

明 細 書

発明の名称：

地中熱利用システム、制御装置、制御方法、プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、地中熱利用システム、制御装置、制御方法、プログラムに関する。

本願は、2021年5月6日に出願された特願2021-78634号に対して優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 近年、地下水を温熱源又は冷熱源として利用する地中熱利用システムが提案されている。

[0003] 例えば、特許文献1には、2本の井戸に、それぞれ揚水管及び還元管を挿入し、揚水管を通して一方の井戸の地下水をポンプでくみ上げて揚水し、熱利用した後の地下水を他方の井戸の還元管を通して注水する地下水熱交換装置が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2011-21804号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に開示された地下水熱交換装置において、注水井戸への注水温度を一定にするには、負荷や外気温等に応じて注水流量を調整する必要がある。

しかし、特許文献1に開示された構成では、注水流量の調整は、ポンプのみで行うこととなり、注水流量の調整を、より一層、しやすくすることが望まれる。

[0006] 本開示は、上記課題を解決するためになされたものであって、流量調整を

しやすくすることができる地中熱利用システム、制御装置、制御方法、プログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するために、本開示に係る地中熱利用システムは、井戸と、前記井戸へ延びる側に端部を有する配管と、前記配管に設けられた熱交換器とを備え、前記配管は、前記端部に、前記井戸内の地下水を揚水可能なポンプに接続された揚水管と、それぞれ流量調整弁を備えた複数本の注水管とを備える。

[0008] 本開示に係る制御装置は、一对の井戸のうち一方の前記井戸に設けられた揚水管から地下水をくみ上げるよう、前記揚水管に設けられたポンプを動作させるポンプ動作制御部と、前記揚水管からくみ上げられた地下水が熱交換器を経て、他方の前記井戸に設けられた複数本の注水管を通して前記他方の井戸に所定の流量で注水されるよう、複数本の前記注水管のそれぞれに設けられた流量調整弁の開度を調整する弁開度制御部とを備える。

[0009] 本開示に係る制御方法は、一对の井戸のうち一方の前記井戸に設けられた揚水管から地下水をくみ上げるよう、前記揚水管に設けられたポンプを動作させ、前記揚水管からくみ上げられた地下水が熱交換器を経て、他方の前記井戸に設けられた複数本の注水管を通して前記他方の井戸に所定の流量で注水されるよう、複数本の前記注水管のそれぞれに設けられた流量調整弁の開度を調整する。

[0010] 本開示に係るプログラムは、コンピュータに、一对の井戸のうち一方の前記井戸に設けられた揚水管から地下水をくみ上げるよう、前記揚水管に設けられたポンプを動作させ、前記揚水管からくみ上げられた地下水が熱交換器を経て、他方の前記井戸に設けられた複数本の注水管を通して前記他方の井戸に所定の流量で注水されるよう、複数本の前記注水管のそれぞれに設けられた流量調整弁の開度を調整する方法を実行させる。

発明の効果

[0011] 本開示の地中熱利用システム、制御装置、制御方法、プログラムによれば

、流量調整をしやすくすることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本開示の実施形態に係る地中熱利用システムの概略構成を示す図である。

[図2]本開示の実施形態に係る地中熱利用システムの系統図である。

[図3]本開示の実施形態に係る制御装置のブロック図である。

[図4]本開示の実施形態に係る制御方法の手順を示すフローチャートである。

[図5]本開示の実施形態に係る制御装置が備えるコンピュータのハードウェア構成の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本開示に係る実施形態について、図面を用いて説明する。すべての図面において同一または相当する構成には同一の符号を付し、共通する説明は省略する。

[0014] <実施形態>

本開示に係る地中熱利用システムの実施形態について、図1～図4を参照して説明する。

(地中熱利用システムの構成)

図1、図2に示すように、地中熱利用システム1は、井戸2と、配管3と、熱交換器4と、流量調整システム7とを主に備える。

例えば、地中熱利用システム1は、井戸2を一对備えてもよい。

[0015] (井戸の構成)

図1に示すように、一对の井戸2は、地上OGから帯水層LY内に延びている。

例えば、一对の井戸2は、第一井戸2Aと、第二井戸2Bとを備える。

地中熱利用システム1は、第一井戸2Aおよび第二井戸2Bのうち的一方から地下水をくみ上げ、熱交換器4で熱交換を行った後、第一井戸2Aおよび第二井戸2Bのうちの他方に熱交換後の地下水を注入する。つまり、地中熱利用システム1は、第一井戸2Aから地下水をくみ上げて第二井戸2Bに

注水する場合と、第二井戸 2 B から地下水をくみ上げて第一井戸 2 A に注水する場合の、2 つの運転モードを有する。

ここで以下の説明においては、第一井戸 2 A および第二井戸 2 B のうち、地下水をくみ上げる側を揚水井戸 2 1 と称し、第一井戸 2 A および第二井戸 2 B のうち、地下水を注水する側を注水井戸 2 2 と、称する。つまり、第一井戸 2 A、第二井戸 2 B は、それぞれ揚水井戸 2 1 として機能する場合と、注水井戸 2 2 として機能する場合とがある。

ただし、以下においては、説明を簡略化するため、第一井戸 2 A を揚水井戸 2 1 とし、第二井戸 2 B を注水井戸 2 2 として、熱交換器 4 で熱交換を行う場合を中心に説明する。

[0016] 各井戸 2 は、地上 O G から帯水層 L Y に至る地下に向かって掘削された掘削孔 H O L に埋め込まれたケーシング 2 a を備える。

ケーシング 2 a は、上下方向に延びる筒状である。

[0017] 各井戸 2 は、上部に開口 2 c を有する。

例えば、開口 2 c は、ケーシング 2 a の上部の開口であってもよい。

[0018] ケーシング 2 a は、例えば複数のスリットからなるストレーナ 2 b を有する。

ストレーナ 2 b によって、井戸 2 は、帯水層 L Y の地下水をケーシング 2 a の内部に取り込んだり、ケーシング 2 a の内部から帯水層 L Y へ地下水を戻したりできるように構成されている。

例えば、ケーシング 2 a の上部の開口には、開口を閉塞する井戸蓋（図示無し）が設けられてもよい。

[0019] （配管の構成）

図 1、図 2 に示すように、配管 3 は、井戸 2 へ延びる側に端部を有する。

配管 3 は、端部に、揚水管 7 1 と、複数本の注水管 7 5 とを備えている。

例えば、配管 3 は、一对の井戸 2 の各井戸 2 へ延びる側の端部に、揚水管 7 1 と、複数本の注水管 7 5 とを備えてもよい。

例えば、本実施形態において、配管 3 は、一对の井戸 2 の双方側の端部に

、それぞれ、揚水管 7 1 と、複数本の注水管 7 5 とを備えている。つまり、配管 3 は、第一井戸 2 A 側の端部 3 a と、第二井戸 2 B 側の端部 3 b とに、それぞれ揚水管 7 1 と、複数本の注水管 7 5 とを備えている。

揚水管 7 1 と、複数本の注水管 7 5 とは、配管 3 の端部 3 a、3 b から、それぞれ分岐して設けられている。

[0020] 揚水管 7 1 は、地上 O G から井戸 2 の内部に延びている。

揚水管 7 1 は、井戸 2 の地下水に両端が浸漬されていてもよい。

揚水管 7 1 は、揚水管 7 1 が設けられた側の井戸 2 が揚水井戸 2 1 として機能する場合に、井戸 2（揚水井戸 2 1）から地下水を揚水する。

[0021] 揚水管 7 1 には、ポンプ 7 2 が設けられている。

ポンプ 7 2 は、井戸 2 から配管 3 に揚水する。

例えば、ポンプ 7 2 は、井戸 2 が揚水井戸 2 1 として機能する場合に、井戸 2 から配管 3 に揚水する。

例えば、ポンプ 7 2 は、配管 3 内へ井戸 2 内の地下水をくみ上げててもよい。

例えば、ポンプ 7 2 は、揚水管 7 1 に設けられ、各井戸 2 内の地下水に浸漬されていてもよい。

例えば、ポンプ 7 2 は、インバータ制御により出力を変更できてもよい。

[0022] 揚水管 7 1 には、逆止弁 7 3 が設けられている。

逆止弁 7 3 は、揚水管 7 1 において、ポンプ 7 2 よりも熱交換器 4 側に設けられている。

逆止弁 7 3 は、揚水管 7 1 と配管 3 の端部 3 a、3 b との接続部よりもポンプ 7 2 側に設けられている。

逆止弁 7 3 は、逆止弁 7 3 が設けられた側の井戸 2 において、配管 3 から注水管 7 5 を通して注水を行う場合に、注水される地下水の一部がポンプ 7 2 に逆流するのを抑える。

[0023] 配管 3 の各井戸 2（第一井戸 2 A、第二井戸 2 B）側の端部 3 a、3 b において、複数本の注水管 7 5 は、それぞれ地上 O G から井戸 2 の内部に延び

ている。

各注水管 7 5 は、井戸 2 の地下水に両端が浸漬されていてもよい。

本実施形態において、注水管 7 5 は、例えば 2 本設けられている。

複数の注水管 7 5 は、3 本以上が設けられていてもよい。

複数の注水管 7 5 は、複数の注水管 7 5 が設けられた井戸 2 が注水井戸 2 2 として機能する場合に、井戸 2（注水井戸 2 2）に地下水を注水する。

[0024] 複数本の注水管 7 5 は、管径が互いに異なってもよい。

本実施形態において、複数本の注水管 7 5 は、小径注水管 7 5 A と、大径注水管 7 5 B とを備える。

小径注水管 7 5 A は、大径注水管 7 5 B よりも管径が小さい。

大径注水管 7 5 B は、小径注水管 7 5 A よりも管径が大きい。

小径注水管 7 5 A、大径注水管 7 5 B は、それぞれ揚水管 7 1 よりも管径が小さくてもよい。

小径注水管 7 5 A、および大径注水管 7 5 B は、小径注水管 7 5 A の流路断面積と大径注水管 7 5 B の流路断面積との和が、揚水管 7 1 の流路断面積以上であるようにしてもよい。

[0025] 複数の注水管 7 5 のそれぞれには、流量調整弁 7 7 が設けられている。

小径注水管 7 5 A には、流量調整弁 7 7 として小径流量調整弁 7 7 A が設けられている。

大径注水管 7 5 B には、流量調整弁 7 7 として大径流量調整弁 7 7 B が設けられている。

小径流量調整弁 7 7 A は、大径流量調整弁 7 7 B よりも口径が小さい。

小径流量調整弁 7 7 A は、小径注水管 7 5 A の管径に合わせた口径を有している。

大径流量調整弁 7 7 B は、大径注水管 7 5 B の管径に合わせた口径を有している。

[0026] 流量調整弁 7 7 は、注水管 7 5 を流れる地下水の流量を調整する。

流量調整弁 7 7 は、井戸 2 が注水井戸 2 2 として機能する場合に、注水井

戸 2 2 に設けられた注水管 7 5 を流れる地下水の流量を調整する。

流量調整弁 7 7 は、その開度を調整することで、流量調整弁 7 7 が設けられた注水管 7 5 における地下水の流量を調整できる。

流量調整弁 7 7 は、地中熱利用システム 1 の運転を停止する場合に、流量調整弁 7 7 を全閉とした後にポンプ 7 2 の動作を停止させるようにしてもよい。これにより、地中熱利用システム 1 は、配管 3 内の地下水を加圧状態に維持したまま、運転を停止することができる。

[0027] 複数の注水管 7 5 に設けられた複数の流量調整弁 7 7 は、それぞれ独立して弁開度調整を行うことができる。

複数の注水管 7 5 のうち、一部（一方）の注水管 7 5 の流量調整弁 7 7 を閉じ、他方の注水管 7 5 のみから注水側の井戸 2 に注水するようにしてもよい。

[0028] 図 2 に示すように、配管 3 は、熱交換器 4 と、一对の井戸 2 との間に、逆止弁 3 5 a ～ 3 5 d を備える。

逆止弁 3 5 a ～ 3 5 d は、第一井戸 2 A から地下水をくみ上げた場合であっても、第二井戸 2 B から地下水をくみ上げた場合であっても、地下水が熱交換器 4 に対し同じ方向に流れるように、配管 3 における地下水の流れを制御する。

[0029] 例えば、第一井戸 2 A から地下水をくみ上げた場合、配管 3 内の地下水は、第一井戸 2 A から、逆止弁 3 5 a、熱交換器 4、逆止弁 3 5 b を順に経由し、第二井戸 2 B に注水される。このとき、熱交換器 4 より上流側（第一井戸 2 A 側）は下流側に比べて配管 3 内の圧力が大きいため、逆止弁 3 5 c や逆止弁 3 5 d に水は流れない。

同様に、第二井戸 2 B からくみ上げた場合、配管 3 内の地下水は、第二井戸 2 B から、逆止弁 3 5 c、熱交換器 4、逆止弁 3 5 d を順に経由し、第一井戸 2 A に注水される。このときも、熱交換器 4 より上流側（第二井戸 2 B 側）は下流側に比べて配管 3 内の圧力が大きいため、逆止弁 3 5 a や逆止弁 3 5 b に水は流れない。

[0030] (熱交換器の構成)

熱交換器 4 は、配管 3 内の地下水と負荷設備 100 側の媒体との間で熱交換する。

例えば、熱交換器 4 は、井戸 2 からくみ上げられて配管 3 内を流れる地下水と、負荷設備 100 側の媒体との間で熱交換する。熱交換が行われた後の地下水は、熱交換器 4 から配管 3 内を流れ、井戸 2 に注水される。

例えば、熱交換器 4 は、地上 OG において、配管 3 の途中に設けられていてもよい。

[0031] 熱交換器 4 を経た水が温水の場合、地中熱利用システム 1 は、井戸 2 に温水を注入することにより温水蓄熱を行う。

熱交換器 4 を経た水が冷水の場合、地中熱利用システム 1 は、井戸 2 に冷水を注入することにより冷水蓄熱を行う。

ここで「温水」とは、帯水層の地下水の初期地中温度より高い温度の水のことであり、「冷水」とは、帯水層の地下水の初期地中温度より低い温度の水のことである。

例えば、帯水層の地下水の初期地中温度は 18℃である。

[0032] (流量調整システムの構成)

流量調整システム 7 は、ポンプコントローラ 74 と、前記流量調整弁 77 と、制御装置 80 とを備える。流量調整システム 7 は、注水井戸 22 に注水される地下水の流量を調整することによって、注水井戸 22 の注水温度を調整する。

[0033] ポンプコントローラ 74 は、ポンプ 72 の動作を制御する。

例えば、ポンプコントローラ 74 は、各井戸 2 のポンプ 72 に関連して設けられてもよい。

例えば、ポンプコントローラ 74 は、インバータ回路（図示無し）を有し、ポンプ 72 のインバータ制御を実施する。

ポンプコントローラ 74 は、後述する制御装置 80 の制御により、インバータ回路によるインバータ制御の動作周波数を変動することで、ポンプ 72

の回転数を調整する。

ポンプコントローラ 74 は、インバータ回路によるインバータ制御の動作周波数を変動することで、ポンプ 72 の回転数を調整し、熱交換器 4 を経て配管 3 から注水井戸 22 に注水する地下水の流量を調整する。

以下、ポンプ 72 のインバータ制御の動作周波数を「ポンプ 72 の動作周波数」ともいう。

[0034] (制御装置の構成)

制御装置 80 は、注水井戸 22 に注水される地下水の流量を調整する。

制御装置 80 は、注水井戸 22 に注水される地下水の注水温度が一定となるように、ポンプ 72 の動作周波数、および流量調整弁 77 の開度を調整する。

制御装置 80 は、ポンプ 72 の動作周波数が、予め定められた最低周波数以上の領域では、ポンプ 72 の動作周波数のみを調整することで、注水井戸 22 に注水される地下水の流量を調整する。

例えば、制御装置 80 は、各ポンプコントローラ 74 に対し、制御可能に接続されてもよい。

[0035] 例えば、制御装置 80 は、各流量調整弁 77 に対し、制御可能に接続されてもよい。

例えば、制御装置 80 は、ポンプ 72 の動作周波数が最低周波数まで下がった場合、流量調整弁 77 の開度を調整することで、注水井戸 22 に注水される地下水の流量を調整する。

制御装置 80 は、ポンプ 72 の動作周波数が最低周波数まで下がった場合、流量調整弁 77 の開度を絞る（小さくする）することで、注水井戸 22 に注水される地下水の流量を小さくする。

例えば、制御装置 80 は、ポンプ 72 の動作周波数が最低周波数まで下がり、流量調整弁 77 の開度調整によって注水井戸 22 に注水される地下水の流量を調整している状態では、ポンプ 72 の動作周波数を最低周波数に保つようにしてもよい。

[0036] 例えば、制御装置 80 は、ポンプ 72 の動作周波数が、最低周波数まで下がった状態で、注水側の井戸 2 に対する地下水の流量が、予め定めた流量設定基準値よりも小さい場合、2 本の注水管 75 のうち、小径注水管 75 A に設けられた流量調整弁 77 のみを開くようにしてもよい。

[0037] 図 3 に示すように、制御装置 80 は、ポンプ動作制御部 81 と、弁開度制御部 82 とを備える。

[0038] ポンプ動作制御部 81 は、ポンプコントローラ 74 のインバータ回路によるインバータ制御の動作周波数を変動させることで、ポンプ 72 の回転数を調整する。

ポンプ動作制御部 81 は、注水井戸 22 に注水される地下水の温度に応じて、揚水井戸 21 から地下水を揚水するポンプ 72 の動作周波数を調整する。

ポンプ動作制御部 81 は、予め記憶されたマップ等に基づき、ポンプ 72 の動作周波数を変動させることで、配管 3 から注水井戸 22 に注水される地下水の流量を調整する。

例えば、ポンプ動作制御部 81 は、負荷設備 100 側で冷房運転を行い、注水井戸 22 で温水蓄熱を行う場合、配管 3 から注水井戸 22 に注水される地下水の実際の注水温度と設定温度との差に基づいてポンプ 72 の動作周波数を制御する。

例えば、ポンプ動作制御部 81 は、負荷設備 100 側で暖房運転を行い、注水井戸 22 で冷水蓄熱を行う場合、配管 3 から注水井戸 22 に注水される地下水の実際の注水温度と設定温度との差に基づいてポンプ 72 の動作周波数を制御する。

ポンプ動作制御部 81 は、予め記憶されたマップ等に基づき、要求される注水温度に応じて、ポンプ 72 の動作周波数（出力）を調整するようポンプコントローラ 74 を制御する。

ポンプ動作制御部 81 は、例えばポンプ 72 が安定して運転できる動作周波数の下限値を、最低周波数として記憶している。ポンプ動作制御部 81 は

、予め設定された最低周波数以上の周波数領域でポンプ 7 2 の動作を調整するようポンプコントローラ 7 4 を制御する。

[0039] 弁開度制御部 8 2 は、流量調整弁 7 7 を開閉することで、配管 3 内の地下水の流量を調整する。

弁開度制御部 8 2 は、流量調整弁 7 7 の開度を調整することで、配管 3 内の地下水の流量を調整する。

弁開度制御部 8 2 は、ポンプ 7 2 の動作周波数が、最低周波数まで下がった場合に、流量調整弁 7 7 の開度を調整する。

弁開度制御部 8 2 は、ポンプ 7 2 の動作周波数が最低周波数となった場合に、注水井戸 2 2 に注水される地下水の温度に応じて、流量調整弁 7 7 の開度を調整する。

[0040] 本実施形態では、弁開度制御部 8 2 は、ポンプ 7 2 の動作周波数が、最低周波数まで下がった状態で、注水側の井戸 2 に対する地下水の流量が、予め定めた流量設定基準値よりも小さい場合、2 本の注水管 7 5 のうち、小径注水管 7 5 A に設けられた小径流量調整弁 7 7 A のみを開き、小径注水管 7 5 A のみから注水側の井戸 2 に対する注水を行う。

本実施形態では、弁開度制御部 8 2 は、ポンプ 7 2 の動作周波数が、最低周波数まで下がった状態で、注水側の井戸 2 に対する地下水の流量が、予め定めた流量設定基準値よりも小さい場合、小径注水管 7 5 A のみで開度調整を行うようにしてもよい。

本実施形態では、弁開度制御部 8 2 は、ポンプ 7 2 の動作周波数が、最低周波数まで下がった状態で、注水側の井戸 2 に対する地下水の流量が、予め定めた流量設定基準値よりも大きい場合、小径注水管 7 5 A に設けられた小径流量調整弁 7 7 A と、大径注水管 7 5 B に設けられた大径流量調整弁 7 7 B との双方を開き、小径注水管 7 5 A、及び大径注水管 7 5 B の双方を通して、注水側の井戸 2 に対する注水を行うようにしてもよい。

本実施形態では、弁開度制御部 8 2 は、ポンプ 7 2 の動作周波数が、最低周波数まで下がった状態で、注水側の井戸 2 に対する地下水の流量が、予め

定めた流量設定基準値よりも大きい場合、大径注水管 7 5 B に設けられた大径流量調整弁 7 7 B のみで開度調整を行うようにしてもよい。

[0041] 本実施形態の制御装置 8 0 の動作について説明する。

制御装置 8 0 の動作は、制御方法の実施形態に相当する。

制御装置 8 0 は、図 4 に示す各ステップを実施する。

[0042] まず、ポンプ動作制御部 8 1 は、負荷設備 1 0 0 側で、冷房モード又は暖房モードで運転を行っている場合、ポンプ 7 2 を動作させることで、一对の井戸 2 のうち一方の揚水井戸 2 1 の揚水管 7 1 から地下水をくみ上げる（S T 0 1：ポンプを動作させるステップ）。これにより、揚水井戸 2 1 からくみ上げられた地下水は、配管 3 を通り、熱交換器 4 に送られる。熱交換器 4 で、配管 3 内の地下水は、負荷設備 1 0 0 側の媒体と熱交換を行う。熱交換器 4 を経た地下水は、注水管 7 5 から他方の注水井戸 2 2 に注水される。このとき、注水井戸 2 2 側では、地中熱利用システム 1 は、複数の注水管 7 5（小径注水管 7 5 A、及び大径注水管 7 5 B）の全てを通して注水を行う。

なお、ポンプ 7 2 の起動時、初期の段階では、弁開度制御部 8 2 は、小径流量調整弁 7 7 A のみを開き、小径注水管 7 5 A のみから注水井戸 2 2 への注水を行うようにしてもよい。その後、弁開度制御部 8 2 は、ポンプ 7 2 の動作周波数が高まるにつれて、小径流量調整弁 7 7 A を開いていき、小径注水管 7 5 A での注水流量を増加させていくようにしてもよい。さらに、弁開度制御部 8 2 は、ポンプ 7 2 の動作周波数がある程度高まった状態で、さらに大径流量調整弁 7 7 B を開き、小径注水管 7 5 A と、大径注水管 7 5 B とで注水井戸 2 2 への注水を行うようにしてもよい。その後、弁開度制御部 8 2 は、ポンプ 7 2 の動作周波数が高まるにつれて、大径流量調整弁 7 7 B をさらに開いていき、大径注水管 7 5 B での注水流量を増加させていくようにしてもよい。

[0043] ポンプ動作制御部 8 1 は、負荷設備 1 0 0 側で、冷房モード又は暖房モードで運転を行っている場合、熱交換器 4 を経て注水井戸 2 2 に注水される地下水の設定温度に応じて、揚水井戸 2 1 から注水井戸 2 2 に地下水を送水す

るポンプ 7 2 のインバータ制御の動作周波数を調整する（S T O 2 : ポンプの動作周波数を調整するステップ）。これにより、ポンプ 7 2 による揚水井戸 2 1 から注水井戸 2 2 への注水流量の調整がなされる。

[0044] S T O 2 の実施に続いて、ポンプ動作制御部 8 1 は、ポンプ 7 2 のインバータ制御の動作周波数が、最低周波数まで低下したか否かを判定する（S T O 3 : ポンプの動作周波数が最低周波数まで低下したか否かを判定するステップ）。

[0045] S T O 3 における判定の結果、ポンプ 7 2 のインバータ制御の動作周波数が、最低周波数まで低下していなければ、S T O 2 に戻り、ポンプ動作制御部 8 1 は、ポンプ 7 2 による揚水井戸 2 1 から注水井戸 2 2 への注水流量の調整を継続する。

S T O 3 における判定の結果、ポンプ 7 2 のインバータ制御の動作周波数が、最低周波数まで低下していた場合、弁開度制御部 8 2 は、注水井戸 2 2 に注水される地下水の設定温度に応じて、大径流量調整弁 7 7 B の開度を閉じる方向に調整する（S T O 4 : 大径流量調整弁の開度を調整するステップ）。弁開度制御部 8 2 は、大径流量調整弁 7 7 B の開度を調整することで、注水井戸 2 2 への注水流量の調整を行う。このとき、ポンプ動作制御部 8 1 は、ポンプ 7 2 のインバータ制御の動作周波数を、最低周波数に維持している。つまり、ポンプ 7 2 のインバータ制御の動作周波数が最低周波数である状態で、大径流量調整弁 7 7 B を閉じることで、制御装置 8 0 は、注水井戸 2 2 に注水される地下水の流量を、さらに低下させる。

[0046] S T O 4 の実施に続いて、弁開度制御部 8 2 は、大径流量調整弁 7 7 B の開度が、全閉であるか否かを判定する（S T O 5 : 大径流量調整弁の開度が全閉であるか否かを判定するステップ）。

S T O 5 の判定の結果、大径流量調整弁 7 7 B の開度が全閉でなければ、S T O 4 に戻り、弁開度制御部 8 2 は、処理を継続する。

S T O 5 の判定の結果、大径流量調整弁 7 7 B の開度が全閉であれば、井戸 2 に注水される地下水の流量が流量設定基準値よりも小さい状態であるか

ら、注水井戸 2 2 に対する注水は、小径注水管 7 5 A のみを通して行われる。この場合、弁開度制御部 8 2 は、注水井戸 2 2 に注水される地下水の設定温度に応じて、小径流量調整弁 7 7 A の開度を閉じる方向に調整する（S T 0 6：小径流量調整弁の開度を調整するステップ）。弁開度制御部 8 2 は、小径流量調整弁 7 7 A の開度を調整することで、注水井戸 2 2 への注水流量の調整を行う。このときも、ポンプ動作制御部 8 1 は、ポンプ 7 2 のインバータ制御の動作周波数を、最低周波数に維持している。つまり、ポンプ 7 2 のインバータ制御の動作周波数が最低周波数である状態で、弁開度制御部 8 2 は、小径注水管 7 5 A のみを通して注水井戸 2 2 への注水を行いながら、小径流量調整弁 7 7 A を閉じていく。これにより、制御装置 8 0 は、注水井戸 2 2 に注水される地下水の流量を、さらに低下させることができる。

[0047] 地中熱利用システム 1 の運転を停止する場合には、弁開度制御部 8 2 が、小径流量調整弁 7 7 A、及び大径流量調整弁 7 7 B を全閉とした後に、ポンプ動作制御部 8 1 は、ポンプ 7 2 の動作を停止させる。これにより、地中熱利用システム 1 は、配管 3 内の地下水を加圧状態に維持したまま、運転を停止することができる。配管 3 内の地下水を加圧状態（正圧）に保つことで、外部から配管 3 内への異物や酸素の進入を抑え、配管 3 の腐食等を抑えることができる。

[0048] （作用及び効果）

本実施形態によれば、地中熱利用システム 1 は、井戸 2 からポンプ 7 2 でくみ上げた地下水を、揚水管 7 1、および配管 3 を通して熱交換器 4 に送ることができる。他方、地中熱利用システム 1 は、熱交換器 4 を経た地下水を、配管 3、及び注水管 7 5 を通して、井戸 2 に注水する際、注水管 7 5 に設けられた流量調整弁 7 7 の開度を調整することで、井戸 2 に注水される地下水の流量を調整することができる。このとき、注水管 7 5 は複数本設けられている。複数本の注水管 7 5 は、それぞれ流量調整弁 7 7 が備える。このため、複数本の注水管 7 5 のそれぞれにおいて、流量調整弁 7 7 の開度を調整することによって、地中熱利用システム 1 は、井戸 2 に注水される地下水の

流量を、より細かく調整することができる。例えば、地中熱利用システム 1 は、複数本の注水管 7 5 の一部の流量調整弁 7 7 を開き、他の注水管 7 5 の流量調整弁 7 7 を閉じるようにして、井戸 2 に注水される地下水の流量を調整することも可能となる。したがって、地中熱利用システム 1 は、流量調整をしやすくすることができる。

また、揚水管 7 1 にポンプ 7 2 が設けられ、注水管 7 5 に流量調整弁 7 7 が設けられているので、利用者は、何らかのトラブルで、揚水、注水に支障が生じた場合、揚水管 7 1 側、又は注水管 7 5 側のどちらでトラブルが生じているのか、原因を特定しやすくなる。また、利用者は、ポンプ 7 2 単体、流量調整弁 7 7 単体で交換することができるので、メンテナンスも、容易かつ低コストで行うことができる。

[0049] また本実施形態の一例によれば、配管 3 は、一对の井戸 2 の各井戸 2 へ延びる側の端部に、揚水管 7 1 と、複数本の注水管 7 5 とを備える。

これにより、各井戸 2 へ延びる側の端部 3 a、3 b に、それぞれ複数本の注水管 7 5 が備えられるので地中熱利用システム 1 は、各井戸 2 に注水される地下水の流量調整をしやすくすることができる。

[0050] また本実施形態の一例によれば、地中熱利用システム 1 の運転を停止する場合に、地中熱利用システム 1 は、流量調整弁 7 7 を全閉とした後に、ポンプ 7 2 の動作を停止させることで、配管 3 内の地下水を加圧状態に維持したまま、運転を停止することができる。このように、地中熱利用システム 1 は、配管 3 内の地下水を加圧状態（正圧）に保つことで、外部から配管 3 内への異物や酸素の進入を抑え、配管 3 の腐食等を抑えることができる。

[0051] また本実施形態の一例によれば、地中熱利用システム 1 は、井戸 2 に対する注水流量に応じて、流量調整弁 7 7 の開度を調整する弁開度制御部 8 2 をさらに備える。

これにより、地中熱利用システム 1 は、井戸 2 に対する注水流量に応じて、弁開度制御部 8 2 で流量調整弁 7 7 の開度を調整することで、注水温度を容易に調整することができる。

[0052] また本実施形態の一例によれば、弁開度制御部 8 2 は、井戸 2 に注水される地下水の流量が流量設定基準値よりも小さい場合、複数本の注水管 7 5 のうちの一部に設けられた流量調整弁 7 7 のみを開く。

これにより、複数本の注水管 7 5 を備えることで、各注水管 7 5 の管径、及び各注水管 7 5 に設けられた流量調整弁 7 7 の口径を小さくすることができる。したがって、地中熱利用システム 1 は、井戸 2 に注水される地下水の流量が小さい場合に、複数本の注水管 7 5 のうちの一部の注水管 7 5 の流量調整弁 7 7 のみを開くことで、小流量領域における地下水の流量調整を、より細やかに行うことができる。

[0053] また本実施形態の一例によれば、複数本の注水管 7 5 は、管径が互いに異なる。

これにより、例えば、地中熱利用システム 1 は、井戸 2 に注水される地下水の流量が小さい場合に、小径注水管 7 5 A の小径流量調整弁 7 7 A のみで、井戸 2 に注水される地下水の流量調整を行うことができる。これにより、地中熱利用システム 1 は、小流量領域における地下水の流量調整を、より細やかに行うことができる。

[0054] また本実施形態の一例によれば、制御装置 8 0 は、ポンプ動作制御部 8 1 と、弁開度制御部 8 2 とを備える。

これにより、ポンプ動作制御部 8 1 でポンプ 7 2 を動作させることで、制御装置 8 0 は、一対の井戸 2 のうち一方の井戸 2 に設けられた揚水管 7 1 から地下水をくみ上げることができる。揚水管 7 1 からくみ上げられた地下水は、熱交換器 4 を経て、複数本の注水管 7 5 から他方の井戸 2 に注水される。弁開度制御部 8 2 で複数本の注水管 7 5 のそれぞれに設けられた流量調整弁 7 7 の開度を調整することで、制御装置 8 0 は、他方の井戸 2 に注水される地下水の流量を調整しやすくなる。

[0055] <変形例>

なお、上述の実施形態においては、制御装置 8 0 の各種機能を実現するためのプログラムを、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この

記録媒体に記録されたプログラムをマイコンといったコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各種処理を行うものとしている。ここで、コンピュータシステムのCPUの各種処理の過程は、プログラムの形式でコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記憶されており、このプログラムをコンピュータが読み出して実行することによって上記各種処理が行われる。また、コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等をいう。また、このコンピュータプログラムを通信回線によってコンピュータに配信し、この配信を受けたコンピュータが当該プログラムを実行するようにしてもよい。

[0056] 上述の実施形態において、制御装置80の各種機能を実現するためのプログラムを実行させるコンピュータ190のハードウェア構成の例について説明する。

[0057] 図5に示すように、制御装置80が備えるコンピュータ190は、プロセッサ195と、メモリ196と、記憶／再生装置197と、Input Output Interface（以下、「IO I/F」という。）198と、通信Interface（以下、「通信I/F」という。）199とを備える。

[0058] 例えば、プロセッサ195は、CPUであってもよい。

例えば、メモリ196は、制御装置80で実行されるプログラムで利用されるデータ等を一時的に記憶するRandom Access Memory（以下、「RAM」という。）等の媒体であってもよい。

例えば、記憶／再生装置197は、CD-ROM、DVD、フラッシュメモリ等の外部メディアへデータ等を記憶したり、外部メディアのデータ等を再生したりするための装置であってもよい。

例えば、IO I/F 198は、制御装置80と他の装置との間で情報等の入出力を行うためのインタフェースであってもよい。

例えば、通信I/F 199は、インターネット、専用通信回線等の通信回線を介して、制御装置80と他の装置との間で通信を行うインタフェースで

あってもよい。

[0059] <その他の実施形態>

以上、本開示の実施形態を説明したが、この実施形態は、例として示したものであり、本開示の範囲を限定することは意図していない。この実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、本開示の要旨を逸脱しない範囲で種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。この実施形態やその変形は、本開示の範囲や要旨に含まれると同様に、本開示の範囲とその均等の範囲に含まれるものとする。

[0060] <付記>

実施形態に記載の地中熱利用システム 1、制御装置 80、制御方法、プログラムは、例えば以下のように把握される。

[0061] (1) 第 1 の態様に係る地中熱利用システム 1 は、井戸 2 と、前記井戸 2 へ延びる側に端部を有する配管 3 と、前記配管 3 に設けられた熱交換器 4 とを備え、前記配管 3 は、前記端部に、前記井戸 2 内の地下水を揚水可能なポンプ 7 2 に接続された揚水管 7 1 と、それぞれ流量調整弁 7 7 を備えた複数本の注水管 7 5 とを備える。

[0062] この地中熱利用システム 1 は、井戸 2 からポンプ 7 2 でくみ上げた地下水を、揚水管 7 1、および配管 3 を通して熱交換器 4 に送ることができきる。他方、地中熱利用システム 1 は、熱交換器 4 を経た地下水を、配管 3、及び注水管 7 5 を通して、井戸 2 に注水する際、注水管 7 5 に設けられた流量調整弁 7 7 の開度を調整することで、井戸 2 に注水される地下水の流量を調整することができる。このとき、注水管 7 5 は複数本設けられている。複数本の注水管 7 5 は、それぞれ流量調整弁 7 7 が備える。このため、複数本の注水管 7 5 のそれぞれにおいて、流量調整弁 7 7 の開度を調整することによって、地中熱利用システム 1 は、井戸 2 に注水される地下水の流量を、より細かく調整することができる。例えば、地中熱利用システム 1 は、複数本の注水管 7 5 の一部の流量調整弁 7 7 を開き、他の注水管 7 5 の流量調整弁 7 7 を閉じるようにして、井戸 2 に注水される地下水の流量を調整することも可

能となる。したがって、地中熱利用システム１は、流量調整をしやすいことができる。

[0063] (２) 第２の態様に係る地中熱利用システム１は、(１)の地中熱利用システム１であって、前記井戸２を一对備え、前記配管３は、前記各井戸２へ延びる側の端部３a、３bに、前記揚水管７１と、複数本の前記注水管７５とを備えていてもよい。

[0064] これにより、配管３の各井戸２へ延びる側の端部３a、３bに、それぞれ複数本の注水管７５が備えられるので、地中熱利用システム１は、各井戸２に注水される地下水の流量調整をしやすいことができる。

[0065] (３) 第３の態様に係る地中熱利用システム１は、(１)又は(２)の地中熱利用システム１であって、前記流量調整弁７７は、前記配管３内の圧力を加圧状態に保持可能であってもよい。

[0066] これにより、地中熱利用システム１の運転を停止する場合に、地中熱利用システム１は、流量調整弁７７を全閉とした後に、ポンプ７２の動作を停止させることで、配管３内の地下水を加圧状態に維持したまま、運転を停止することができる。このように、地中熱利用システム１は、配管３内の地下水を加圧状態（正圧）に保つことで、外部から配管３内への異物や酸素の進入を抑え、配管３の腐食等を抑えることができる。

[0067] (４) 第４の態様に係る地中熱利用システム１は、(１)から(３)の何れか一つの地中熱利用システム１であって、前記井戸２に対する注水流量に応じて、前記流量調整弁７７の開度を調整する弁開度制御部８２をさらに備えていてもよい。

[0068] これにより、地中熱利用システム１は、井戸２に対する注水流量に応じて、弁開度制御部８２で流量調整弁７７の開度を調整することで、注水温度を容易に調整することができる。

[0069] (５) 第５の態様に係る地中熱利用システム１は、(１)から(４)の何れか一つの地中熱利用システム１であって、前記弁開度制御部８２は、前記井戸２に注水される前記地下水の流量が流量設定基準値よりも小さい場合、複

数本の前記注水管 7 5 のうちの一部に設けられた前記流量調整弁 7 7 のみを開いてもよい。

- [0070] これにより、複数本の注水管 7 5 を備えることで、各注水管 7 5 の管径、及び各注水管 7 5 に設けられた流量調整弁 7 7 の口径を小さくすることができる。したがって、地中熱利用システム 1 は、井戸 2 に注水される地下水の流量が小さい場合に、複数本の注水管 7 5 のうちの一部の注水管 7 5 の流量調整弁 7 7 のみを開くことで、小流量領域における地下水の流量調整を、より細やかに行うことができる。
- [0071] (6) 第 6 の態様に係る地中熱利用システム 1 は、(1) から (5) の何れか一つの地中熱利用システム 1 であって、複数本の前記注水管 7 5 は、管径が互いに異なってもよい。
- [0072] これにより、例えば、地中熱利用システム 1 は、井戸 2 に注水される地下水の流量が小さい場合に、小径の注水管 7 5 の流量調整弁 7 7 のみで、井戸 2 に注水される地下水の流量調整を行うことができる。これにより、地中熱利用システム 1 は、小流量領域における地下水の流量調整を、より細やかに行うことができる。
- [0073] (7) 第 7 の態様に係る制御装置 8 0 は、一対の井戸 2 のうち一方の前記井戸 2 に設けられた揚水管 7 1 から地下水をくみ上げるよう、前記揚水管 7 1 に設けられたポンプ 7 2 を動作させるポンプ動作制御部 8 1 と、前記揚水管 7 1 からくみ上げられた地下水が熱交換器 4 を経て、他方の前記井戸 2 に設けられた複数本の注水管 7 5 を通して前記他方の井戸 2 に所定の流量で注水されるよう、複数本の前記注水管 7 5 のそれぞれに設けられた流量調整弁 7 7 の開度を調整する弁開度制御部 8 2 とを備える。
- [0074] これにより、ポンプ動作制御部 8 1 でポンプ 7 2 を動作させることで、制御装置 8 0 は、一対の井戸 2 のうち一方の井戸 2 に設けられた揚水管 7 1 から地下水をくみ上げることができる。揚水管 7 1 からくみ上げられた地下水は、熱交換器 4 を経て、複数本の注水管 7 5 から他方の井戸 2 に注水される。弁開度制御部 8 2 で複数本の注水管 7 5 のそれぞれに設けられた流量調整

弁 7 7 の開度を調整することで、制御装置 8 0 は、他方の井戸 2 に注水される地下水の流量を調整しやすくなる。

[0075] (8) 第 8 の態様に係る制御方法は、一対の井戸 2 のうち一方の前記井戸 2 に設けられた揚水管 7 1 から地下水をくみ上げるよう、前記揚水管 7 1 に設けられたポンプ 7 2 を動作させ、前記揚水管 7 1 からくみ上げられた地下水が熱交換器 4 を経て、他方の前記井戸 2 に設けられた複数本の注水管 7 5 を通して前記他方の井戸 2 に所定の流量で注水されるよう、複数本の前記注水管 7 5 のそれぞれに設けられた流量調整弁 7 7 の開度を調整する。

[0076] これにより、制御方法は、ポンプ 7 2 を動作させることで、一対の井戸 2 のうち一方の井戸 2 に設けられた揚水管 7 1 から地下水をくみ上げることができる。揚水管 7 1 からくみ上げられた地下水は、熱交換器 4 を経て、複数本の注水管 7 5 から他方の井戸 2 に注水される。複数本の注水管 7 5 のそれぞれに設けられた流量調整弁 7 7 の開度を調整することで、制御方法は、他方の井戸 2 に注水される地下水の流量を調整しやすくなる。

[0077] (9) 第 9 の態様に係るプログラムは、コンピュータ 1 9 0 に、一対の井戸 2 のうち一方の前記井戸 2 に設けられた揚水管 7 1 から地下水をくみ上げるよう、前記揚水管 7 1 に設けられたポンプ 7 2 を動作させ、前記揚水管 7 1 からくみ上げられた地下水が熱交換器 4 を経て、他方の前記井戸 2 に設けられた複数本の注水管 7 5 を通して前記他方の井戸 2 に所定の流量で注水されるよう、複数本の前記注水管 7 5 のそれぞれに設けられた流量調整弁 7 7 の開度を調整する方法を実行させる。

[0078] これにより、コンピュータ 1 9 0 は、ポンプ 7 2 を動作させることで、一対の井戸 2 のうち一方の井戸 2 に設けられた揚水管 7 1 から地下水をくみ上げることができる。揚水管 7 1 からくみ上げられた地下水は、熱交換器 4 を経て、複数本の注水管 7 5 から他方の井戸 2 に注水される。複数本の注水管 7 5 のそれぞれに設けられた流量調整弁 7 7 の開度を調整することで、他方の井戸 2 に注水される地下水の流量を調整しやすくなる。

符号の説明

- [0079] 1…地中熱利用システム
- 2…井戸
 - 2 A…第一井戸
 - 2 B…第二井戸
 - 2 a…ケーシング
 - 2 b…ストレーナ
 - 2 c…開口
 - 3…配管
 - 3 a…端部
 - 3 b…端部
 - 4…熱交換器
 - 7…流量調整システム
 - 2 1…揚水井戸
 - 2 2…注水井戸
 - 3 5 a～3 5 d…逆止弁
 - 7 1…揚水管
 - 7 2…ポンプ
 - 7 3…逆止弁
 - 7 4…ポンプコントローラ
 - 7 5…注水管
 - 7 5 A…小径注水管
 - 7 5 B…大径注水管
 - 7 7…流量調整弁
 - 7 7 A…小径流量調整弁
 - 7 7 B…大径流量調整弁
 - 8 0…制御装置
 - 8 1…ポンプ動作制御部
 - 8 2…弁開度制御部

100…負荷設備

190…コンピュータ

195…プロセッサ

196…メモリ

197…記憶／再生装置

198…I/O I/F

199…通信I/F

HOL…掘削孔

LY…帯水層

OG…地上

STO1…ポンプを動作させるステップ

STO2…ポンプの動作周波数を調整するステップ

STO3…ポンプの動作周波数が最低周波数まで低下したか否かを判定する
ステップ

STO4…大径流量調整弁の開度を調整するステップ

STO5…大径流量調整弁の開度が全閉であるか否かを判定するステップ

STO6…小径流量調整弁の開度を調整するステップ

請求の範囲

- [請求項1] 井戸と、
前記井戸へ延びる側に端部を有する配管と、
前記配管に設けられた熱交換器と
を備え、 前記配管は、前記端部に、
前記井戸内の地下水を揚水可能なポンプに接続された揚水管と、
それぞれ流量調整弁を備えた複数本の注水管と、
を備える地中熱利用システム。
- [請求項2] 前記井戸を一对備え、
前記配管は、前記各井戸へ延びる側の前記端部に、
前記揚水管と、
複数本の前記注水管と、
を備える、請求項1に記載の地中熱利用システム。
- [請求項3] 前記流量調整弁は、前記配管内の圧力を加圧状態に保持可能である
、請求項1または2に記載の地中熱利用システム。
- [請求項4] 前記井戸に対する注水流量に応じて、前記流量調整弁の開度を調整
する弁開度制御部をさらに備える、請求項1から3のいずれか一項に
記載の地中熱利用システム。
- [請求項5] 前記弁開度制御部は、前記井戸に注水される前記地下水の流量が流
量設定基準値よりも小さい場合、複数本の前記注水管のうちの一部に
設けられた前記流量調整弁のみを開く、請求項4に記載の地中熱利用
システム。
- [請求項6] 複数本の前記注水管は、管径が互いに異なる、請求項1から5の何
れか一項に記載の地中熱利用システム。
- [請求項7] 一对の井戸のうち一方の前記井戸に設けられた揚水管から地下水を
くみ上げるよう、前記揚水管に設けられたポンプを動作させるポンプ
動作制御部と、
前記揚水管からくみ上げられた地下水が熱交換器を経て、他方の前

記井戸に設けられた複数本の注水管を通して前記他方の井戸に所定の流量で注水されるよう、複数本の前記注水管のそれぞれに設けられた流量調整弁の開度を調整する弁開度制御部とを備える制御装置。

[請求項8]

一対の井戸のうち一方の前記井戸に設けられた揚水管から地下水をくみ上げるよう、前記揚水管に設けられたポンプを動作させ、

前記揚水管からくみ上げられた地下水が熱交換器を経て、他方の前記井戸に設けられた複数本の注水管を通して前記他方の井戸に所定の流量で注水されるよう、複数本の前記注水管のそれぞれに設けられた流量調整弁の開度を調整する

制御方法。

[請求項9]

コンピュータに、

一対の井戸のうち一方の前記井戸に設けられた揚水管から地下水をくみ上げるよう、前記揚水管に設けられたポンプを動作させ、

前記揚水管からくみ上げられた地下水が熱交換器を経て、他方の前記井戸に設けられた複数本の注水管を通して前記他方の井戸に所定の流量で注水されるよう、複数本の前記注水管のそれぞれに設けられた流量調整弁の開度を調整する

方法を実行させるためのプログラム。