3** ma postać wykonanych w wyporniku **2** kanałów, w których jest umieszczone wypełnienie absorbujące i oddające ciepło. Wypełnienie regeneratora **3** jest wykonane z materiału o dużej pojemności cieplnej i dobrym przewodnictwie ciepła. Wypełnienie ma korzystnie strukturę np. wełny i jest korzystnie wykonane z miedzi lub stali, co pozwala na szybkie wnikanie ciepła z gazu do regeneratora **3** i odwrotnie. Regenerator **3** ciepła jest elementem kierującym równomierny strumień gazu bezpośrednio na powierzchnie wymiany ciepła po stronie grzewczej, tj. na głowicę **10**, i po stronie chłodzącej na tłok roboczy **1**. Jest to realizowane przez takie rozmieszczenie wypełnionych wełną kanałów regeneratora **3**, aby zarówno do głowicy **10**, jak też do tłoka roboczego **1** docierała równomiernie duża liczba małych strumieni gazu roboczego, intensywnie chłodzących i ogrzewających odpowiednio głowicę **10** i tłok roboczy **1**. Takie rozwiązanie ma korzystny wpływ na wymianę ciepła w silniku.

[0040] Tłok roboczy **1** jest połączony z urządzeniem generatorowo-rozruchowym **19**. Urządzenie generatorowo-rozruchowe **19** pełni rolę urządzenia rozruchowego dla silnika Stirlinga oraz służy jako generator energii elektrycznej. W celu rozruchu silnika geotermalnego według wynalazku urządzenie generatorowo-rozruchowe **19** pracuje w trybie rozruchowym i jest zasilane zewnętrznie energią elektryczną i przekształca ją w energię mechaniczną ruchu tłoka roboczego **1**. Po fazie rozruchu urządzenie generatorowo-rozruchowe **19** przestaje być zasilane energią elektryczną i wchodzi w tryb generatora, w którym przekształca wytwarzaną przez ruch tłoka

roboczego **1** energię mechaniczną w energię elektryczną, która może być następnie za pośrednictwem przewodów **20** przekazywana na powierzchnię otworu i dostarczana do energii do sieci energetycznej.

[0041] Urządzenie generatorowo-rozruchowe **19** może być urządzeniem liniowym, zamontowanym na tłoku roboczym **1**. W tym wariantcie w trybie rozruchowym energia elektryczna z powierzchni dostarczana jest do urządzenia generatorowo-rozruchowego **19**, które przetwarza ją na energię mechaniczną i inicjuje ruch tłoka roboczego **1**, powodując rozruch silnika. Po rozruchu silnika, urządzenie generatorowo-rozruchowe **19** przechodzi w tryb generatorowy, gdzie energia mechaniczna wytworzona ruchem tłoka roboczego **1** przetwarzana jest na energię elektryczną przez urządzenie generatorowo-rozruchowe **19** i wyprowadzana jest przewodami **20** na powierzchnię. Alternatywnie urządzenie generatorowo-rozruchowe **19** może być urządzeniem obrotowym zamontowanym na wale korbowym **4**. W tym wariantcie w trybie rozruchowym energia elektryczna z powierzchni dostarczana jest do urządzenia generatorowo-rozruchowego **19**, które przetwarza ją na energię mechaniczną inicjując ruch wału korbowego co powoduje ruch tłoka roboczego **1**, powodując rozruch silnika, zaś w trybie generatorowym przetwarza energię mechaniczną obrotu wału korbowego **4** w energię elektryczną. Umieszczenie urządzenia generatorowo-rozruchowego **19** w przestrzeni roboczej silnika chroni je przed korozją wskutek działania czynnika chłodzącego, np. wody. Konstrukcja liniowa jest przy tym prostsza i zajmuje mniej miejsca w przestrzeni roboczej silnika niż konstrukcja obrotowa, dodatkowo jest ona również bardziej wydajna.

[0042] Silnik ma ponadto opisany szczegółowo poniżej obieg czynnika chłodzącego do dostarczania do silnika chłodnego czynnika chłodzącego, odbierania z silnika ciepła przez chłodny czynnik chłodzący, wskutek czego zachodzi jego ogrzewanie, i przenoszenia ciepłego ogrzanego czynnika chłodzącego na powierzchnię otworu. Ciepły ogrzany czynnik chłodzący może służyć jako ciepła woda użytkowa, a także może stanowić źródło energii cieplnej dla powierzchniowych systemów centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej.

[0043] Obieg czynnika chłodzącego w silniku według wynalazku zawiera opisaną szczegółowo poniżej pompę, umieszczoną wzdłuż ścian otworu wiertniczego **17** rurę okładzinową **13** i umieszczoną osiowo w środkowej części otworu wiertniczego **17** wewnątrz rury okładzinowej **13**, preizolowaną rurę centralną **15**, przy czym przestrzeń pomiędzy rurą centralną **15** a rurą okładzinową **13** jest przystosowana do przepływu ciepłego czynnika chłodzącego, a wewnątrz rury centralnej **15** jest przystosowane do przepływu chłodnego czynnika chłodzącego, przy czym chłodny czynnik chłodzący stanowi dolne źródło ciepła i opływa tłok roboczy **1**, przy czym pompa składa się z tłoka roboczego **1** oraz zamocowanych do górnej części korpusu silnika, co najmniej jednego zaworu ssącego **7** i co najmniej jednego zaworu tłoczącego **8**. Dolna część rury centralnej **15** jest umieszczona w takiej odległości od górnej powierzchni tłoka roboczego **1**, że umożliwia swobodny przepływ czynnika chłodzącego do przestrzeni przepływu **14** ogrzanego czynnika chłodzącego. Usytuowanie rury okładzinowej **13** przy ścianach górotworu umożliwia dodatkowy odbiór ciepła z górotworu i dodatkowe ogrzewanie czynnika chłodzącego.

[0044] W izolacji rury centralnej **15** jest poprowadzona kanałem wiązka przewodów zasilająco-kontrolno-sterujących **20**. Przewody służą do rozruchu silnika, odbioru produkowanej przezeń

energii elektrycznej a także do kontrolowania parametrów pracy silnika, takich jak temperatura, ciśnienie, obroty, przepływ, pozycja zaworów itp. oraz do sterowania pracą silnika. Parametry silnika mierzy się za pomocą odpowiednio zamontowanych czujników i monitoruje za pomocą jednostki sterującej znajdującej się na powierzchni. Kontrola obrotów, pomiary temperatury lub ciśnienia są korzystnie wykonywane w kilku punktach, a dane mogą być przesyłane łączem cyfrowym jednym wspólnym przewodem.

[0045] Rozwiązanie według wynalazku ma prostą konstrukcję i zminimalizowaną liczbę części ruchomych, dzięki czemu nadaje się do umieszczania w otworach wiertniczych. Silnik według wynalazku pozwala na wykorzystywanie ciepła z górotworu do generowania energii, a także umożliwia pozyskiwanie energii cieplnej i wykorzystywanie jej do powierzchniowych systemów centralnego ogrzewania lub centralnej wody użytkowej, przy jednoczesnym znikomym zużyciu energii i bez konieczności transportu czynnika chłodzącego do silnika znajdującego się na powierzchni. Jednocześnie silnik według wynalazku charakteryzuje się wysoką sprawnością, szacowaną na $\frac{1}{2}$ sprawności teoretycznego obiegu Carnota dla danych warunków.

[0046] Przykład realizacji wynalazku obejmuje ponadto sposób pozyskiwania energii z górotworu za pomocą silnika geotermalnego, którego poszczególne etapy są przedstawione na fig. 3a-3d. Wymiennik ciepła **11** górotwór-głowica odbiera ciepło z górotworu **18** i następnie przekazuje to ciepło do stykającej się z nim głowicy **10**. Następnie ciepło głowicy **10** jest odbierane przez sprężony schłodzony gaz roboczy, znajdujący się w przestrzeni roboczej silnika. Jest to faza I pracy silnika, przedstawiona na fig. 3a, gdzie gaz roboczy jest sprężony pomiędzy głowicą **10** a wypornikiem **2**. Wypornik **2** znajduje się w górnym zwrotnym położeniu, a tłok roboczy **1** na skutek zwiększenia objętości gazu przesuwa się w górę silnika. W tej fazie ciśnienie gazu roboczego jest duże, a jego objętość rośnie. Wraz ze wzrostem temperatury gaz roboczy zwiększa swoją objętość, wymuszając ruch tłoka roboczego **1** do pozycji górnej, gdzie silnik przechodzi przez fazę II pracy, co przedstawiono na fig. 3b. W fazie II pracy tłok roboczy **1** znajduje się w górnym zwrotnym położeniu, wypornik **2** przetłacza gaz przez regenerador **3** do przestrzeni chłodzonej pomiędzy tłokiem roboczym **1** a wypornikiem **2**. W fazie II gaz roboczego osiąga maksymalną objętość. Następnie tłok roboczy **1** odbiera ciepło od ciepłego rozprężonego gazu roboczego i przekazuje je do zimnego czynnika chłodzącego, temperatura gazu roboczego po oddaniu ciepła zmniejsza się, wskutek czego jego ciśnienie maleje i gaz roboczy zmniejsza swoją objętość, wymuszając ruch tłoka roboczego **1** do pozycji dolnej, gdzie silnik znajduje się w fazie III pracy, co pokazano na fig. 3c. W fazie III tłok roboczy **1** podąża w dół, wypornik **2** znajduje się w dolnym zwrotnym położeniu, a gaz roboczy zmniejsza nadal swoją objętość. Następnie silnik wchodzi w IV fazę pracy jak pokazano na fig. 3d, gdzie tłok roboczy **1** znajduje się w dolnym zwrotnym położeniu, po czym będzie poruszał się do góry. Wypornik **2** porusza się do góry, przetłaczając gaz roboczy przez regenerador **3** z przestrzeni chłodzonej do przestrzeni ogrzewanej pomiędzy głowicą **10**, a wypornikiem **2**, zaś gaz osiąga swoją minimalną objętość. Następnie silnik powtórnie przechodzi kolejno fazy I, II, III, i IV. Praca tłoka roboczego **1** podczas faz I-IV jest przetwarzana w energię elektryczną za pomocą podłączonego do tłoka roboczego **1** urządzenia generatorowo-rozruchowego **19**. Urządzenie generatorowo-rozruchowe **19** może być liniowe lub obrotowe. Dodatkowo w następstwie ruchu tłoka roboczego **1** przymocowane do tłoka roboczego **1** zawory ssące **7** zasysają chłodny czynnik chł-

dzący do obiegu czynnika chłodzącego i tłok roboczy **1** pompuje ten czynnik przez układ chłodzący, czyli własną powierzchnię od strony medium chłodzącego. Następnie na powierzchnię jest wypompowywany ogrzany ciepłem górotworu, ciepły czynnik chłodzący, którego ciepło może być dalej wykorzystane do celów ogrzewniczych lub pozyskiwania ciepłej wody użytkowej.

[0047] Przedstawiony sposób umożliwia generowanie bezpośrednio w otworze wiertniczym energii mechanicznej lub elektrycznej z pominięciem konieczności transportu czynnika chłodzącego do silnika znajdującego się na powierzchni. Praca wyporowa tłoka roboczego **1** zwiększa zawirowanie czynnika chłodzącego po stronie pompowej tłoka roboczego **1**, co poprawia wymianę ciepła, a zatem sprawność i wydajność silnika.

[0048] Praca tłoka roboczego **1** przez działanie zaworów ssących i tłoczących powoduje pompowanie czynnika chłodzącego przez układ chłodzenia silnika geotermalnego, nie ma więc konieczności zewnętrznego wymuszania przepływu czynnika roboczego, co zmniejsza straty konwersji energii pomiędzy silnikiem, a zewnętrzną pompą obiegową czynnika chłodzącego silnik.

[0049] W korzystnym przykładzie wykonania, ukazanym na figurach, zawór ssący **7** jest zamontowany przyosiowo w otworze wiertniczym **17**, zaś zawory tłoczące **8** są zamontowane na obwodzie otworu wiertniczego **17**. Zimny czynnik chłodzący jest zasysany z powierzchni rurą **15** przez przestrzeń przepływu **16** chłodnego czynnika i przez zawór ssący **7**. Następnie czynnik chłodzący odbiera ciepło z tłoka roboczego **1**, powodując chłodzenie silnika i gazu w przestrzeni roboczej, po czym zamontowany na obwodzie części pompowej silnika **17** zawór tłoczący **8** tłoczy czynnik chłodzący do zewnętrznej pierścieniowej części otworu, powodując jego wypompowywanie na powierzchnię otworu. Rozmieszczenie zaworów ssących i tłoczących na przekroju poprzecznym silnika nie jest jednak ograniczone do przedstawionego przykładu wykonania. Sposób generowania energii przez silnik może być realizowany tak samo, jak w poprzednim przykładzie.

[0050] Kolejny przykład wykonania silnika geotermalnego różni się od opisanych powyżej tym, że dodatkowo geotermalny silnik jest połączony ze stacją regazyfikacji LNG. Czynnikiem chłodzącym jest wówczas skroplony gaz ziemny (LNG, ang Liquidify Natural Gas), podawany do otworu wiertniczego w celu jego regazyfikacji. Gaz, chłodząc silnik jako dolne źródło ciepła, odbiera przezeń ciepło od górotworu **18**. W takiej sytuacji w wyniku znacznego obniżenia temperatury dolnego źródła ciepła spowodowanego bardzo niską temperaturą LNG tj. poniżej -162°C , a co za tym idzie znacznego zwiększenia różnicy temperatur pomiędzy górnym a dolnym źródłem ciepła dla silnika, uzyskuje się znaczny wzrost wydajności i sprawności geotermalnego silnika otworowego Stirlinga z wewnętrznym wałem korbowym. Przy takim wykorzystaniu silnika należy pamiętać, by wewnętrzny kanał podający LNG do chłodnicy silnika miał o wiele mniejszy przekrój niż kanał zewnętrzny, gdyż przy regazyfikacji następuje znaczne zwiększenie objętości czynnika chłodzącego, co jest pomijalne w wypadku czynnika chłodzącego, gdzie po odebraniu ciepła nie zmienia się stan skupienia np. wody gdzie przekroje obu kanałów mogą być takie same. W tym przypadku sposób generowania energii przez silnik geotermalny różni się od poprzednich przykładów tym, że czynnikiem chłodzącym jest skroplony gaz ziemny, który pompowany przez zawory ssące **7** i tłoczące **8**, odbierając ciepło

od tłoka roboczego **1** ulegając regazyfikacji, jest następnie w stanie gazowym wyprowadzany przestrzenią **14** z otworu wiertniczego na powierzchnię.

[0051] Silnik według wynalazku może być umieszczany zarówno w istniejących otworach wiertniczych, jak też w specjalnie do tego celu wywierconym otworze wiertniczym, przy czym otwór wiertniczy **17** powinien być wywiercony do poziomów o wysokiej temperaturze górotworu **18**, ponieważ zapewnia to efektywną pracę silnika.

[0052] Parametrem wpływającym pozytywnie na pracę silnika jest temperatura górotworu i płynów w nim zawartych (woda, ropa naftowa, gaz ziemny) oraz przewodność cieplna górotworu. Silnik będzie miał lepszą wydajność w obszarach o wysokim gradiencie geotermalnym w połączeniu z jak najniższą temperaturą czynnika chłodzącego, bowiem zmniejszenie głębokości otworu wiertniczego zmniejsza koszty inwestycji. Aby uzyskać temperatury powyżej 100 C, otwór wiertniczy **17** w warunkach standardowych powinien mieć głębokość większą niż 3000 m p.p.t. lub silnik powinien być instalowany w strefach wysokiej aktywności termicznej skorupy ziemskiej.

[0053] Górotwór **18** może być zarówno suchy, tj. niezawodniony, jak też zawodniony. W przypadku górotworu suchego, korzystne jest, jeżeli ma on wysoki współczynnik przewodzenia ciepła, gdyż gwarantuje to właściwy dopływ ciepła do wymiennika ciepła **11** górotwór-głowica i dalej do silnika, co jest wprost proporcjonalne do wydajności silnika. Natomiast duża porowatość i przepuszczalność górotworu zawodnionego oddziałuje korzystnie na dopływ ciepła do wymiennika ciepła.

[0054] Na dnie otworu wiertniczego **17** przygotowuje się gniazdo do instalacji silnika. Poniżej gniazda montuje się elementy przewodzące ciepło do wymiennika grzewczego silnika z części górotworu **18** położonej poniżej silnika. Następnie w przygotowanym gnieździe montuje się wymiennik ciepła **11** górotwór-głowica, odbierający ciepło od górotworu **18** i przekazujący je do głowicy **10** silnika, podgrzewając gaz włączany przez wypornik **2** do gorącej części przestrzeni roboczej silnika pomiędzy głowicę **10** a wypornik **2**. Wymiennik ciepła **11** górotwór-głowica może być połączony nie tylko z korpusem **9** silnika, lecz również z pierwszą sekcją rur okładzinowych **13**. Takie rozwiązanie gwarantuje dobre pod kątem przewodzenia ciepła połączenie tych trzech elementów na powierzchni przed opuszczeniem do otworu wiertniczego **17**.

[0055] W przypadku długiego wymiennika ciepła **11** górotwór-głowica można wstępnie zamontować w otworze jego część, a następnie za pomocą połączenia gwintowego przymocować część pozostałą wraz z silnikiem i pierwszą od silnika sekcją rur okładzinowych **13** silnika wraz z preizolowaną rurą centralną **15**, doprowadzającą z powierzchni czynnik chłodzący. W miarę opuszczania do otworu silnika z kolejnymi sekcjami rury centralnej **15** należy zamykać w specjalnym kanale, lub przyczepiać specjalnymi uchwyty wiązki przewodów zasilająco-sterująco-kontrolnych **20** na zewnętrznej stronie izolacji rury centralnej **15**. Korzystne jest, jeżeli wewnętrzna część wymiennika ciepła **11** górotwór-głowica jest zalana wodą w celu wykorzystania konwekcyjnego transportu ciepła z dolnych warstw górotworu **18**, do których sięga wymiennik ciepła **11** górotwór-głowica, w celu poprawy wymiany ciepła z górotworem **18**. Sposób generowania energii przez silnik może być realizowany tak samo, jak w poprzednim przykładzie.

[0056] Rura centralna **15** powinna być tak zamocowana, by znajdowała się osiowo w środkowej części otworu. Na powierzchni wykonuje się odpowiednie przyłącza hydrauliczne do głowicy eksploatacyjnej otworu, w ten sposób, by zapewniały one dostarczanie zimnego czynnika chłodzącego do przestrzeni **16** wewnętrznej rury centralnej **15** oraz odbiór ogrzanego w otworze czynnika chłodzącego z przestrzeni **14** i przekazywanie do części napowierzchniowej instalacji.

[0057] Następnie wykonuje się przyłącze elektryczne silnika zintegrowanego z pompą wymuszającą obieg czynnika chłodzącego i wykonuje się przyłącze systemu sterowania i kontroli

[0058] Następnie podłącza się instalacje hydrauliczną do wymienników ciepła napowierzchniowych obiegów grzewczych (tj. centralnego ogrzewania lub centralnej sieci wody użytkowej) lub chłodnicy czynnika chłodzącego, podawanego do otworu rurą centralną **15**. Dla instalacji regazyfikacji LNG, należy wykonać przyłącze dostarczające LNG do przestrzeni **16** rury centralnej **15** oraz odbierające gaz z przestrzeni **14** rur okładzinowej **13**. Po sprawdzeniu poprawności instalacji wszystkich elementów inicjuje się pracę pompową silnika ze zintegrowaną pompą, zwłaszcza w postaci zaworów ssących **7** i tłoczących **8** umieszczonych na górnej części korpusu silnika, wymuszając obieg czynnika chłodzącego, na skutek czego chłodny czynnik chłodzący jest wtłaczany do otworu przez rurę centralną **15**, chłodzi tłok roboczy **1** działający jako chłodnica silnika, tworząc różnicę temperatur pomiędzy górnym i dolnym źródłem ciepła silnika, przez co wymusza pracę generacyjną silnika.

Wykaz odnośników

- 1 tłok roboczy
- 2 wypornik
- 3 regenerator
- 4 wał korbowy
- 5 korbowód tłoka roboczego 1
- 6 korbowód wypornika 2
- 7 zawór ssący
- 8 zawór tłoczący
- 9 korpus silnika
- 10 głowica
- 11 wymiennik ciepła górotwór-głowica
- 12 izolacja cieplna silnika
- 13 rura okładzinowa
- 14 przestrzeń przepływu ogrzanego czynnika chłodzącego
- 15 rura centralna
- 16 przestrzeń przepływu chłodnego czynnika chłodzącego
- 17 otwór wiertniczy
- 18 górotwór
- 19 urządzenie generatorowo-rozruchowe
- 20 wiązka przewodów sterująco-zasilających

Zastrzeżenia patentowe

1. Silnik geotermalny z co najmniej jednym elementem odbierającym ciepło z górnego źródła ciepła i co najmniej jednym elementem oddającym ciepło do dolnego źródła ciepła, przystosowany do umieszczenia go w otworze wiertniczym i mający obieg czynnika chłodzącego,

przy czym silnik geotermalny ma cylindryczny korpus z głowicą, w którym są umieszczone ruchomo wzdłuż osi korpusu tłok roboczy oraz wypornik z regeneratorem, ponadto wał korbowy, korbowód tłoka roboczego i korbowód wypornika, wymiennik ciepła górotwór-głowica oraz urządzenie generatorowo-rozruchowe do przekształcania energii elektrycznej w energię mechaniczną do rozruchu silnika i przekształcania energii mechanicznej wytwarzanej przez silnik w energię elektryczną,

przy czym obieg czynnika chłodzącego zawiera zintegrowaną z silnikiem pompę, umieszczoną wzdłuż ścian otworu wiertniczego rurę okładzinową oraz umieszczoną osiowo w środkowej części otworu wiertniczego, preizolowaną rurę centralną, przy czym wewnątrz rury okładzinowej pomiędzy rurą centralną a rurą okładzinową znajduje się przestrzeń przepływu ogrzanego czynnika chłodzącego, zaś wewnątrz rury centralnej znajduje się przestrzeń przepływu chłodnego czynnika chłodzącego, przy czym chłodny czynnik chłodzący stanowi dolne źródło ciepła i opływa górną powierzchnię tłoka roboczego,

znamienny tym, że

co najmniej jeden element oddający ciepło do dolnego źródła ciepła stanowi tłok roboczy (1), a co najmniej jeden element odbierający ciepło z górnego źródła ciepła stanowi wymiennik ciepła (11) górotwór-głowica,

wymiennik ciepła (11) górotwór-głowica jest osadzony swoją dolną częścią w gnieździe na dnie otworu wiertniczego (17), zaś swoją górną częścią styka się z korpusem (9) silnika, zwłaszcza z głowicą (10) silnika,

urządzenie generatorowo-rozruchowe (19) i wał korbowy (4) są umieszczone wewnątrz przestrzeni roboczej silnika, w której znajduje się gaz roboczy, pomiędzy tłokiem roboczym (1) a wypornikiem (2),

regenerator (3) ma postać rozmieszczonych w wyporniku (2) kanałów, w których znajduje się wypełnienie absorbujące i oddające ciepło, i

pompa zawiera tłok roboczy (1) oraz, umieszczone na górnej części korpusu (9) silnika, co najmniej jeden zawór ssący (7) i co najmniej jeden zawór tłoczący (8).
2. Silnik według zastrz. 1, **znamienny tym, że** urządzenie generatorowo-rozruchowe (19) jest urządzeniem o budowie liniowej, zamontowanym na tłoku roboczym (1).
3. Silnik według zastrz. 1, **znamienny tym, że** urządzenie generatorowo-rozruchowe (19) jest urządzeniem o budowie obrotowej, zamontowanym na wale korbowym (4).

4. Silnik według zastrz. 1, **znamienny tym, że** co najmniej jeden zawór ssący (7) jest zamontowany przyosiowo w otworze wiertniczym (17) i/lub co najmniej jeden zawór tłoczący (8) jest zamontowany na obwodzie otworu wiertniczego (17).
5. Silnik według jednego z zastrz. 1 do 4, **znamienny tym, że** gaz roboczy stanowi hel, wodór lub dwutlenek węgla.
6. Silnik według jednego z zastrz. 1 do 5, **znamienny tym, że** czynnik chłodzący stanowi woda.
7. Silnik według jednego z zastrz. 1 do 5, **znamienny tym, że** jest połączony ze stacją regazyfikacji LNG, a czynnikiem chłodzącym jest skroplony gaz ziemny LNG.
8. Sposób pozyskiwania energii z górotworu za pomocą zamontowanego w otworze górotworu silnika geotermalnego według jednego z zastrz. 1 do 7, **znamienny tym, że** inicjuje się ruch tłoka roboczego (1) oraz wymusza przepływ i zmianę objętości znajdującego się wewnątrz silnika gazu roboczego, dostarczając energię mechaniczną potrzebną do uruchomienia silnika za pomocą zasilanego zewnątrz z powierzchni i pracującego w trybie rozruchowym urządzenia generatorowo-rozruchowego (19), po czym przełącza się urządzenie generatorowo-rozruchowe (19) na tryb generatorowy, następnie ogrzewa się sprężony gaz roboczy ciepłem pobieranym z górotworu przez wymiennik ciepła (11) górotwór-głowica i głowicę (10) korpusu (9) silnika, przemieszczając tłok w górę silnika aż do górnego położenia zwrotnego, w którym objętość gazu roboczego w wewnętrznej przestrzeni silnika osiąga wartość maksymalną, po czym odbiera się ciepło od ogrzanego rozprężonego gazu roboczego za pomocą tłoka roboczego (1) i przekazuje się je do zimnego czynnika chłodzącego, zmniejszając jego objętość i wymuszając ruch tłoka roboczego (1) do dolnego położenia zwrotnego, w którym objętość gazu roboczego w wewnętrznej przestrzeni silnika osiąga wartość minimalną, po czym powtarza się kolejno wszystkie etapy sposobu, przetwarzając energię mechaniczną ruchu tłoka roboczego za pomocą pracującego w trybie generatorowym urządzenia generatorowo-rozruchowego (19) w energię elektryczną, którą wyprowadza się przewodami (20) na powierzchnię, i tłocząc ogrzany czynnik chłodzący za pomocą co najmniej jednego zaworu tłoczącego (8) przez obieg czynnika chłodzącego na powierzchnię.
9. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym, że** jako gaz roboczy stosuje się hel, wodór lub dwutlenek węgla.
10. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym, że** jako czynnik chłodzący stosuje się wodę, którą po ogrzaniu wyprowadza się na powierzchnię i wykorzystuje np. w ogrzewnictwie i sieci dostarczającej ciepłą wodę użytkową.
11. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym, że** jako czynnik chłodzący stosuje się skroplony gaz ziemny, który zasysa się za pomocą co najmniej jednego zaworu ssącego (7) i co najmniej jednego zaworu tłoczącego (8), odbierając ciepło od tłoka roboczego (1),

poddaje regazyfikacji, a następnie w stanie gazowym wyprowadza przez przestrzeń (14) z otworu wiertniczego (17) na powierzchnię.

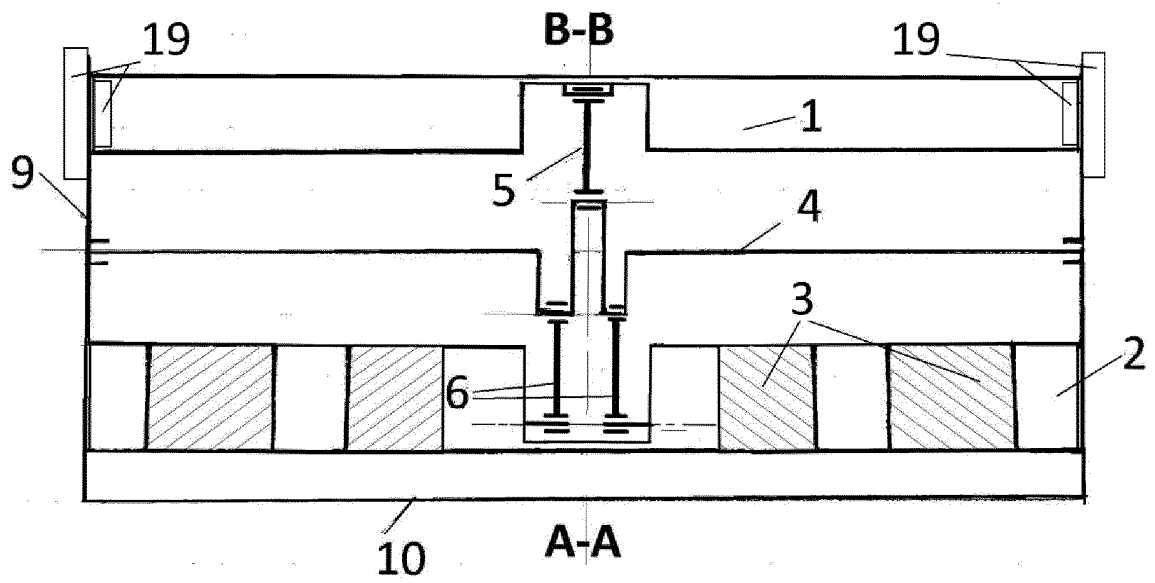


Fig 2a

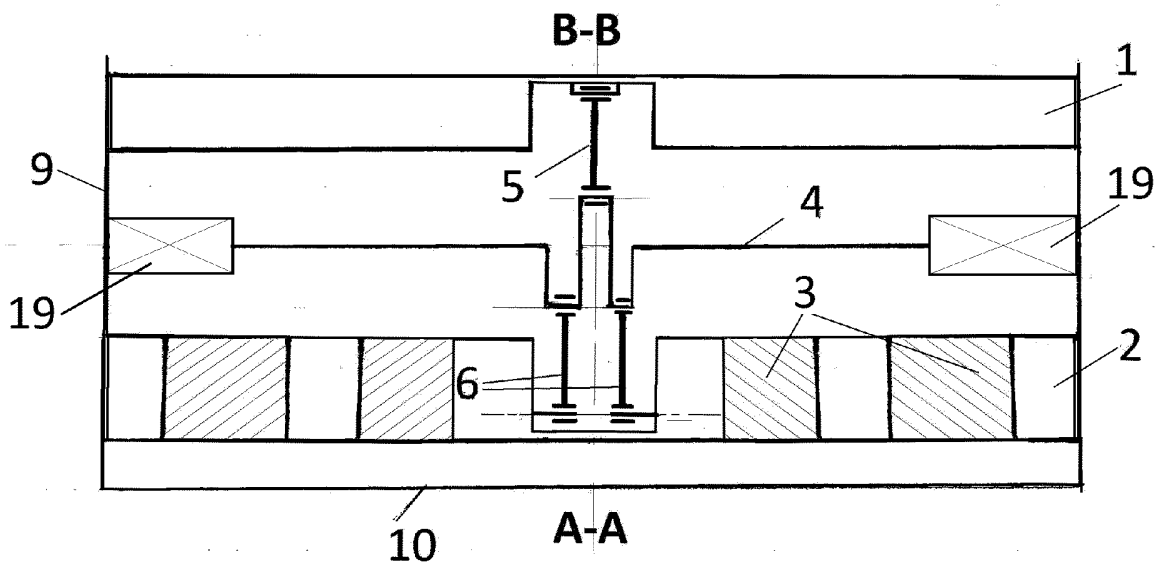


Fig. 2b

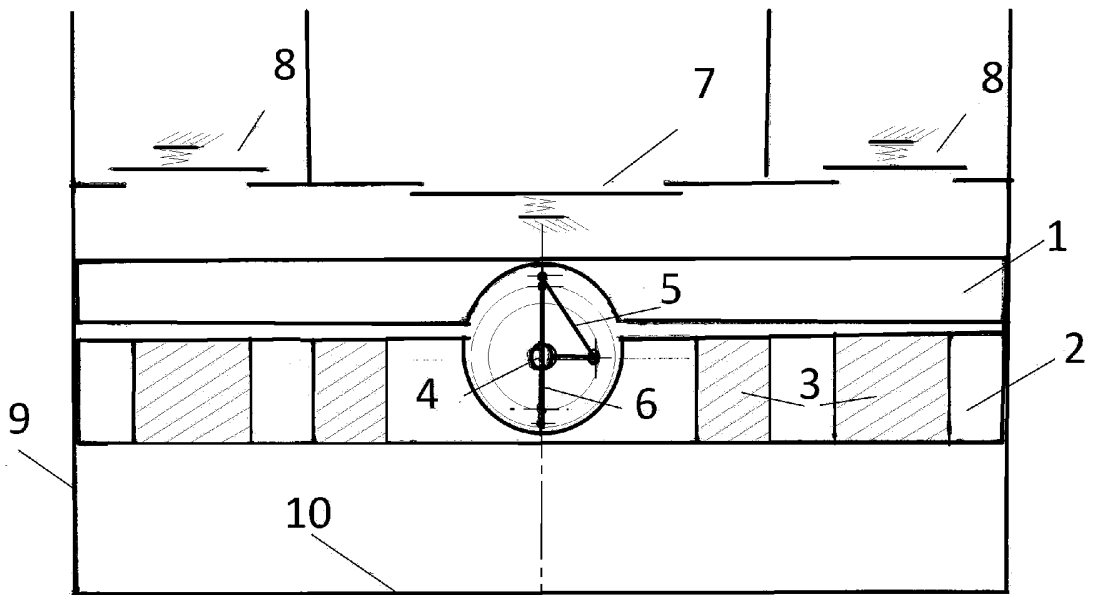


Fig. 3a

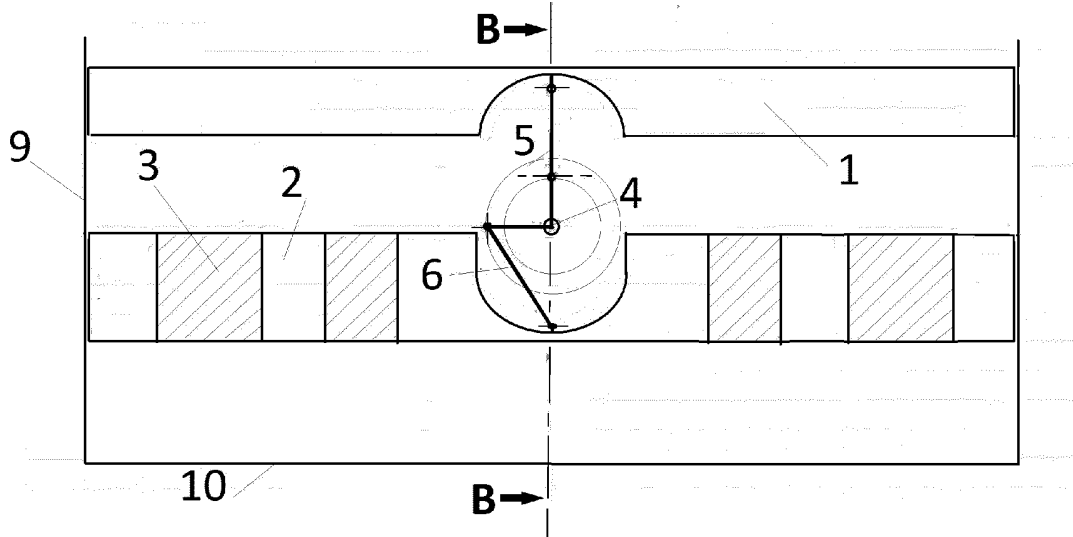


Fig. 3b

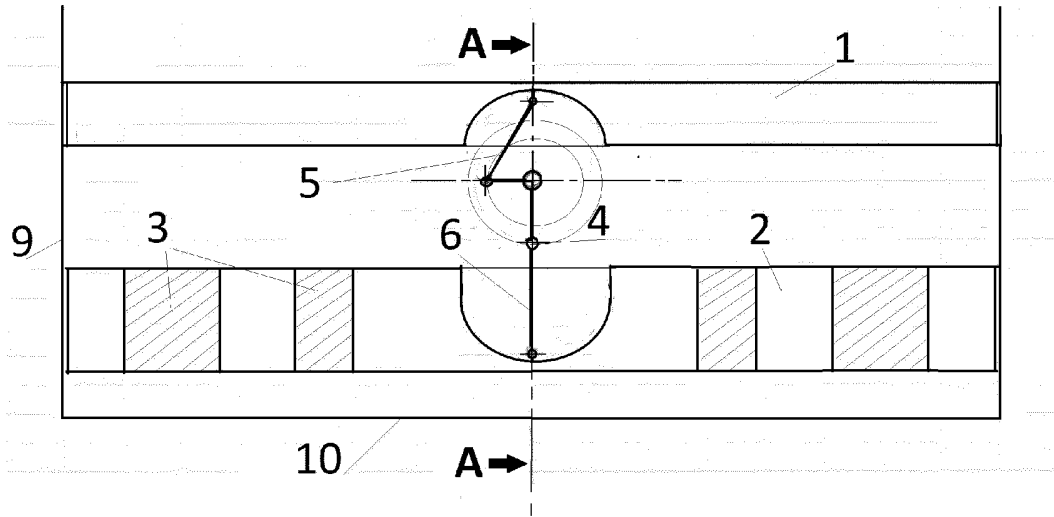


Fig. 3c

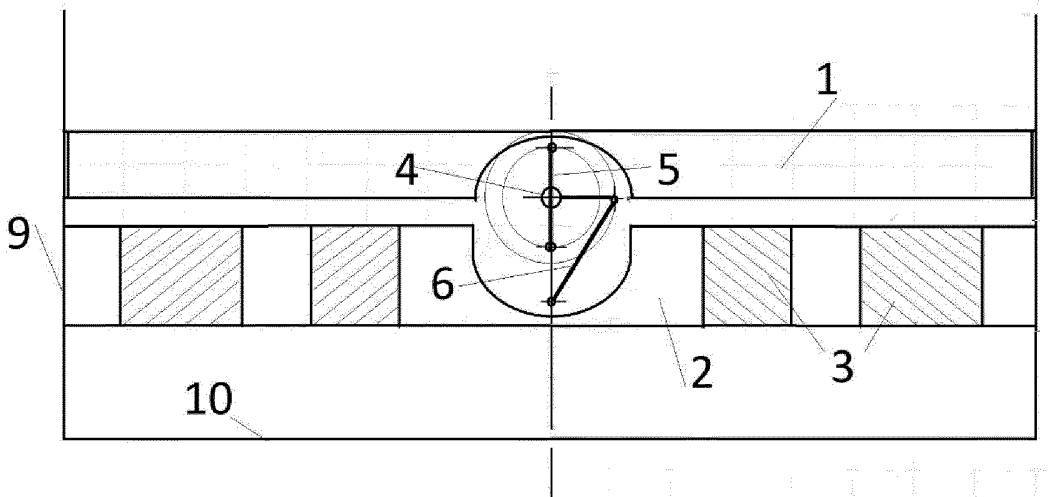


Fig. 3d



SPRAWOZDANIE O STANIE TECHNIKI DO ZGŁOSZENIA NR P.449896

Klasyfikacja zgłoszenia: F03G 4/00, F02G 1/043		
Podklasy w których prowadzono poszukiwania: F03G4 F02G1		
Bazy komputerowe w których prowadzono poszukiwania: Bazy EPO AbS bazy UPRP		
Kategoria dokumentu	Dokumenty - z podaną identyfikacją	Odniesienie do zastrz.
A	EP2682689 B1 (ROHÖL AUFSUCHUNGS AG [AT]) 09-12-2015	1-11
A	US2010223924 A1 (CARGILL EDWARD JAMES [CA]) 09-09-2010	1-11
A	JPH1122550 A (MORIKAWA SANGYO) 26-01-1999	1-11
A	WO2012129331 A1 (LAKIC NIKOLA [US]) 27-09-2012	1-11
<input type="checkbox"/> Dalszy ciąg wykazu dokumentów na następnej stronie		
<p>A – dokument określający ogólny stan techniki, który nie jest uważany za posiadający szczególne znaczenie, E – dokument stanowiący wcześniejsze zgłoszenie lub patent, ale opublikowany w lub po dacie zgłoszenia, L – dokument, który może poddawać w wątpliwość zastrzegane pierwszeństwo(-wa), lub przytoczony w celu ustalenia daty publikacji innego cytowanego dokumentu lub z innego szczególnego powodu, O – dokument odnoszący się do ujawnienia ustnego przez zastosowanie, wystawienie lub ujawnienie w inny sposób, P – dokument opublikowany przed datą zgłoszenia, ale później niż zastrzegana data pierwszeństwa, T – dokument późniejszy, opublikowany po dacie zgłoszenia lub w dacie pierwszeństwa i niebędący w konflikcie ze zgłoszeniem, ale cytowany w celu zrozumienia zasad lub teorii leżących u podstaw wynalazku, X – dokument o szczególnym znaczeniu; zastrzegany wynalazek nie może być uważany za nowy lub nie może być uważany za posiadający poziom wynalazczy, jeżeli ten dokument brany jest pod uwagę samodzielnie, Y – dokument o szczególnym znaczeniu; zastrzegany wynalazek nie może być uważany za posiadający poziom wynalazczy, jeżeli ten dokument zostanie połączony z jednym lub kilkoma tego typu dokumentami, a takie połączenie będzie oczywiste dla znawcy, & – dokument należący do tej samej rodziny patentowej.</p>		

Sprawozdanie wykonał/-a:

 Bartłomiej Tutka
 Ekspert

Data:

30.06.2025

Podpis:

 /podpisano kwalifikowanym podpisem elektronicznym/
 Pismo wydane w formie dokumentu elektronicznego

Uwagi do zgłoszenia

Sprawozdanie zostało wykonane w oparciu o zastrz. z dnia 26.09.2024 r.