

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日に日本に出願された特願2021-078700号について優先権を主張し、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、揚水井戸と注水井戸とを備え、揚水井戸から地下水をポンプでくみ上げて、熱交換器で負荷側と熱交換を行う地中熱利用システムが提案されている。このような地中熱利用システムは、熱交換器を経た地下水を注水井戸に注入することで蓄熱を行う。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-173256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に開示された地中熱利用システムにおいて、注水井戸への注水温度を一定にするには、低負荷時において注水流量を小さくする必要がある。

しかし、特許文献1に開示されたポンプにおいて、インバータ制御を行う場合、インバータ制御の最低周波数における注水流量より小さい注水流量となる低負荷時には、注水温度を制御しにくいことがある。

[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、低負荷時に

において注水温度を制御しやすい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、揚水井戸と、注水井戸と、前記揚水井戸から前記注水井戸に延びる配管と、前記配管を介して、前記揚水井戸から前記注水井戸に地下水を送水可能なポンプと、前記配管に設けられている熱交換器と、前記配管に設けられ、前記配管内の前記地下水の流量を調整可能な制御弁と、前記ポンプのインバータ制御の動作周波数が最低周波数となった場合、前記配管内の流量を絞るように前記制御弁を制御することで、前記注水井戸に注水される前記地下水の流量を調整する制御装置と、を備える。
- [0008] 本開示に係る制御装置は、揚水井戸からくみ上げられ、熱交換器を経て注水井戸に注水される地下水の温度に応じて、前記揚水井戸から前記注水井戸に前記地下水を送水するポンプのインバータ制御の動作周波数を調整するポンプ動作制御部と、前記動作周波数が最低周波数となった場合に、前記注水井戸に注水される前記地下水の温度に応じて、前記注水井戸に前記地下水を送り込む配管に設けられた制御弁の開度を調整する制御弁開閉制御部と、を備える。
- [0009] 本開示に係る制御方法は、揚水井戸からくみ上げられ、熱交換器を経て注水井戸に注水される地下水の温度に応じて、前記揚水井戸から前記注水井戸に前記地下水を送水するポンプのインバータ制御の動作周波数を調整し、前記動作周波数が最低周波数となった場合に、前記注水井戸に注水される前記地下水の温度に応じて、前記注水井戸に前記地下水を送り込む配管に設けられた制御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、揚水井戸からくみ上げられ、熱交換器を経て注水井戸に注水される地下水の温度に応じて、前記揚水井戸から前記注水井戸に前記地下水を送水するポンプのインバータ制御の動作周波数を調整し、前記動作周波数が最低周波数となった場合に、前記注水井

戸に注水される前記地下水の温度に応じて、前記注水井戸に前記地下水を送り込む配管に設けられた制御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、低負荷時において注水温度を制御しやすい。

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、および負荷設備側の概略構成を示す図である。

[図3]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4]本開示の実施形態に係る地中熱利用システムにおいて、負荷設備側で冷房モードの運転を行う場合の地下水、媒体の流れを示す図である。

[図5]本開示の実施形態に係る地中熱利用システムにおいて、負荷設備側で暖房モードの運転を行う場合の地下水、媒体の流れを示す図である。

[図6]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7]本開示の実施形態に係る地中熱利用システムにおいて、負荷設備側で冷却塔モードの運転を行う場合の地下水、媒体の流れを示す図である。

[図8]本開示の実施形態に係る地中熱利用システムにおいて、負荷設備側で冷凍機モードの運転を行う場合の地下水、媒体の流れを示す図である。

[図9]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10]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 9 を参照して説明する。

(地中熱利用システムの構成)

図 1 ～図 3 に示すように、地中熱利用システム 1 は、複数の井戸 2 と、配管 3 と、熱交換器 4 と、温度調整システム 7 (図 3 参照) と、ポンプ 3 1 と、を主に備える。

[0015] (井戸の構成)

図 1 に示すように、複数の井戸 2 は、地上 O G から帯水層 L Y 内に延びている。

例えば、複数の井戸 2 は、第一井戸 2 A と、第二井戸 2 B とを備える。

地中熱利用システム 1 は、第一井戸 2 A および第二井戸 2 B のうちの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 2 A および第二井戸 2 B 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 2 A から地下水をくみ上げて第二井戸 2 B 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ー 2 b を有する。

ストレーナー 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、図 3 に示すように、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 6 が設けられてもよい。

[0019] (配管及びポンプの構成)

図 1、図 3 に示すように、配管 3 は、井戸 2 の内部に延びている。

例えば、配管 3 は、揚水井戸 2 1 と注水井戸 2 2 とを接続するように、揚水井戸 2 1 と注水井戸 2 2 との各地下水に両端が浸漬されていてもよい。

例えば、ポンプ 3 1 によりくみ上げられた地下水が、揚水井戸 2 1 から注水井戸 2 2 に向かって流れることができるように、配管 3 の一端は揚水井戸 2 1 内に設けられ、配管 3 の他端は注水井戸 2 2 内に設けられていてもよい。

[0020] 配管 3 には、ポンプ 3 1 が設けられている。

ポンプ 3 1 は、井戸 2 から配管 3 に揚水する。

例えば、ポンプ 3 1 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 3 1 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 3 1 は、配管 3 の両端に設けられ、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 3 1 は、インバータ制御により出力を変更できてもよい。

[0021] 配管 3 には、注水弁 3 2 が設けられている。

注水弁 3 2 は、配管 3 の両端部にそれぞれ設けられている。

注水弁 3 2 は、配管 3 の両端のポンプ 3 1 と、熱交換器 4 との間に配置さ

れていてもよい。

例えば、注水井 3 2 は、各井戸 2 内の地下水に浸漬されていてもよい。

注水井 3 2 は、配管 3 内の地下水を注水する。

例えば、注水井 3 2 は、井戸 2 が注水井戸 2 2 として機能する場合に、配管 3 内の地下水を井戸 2（注水井戸 2 2）内に注水する。

注水井 3 2 は、配管 3 内の圧力が設定圧力よりも大きくなると開放され、配管 3 内の地下水が注水井戸 2 2 に注水される。

[0022] 図 3 に示すように、配管 3 は、熱交換器 4 と、揚水井戸 2 1 および注水井戸 2 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、揚水井戸 2 1 から地下水をくみ上げた場合であっても、注水井戸 2 2 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。

[0023] 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 a や逆止弁 3 5 b に水は流れない。

[0024] （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 1 0 0 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 1 0 0 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 O G において、配管 3 の途中に設けられていてもよい。

[0025] 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。

[0026] (負荷設備の構成)

図 2 に示すように、負荷設備 100 は、熱交換器 4 で配管 3 内の地下水と熱交換を行った媒体を利用する。

負荷設備 100 は、例えば、熱源機 110 と、空調機 120 と、を備えた空気調和システムである。

例えば、熱源機 110 は、コンデンサ、エバポレータ、コンプレッサ等を備えたヒートポンプであってもよい。

空調機 120 は、熱源機 110 から供給される媒体と熱交換することで、空調機 120 が設置された空間の空気調和を行う。

例えば、負荷設備 100 は、空気調和システムとして、冷房モードと、暖房モードとで、運転モードの切換が可能とされている。

負荷設備 100 は、熱交換器 4 と、熱源機 110 と、空調機 120 との間で、各運転モードに応じた媒体の流れを形成するための配管系統 101 を有している。配管系統 101 には、不図示の開閉弁等が適宜設けられ、空気調和システムの各運転モードに応じ、熱交換器 4 と、熱源機 110 と、空調機 120 との間で媒体を所定のルートで循環させる。

[0027] 本実施形態において、負荷設備 100 は、冷却塔 130 と、第二熱交換器

１４０と、をさらに備えていてもよい。

[0028] 冷却塔１３０は、冷却水を大気と接触させて気化させるときの気化熱により、冷却水を冷却する。冷却塔１３０は、第二熱交換器１４０との間で冷却水を循環させる。

第二熱交換器１４０は、空気調和システム側の配管系統１０１の媒体と、冷却塔１３０側の冷却水との間で熱交換を行う。

第二熱交換器１４０は、冷却塔１３０で冷却された冷却水との熱交換により、空気調和システム側の配管系統１０１の媒体を冷却する。

負荷設備１００の構成、用途は、上記したものに限らず、適宜変更可能である。

[0029] 図４に示すように、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、第二井戸２Ｂを揚水井戸２１とし、第一井戸２Ａを注水井戸２２とする。揚水井戸２１となる第二井戸２Ｂのポンプ３１で、地下水をくみ上げて熱交換器４に送り込む。熱交換器４では、配管３内の地下水と負荷設備１００側の配管系統１０１を流れる媒体との間で熱交換を行う。負荷設備１００側において、熱交換器４における熱交換により冷却された媒体は、熱源機１１０に送り込まれ、熱源機１１０において熱交換される。これにより、熱源機１１０と接続された空調機１２０は、室内の冷房を行うことができる。他方、熱源機１１０における熱交換によって加熱された媒体は、熱交換器４に再び送りこまれて循環する。熱交換器４では、加熱された媒体と配管３内を流れる地下水との熱交換を行うことで、地下水が加熱される。地中熱利用システム１は、加熱された地下水を、配管３を通して注水井戸２２に注水することで、温水蓄熱を行う。

[0030] 図５に示すように、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、第一井戸２Ａを揚水井戸２１とし、第二井戸２Ｂを注水井戸２２とする。揚水井戸２１となる第一井戸２Ａのポンプ３１で、地下水をくみ上げて熱交換器４に送り込む。熱交換器４では、配管３内の地下水と負荷設備１００側の配管系統１０１を流れる媒体との間で熱交換を行う。

負荷設備 100 側において、熱交換器 4 における熱交換により加熱された媒体は、熱源機 110 に送り込まれ、熱源機 110 において熱交換される。これにより、熱源機 110 と接続された空調機 120 は、室内の暖房を行うことができる。他方、熱源機 110 における熱交換によって冷却された媒体は、熱交換器 4 に再び送りこまれて循環する。熱交換器 4 では、冷却された媒体と配管 3 内を流れる地下水との熱交換を行うことで、地下水が冷却される。地中熱利用システム 1 は、冷却された地下水を、配管 3 を通して注水井戸 22 に注水することで、冷水蓄熱を行う。

[0031] (温度調整システムの構成)

図 3 に示すように、温度調整システム 7 は、ポンプコントローラ 71 と、制御弁 72 と、制御装置 80 と、を備える。温度調整システム 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。

[0032] ポンプコントローラ 71 は、ポンプ 31 の動作を制御する。

例えば、ポンプコントローラ 71 は、各井戸 2 のポンプ 31 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 71 は、インバータ回路 (図示無し) を有し、ポンプ 31 のインバータ制御を実施する。

ポンプコントローラ 71 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 31 の回転数を調整する。

ポンプコントローラ 71 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 31 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 31 のインバータ制御の動作周波数を「ポンプ 31 の動作周波数」ともいう。

[0033] 制御弁 72 は、配管 3 に設けられている。

例えば、制御弁 72 は、各井戸 2 と熱交換器 4 との間に設けられてもよい。

。

例えば、本実施形態において、制御弁 7 2 は、熱交換器 4 よりも注水井戸 2 2 側に設けられてもよい。

制御弁 7 2 は、配管 3 内の地下水の流量を調整可能である。

制御弁 7 2 は、配管 3 内の流路を開閉することで、配管 3 内の地下水の流量を調整する。

制御弁 7 2 は、そ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。

制御弁 7 2 は、制御装置 8 0 の制御により、配管 3 内の地下水の流量を調整する。

制御弁 7 2 は、ポンプ 3 1 の動作周波数が、最低周波数まで下がった場合に、その開度を調整する。

例えば、最低周波数は、ポンプの種類によって決まり、ポンプメーカーにより異なってもよい。

[0034] (制御装置の構成)

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調整する。

制御装置 8 0 は、注水井戸 2 2 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 3 1 の動作周波数、および制御弁 7 2 の開度を調整する。

制御装置 8 0 は、ポンプ 3 1 の動作周波数が、最低周波数以上の領域では、ポンプ 3 1 の動作周波数のみを調整することで、注水井戸 2 2 に注水される地下水の流量を調整する。

例えば、制御装置 8 0 は、各ポンプコントローラ 7 1 に対し、制御可能に接続されてもよい。

例えば、制御装置 8 0 は、各制御弁 7 2 に対し、制御可能に接続されてもよい。

例えば、制御装置 8 0 は、ポンプ 3 1 の動作周波数が最低周波数まで下がった場合、制御弁 7 2 の開度を調整することで、注水井戸 2 2 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 31 の動作周波数が最低周波数まで下がった場合、制御弁 72 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 31 の動作周波数が最低周波数まで下がり、制御弁 72 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 31 の動作周波数を最低周波数に保つようにしてもよい。

また、制御装置 80 は、制御弁 72 の開度が、予め設定した最低開度まで絞られた場合、熱交換器 4 で、冷却塔 130 で冷却した負荷設備 100 側の媒体と熱交換することで、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。

[0035] 図 6 に示すように、制御装置 80 は、ポンプ動作制御部 81 と、制御弁開閉制御部 82 と、負荷側流路制御部 83 と、を備える。

[0036] ポンプ動作制御部 81 は、ポンプコントローラ 71 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 31 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 31 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 31 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 31 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３１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３１の動作周波数（出力）を調整するようポンプコントローラ７１を制御する。

ポンプ動作制御部８１は、例えばポンプ３１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３１の動作を調整するようポンプコントローラ７１を制御する。

[0037] 制御弁開閉制御部８２は、制御弁７２を開閉することで、配管３内の地下水の流量を調整する。

制御弁開閉制御部８２は、制御弁７２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。

制御弁開閉制御部８２は、ポンプ３１の動作周波数が、最低周波数まで下がった場合に、制御弁７２の開度を調整する。

制御弁開閉制御部８２は、ポンプ３１の動作周波数が最低周波数となった場合に、注水井戸２２に注水される地下水の温度に応じて、制御弁７２の開度を調整する。

[0038] 負荷側流路制御部８３は、負荷設備１００側の配管系統１０１に設けられた弁等を切り換えることで、負荷設備１００における媒体の流れを制御する。

負荷側流路制御部８３は、冷房モード、暖房モード等の各運転モードに応じ、配管系統１０１における媒体の流れを制御する。

制御弁７２の開度が予め設定された最小設定開度となり、注水温度が設定温度に達しない場合、負荷側流路制御部８３は、負荷設備１００側の運転モードを、後述する冷却塔モードに切り換える。

負荷側流路制御部８３は、ポンプ３１の動作周波数が最低周波数まで下がった状態で、制御弁７２の開度が予め設定された最小設定開度となった場合

、負荷設備１００側の運転モードを、冷却塔モードに切り換える。

冷却塔モードでは、冷却塔１３０の冷却水によって冷却された媒体と熱交換器４で熱交換した地下水を、注水井戸２２に注水する。

さらに、負荷側流路制御部８３は、負荷設備１００側の運転モードを、後述する冷凍機モードに切り換えてもよい。

[0039] 図７に示すように、地下水を冷却して冷水蓄熱を行うには、冷却塔モードが利用されてもよい。

冷却塔モードでは、負荷設備１００は、冷却塔１３０で大気と接触させて気化させるときの気化熱により冷却した冷却水を、第二熱交換器１４０に送る。第二熱交換器１４０では、冷却水と、配管系統１０１の媒体との熱交換が行われる。つまり第二熱交換器１４０では、冷却塔１３０で冷却された冷却水によって、配管系統１０１の媒体が冷却される。冷却された媒体は、熱交換器４に送られ、配管３内の地下水と熱交換を行う。これによって、配管３内の地下水は冷却されて注水井戸２２に注水され、冷水蓄熱がなされる。

[0040] また、図８に示すように、地下水を冷却して冷水蓄熱を行うには、冷凍機モードが利用されてもよい。

冷凍機モードでは、負荷設備１００は、冷却塔１３０と熱源機１１０とを冷凍機として用いる。この場合、揚水井戸２１となる第一井戸２Ａのポンプ３１は、地下水をくみ上げて熱交換器４に送り込む。熱交換器４は、配管３内の地下水と負荷設備１００側の配管系統１０１を流れる媒体との間で熱交換を行い、地下水を冷却する。負荷設備１００側において、熱交換器４における熱交換により加熱された媒体は、熱源機１１０に送り込まれる。第二熱交換器１４０を介して冷却塔１３０に接続された熱源機１１０は、加熱された媒体を熱交換により冷却する。熱源機１１０における熱交換によって冷却された媒体は、熱交換器４に再び送りこまれて循環する。熱交換器４では、冷却された媒体と配管３内を流れる地下水との熱交換を行うことで、地下水が冷却される。地中熱利用システム１は、冷却された地下水を、配管３を通して注水井戸２２に注水することで、冷水蓄熱を行う。

- [0041] 本実施形態の制御装置 80 の動作について説明する。
- 制御装置 80 の動作は、制御方法の実施形態に相当する。
- 制御装置 80 は、図 9 に示す各ステップを実施する。
- [0042] まず、ポンプ動作制御部 81 は、負荷設備 100 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 22 に注水される地下水の設定温度に応じて、揚水井戸 21 から注水井戸 22 に地下水を送水するポンプ 31 のインバータ制御の動作周波数を調整する（S T O 1 : 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 31 による揚水井戸 21 から注水井戸 22 への注水流量の調整がなされる。
- [0043] S T O 1 の実施に続いて、ポンプ動作制御部 81 は、ポンプ 31 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 2 : 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）。
- [0044] S T O 2 における判定の結果、ポンプ 31 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 1 に戻り、ポンプ動作制御部 81 は、ポンプ 31 による揚水井戸 21 から注水井戸 22 への注水流量の調整を継続する。
- S T O 2 における判定の結果、ポンプ 31 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、制御弁開閉制御部 82 は、注水井戸 22 に注水される地下水の設定温度に応じて、制御弁 72 の開度を閉じる方向に調整する（S T O 3 : 制御弁の開度を調整するステップ）。制御弁開閉制御部 82 は、制御弁 72 の開度を調整することで、注水井戸 22 への注水流量の調整を行う。このとき、ポンプ 31 のインバータ制御の動作周波数は、最低周波数を維持している。つまり、ポンプ 31 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、制御弁 72 を閉じることで、制御装置 80 は、注水井戸 22 に注水される地下水の流量を、さらに低下させる。
- [0045] S T O 3 の実施に続いて、制御弁開閉制御部 82 は、制御弁 72 の開度が、予め設定された最小設定開度であるか否かを判定する（S T O 4 : 制御弁

の開度が最小設定開度であるか否かを判定するステップ)。

S T O 4 の判定の結果、制御弁 7 2 の開度が最小設定開度でなければ、S T O 3 に戻り、制御弁開閉制御部 8 2 は、処理を継続する。

S T O 4 の判定の結果、制御弁 7 2 の開度が最小設定開度であれば、負荷側流路制御部 8 3 が、負荷設備 1 0 0 側の運転モードを、冷却塔モードに切り換える (S T O 5 : 負荷設備側の運転モードを冷却塔モードに切り換えるステップ)。冷却塔モードでは、地中熱利用システム 1 は、冷却塔 1 3 0 の冷却水によって冷却された媒体と熱交換器 4 で熱交換した地下水を、注水井戸 2 2 に注水する。これによって、配管 3 内の地下水は冷却されて注水井戸 2 2 に注水され、冷水蓄熱が実施される。

例えば、大気温度が高いことにより、冷却塔モードによる冷水蓄熱が実施できない場合、制御装置 8 0 は冷凍機モードに切り替えて、冷凍機モードによる冷水蓄熱が実施されてもよい。

[0046] (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、揚水井戸 2 1 からポンプ 3 1 でくみ上げた地下水を、配管 3 を通して熱交換器 4 に送る。熱交換器 4 で、地下水と負荷設備 1 0 0 側の媒体との熱交換を行うことで、地中熱が利用される。熱交換器 4 を経た地下水は、配管 3 を通して注水井戸 2 2 に注水される。ポンプ 3 1 は、インバータ制御により、配管 3 を介して送水する地下水の流量を調整する。ポンプ 3 1 のインバータ制御の動作周波数が、予め設定された最低周波数となった場合、地中熱利用システム 1 は、制御弁 7 2 によって配管 3 内の流量を絞ることで、ポンプ 3 1 の最低周波数における流量よりも小さい流量で地下水を注水井戸 2 2 に注水することが可能となる。これにより、地中熱利用システム 1 は、低負荷時において注水温度を制御しやすい。

[0047] また本実施形態の一例によれば、制御弁 7 2 が、熱交換器 4 よりも注水井戸 2 2 側に設けられている。

これにより、地中熱利用システム 1 は、注水井戸 2 2 の近くで注水流量を

制御することができる。したがって、地中熱利用システム１は、注水井戸２２の注水温度を制御しやすい。

- [0048] また本実施形態の一例によれば、制御装置８０が、制御弁７２を絞ることで配管３内の地下水の流量を調整している場合、ポンプ３１のインバータ制御の動作周波数を最低周波数に保つ。

このように、制御弁７２を絞って地下水の流量を調整している状態では、ポンプ３１のインバータ制御の動作周波数を最低周波数に保つことで、地中熱利用システム１は、制御弁７２による流量調整を効率良く行うことができる。

- [0049] また本実施形態の一例によれば、制御装置８０は、制御弁７２の開度が最小設定開度となった場合、冷却塔１３０の冷却水によって冷却された媒体と配管３内の地下水とを熱交換器４で熱交換し、冷却した地下水を注水井戸２２に注水する。

制御弁７２の開度が最小設定開度となると、注水井戸２２に注水される地下水の流量を、それ以上、下げることができなくなる。このような場合に、冷却塔１３０を用いることで、地中熱利用システム１は、注水井戸２２に注水する地下水の温度を、さらに調整することが可能となる。これにより、地中熱利用システム１は、低負荷時における注水温度の制御を、より広い範囲で行うことが可能となる。

- [0050] また本実施形態の一例によれば、制御装置８０は、ポンプ動作制御部８１と、制御弁開閉制御部８２と、を備える。

この制御装置８０によれば、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、ポンプ３１のインバータ制御の動作周波数を調整する。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、制御装置８０は、注水井戸２２に注水される地下水の温度を調整できる。ポンプ３１のインバータ制御の動作周波数が、予め設定された最低周波数となった場合、制御弁開閉制御部８２は、制御弁７２の開度を調整して配管３内の流量を絞ることで、ポンプ３１の最低周波数における流量よりも小さ

い流量で地下水を注水井戸２２に注水することが可能となる。これにより、制御装置８０は、低負荷時において注水温度を制御しやすい。

[0051] 〔変形例〕

なお、上述の実施形態においては、制御装置８０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。

[0052] 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。

[0053] 図１０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。

[0054] 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、I/O 1/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1/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。

[0055] [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。

[0056] [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。

[0057] (1) 第1の態様に係る地中熱利用システム1は、揚水井戸21と、注水井戸22と、前記揚水井戸21から前記注水井戸22に延びる配管3と、前記配管3を介して、前記揚水井戸21から前記注水井戸22に地下水を送水可能なポンプ31と、前記配管3に設けられている熱交換器4と、前記配管3に設けられ、前記配管3内の前記地下水の流量を調整可能な制御弁72と、前記ポンプ31のインバータ制御の動作周波数が最低周波数となった場合、前記配管3内の流量を絞るように前記制御弁72を制御することで、前記注水井戸22に注水される前記地下水の流量を調整する制御装置80と、を備える。

[0058] この地中熱利用システム1は、揚水井戸21からポンプ31でくみ上げた地下水を、配管3を通して熱交換器4に送る。熱交換器4で、地下水と負荷設備100側の媒体との熱交換を行うことで、地中熱が利用される。熱交換

器 4 を経た地下水は、配管 3 を通して注水井戸 2 2 に注水される。ポンプ 3 1 は、インバータ制御により、配管 3 を介して送水する地下水の流量を調整する。ポンプ 3 1 のインバータ制御の動作周波数が、予め設定された最低周波数となった場合、地中熱利用システム 1 は、制御弁 7 2 によって配管 3 内の流量を絞ることで、ポンプ 3 1 の最低周波数における流量よりも小さい流量で地下水を注水井戸 2 2 に注水することが可能となる。これにより、地中熱利用システム 1 は、低負荷時において注水温度を制御しやすい。

[0059] (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 であって前記制御弁 7 2 が、前記熱交換器 4 よりも前記注水井戸 2 2 側に設けられていてもよい。

[0060] これにより、地中熱利用システム 1 は、注水井戸 2 2 の近くで注水流量を制御することができる。したがって、地中熱利用システム 1 は、注水井戸 2 2 の注水温度を制御しやすい。

[0061] (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、前記制御装置 8 0 が、前記制御弁 7 2 を絞ることで前記配管 3 内の前記地下水の流量を調整している場合、前記動作周波数を前記最低周波数に保ってもよい。

[0062] このように、制御弁 7 2 を絞って地下水の流量を調整している状態では、ポンプ 3 1 のインバータ制御の動作周波数を最低周波数に保つことで、地中熱利用システム 1 は、制御弁 7 2 による流量調整を効率良く行うことができる。

[0063] (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、前記熱交換器 4 で前記配管 3 内の前記地下水と熱交換を行う媒体を用いる負荷設備 1 0 0 側に冷却塔 1 3 0 を備え、前記制御装置 8 0 は、前記制御弁 7 2 の開度が最小設定開度となった場合、前記冷却塔 1 3 0 によって冷却された前記媒体と前記熱交換器 4 で熱交換した前記地下水を、前記注水井戸 2 2 に注水してもよい。

[0064] 制御弁 7 2 の開度が最小設定開度となると、注水井戸 2 2 に注水される地

下水の流量を、それ以上、下げることができなくなる。このような場合に、冷却塔 130 を用いることで、地中熱利用システム 1 は、注水井戸 22 に注水する地下水の温度を、さらに調整することが可能となる。これにより、地中熱利用システム 1 は、低負荷時における注水温度の制御を、より広い範囲で行うことが可能となる。

[0065] (5) 第 5 の態様に係る制御装置 80 は、揚水井戸 21 からくみ上げられ、熱交換器 4 を経て注水井戸 22 に注水される地下水の温度に応じて、前記揚水井戸 21 から前記注水井戸 22 に前記地下水を送水するポンプ 31 のインバータ制御の動作周波数を調整するポンプ動作制御部 81 と、前記動作周波数が最低周波数となった場合に、前記注水井戸 22 に注水される前記地下水の温度に応じて、前記注水井戸 22 に前記地下水を送り込む配管 3 に設けられた制御弁 72 の開度を調整する制御弁開閉制御部 82 と、を備える。

[0066] この制御装置 80 によれば、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、ポンプ 31 のインバータ制御の動作周波数を調整する。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、制御装置 80 は、注水井戸 22 に注水される地下水の温度を調整できる。ポンプ 31 のインバータ制御の動作周波数が、予め設定された最低周波数となった場合、制御弁開閉制御部 82 は、制御弁 72 の開度を調整して配管 3 内の流量を絞ることで、ポンプ 31 の最低周波数における流量よりも小さい流量で地下水を注水井戸 22 に注水することが可能となる。これにより、制御装置 80 は、低負荷時において注水温度を制御しやすい。

[0067] (6) 第 6 の態様に係る制御方法は、揚水井戸 21 からくみ上げられ、熱交換器 4 を経て注水井戸 22 に注水される地下水の温度に応じて、前記揚水井戸 21 から前記注水井戸 22 に前記地下水を送水するポンプ 31 のインバータ制御の動作周波数を調整し、前記動作周波数が最低周波数となった場合に、前記注水井戸 22 に注水される前記地下水の温度に応じて、前記注水井戸 22 に前記地下水を送り込む配管 3 に設けられた制御弁 72 の開度を調整する。

[0068] この制御方法は、注水井戸 2 2 に注水される地下水の温度に応じて、ポンプ 3 1 のインバータ制御の動作周波数を調整する。これにより、地下水の流量を調整することによって、注水井戸 2 2 に注水される地下水の温度を調整できる。ポンプ 3 1 のインバータ制御の動作周波数が、予め設定された最低周波数となった場合、制御弁 7 2 の開度を調整して配管 3 内の流量を絞ることで、制御方法は、ポンプ 3 1 の最低周波数における流量よりも小さい流量で地下水を注水井戸 2 2 に注水することが可能となる。これにより、制御方法は、低負荷時において注水温度を制御しやすい。

[0069] (7) 第 7 の態様に係るプログラムは、コンピュータ 1 9 0 に、揚水井戸 2 1 からくみ上げられ、熱交換器 4 を経て注水井戸 2 2 に注水される地下水の温度に応じて、前記揚水井戸 2 1 から前記注水井戸 2 2 に前記地下水を送水するポンプ 3 1 のインバータ制御の動作周波数を調整し、前記動作周波数が最低周波数となった場合に、前記注水井戸 2 2 に注水される前記地下水の温度に応じて、前記注水井戸 2 2 に前記地下水を送り込む配管 3 に設けられた制御弁 7 2 の開度を調整する方法を実行させる。

[0070] このプログラムによれば、コンピュータ 1 9 0 は、注水井戸 2 2 に注水される地下水の温度に応じて、ポンプ 3 1 のインバータ制御の動作周波数を調整する。これにより、地下水の流量を調整することによって、注水井戸 2 2 に注水される地下水の温度を調整できる。ポンプ 3 1 のインバータ制御の動作周波数が、予め設定された最低周波数となった場合、制御弁 7 2 の開度を調整して配管 3 内の流量を絞ることで、コンピュータ 1 9 0 は、ポンプ 3 1 の最低周波数における流量よりも小さい流量で地下水を注水井戸 2 2 に注水することが可能となる。これにより、プログラムは、低負荷時において注水温度を制御しやすい。

産業上の利用可能性

[0071] 本開示によれば、低負荷時において注水温度を制御しやすい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ができる。

符号の説明

- [0072] 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…ストレーナー
 - 2 c…開口
 - 3…配管
 - 4…熱交換器
 - 6…井戸蓋
 - 7…温度調整システム
 - 2 1…揚水井戸
 - 2 2…注水井戸
 - 3 1…ポンプ
 - 3 2…注水弁
 - 3 5 a～3 5 d…逆止弁
 - 7 1…ポンプコントローラ
 - 7 2…制御弁
 - 8 0…制御装置
 - 8 1…ポンプ動作制御部
 - 8 2…制御弁開閉制御部
 - 8 3…負荷側流路制御部
 - 1 0 0…負荷設備
 - 1 0 1…配管系統
 - 1 1 0…熱源機
 - 1 2 0…空調機
 - 1 3 0…冷却塔
 - 1 4 0…第二熱交換器

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…ＩＯ　Ｉ／Ｆ

１９９…通信Ｉ／Ｆ

ＨＯＬ…掘削孔

ＬＹ…帯水層

ＯＧ…地上

ＳＴＯ１…ポンプの動作周波数を調整するステップ

ＳＴＯ２…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

ＳＴＯ３…制御弁の開度を調整するステップ

ＳＴＯ４…制御弁の開度が最小設定開度であるか否かを判定するステップ

ＳＴＯ５…負荷設備側の運転モードを冷却塔モードに切り換えるステップ

請求の範囲

- [請求項1] 揚水井戸と、
注水井戸と、
前記揚水井戸から前記注水井戸に延びる配管と、
前記配管を介して、前記揚水井戸から前記注水井戸に地下水を送水可能なポンプと、
前記配管に設けられている熱交換器と、
前記配管に設けられ、前記配管内の前記地下水の流量を調整可能な制御弁と、
前記ポンプのインバータ制御の動作周波数が最低周波数となった場合、前記配管内の流量を絞るように前記制御弁を制御することで、前記注水井戸に注水される前記地下水の流量を調整する制御装置と、を備える
地中熱利用システム。
- [請求項2] 前記制御弁が、前記熱交換器よりも前記注水井戸側に設けられている
請求項1に記載の地中熱利用システム。
- [請求項3] 前記制御装置が、前記制御弁を絞ることで前記配管内の前記地下水の流量を調整している場合、前記動作周波数を前記最低周波数に保つ
請求項1又は2に記載の地中熱利用システム。
- [請求項4] 前記熱交換器で前記配管内の前記地下水と熱交換を行う媒体を用いる負荷設備側に冷却塔を備え、
前記制御装置は、前記制御弁の開度が最小設定開度となった場合、前記冷却塔によって冷却された前記媒体と前記熱交換器で熱交換した前記地下水を、前記注水井戸に注水する
請求項1から3の何れか一項に記載の地中熱利用システム。
- [請求項5] 揚水井戸からくみ上げられ、熱交換器を経て注水井戸に注水される地下水の温度に応じて、前記揚水井戸から前記注水井戸に前記地下水

を送水するポンプのインバータ制御の動作周波数を調整するポンプ動作制御部と、

前記動作周波数が最低周波数となった場合に、前記注水井戸に注水される前記地下水の温度に応じて、前記注水井戸に前記地下水を送り込む配管に設けられた制御弁の開度を調整する制御弁開閉制御部と、
を備える

制御装置。

[請求項6]

揚水井戸からくみ上げられ、熱交換器を経て注水井戸に注水される地下水の温度に応じて、前記揚水井戸から前記注水井戸に前記地下水を送水するポンプのインバータ制御の動作周波数を調整し、

前記動作周波数が最低周波数となった場合に、前記注水井戸に注水される前記地下水の温度に応じて、前記注水井戸に前記地下水を送り込む配管に設けられた制御弁の開度を調整する

制御方法。

[請求項7]

コンピュータに、

揚水井戸からくみ上げられ、熱交換器を経て注水井戸に注水される地下水の温度に応じて、前記揚水井戸から前記注水井戸に前記地下水を送水するポンプのインバータ制御の動作周波数を調整し、

前記動作周波数が最低周波数となった場合に、前記注水井戸に注水される前記地下水の温度に応じて、前記注水井戸に前記地下水を送り込む配管に設けられた制御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。