

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6696785号
(P6696785)

(45) 発行日 令和2年5月20日(2020.5.20)

(24) 登録日 令和2年4月27日(2020.4.27)

(51) Int.Cl.		F I	
FO1K	25/10	(2006.01)	FO1K 25/10 Y
FO1K	3/02	(2006.01)	FO1K 3/02 C
FO1K	7/32	(2006.01)	FO1K 7/32
FO3G	6/00	(2006.01)	FO3G 6/00 551
F25B	1/00	(2006.01)	F25B 1/00 399Y

請求項の数 10 外国語出願 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-19806 (P2016-19806)
 (22) 出願日 平成28年2月4日(2016.2.4)
 (65) 公開番号 特開2016-142272 (P2016-142272A)
 (43) 公開日 平成28年8月8日(2016.8.8)
 審査請求日 平成31年2月1日(2019.2.1)
 (31) 優先権主張番号 15153755.2
 (32) 優先日 平成27年2月4日(2015.2.4)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 欧州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 515322297
 ゼネラル エレクトリック テクノロジー
 ゲゼルシャフト ミット ベシュレンク
 テル ハフツング
 General Electric Te
 chnology GmbH
 スイス国 バーデン ブラウン ボヴェリ
 シュトラーセ 7
 Brown Boveri Strass
 e 7, CH-5400 Baden,
 Switzerland

(74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気エネルギー蓄積および放出システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気エネルギーを熱エネルギーとして蓄積するための電気エネルギー蓄積および放出システム(100)において、

第1作動流体を含むヒートポンプサイクル(10)と、

第2作動流体を含む水蒸気サイクル(20)と、

第1熱流体を含む第1蓄熱システム(30)と、

第2熱流体を含む第2蓄熱システム(40)と、

電気ヒータ装置(50)と、

電力調整装置(60)と

が設けられており、

前記第1蓄熱システム(30)は、前記ヒートポンプサイクル(10)および前記水蒸気サイクル(20)と流体的に接続されており、前記第1熱流体を含む第1蓄熱システム(30)は、第1低温蓄熱タンク(32)と、該第1低温蓄熱タンク(32)に流体的に接続された第1高温蓄熱タンク(36)とを含み、

前記第2蓄熱システム(40)は、前記ヒートポンプサイクル(10)および前記水蒸気サイクル(20)に流体的に接続されており、前記第2熱流体は、第2低温蓄熱タンク(42)と、該第2低温蓄熱タンク(42)に流体的に接続された第2高温蓄熱タンク(46)とを含み、

前記電気ヒータ装置(50)は、前記第1低温蓄熱タンク(32)と前記第1高温蓄熱

タンク(36)との間で、前記第1蓄熱システム(30)に作動的に接続されており、
 前記電力調整装置(60)は、1つまたは複数の電源と電氣的に接続されており、該電源の過剰電気エネルギーを調整して、該過剰電気エネルギーの一部を前記電気ヒータ装置(50)へ、一部を前記ヒートポンプサイクル(10)へ供給し、前記過剰電気エネルギーを、前記第1熱流体における熱エネルギーとして蓄積可能にする、
 電気エネルギー蓄積および放出システム(100)。

【請求項2】

前記ヒートポンプサイクル(10)は、
 前記第1作動流体を圧縮する圧縮器(18)と、
 該圧縮器(18)の下流に配置された熱交換器(12)と、
 該熱交換器(12)と流體的に接続された蒸発器/ヒータ(14)と
 を含み、

10

前記ヒートポンプサイクル(10)は、前記熱交換器(12)を通過する第1流体管路(34)を介して、前記第1蓄熱システム(30)に流體的に接続されており、前記第1作動流体の熱が、前記第1低温蓄熱タンク(32)から到来する前記第1熱流体に供給され、前記第1熱流体は、中庸な温度値となつて、前記熱交換器(12)の下流に配置された電氣的加熱源(50)に供給され、

前記ヒートポンプサイクル(10)は、前記蒸発器/ヒータ(14)を通過する第3流体管路(44)を介して、前記第2蓄熱システム(40)と流體的に接続されており、前記第2高温蓄熱タンク(46)から到来する前記第2熱流体から熱を受け取る、

20

請求項1記載の電気エネルギー蓄積および放出システム(100)。

【請求項3】

前記水蒸気サイクル(20)は、
 蒸気を膨張させる蒸気タービン(21)と、
 該蒸気タービン(21)の下流に配置された凝縮器(22)と、
 該凝縮器(22)の下流に配置された第1温水器(26)と、
 該第1温水器(26)の下流に配置され、当該水蒸気サイクル(20)の水を蒸気に変換するボイラ(29)と
 を含み、

前記水蒸気サイクル(20)は、前記ボイラ(29)を通過する第2流体管路(38)を介して、前記第1蓄熱システム(30)と流體的に接続されており、前記第1熱流体の熱を前記水蒸気サイクル(20)へ供給し、

30

前記水蒸気サイクル(20)は、前記第1温水器(26)を通過する第4流体管路(48)を、または前記凝縮器(22)を通過する第5流体管路(49)を、少なくとも介して、前記第2蓄熱システム(40)と流體的に接続されており、前記第2低温蓄熱タンク(42)から到来する前記第2熱流体を加熱する、

請求項1または2記載の電気エネルギー蓄積および放出システム(100)。

【請求項4】

前記蒸気タービン(21)は、抽出管路(24)を備えた多段式蒸気タービン(21)であり、前記抽出管路(24)は、前記蒸気タービン(21)の中間段から蒸気を抽出するように構成および配置されており、

40

前記抽出管路(24)は、前記水蒸気サイクル(20)内で前記第1温水器(26)の下流に配置された第2温水器(28)と接続されていて、抽出蒸気により前記水蒸気サイクル(20)内の水をさらに加熱可能である、

請求項3記載の電気エネルギー蓄積および放出システム。

【請求項5】

前記電力調整装置(60)は、アルゴリズムベースの電力調整装置(60)であり、該電力調整装置(60)は、太陽熱発電システム(72)、風力発電システム(74)、送電網(76)および同様の手段のうち少なくとも1つを含む電源(70)の電気エネルギーの過剰分を利用するように自動化されている、

50

請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の電気エネルギー蓄積および放出システム。

【請求項 6】

前記第 1 蓄熱システム (30) は、前記第 1 低温蓄熱タンク (32) と前記第 1 高温蓄熱タンク (36) との間において、前記電気ヒータ装置 (50) の上流であり前記熱交換器 (12) の下流に配置された第 3 蓄熱タンク (39) を含み、中庸な温度まで加熱された前記第 1 熱流体を該第 3 蓄熱タンク (39) に蓄積する、

請求項 2 に記載の電気エネルギー蓄積および放出システム。

【請求項 7】

前記ヒートポンプサイクル (10) は遷臨界ヒートポンプサイクル (10) である、

請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の電気エネルギー蓄積および放出システム。

10

【請求項 8】

前記ヒートポンプサイクル (10) は超臨界ヒートポンプサイクル (10) であり、前記第 1 作動流体は、当該ヒートポンプサイクル (10) 全体を通じて超臨界状態にある、

請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の電気エネルギー蓄積および放出システム。

【請求項 9】

前記第 1 熱流体は溶融塩である、

請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の電気エネルギー蓄積および放出システム。

【請求項 10】

前記第 2 熱流体は、水、加圧水、油、合成油および鉱物油のうちの 1 つである、

請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の電気エネルギー蓄積および放出システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は全般的には、蓄熱器を備えた電気エネルギー蓄積および放出システムに関するものであり、さらに詳しくは、熱流体を利用してエネルギーを蓄積するヒートポンプチャージサイクルを有する電気エネルギー蓄積システムに関する。

【背景技術】

【0002】

再生可能エネルギー（風力、太陽エネルギー）は、間欠性の電力発生源であり、したがってこれらのシステムは、要求を発電とマッチさせるために、コスト効率のよいエネルギー蓄積および回収システムを必要とする。再生可能電力の発生量が豊富にあり、かつ長距離伝送インフラストラクチャが脆弱であるという特徴がある地域では、発生量が要求を上回るならば、再生可能な電力源を減らさなければならないことが多い。過剰に発生した電気エネルギーを蓄積するために、蓄電池を再生可能エネルギー源と一体化させるのは、著しくコストがかかる。別の手法として挙げられるのは、上述のような過剰電気を直接または間接的に蓄積するために、溶融塩を含む高温および低温の蓄熱タンクをベースとするエネルギー蓄積インフラストラクチャを利用することであり、この場合、適切な作動流体によって動作する圧縮器とタービン装置がヒートポンプモードで用いられる。このエネルギー蓄積システムを、集光型太陽熱（CSP）発電所の溶融塩蓄積システムと一体化することができる。

30

40

【0003】

しかしながら、このような過剰な電気をそのまま利用して、低温蓄熱タンクから高温蓄熱タンクへ向かう溶融塩を加熱するとしたならば、これは電気の非効率的な利用となり、光起電力または風力による大規模な発電所と一体化するために利用するには、非経済的なものになってしまう。さらに、ヒートポンプサイクルを介して過剰な電気を利用して間接的に溶融塩を加熱すれば、もっと高い効率が得られるかもしれないが、ヒートポンプ技術ゆえに、約 570 という溶融塩により達成可能な最高温度よりもはるかに低い最高温度に制限されてしまう。一般にヒートポンプモードにおいて、利用可能なもっとも見込みのある流体は、二酸化炭素（CO₂）であり、これは市販の圧縮システムによって著しく高い圧力まで圧縮可能であるが、最高温度は一般に 300 ~ 400 である。

50

【 0 0 0 4 】

ヒートポンプサイクルの場合、理論的には600 までの高温が可能であるが、一般的に実際には実現されず、その理由は、このような高温のためには、高性能の金属を利用して超高精度の製造を行わなければならない、これによってこの種の圧縮器のコストが著しく高くなり、その結果、過度にコストのかかるシステムとなってしまうからである。さらに、標準コンポーネントを利用して、目標とする熔融塩温度を達成するのであれば、追加コストと効率損失とのバランスをとることが必須となる。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

したがって、熱流体を利用してエネルギーを蓄積する電気エネルギー蓄積および放出システムを改善し、そのようなシステムにおいて、上述のようなバランスを達成できるようにする必要がある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

本発明が開示する代替的な電気エネルギー蓄積および放出システムによれば、発電のために効率的かつフレキシブルな蓄熱および放出のフェーズを提供することができる。以下では、本発明の1つまたは複数の観点を基本的に理解できるようにするために、単純化した概要として本発明によるシステムを呈示する。なお、本発明の1つまたは複数の観点は、上述の欠点を克服しようというものであるが、それらの利点がすべて含まれることを意図しており、さらにいくつかの付加的な利点も合わせてもたらされる。この概要は、本発明の広範囲にわたる概観ではない。ここでは、本発明の要点または重要な要素を同定しようというものでないし、本発明の範囲を明確に区切ろうというものでない。ここで述べる概要のただ1つの目的は、本発明のいくつかのコンセプト、その観点、ならびに利点を、あとで開示するいっそう詳細な説明の前置きとして、単純化したかたちで開示する、ということである。

【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、改良された代替となる改善されたエネルギー蓄積および放出システムを開示することであって、このシステムによれば、過剰な電気エネルギーを利用することができ、標準的なコンポーネントを利用して、熔融塩の目標温度を達成することができる。本発明が基礎とする全般的な着想とは、1つまたは複数の電源からの過剰な電気エネルギーを累積および分配することによって、熔融塩の目標温度を達成し、ヒートポンプサイクルを利用した熱と電気ヒータを利用した熱とを発生させる、ということである。

【 0 0 0 8 】

本発明の1つの観点によれば、電気エネルギーを熱エネルギーとして蓄積するための電気エネルギー蓄積および放出システムには、ヒートポンプサイクルと、水蒸気サイクルと、第1蓄熱システムと、第2蓄熱システムと、電気ヒータ装置と、電力調整装置とが含まれている。ヒートポンプサイクルは第1作動流体を含んでおり、水蒸気サイクルは第2作動流体を含んでいる。第1蓄熱システムは第1熱流体を含んでおり、ヒートポンプサイクルおよび水蒸気サイクルと流体的に接続されている。さらに第1蓄熱システムは、第1熱流体とともに、第1低温蓄熱タンクと、この第1低温蓄熱タンクと流体的に接続された第1高温蓄熱タンクとを含んでいる。第2蓄熱システムは第2熱流体を含んでおり、ヒートポンプサイクルおよび水蒸気サイクルと流体的に接続されている。さらに第2熱流体、第2低温蓄熱タンクと、この第2低温蓄熱タンクと流体的に接続された第2高温蓄熱タンクとを含んでいる。電気ヒータ装置は、第1および第2の蓄熱タンクの間で、第1蓄熱システムと作動的に接続されている。電力調整装置は、1つまたは複数の電源と接続されており、電源の過剰な電気エネルギーを調整して、過剰な電気エネルギーの一部を電気ヒータ装置へ、さらに一部をヒートポンプサイクルへ供給し、これによって過剰な電気エネルギーを、予め定められたレベルまで第1熱流体に熱エネルギーとして蓄積できるようになる。

10

20

30

40

50

【0009】

本発明の実施形態によれば、ヒートポンプサイクルは、第1作動流体を圧縮する圧縮器と、圧縮器の下流に配置された熱交換器と、熱交換器と流体的に接続された蒸発器/ヒータとを含んでいる。ヒートポンプサイクルは、熱交換器を通過する第1流体管路を介して、第1蓄熱システムと流体的に接続されており、これによって第1作動流体の熱が、第1低温蓄熱タンクから到来する第1熱流体に供給され、中庸な温度値に到達して、熱交換器の下流に配置された電氣的加熱源に供給される。さらにヒートポンプサイクルは、蒸発器/ヒータを通過する第3流体管路を介して、第2蓄熱システムと流体的に接続されており、これによって第2高温蓄熱タンクから到来する第2熱流体から熱を受け取る。本発明の実施形態によれば、ヒートポンプサイクルは、遷臨界サイクルまたは超臨界サイクルであり、この場合、作動流体は、このサイクルの一部において、またはこのサイクル全体を通して、超臨界状態にある。

10

【0010】

本発明の実施形態によれば、水蒸気サイクルは、蒸気を膨張させる蒸気タービンと、蒸気タービンの下流に配置された凝縮器と、凝縮器の下流に配置された第1温水器と、第1温水器の下流に配置され、このサイクルの水を蒸気に変換するボイラとを含んでいる。水蒸気サイクルは、ボイラを通過する第2流体管路を介して、第1蓄熱システムと流体的に接続されており、これによって第1熱流体の熱が水蒸気サイクルへ供給される。さらに水蒸気サイクルは、第1温水器を通過する第4流体管路を少なくとも介して、または凝縮器を通過する第5流体管路を介して、第2蓄熱システムと流体的に接続されており、これによって第2低温蓄熱タンクから到来する第2熱流体が加熱される。

20

【0011】

本発明の実施形態によれば、蒸気タービンは、抽出管路を備えた多段式蒸気タービンであり、この抽出管路は、蒸気タービンの中間段から蒸気を抽出するように構成および配置されている。抽出管路は、水蒸気サイクルにおいて第1温水器の下流に配置された第2温水器と接続されており、これにより抽出蒸気を用いて、水蒸気サイクル内の水をさらに加熱できるようになる。

【0012】

本発明の実施形態によれば、電力調整装置は、太陽熱発電システム、風力発電システム、送電網および同様の手段のうち少なくとも1つを含む電源からの電気エネルギーの過剰分を利用するように自動化されたアルゴリズムを有することができる。

30

【0013】

本発明の実施形態によれば、蓄熱システムは、第1および第2の高温蓄熱タンクの間において、電気ヒータ装置の上流であり熱交換器の下流に配置された第3蓄熱タンクを含むことができ、中庸な温度まで加熱された第1熱流体をこの第3蓄熱タンクに蓄積させる。

【0014】

本発明の実施形態によれば、第1熱流体は熔融塩である。

【0015】

さらに本発明の実施形態によれば、第2熱流体は、水、加圧水、油、合成油および鉱物油のうちの1つである。

40

【0016】

次に、これらの点について本発明の他の観点と合わせて、本発明を特徴づける種々の新規の特徴を挙げながら、本発明の詳細な点とともに説明する。本発明およびその動作の利点ならびにその使用について、なおいっそう理解できるように、本発明の実施形態を例示した添付の図面および説明を参照されたい。

【0017】

以下の詳細な説明および特許請求の範囲を添付の図面とともに参照すれば、本発明の利点および特徴の理解が深まる。図中、同じ部材には同じ参照符号が付されている。

【図面の簡単な説明】

【0018】

50

【図 1】本発明の実施形態による電気エネルギー蓄積システムの概略図

【図 2】本発明の付加的な実施形態による電気エネルギー蓄積システムの概略図

【図 3 a】本発明の種々の実施形態による電気エネルギー蓄積システムのチャージおよびディスチャージサイクルを示す概略図

【図 3 b】本発明の種々の実施形態による電気エネルギー蓄積システムのチャージおよびディスチャージサイクルを示す概略図

【図 3 c】本発明の種々の実施形態による電気エネルギー蓄積システムのチャージおよびディスチャージサイクルを示す概略図

【発明を実施するための形態】

【0019】

同等の要素には、複数の図面の説明を通して同じ参照符号が付されている。

【0020】

本発明を完全に理解できるようにするために、添付の特許請求の範囲を含め、以下の詳細な説明を上述の図面と合わせて参照されたい。以下の記載では、説明の目的で、本発明を十分に理解できるようにするために、数多くの特定の詳細な点が述べられている。とはいえ、当業者には自明であるとおり、本発明はそれらの特定の詳細な点がないとしても実施可能である。さらに別の点として、構造および装置はブロック図として描かれているにすぎず、その目的は、開示内容を不明確にしないようにするためである。さらに本明細書では、「1つの実施形態」、「ある実施形態」、「別の実施形態」、「種々の実施形態」という呼び方をしているが、これが意味するのは、その実施形態に関連して述べられる特定の20 特徴、構造または特性が、本発明の少なくとも1つの実施形態に含まれる、ということである。また、本明細書中の様々な箇所において「1つの実施形態によれば」というフレーズが現れるが、これは必ずしもすべて同じ実施形態を指しているわけではないし、他の実施形態を排除し合う別個のまたは択一的な実施形態というわけでもない。さらに、いくつかの実施形態では備えることができるが、他の実施形態では備えることのできない種々の特徴についても述べられている。同様に、いくつかの実施形態にとっては必要とされるが、他の実施形態では必要とされない種々の要求についても述べられている。

【0021】

以下の説明には、例示の目的で数多くの仕様が含まれているけれども、当業者であれば自明であるとおり、本発明の範囲内で数多くの変形および/またはそれらの詳細に対する30 代案が可能である。さらに同様に、本発明の特徴の多くは、相互に関連させて、または相互に関係をもたせて、説明されているけれども、それらの特徴の多くを、他の特徴とは独立させて設けてもよい。したがって本発明の以下の説明は、一般性を何ら失うことなく、また、本発明を限定してしまうことなく、記載されたものである。さらにここで用いられる相対語は、何らかの順序、高さ、または重要性を表すというものではなく、ある要素を他の要素と区別するために用いられたものである。さらにここで用いられる「1つの」および「複数の」という言葉は、量の制限を表すものではなく、参照した要素のうち少なくとも1つの要素が存在する、ということを表している。

【0022】

次に図 1 を参照すると、本発明の1つの実施形態による電気エネルギー蓄積システム 100 (以下では「システム 100」と称する) が略示されている。図 1 に示した実施形態には、システム 100 が最も簡単な形態で示されており、このシステムには、ヒートポンプサイクル 10 と、水蒸気サイクル 20 と、高温側の蓄熱システムである第 1 蓄熱システム 30 と、低温側の蓄熱システムである第 2 蓄熱システム 40 とを含み、これらの蓄熱システムはそれぞれ、ヒートポンプサイクル 10 および水蒸気サイクル 20 と相互接続されている。システム 100 にはさらに、第 1 蓄熱システム 30 と作動的に接続された電気ヒータ装置 50 が含まれている。さらにシステム 100 には、過剰な電気を調整する電力調整装置 60 も含まれており、この過剰な電気は熱エネルギーへ変換され、必要に応じて活用するために蓄積される。

【0023】

10

20

30

40

50

1つの実施形態によれば、ヒートポンプサイクル10は、亜臨界サイクル、遷臨界サイクルおよび超臨界サイクルとして構成されたサイクルを有する既知のヒートポンプサイクル10を含むことができる。図1に示されている1つの実施形態によれば、ヒートポンプサイクル10には、第1作動流体を圧縮するための圧縮器18と、圧縮器18の下流に配置された熱交換器12と、熱交換器12の下流に配置された膨張器15と、熱交換器12と流体的に接続された蒸発器/ヒータ14とが含まれており、この蒸発器/ヒータ14は、膨張器15と、ヒートポンプサイクル10の低圧側の圧縮器18との間に配置されている。

【0024】

さらに図1に示されている実施形態によれば、熱交換器12と膨張器15との間ではヒートポンプサイクル10の高圧側であって、圧縮器18と蒸発器/ヒータ14との間ではヒートポンプサイクル10の低圧側に、流体連通状態で復熱器13を配置することができる。このような配置によれば、復熱器13は、高圧作動流体から低圧作動流体へ熱エネルギーを移送する。

10

【0025】

図1に示されている実施形態によれば、水蒸気サイクル20は順番に、蒸気タービン21と、蒸気タービン21から排出された蒸気を凝縮する凝縮器22と、凝縮された水を加圧する凝縮ポンプ23と、低温蓄熱器へ熱を移送する第1温水器26と、蒸気タービン21に戻すべき蒸気をサイクルで発生させる第1ボイラ29とを有している。

【0026】

図1に示されている実施形態によれば、蒸気タービン21を多段式蒸気タービン21とすることができ、水蒸気サイクルは、抽出蒸気管路24を介して抽出された蒸気によって凝縮物を加熱する第2温水器28を含む。好ましくは、流体の流れでみて第1ボイラ29と並列に、第2温水器28の下流にさらに別の第2ボイラ27が配置されている。第2温水器28と第2ボイラ27は双方ともに、水蒸気サイクル20に補助エネルギーを供給するために利用することができ、または高温側の蓄熱システム30からの熱入力がないときに、水蒸気サイクル20を作動させるために利用することができる。

20

【0027】

図1に示されている実施形態によれば、第1熱流体を含む第1蓄熱システム30は、高温側の蓄熱システムである。第1蓄熱システム30（「高温側の蓄熱システム30」とも称する）には、高温側の第1低温蓄熱タンク32と高温側の第1高温蓄熱タンク36とが含まれており、これらはヒートポンプサイクル10の熱交換器12を通過する第1流体管路34によって、流体的に接続されている。熱交換器12は、第1熱流体を中庸な温度たとえば約300～400まで加熱する。第2流体管路38によって高温側の第1高温蓄熱タンク36が、第1の蒸気ボイラ29を介して高温側の第1低温蓄熱タンク32と接続されている。このようにして、高温側の第1高温蓄熱タンク36からの熱エネルギーを、水蒸気サイクル20におけるエネルギー源として利用することができる。この実施形態では高温側の第1高温蓄熱タンク36は、熱流体を保管するように構成されているだけであるが、別の実施形態によれば高温側の第1高温蓄熱タンク36は、付加的に熱保持手段を含んでおり、たとえば熱吸収性の金属、岩石、または熱を長期にわたり保持可能な他の鉱物などを含んでいる。さらに別の実施形態によれば、高温側の蓄熱システム30は、低温流体と高温流体の混合を防止する材料で充填された、ただ1つの蓄熱タンクを含むようにしてもよい。この分野で知られているように、日中、ヘリオスタット37aおよび受光装置37bによって第1熱流体を加熱することができ、タンク装置32, 36を利用して蓄積することができる。

30

40

【0028】

図1の実施形態によれば、第1流体管路34中、高温側の第1低温蓄熱タンク32と第1高温蓄熱タンク36との間で、ヒートポンプサイクル10の熱交換器12の下流において、第1蓄熱システム30に作動的に電気ヒータ装置50を接続することができる。電気ヒータ装置50は、中庸な温度まで加熱された第1熱流体を受け取り、この熱流体を予め

50

定められた温度たとえば約500 ~ 600 までさらに加熱する。ただし、図2に示されているように別の実施形態によれば、蓄熱システム30は、第1の低温蓄熱タンク32と高温蓄熱タンク36との間において、電気ヒータ装置50の上流であり熱交換器12の下流に、第3蓄熱タンク39を含むこともでき、中庸な温度まで加熱された第1熱流体をこの第3蓄熱タンク39内に蓄積させる。この第3蓄熱タンク39を、バッファとして動作するように設置することができ、ヒートポンプサイクル10の動作と電氣的な加熱動作とを、2つのチャージサイクルを第1蓄熱システム30とは別個に動作させる必要がある場合に、分離することができる。これによって、買い入れる電気の価格の変動を巧みに利用できるようになる。

【0029】

図1に示されている実施形態によれば、第2熱流体を含む第2蓄熱システム40は、低温側の蓄熱システムである。第2蓄熱システム40には、低温側の第2高温蓄熱タンク46と低温側の第2低温蓄熱タンク42とが含まれており、これらはヒートポンプサイクル10の蒸発器/ヒータ14を通過する第3流体管路44によって、流体的に接続されている。さらに第4流体管路48によって低温側の低温蓄熱タンク42は、図1に示されているように少なくとも第1温水器26を介して、低温側の高温蓄熱タンク46と接続されているか、または図3cに示されているように、水蒸気サイクル20の凝縮器22と接続されている。このようにして水蒸気サイクル20からの熱エネルギーを、低温側の低温蓄熱タンク42からの水を加熱して低温側の高温蓄熱タンク46を補給するために、利用することができる。この実施形態では低温側の第1高温蓄熱タンク46は、熱流体を保管する
20
ように構成されているだけであるが、別の実施形態によれば低温側の第1高温蓄熱タンク46は、付加的に熱保持手段を含んでおり、たとえば熱吸収性の金属、岩石、または熱を長期にわたり保持可能な他の鉱物などを含んでいる。さらに別の実施形態によれば、低温側の蓄熱システムを、低温側の低温流体と高温流体との混合を防止する材料で充填された、ただ1つの蓄熱タンクによって構成してもよい。

【0030】

この装置によれば電力調整装置60を、1つまたは複数の電源70と電氣的に接続された、アルゴリズムベースの電力調整装置60とすることができ、ここで電源70には、太陽光発電システム72、風力発電システム74、送電網76等のうちの少なくとも1つが含まれる。この場合、電力調整装置60は、電源70の過剰電気エネルギーを調整し、過剰電気エネルギーの一部を電気ヒータ装置50へ、さらに一部をヒートポンプサイクル10へ供給して、過剰電気エネルギーを熱エネルギーとして蓄積できるようにする。上述の装置の場合、ヒートポンプサイクル10と電気ヒータ装置50は、電気エネルギーを熱エネルギーへ変換するチャージシステムとして動作する。
30

【0031】

電力調整装置60からの部分的な電気エネルギーを利用し、ヒートポンプサイクル10の圧縮器18を駆動して熱エネルギーを発生させ、これを高温側の蓄熱システム30に供給して蓄積する。さらに別の部分的な電気エネルギーは、電力調整装置60を介して電気ヒータ装置50へ供給され、熱エネルギーに変換されて、高温側の蓄熱システム30にさらに蓄積され、これによって第1熱流体の最高要求温度たとえば約500 ~ 600 に
40
達する。さらに水蒸気サイクル20は、蒸気タービン21を利用して発電機を駆動することによって、高温側の蓄熱システム30内の熱エネルギーの蓄積を電気に変換するディスチャージシステムである。さらに水蒸気サイクル20を利用して、低温側の蓄熱システムに低温エネルギーを補給することができ、これをヒートポンプサイクル10によって利用することができる。

【0032】

次に図3A~図3Bを参照すると、システム100が例示されており、これによればシステム100のチャージとディスチャージが描かれている。1つの実施形態に従い、図3aにはシステム100のチャージ動作が示されており、図3bおよび図3cにはシステム100のディスチャージ動作が示されている。チャージサイクルはたとえば日中に行うこ
50

とができ、ディスチャージサイクルはたとえば夜間に行うことができる。さらにチャージサイクル手段は、第1熱流体を予め定められた温度まで加熱し、それを第1蓄熱システム(30)に蓄積する。同様にディスチャージサイクル手段は、システム100を動作させるために、第1熱流体の熱を利用する。

【0033】

一例として図3aに示されているような、遷臨界作動流体を用いたチャージサイクルの方法(濃く描かれた線およびコンポーネント)には、以下のステップが含まれている。最初に、種々の電源70からの過剰な電気を電力調整装置60によって調整し、一部はヒートポンプサイクル10を駆動し、一部は電気ヒータ装置50へ供給する。ヒートポンプサイクル10において電気によりモータを駆動し、これにより圧縮器18は、ヒートポンプサイクル10の第1作動流体を圧縮して超臨界状態にすることができ、圧縮器18の下流に配置された熱交換器12により回収される第1蓄積媒体を、この媒体により許容される最高温度に到達させる。

10

【0034】

続く復熱ステップにおいて、圧縮器18の出口圧力を制限するために、冷却された高圧の第1作動流体を用いて、復熱器13内の低圧作動流体を予備加熱する。さらに、冷却された第1作動流体を膨張器15内で膨張させ、この膨張器15は、第1作動流体の圧力を絞って低圧にする。その後、蒸発器/ヒータ14において、作動流体を予備加熱し/蒸発させ、ついで加熱してから、圧縮器へ戻す。この加熱および蒸発のステップを、周囲からの熱によって実施することができ、または、低温側の第2蓄熱サイクル40からの熱を利用して実施することができ、これによってヒートポンプサイクル10の効率が上昇する。図3aに示したチャージングモードにおいてヒートポンプサイクル10は、第2蓄熱システム40の2つのタンクである第2低温蓄熱タンク42と第2高温蓄熱タンク46との温度差として蓄積された熱を、いっそう高い温度に移行させる。この場合、低温タンク(タンク42)は約30~約60の範囲にあり、高温タンク(タンク46)は約80~約120の範囲にあり、いっそう高い温度とは具体的には、第1蓄熱システム30の2つのタンクである第1低温蓄熱タンク32と第1高温蓄熱タンク36における約265~約565の温度差で表される温度である。

20

【0035】

たとえば日中を考えると、このチャージサイクルの終了時点で、第2温水タンク46は空となり、第2冷水タンク42は満水となる。

30

【0036】

ただし、100~300バールの圧力において300~400を超える温度で動作可能な圧縮器とヒートポンプを製造するのは難しく、かつコストがかかるので、ヒートポンプサイクル10は、ヒートポンプサイクル10の標準的なコンポーネントを利用して達成可能な制限温度すなわち約300~400までならば動作するように構成されている。

【0037】

この温度よりも高い温度については、電気ヒータ装置50を用いて第1蓄熱システム(30)の第1熱流体を加熱することができる。この場合、電気エネルギーの一部は、電力調整装置60により調整されて電気ヒータ装置50へ供給され、熱エネルギーに変換されて、高温側の蓄熱システム30にさらに蓄積され、これによって第1熱流体の最高要求温度たとえば約500~600に到達させる。

40

【0038】

一例として図3bで示したような、ディスチャージサイクルのための方法(濃く描かれた線およびコンポーネント)には、以下のステップが含まれている。水蒸気サイクル20は、第1蓄熱システム30の熱を利用して蒸気を発生させ、さらに上述のようにして電気を発生させる。さらに第2蓄熱システム40を、ディスチャージサイクル中、予備加熱することができ、上述のようにその熱を、ヒートポンプサイクル10によるチャージサイクル中に利用することができる。このようにするために1つの実施形態によれば、第2低温

50

蓄熱タンク 42 からの低温側の第 2 熱流体を、水蒸気サイクル 20 の第 1 温水器 26 を用いて加熱することができ、その後、図 3 b に示されているように、第 4 流体管路 48 を介して第 2 高温蓄熱タンク 46 へ戻され、それによって約 30 ~ 約 80 の第 2 低温熱流体の温度が達成される。ただし別の実施形態によれば、図 3 c に示されているように（濃い線およびコンポーネント）、低温側の第 2 熱流体は、この熱を水蒸気サイクル 20 の凝縮器から 22 からとることができ、この場合、第 1 温水器 26 の代わりに凝縮器 22 を利用して第 2 低温蓄熱タンク 42 を加熱することができ、その後、第 5 流体管路 49 を介して第 2 高温蓄熱タンク 46 へ戻され、それによって約 30 ~ 約 50 の第 2 熱流体の温度が達成される。図 3 c の実施形態を適用できる理由は、CSP において一般に用いられている空冷凝縮器たとえば凝縮器 22 は水冷よりも高い動作温度を有しており、したがって予備加熱トレインよりもむしろ空冷凝縮器を用いると、チャージサイクルのためにいっ

10

【0039】

ヒートポンプサイクル 10 の熱流体および作動流体を、システム 100 の要求に合わせて適合させることができ、1つの実施形態によれば、高温側の第 1 熱流体を、270 ~ 565 の温度範囲で作動させ、238 の凝固点を有する溶融塩（60%の NaNO_3 、40%の KNO_3 ）とすることができる一方、低温側の第 2 熱流体を、加圧されたまたはされていない水とすることができ、あるいは油、合成油、鉱物油とすることができる。同時に作動流体は、遷臨界チャージサイクルのためには CO_2 が選択され、その理由は、 CO_2 は、非可燃性、最高温度での非劣化性、および1000バールまでの圧縮可能性、

20

【0040】

本発明のシステム 100 は、既述のように様々な領域において有利である。このシステムは、代替となる改善されたエネルギー蓄積および放出システムであって、このシステムは、過剰な電気エネルギーを利用することができ、標準的なコンポーネントを利用して溶融塩の目標温度を経済的な手法で達成することができる。このことは、本発明によらなければ著しくコストがかかるし、または理論的に不可能である。

【0041】

本発明の特定の実施形態に関する既述の説明は、例示および説明を目的として開示されたものである。それらは網羅的であることを意図したものでもないし、または本発明をここで開示した厳密な形態に限定することを意図したものでもなく、これまで述べてきた教示内容からすれば、多数の改良や変形が可能であるのは明らかである。これらの実施形態は、本発明の原理およびそれらの実際の適用を最もわかりやすく説明できるようにする目的で、さらにそれによって、他の当業者が個々に意図どおりに利用するのに適した種々の変形と合わせて、本発明および種々の実施形態を最良のかたちで活用できるようにする目的で、選択し説明してきたものである。状況によって示唆されるように、または好適であるとされるように、様々な省略や等価のものによる置き換えが想定されるが、それらが意図するのは、本発明の特許請求の範囲の着想または範囲から逸脱することなく、適用または実施を網羅するということである。

30

【符号の説明】

【0042】

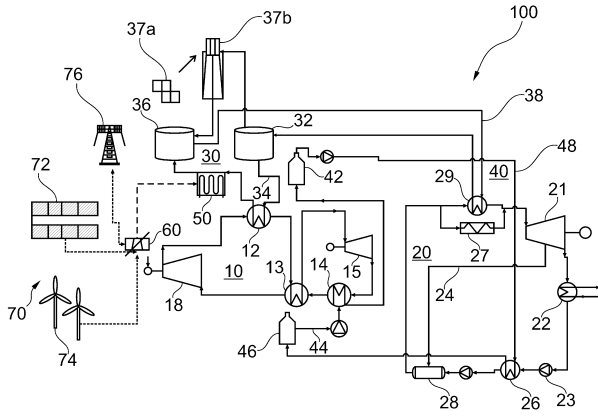
- 100 電気エネルギー蓄積および放出システム
- 10 ヒートポンプサイクル
- 12 熱交換器
- 13 復熱器
- 14 蒸発器 / ヒータ
- 15 膨張器
- 18 圧縮器
- 20 水蒸気サイクル

40

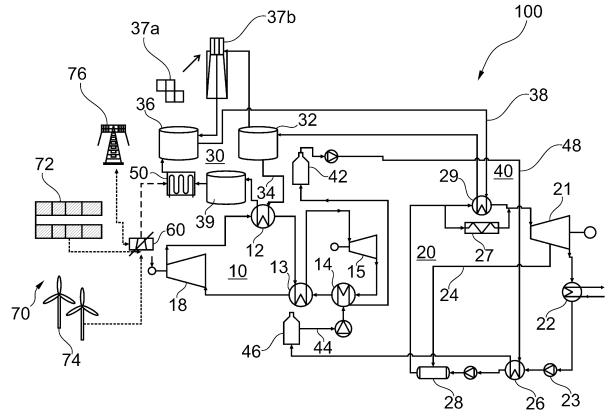
50

2 1	蒸気タービン	
2 2	凝縮器	
2 3	凝縮ポンプ	
2 4	抽出管路	
2 6	第1温水器	
2 7	第2蒸発器	
2 8	第2温水器	
2 9	第1ボイラ	
3 0	第1蓄熱システム	
3 2	第1低温蓄熱タンク	10
3 4	第1流体管路	
3 6	第1高温蓄熱タンク	
3 7 a	ヘリオスタット	
3 7 b	受光装置	
3 8	第2流体管路	
3 9	第3蓄熱タンク	
4 0	第2蓄熱システム	
4 2	第2低温蓄熱タンク	
4 4	第3流体管路	
4 6	第2高温蓄熱タンク	20
4 8	第4流体管路	
4 9	第5流体管路	
5 0	電気ヒータ装置	
6 0	電力調整装置	
7 0	電源	
7 2	太陽光発電システム	
7 4	風力発電システム	
7 6	送電網	

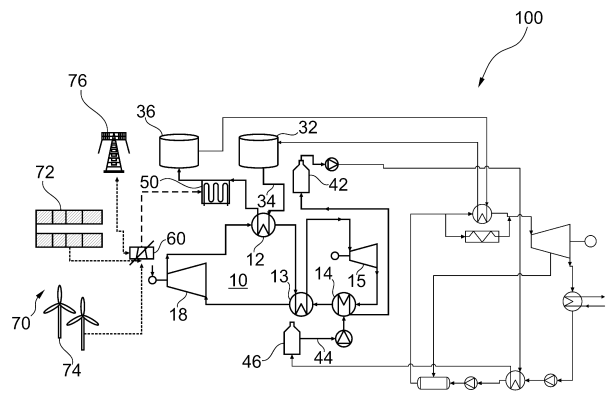
【図1】



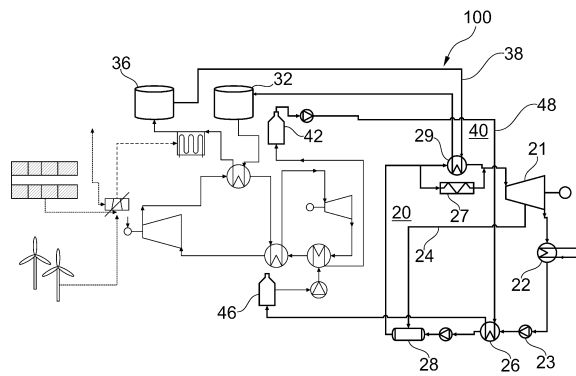
【図2】



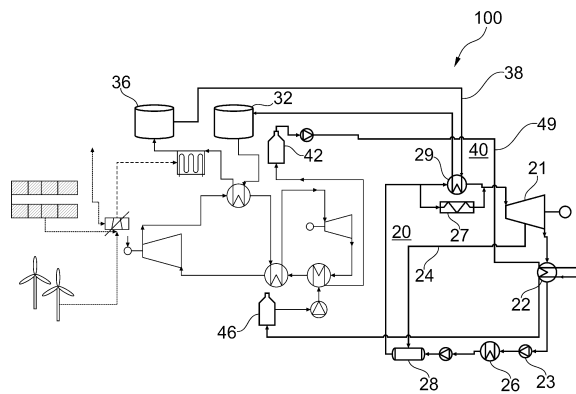
【図3a】



【図3b】



【図3c】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I			
<i>F 2 5 B</i>	<i>27/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 2 5 B</i>	<i>27/00</i>	M
<i>F 2 8 D</i>	<i>20/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 2 5 B</i>	<i>27/00</i>	Z
<i>H 0 2 J</i>	<i>15/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 2 8 D</i>	<i>20/00</i>	A
<i>H 0 2 J</i>	<i>3/28</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 2 8 D</i>	<i>20/00</i>	Z
			<i>H 0 2 J</i>	<i>15/00</i>	H
			<i>H 0 2 J</i>	<i>3/28</i>	

- (72)発明者 ヴィプルヴ アガ
 スイス国 チューリッヒ バッハマンヴェーク 9
- (72)発明者 エンリコ コンテ
 スイス国 シュリアン・バイ・ケーニツ ムーランシュトラッセ 204

審査官 西中村 健一

- (56)参考文献 特開昭63-253102(JP,A)
 特表2012-530207(JP,A)
 特開2014-092086(JP,A)
 特開2004-340093(JP,A)
 特開2015-034544(JP,A)
 米国特許出願公開第2013/0111902(US,A1)
 中国特許出願公開第104271896(CN,A)
 国際公開第2012/168251(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|--------------------|
| F 0 1 K | 2 5 / 1 0 |
| F 0 1 K | 3 / 0 2、 7 / 3 2 |
| F 0 3 G | 6 / 0 0 |
| F 2 5 B | 1 / 0 0、 2 7 / 0 0 |
| F 2 8 D | 2 0 / 0 0 |
| H 0 2 J | 1 5 / 0 0 |