

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-89443

(P2017-89443A)

(43) 公開日 平成29年5月25日(2017.5.25)

(51) Int.Cl.

F02C 6/16 (2006.01)

F1

F02C 6/16

テーマコード(参考)

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2015-218082 (P2015-218082)  
 (22) 出願日 平成27年11月6日(2015.11.6)

(71) 出願人 000001199  
 株式会社神戸製鋼所  
 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号  
 (74) 代理人 100081422  
 弁理士 田中 光雄  
 (74) 代理人 100101454  
 弁理士 山田 卓二  
 (74) 代理人 100111039  
 弁理士 前堀 義之  
 (72) 発明者 佐藤 隆  
 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号  
 株式会社神戸製鋼所高砂製作所内

最終頁に続く

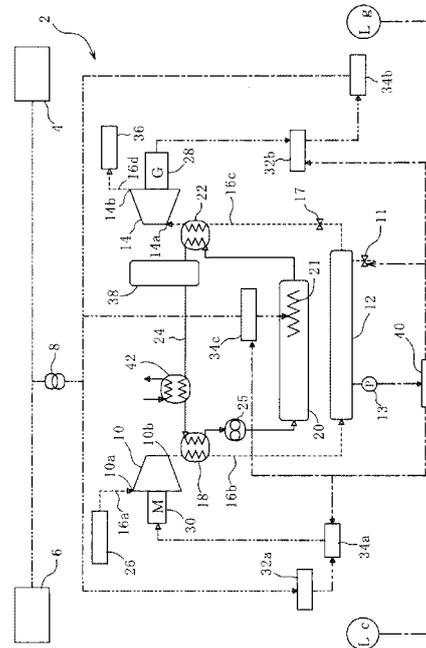
(54) 【発明の名称】 圧縮空気貯蔵発電装置および圧縮空気貯蔵発電方法

(57) 【要約】

【課題】SOCが最適SOC範囲内となるように制御され運転効率を向上させた圧縮空気貯蔵発電装置を提供する。

【解決手段】圧縮空気貯蔵発電装置2は、モータ30と機械的に接続された圧縮機10と、圧縮機10からの圧縮空気を蓄える第1蓄圧タンク12と、タンク12からの圧縮空気で駆動される膨張機14と、膨張機14と機械的に接続された発電機28と、圧縮機10からタンク12に供給される圧縮空気と熱媒とで熱交換する第1熱交換器18と、タンク12から膨張機14に供給される圧縮空気と熱媒とで熱交換する第2熱交換器22と、タンク12のSOCを検出する圧力センサ13と、SOCを調整するSOC調整部17, 34a, 34b, 34cと、制御装置40とを備える。制御装置40は、要求電力を充足しつつ検出したSOCが最適SOC範囲内となるようにSOC調整部17, 34a, 34b, 34cを制御する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

駆動機と機械的に接続され、空気を圧縮する圧縮機と、  
 前記圧縮機により圧縮された圧縮空気を蓄える第 1 蓄圧部と、  
 前記第 1 蓄圧部から供給される圧縮空気によって駆動される膨張機と、  
 前記膨張機と機械的に接続された発電機と、  
 前記圧縮機から前記第 1 蓄圧部に供給される圧縮空気と熱媒とで熱交換する第 1 熱交換器と、  
 前記第 1 蓄圧部から前記膨張機に供給される圧縮空気と熱媒とで熱交換する第 2 熱交換器と、  
 前記第 1 蓄圧部の SOC を検出する SOC 検出部と、  
 前記第 1 蓄圧部の SOC を調整する SOC 調整部と、  
 要求電力を充足しつつ前記 SOC 検出部で検出した SOC が最適 SOC 範囲内となるように前記 SOC 調整部を制御する制御装置と  
 を備える、圧縮空気貯蔵発電装置。

10

## 【請求項 2】

前記 SOC 調整部は、前記第 1 熱交換器及び前記第 2 熱交換器に流体的に接続され熱媒を貯蔵する蓄熱部と、前記蓄熱部内の熱媒を加熱する加熱部とを備える、請求項 1 に記載の圧縮空気貯蔵発電装置。

20

## 【請求項 3】

前記制御装置は、前記第 1 蓄圧部の SOC が前記最適 SOC 範囲よりも大きい場合、前記第 1 蓄圧部の圧縮空気を前記膨張機に供給して前記発電機を駆動して発電し、前記発電機の発電電力を前記加熱部に供給する、請求項 2 に記載の圧縮空気貯蔵発電装置。

## 【請求項 4】

前記制御装置は、前記第 1 蓄圧部の SOC が前記最適 SOC 範囲よりも小さい場合、前記駆動機により圧縮空気を製造し前記第 1 蓄圧部に供給する、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の圧縮空気貯蔵発電装置。

## 【請求項 5】

前記 SOC 調整部は、第 2 蓄圧部を備える、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の圧縮空気貯蔵発電装置。

30

## 【請求項 6】

前記制御装置は、  
 前記第 1 蓄圧部の SOC が前記最適 SOC 範囲よりも大きい場合、前記第 2 蓄圧部に圧縮空気を供給し、前記第 1 蓄圧部の圧縮空気を前記膨張機に供給し、前記第 1 蓄圧部の内圧が前記第 2 蓄圧部の内圧よりも高い場合、前記第 1 蓄圧部の圧縮空気を前記第 2 蓄圧部に供給する請求項 5 に記載の圧縮空気貯蔵発電装置。

## 【請求項 7】

前記第 1 蓄圧部の SOC が前記最適 SOC 範囲よりも小さい場合、前記第 1 蓄圧部に圧縮空気を供給し、前記第 2 蓄圧部の圧縮空気を前記膨張機に供給し、前記第 1 蓄圧部の内圧が前記第 2 蓄圧部の内圧よりも低い場合、前記第 2 蓄圧部の圧縮空気を前記第 1 蓄圧部に供給する、請求項 5 又は請求項 6 に記載の圧縮空気貯蔵発電装置。

40

## 【請求項 8】

前記 SOC 調整部は、前記第 1 蓄圧部から圧縮空気を放気するための放気弁を備え、  
 前記制御装置は、前記第 1 蓄圧部の SOC が前記最適 SOC 範囲よりも大きい場合、前記放気弁を開弁して前記第 1 蓄圧部から圧縮空気を放気する、請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の圧縮空気貯蔵発電装置。

## 【請求項 9】

前記制御装置は、要求電力に拘らず、  
 前記 SOC 検出部で検出した SOC が所定の高範囲にある場合、前記 SOC 調整部を制御して SOC を低下させ、

50

前記SOC検出部で検出したSOCが所定の低範囲にある場合、前記SOC調整部を制御してSOCを増加させる、請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の圧縮空気貯蔵発電装置。

【請求項10】

空気を圧縮し、  
前記圧縮の工程で昇温した圧縮空気を冷却し、  
前記冷却された圧縮空気を第1蓄圧部に貯蔵し、  
前記第1蓄圧部のSOCが最適SOC範囲内となるように調整し、  
前記貯蔵された圧縮空気を加熱し、  
前記加熱された圧縮空気を膨張させることにより発電する、圧縮空気貯蔵発電方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧縮空気貯蔵発電装置および圧縮空気貯蔵発電方法に関する。

【背景技術】

【0002】

再生可能エネルギーのような不規則に変動する不安定なエネルギーを利用した発電の出力を平滑化する技術としては、余剰発電電力が生じた際に電気を蓄えておき電力不足時に電気を補う蓄電池が代表的なものである。大容量蓄電池の例として、ナトリウム・硫黄電池、レドックスフロー電池、リチウム蓄電池、及び鉛蓄電池などが知られている。これらの電池は、いずれも化学的な二次電池であり、蓄えたエネルギーを電気の形式でしか出力できない。

20

【0003】

また、その他の平滑化の設備として、余剰発電電力が生じた際に電気の代わりに圧縮機から吐出される圧縮空気を蓄圧タンクに蓄えておき、必要な時に空気タービン発電機等で電気に再変換する圧縮空気貯蔵(CAES)と呼ばれる技術が知られている(特許文献1)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

30

【特許文献1】特表2013-512410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のようなCAES発電装置は、貯蔵する圧縮空気量について特段の考慮がなされていない。特に、蓄圧タンクの許容圧力値に対する圧縮空気の充填割合を示すSOC(State of Charge)と呼ばれる指標については示唆されていない。CAES発電装置には圧縮機及び膨張機の運転効率が良好となる最適SOC範囲が存在する。通常の充放電指令に従って運転するだけでは最適SOC範囲内の運転条件は満たされないことがある。また、蓄圧タンクに蓄積される圧縮空気を使い果たせば新たな放電指令に対応することができず、蓄圧タンクに圧縮空気を満充填すれば新たな充電指令に対応することができない。

40

【0006】

本発明は、SOCの最適化による圧縮空気貯蔵発電装置の運転効率の向上を課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の第1の態様は、駆動機と機械的に接続され、空気を圧縮する圧縮機と、前記圧縮機により圧縮された圧縮空気を蓄える第1蓄圧部と、前記第1蓄圧部から供給される圧縮空気によって駆動される膨張機と、前記膨張機と機械的に接続された発電機と、前記圧

50

縮機から前記第1蓄圧部に供給される圧縮空気と熱媒とで熱交換する第1熱交換器と、前記第1蓄圧部から前記膨張機に供給される圧縮空気と熱媒とで熱交換する第2熱交換器と、前記第1蓄圧部のSOCを検出するSOC検出部と、前記第1蓄圧部のSOCを調整するSOC調整部と、要求電力を充足しつつ前記SOC検出部で検出したSOCが最適SOC範囲内となるように前記SOC調整部を制御する制御装置とを備える圧縮空気貯蔵発電装置を提供する。

【0008】

この構成によれば、SOC調整部によってSOCを調整して最適SOC範囲内で運転することで運転効率を向上できる。ここでSOCとは、第1蓄圧部の許容圧力値に対する圧縮空気の充填割合を示す値である。SOCが0%のとき第1蓄圧部に発電に有効に使用できる圧縮空気が存在しない状態、SOCが100%のとき第1蓄圧部の許容圧力値まで圧縮空気が充填されている状態を示す。また、要求電力とは、発電機で発電した電力の需要先から必要量として要求される電力である。特に、駆動機が不規則に変動する再生可能エネルギーによって発電した電力を利用する電動機等である場合は、不規則に変動する電力を平準化することもできる。

10

【0009】

前記SOC調整部は、前記第1熱交換器及び前記第2熱交換器に流体的に接続され熱媒を貯蔵する蓄熱部と、前記蓄熱部内の熱媒を加熱する加熱部とを備えることが好ましい。

【0010】

蓄熱部と加熱部を設けることで、SOCの調整のために発電した電力を無駄にせず、加熱部で電力を熱エネルギーに変換して蓄熱部で貯蔵できる。

20

【0011】

前記制御装置は、前記第1蓄圧部のSOCが前記最適SOC範囲よりも大きい場合、前記第1蓄圧部の圧縮空気を前記膨張機に供給して前記発電機を駆動して発電し、前記発電機の発電電力を前記加熱部に供給してもよい。また、前記第1蓄圧部のSOCが前記最適SOC範囲よりも小さい場合、前記駆動機により圧縮空気を製造し前記第1蓄圧部に供給してもよい。

【0012】

このようにすることで、加熱部を利用したSOCの調整の具体的方法を提供できる。

【0013】

前記SOC調整部は、第2蓄圧部を備えることが好ましい。

30

【0014】

第2蓄圧部を設けることで、第1蓄圧部のSOCを調整できる。

【0015】

まず、第1蓄圧部のSOCが最適SOC範囲よりも大きい場合、第2蓄圧部に圧縮空気を供給して第1蓄圧部のSOCを増加させない。また、発電時は第1蓄圧部の圧縮空気を膨張機に供給して第1蓄圧部のSOCを減少させる。第1蓄圧部の内圧が第2蓄圧部の内圧よりも高い場合、第1蓄圧部の圧縮空気を第2蓄圧部に供給して第1蓄圧部のSOCを減少させる。

【0016】

次に、SOCが最適SOC範囲よりも小さい場合、第1蓄圧部に圧縮空気を供給してSOCを増加させる。また、発電時は第2蓄圧部の圧縮空気を膨張機に供給して第1蓄圧部のSOCを減少させない。第1蓄圧部の内圧が第2蓄圧部の内圧よりも低い場合、第2蓄圧部の圧縮空気を第1蓄圧部に供給して第1蓄圧部のSOCを増加させる。

40

【0017】

前記制御装置は、前記第1蓄圧部のSOCが前記最適SOC範囲よりも大きい場合、前記第2蓄圧部に圧縮空気を供給し、前記第1蓄圧部の圧縮空気を前記膨張機に供給し、前記第1蓄圧部の内圧が前記第2蓄圧部の内圧よりも高い場合、前記第1蓄圧部の圧縮空気を前記第2蓄圧部に供給してもよい。また、前記第1蓄圧部のSOCが前記最適SOC範囲よりも小さい場合、前記第1蓄圧部に圧縮空気を供給し、前記第2蓄圧部の圧縮空気を

50

前記膨張機に供給し、前記第 1 蓄圧部の内圧が前記第 2 蓄圧部の内圧よりも低い場合、前記第 2 蓄圧部の圧縮空気を前記第 1 蓄圧部に供給してもよい。

【0018】

このようにすることで、第 2 蓄圧部を利用した SOC の調整の具体的方法を提供できる。

【0019】

前記 SOC 調整部は、前記第 1 蓄圧部から圧縮空気を放気するための放気弁を備え、前記制御装置は、前記第 1 蓄圧部の SOC が前記最適 SOC 範囲よりも大きい場合、前記放気弁を開弁して前記第 1 蓄圧部から圧縮空気を放気してもよい。

【0020】

放気弁により第 1 蓄圧部から圧縮空気を放気することで簡単な構成で SOC が最適 SOC 範囲内となるように第 1 蓄圧部の SOC を減少させることができる。この場合、膨張機を駆動することなく第 1 蓄圧部の SOC を減少できるため、発電機で発電することがなく余剰電力が発生しない。

【0021】

前記制御装置は、要求電力に拘らず、前記 SOC 検出部で検出した SOC が所定の高範囲にある場合、前記 SOC 調整部を制御して SOC を低下させ、前記 SOC 検出部で検出した SOC が所定の低範囲にある場合、前記 SOC 調整部を制御して SOC を増加させることが好ましい。

【0022】

このような SOC 制御により、第 1 蓄圧部が容量上限に達してそれ以上蓄圧できなくなることを防止できると共に、第 1 蓄圧部が容量下限に達してそれ以上発電できなくなることを防止できる。ここで、所定の高範囲の上限は、第 1 蓄圧部の許容圧力値と決めてよい。所定の高範囲の下限は、SOC 検出部で SOC が上限付近に到達したことを検出し SOC を低下させる調整を開始してから、SOC 検出部や SOC 調整部の応答遅れにより第 1 蓄圧部の圧力が上昇しても、第 1 蓄圧部の圧力が上限まで上昇しないように決めてよい。また、所定の低範囲の下限は、第 1 蓄圧部に発電に有効に使用できる圧縮空気が存在しない状態と決めてよい。所定の低範囲の上限は、SOC 検出部で SOC が下限付近に到達したことを検出し SOC を増加させる調整を開始してから、SOC 検出部や SOC 調整部の応答遅れにより第 1 蓄圧部の圧力が低下しても、第 1 蓄圧部に発電に有効に使用できる圧縮空気が存在しない状態にならないように決めてよい。

【0023】

本発明の第 2 の態様は、空気を圧縮し、前記圧縮の工程で昇温した圧縮空気を冷却し、前記冷却された圧縮空気を第 1 蓄圧部に貯蔵し、前記第 1 蓄圧部の SOC が最適 SOC 範囲内となるように調整し、前記貯蔵された圧縮空気を加熱し、前記加熱された圧縮空気を膨張させることにより発電する、圧縮空気貯蔵発電方法を提供する。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、圧縮空気貯蔵発電装置において、SOC 調整部によって SOC を調整して最適 SOC 範囲内で運転することで運転効率を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る圧縮空気貯蔵発電装置の概略構成図。

【図 2】SOC と運転効率の関係を示すグラフ。

【図 3】本発明の第 2 実施形態に係る圧縮空気貯蔵発電装置の概略構成図。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

【0027】

(第 1 実施形態)

10

20

30

40

50

図 1 は、圧縮空気貯蔵 (C A E S : compressed air energy storage) 発電装置 2 の概略構成図である。C A E S 発電装置 2 は、風力発電所又は太陽光発電所などの再生可能エネルギーによる発電所 6 から、トランス等で構成される受送電設備 8 を介して供給された電力を平滑化し、需要先の電力系統 4 に電力を出力する。

【 0 0 2 8 】

図 1 を参照して、C A E S 発電装置 2 の構成を説明する。

【 0 0 2 9 】

C A E S 発電装置 2 は、破線で示す空気経路と実線で示す熱媒経路を備える。空気経路には、主に圧縮機 1 0 と、第 1 蓄圧タンク (第 1 蓄圧部) 1 2 と、膨張機 1 4 とが設けられており、これらが空気配管 1 6 a ~ 1 6 d により流体的に接続され、その内部には空気が流れている。熱媒経路には、主に第 1 熱交換器 1 8 と、熱媒タンク 2 0 と、第 2 熱交換器 2 2 とが設けられており、これらが熱媒配管 2 4 により流体的に接続され、その内部には熱媒が流れている。

10

【 0 0 3 0 】

まず、図 1 を参照して空気経路について説明する。空気経路では、吸気フィルタ 2 6 が取り付けられた空気配管 1 6 a を通じて吸い込まれた空気は、圧縮機 1 0 で圧縮され、第 1 蓄圧タンク 1 2 に貯蔵される。第 1 蓄圧タンク 1 2 に貯蔵された圧縮空気は膨張機 1 4 に供給され、発電機 2 8 の発電に使用される。

【 0 0 3 1 】

圧縮機 1 0 は、機械的に接続されたモータ (駆動機) 3 0 で駆動される。発電所 6 で発電された電力はコンバータ 3 2 a 及びインバータ 3 4 a を介してモータ 3 0 に供給され、この電力によりモータ 3 0 が駆動され、圧縮機 1 0 が作動する。以降、発電所 6 からモータ 3 0 に供給される電力のことを入力電力という。圧縮機 1 0 の吐出口 1 0 b は、空気配管 1 6 b を通じて第 1 蓄圧タンク 1 2 に流体的に接続されている。圧縮機 1 0 は、モータ 3 0 により駆動されると、空気配管 1 6 a を通じて吸気口 1 0 a より空気を吸気し、圧縮して吐出口 1 0 b より吐出し、第 1 蓄圧タンク 1 2 に圧縮空気を圧送する。圧縮機 1 0 は、本実施形態ではスクリュ式であるが、ターボ式、スクロール式、及びレシプロ式等であってもよい。また、本実施形態では圧縮機 1 0 の数は 1 台であるが、並列に複数台を設置してもよい。

20

【 0 0 3 2 】

第 1 蓄圧タンク 1 2 は、圧縮機 1 0 から圧送された圧縮空気を貯蔵する。即ち、第 1 蓄圧タンク 1 2 には、圧縮空気としてエネルギーを蓄積できる。第 1 蓄圧タンク 1 2 は空気配管 1 6 c を通じて膨張機 1 4 に流体的に接続されており、第 1 蓄圧タンク 1 2 で貯蔵された圧縮空気は空気配管 1 6 c を通じて膨張機 1 4 に供給される。ただし、第 1 蓄圧タンク 1 2 は、一般的に大容量になるので外気と断熱するのがコストの観点から困難である。従って、圧縮空気の貯蔵温度は、大気放出による熱損失を避けるため大気温度と同程度、又は少し高めか低めに設定されている。第 1 蓄圧タンク 1 2 には圧力センサ (S O C 検出部) 1 3 が設置されており、内部の圧縮空気の圧力を測定し、第 1 蓄圧タンク 1 2 の S O C を確認できる。ここで、S O C とは、第 1 蓄圧部の許容圧力値に対する圧縮空気の充填割合を示す。S O C が 0 % のとき第 1 蓄圧部に発電に有効に使用できる圧縮空気が存在しない状態、S O C が 1 0 0 % のとき第 1 蓄圧部の許容圧力値まで圧縮空気が充填されている状態を示す。第 1 蓄圧タンク 1 2 から膨張機 1 4 に延びる空気配管 1 6 c には、圧縮空気の流れを許容又は遮断するためのバルブ 1 7 が設けられている。バルブ 1 7 を開閉することにより、膨張機 1 4 に圧縮空気を供給するか否かを変更できる。

30

40

【 0 0 3 3 】

膨張機 1 4 は、発電機 2 8 が機械的に接続されている。給気口 1 4 a から圧縮空気を給気された膨張機 1 4 は、供給された圧縮空気により作動し、発電機 2 8 を駆動する。発電機 2 8 は外部の電力系統 4 に電氣的に接続されており (図 1 の一点鎖線参照)、発電機 2 8 で発電した電力 (以降、発電電力という。) はインバータ 3 2 b 及びコンバータ 3 4 b を介して需要先の電力系統 4 に供給される。また、膨張機 1 4 で膨張された空気は、排気

50

口14bから空気配管16dを通じて外部に排気サイレンサ36を介して排出される。膨張機14は、本実施形態ではスクリュ式であるが、ターボ式、スクロール式、及びレシプロ式等であってもよい。また、本実施形態では膨張機14の数は1台であるが、並列に複数台を設置してもよい。

【0034】

次に、熱媒経路について説明する。熱媒経路では、第1熱交換器18において圧縮機10で発生した熱を熱媒に回収している。熱回収した熱媒は熱媒タンク20に貯蔵され、熱媒タンク20から第2熱交換器22に供給され、第2熱交換器22において膨張機14で膨張する前の圧縮空気に熱を戻している。第2熱交換器22において熱交換して降温した熱媒は熱媒戻りタンク38に供給される。そして、熱媒戻りタンク38から第1熱交換器18に再び熱媒が供給され、このように熱媒は循環している。ここで、熱媒の種類は特に限定されておらず、例えば鉱物油やグリコール系の熱媒を使用できる。

10

【0035】

第1熱交換器18では、圧縮機10と第1蓄圧タンク12とを流体的に接続する空気配管16b内の圧縮空気と、熱媒配管24内の熱媒とで熱交換し、圧縮機10で発生した圧縮熱を熱媒に回収している。即ち、第1熱交換器18では、圧縮空気の温度は低下し、熱媒の温度は上昇する。ここで昇温した熱媒は、熱媒配管24を通じて熱媒タンク20に供給される。

【0036】

第1熱交換器18から熱媒タンク20までの熱媒配管24には、熱媒を流動させるためのポンプ25が設けられている。ポンプ25により、熱媒は熱媒配管24内を循環している。

20

【0037】

熱媒タンク20は、大気と断熱された断熱材で周囲が覆われた鋼製タンクである。熱媒タンク20には、第1熱交換器18で昇温した熱媒が貯蔵される。熱媒タンク20には、内部の熱媒を加熱するためのヒータ(加熱部)21が設けられている。ヒータ21は、インバータ32b、コンバータ34b及び電力調整器34cを介して発電機28と電氣的に接続されており、発電機28の発電電力で動作する。熱媒タンク20に貯蔵された熱媒は、熱媒配管24を通じて第2熱交換器22に供給される。

【0038】

第2熱交換器22では、第1蓄圧タンク12と膨張機14を流体的に接続する空気配管16c内の圧縮空気と、熱媒配管24内の熱媒とで熱交換し、膨張機14による膨張の前に圧縮空気を加熱している。即ち、第2熱交換器22では、圧縮空気の温度は上昇し、熱媒の温度は低下する。第2熱交換器22で降温した熱媒は、熱媒配管24を通じて熱媒戻りタンク38に供給される。

30

【0039】

熱媒戻りタンク38は、第2熱交換器22で熱交換して降温した熱媒を貯蔵する。従って、熱媒戻りタンク38内の熱媒は、通常、熱媒タンク20内の熱媒よりも温度が低い。熱媒戻りタンク38に貯蔵されている熱媒は、熱媒配管24を通じて第1熱交換器18に供給される。

40

【0040】

熱媒戻りタンク38から第1熱交換器18に延びる熱媒配管24には、熱媒冷却器42が設けられている。本実施形態の熱媒冷却器42は熱交換器であり、熱媒戻りタンク38から第1熱交換器18に延びる熱媒配管24内の熱媒と、外部から供給される冷却水との間で熱交換して熱媒の温度を低下させている。熱媒冷却器42によって第1熱交換器18に流入する熱媒の温度を所定の温度に維持できるので、第1熱交換器18における熱交換を安定的に行うことができ、充放電効率を向上できる。

【0041】

また、CAES発電装置2は、制御装置40を備える。制御装置40は、シーケンサ等を含むハードウェアと、それに実装されたソフトウェアにより構築されている。制御装置

50

40は、発電所6からの発電した電力に応じた充電指令Lcと、電力系統4からの要求電力に応じた放電指令Lgと、圧力センサ13からの圧力測定値とを受ける。制御装置40は、圧力センサ13からの圧力測定値から第1蓄圧タンク12のSOCを算出し、算出したSOCに基づいて、バルブ17と、モータ30のインバータ34aと、発電機28のコンバータ34bと、ヒータ21の電力調整器34cとを制御する。制御装置40は、上記の充放電指令Lc, Lgを充足しつつ、特に電力系統4からの要求電力を充足しつつ、SOCを増減させ最適SOC範囲内に調整する。従って、本実施形態のバルブ17と、インバータ34aと、コンバータ34bと、電力調整器34cとは、本発明のSOC調整部に含まれる。

#### 【0042】

図2を参照して、最適SOC範囲とは、圧縮機10及び膨張機14の運転効率が良好となるSOCの範囲である。第1蓄圧タンク12内の圧縮空気の充填量によって、運転効率は変化する。図2は横軸が第1蓄圧タンク12のSOC、縦軸が運転効率を示し、本実施形態では例えば50%から70%程度の範囲が最適SOC範囲であり、この範囲の運転効率は高い。従って、最適SOC範囲内となるようにSOCを調整して運転することが運転効率の観点から有効である。

#### 【0043】

図1を参照して、SOCが最適SOC範囲よりも大きい場合、バルブ17を開いて第1蓄圧タンク12の圧縮空気を膨張機14に供給して発電機28を駆動して発電し、SOCを減少させる。ここで、要求電力の充足を含む発電の際、コンバータ34bを制御して発電負荷を上げ、圧縮空気を多く使用してもよい。発電機28の発電電力はヒータ21に供給され、ヒータ21により熱媒タンク20内の熱媒を加熱し、熱エネルギーとしてエネルギーを蓄える。また、第1蓄圧タンク12に設けられた放気弁11を開弁して第1蓄圧タンク12内の空気を放気してSOCを減少させてもよい。この場合、放気弁11は、本発明のSOC調整部に含まれる。

#### 【0044】

SOCが最適SOC範囲よりも小さい場合、発電所6からの充電指令Lcのうち余剰な入力電力を使用して圧縮機10により圧縮空気を製造し第1蓄圧タンク12に供給し、SOCを増加させる。発電所6からの余剰な入力電力が存在しない場合、この方法ではSOCを増加させることはできない。ただし、圧縮の際、インバータ34aを制御して圧縮負荷を下げ、圧縮空気を多く製造してもよい。

#### 【0045】

このように、SOCを調整して最適SOC範囲内で運転することで運転効率を向上できる。また、ヒータ21を設けることで、SOCを減少させるために発電した電力を無駄にせず、ヒータ21で電力を熱エネルギーに変換して貯蔵できる。

#### 【0046】

さらに、制御装置40は、SOCが所定の高範囲R1にある場合、上記のSOC調整部を制御してSOCを低下させ、SOCが所定の低範囲R2にある場合、上記のSOC調整部を制御してSOCを増加させる。具体的なSOCの増減方法については上記と同様である。ここで、所定の高範囲R1の上限は第1蓄圧タンク12の許容圧力値と決めてよい。所定の高範囲R1の下限は、圧力センサ13が第1蓄圧タンク12の圧力値が上限付近に到達したことを検出しSOCを低下させる調整を開始してから、圧力センサ13やSOC調整部の応答遅れにより第1蓄圧タンク12の圧力が上昇しても、第1蓄圧タンク12の圧力が上限まで上昇しないように決めてよい。本実施形態では、所定の高範囲R1は、例えばSOCが90%から100%の範囲である。また、所定の低範囲R2の下限は、第1蓄圧タンク12に発電に有効に使用できる圧縮空気が存在しない状態と決めてよい。所定の低範囲R2の上限は、圧力センサ13で圧力が下限付近に到達したことを検出しSOCを増加させる調整を開始してから、圧力センサ13やSOC調整部の応答遅れにより第1蓄圧タンク12の圧力が低下しても、第1蓄圧タンク12の圧力が下限まで低下しないように決めてよい。本実施形態では、所定の低範囲R2は、例えばSOCが0%から20%

10

20

30

40

50

の範囲である。

【0047】

このようなSOC制御により、第1蓄圧タンク12が容量上限に達してそれ以上蓄圧できなくなることを防止できると共に、第1蓄圧タンク12が容量下限に達してそれ以上発電できなくなることを防止できる。

【0048】

また、第1実施形態の変形例として、ヒータ21に代えて図示しない蓄電装置を備えてもよい。蓄電装置を備えることで、ヒータ21を使用して熱エネルギーとしてエネルギーを蓄えたのと同様に、SOCを減少させるために発電した発電電力を電気エネルギーとして蓄電装置に蓄えることができる。さらに、蓄電装置に蓄えた電力をモータ30に供給して圧縮機10を駆動すればSOCを増加させることもできる。

【0049】

(第2実施形態)

図3は、第2実施形態のCAES発電装置2の概略構成図である。本実施形態のCAES発電装置2は、第1実施形態からヒータ21が省略され、第2蓄圧タンク44が設けられたことに関する部分以外の構成は図1の第1実施形態と実質的に同様である。従って、図1に示した構成と同様の部分については説明を省略する。

【0050】

本実施形態では、圧縮機10の吐出口10bは、空気配管16bを通じて第1蓄圧タンク12及び第2蓄圧タンク44に流体的に接続されている。圧縮機10は、モータ30により駆動されると、吸気口10aより空気を給気し、圧縮して吐出口10bより吐出し、第1蓄圧タンク12及び第2蓄圧タンク44に圧縮空気を圧送する。圧縮機10から第1蓄圧タンク12及び第2蓄圧タンク44に延びる空気配管16bには、圧縮空気の流れを許容又は遮断するためのバルブ45a, 45bがそれぞれ設けられている。バルブ45a, 45bを開閉することにより、圧縮機10から第1蓄圧タンク12又は第2蓄圧タンク44のいずれに圧縮空気を供給するか変更できる。

【0051】

第1蓄圧タンク12及び第2蓄圧タンク44は、空気経路において並列に設けられており、圧縮機10から圧送された圧縮空気を貯蔵する。第2蓄圧タンク44には圧力センサ46が設置されており、内部の圧縮空気の圧力を測定できる。測定された圧力値は制御装置40に出力される。第1蓄圧タンク12及び第2蓄圧タンク44は空気配管16cを通じて膨張機14に流体的に接続されており、第1蓄圧タンク12及び第2蓄圧タンク44で貯蔵された圧縮空気は空気配管16cを通じて膨張機14に給気される。第1蓄圧タンク12及び第2蓄圧タンク44から膨張機14に延びる空気配管16cには、圧縮空気の流れを許容又は遮断するためのバルブ45c, 45dがそれぞれ設けられている。バルブ45c, 45dを開閉することにより、第1蓄圧タンク12又は第2蓄圧タンク44のいずれから膨張機14に圧縮空気を給気するか変更できる。また、第1蓄圧タンク12及び第2蓄圧タンク44は、空気配管16eにより直接接続されている。空気配管16eにはバルブ45eが設けられており、バルブ45eを開くことで第1蓄圧タンク12及び第2蓄圧タンク44間で直接空気をやりとりできる。

【0052】

本実施形態の制御装置40は、圧力センサ13, 46からの測定値を受けて第1蓄圧タンク12のSOCを算出し、算出したSOCに基づいて、バルブ45a~45eを制御して第2蓄圧タンク44を利用してSOCを増減させ最適SOC範囲内に調整する。従って、本実施形態の第2蓄圧タンク44と、バルブ45a~45eとは、本発明のSOC調整部に含まれる。

【0053】

本実施形態の制御では、SOCが最適SOC範囲よりも大きい場合、SOCを増加させないために、バルブ45bを開き、バルブ45aを閉じ、第2蓄圧タンク44に圧縮空気を供給する。また、SOCを減少させるために、発電時はバルブ45cを開き、バルブ4

10

20

30

40

50

5 d を閉じ、第 1 蓄圧タンク 1 2 の圧縮空気を膨張機 1 4 に供給する。第 1 蓄圧タンク 1 2 の内圧が第 2 蓄圧タンク 4 4 の内圧よりも高い場合、バルブ 4 5 e を開いて第 1 蓄圧タンク 1 2 の圧縮空気を第 2 蓄圧タンク 4 4 に供給してもよい。

【 0 0 5 4 】

S O C が最適 S O C 範囲よりも小さい場合、S O C を増加させるために、バルブ 4 5 a を開き、バルブ 4 5 b を閉じ、第 1 蓄圧タンク 1 2 に圧縮空気を供給する。また、S O C を減少させないために、発電時はバルブ 4 5 d を開き、バルブ 4 5 c を閉じ、第 2 蓄圧タンク 4 4 の圧縮空気を膨張機 1 4 に供給する。第 1 蓄圧タンク 1 2 の内圧が第 2 蓄圧タンク 4 4 の内圧よりも低い場合、バルブ 4 5 e を開いて第 2 蓄圧タンク 4 4 の圧縮空気を第 1 蓄圧タンク 1 2 に供給してもよい。

10

【 0 0 5 5 】

ここで記載した各実施形態において、再生可能エネルギーによる発電の対象は、例えば、風力、太陽光、太陽熱、波力又は潮力、流水又は潮汐等、自然の力で定常的（もしくは反復的）に補充され、かつ不規則に変動するエネルギーを利用したものを対象とすることが可能である。また、工場内の他の大電力を消費する機器によって電力が変動するものであってもよい。さらに、モータ 3 0 を使用せずエンジン機械等の駆動機を使用すれば入力電力は不要である。

【 0 0 5 6 】

以上より、本発明の具体的な実施形態やその変形例について説明したが、本発明は上記形態に限定されるものではなく、この発明の範囲内で種々変更して実施することができる。例えば、個々の実施形態の内容を適宜組み合わせたものを、この発明の一実施形態としてもよい。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 5 7 】

- 2 圧縮空気貯蔵発電装置（C A E S 発電装置）
- 4 電力系統
- 6 発電所
- 8 受送電設備
- 1 0 圧縮機
- 1 0 a 吸気口
- 1 0 b 吐出口
- 1 1 放気弁（S O C 調整部）
- 1 2 第 1 蓄圧タンク（第 1 蓄圧部）
- 1 3 圧力センサ（S O C 検出部）
- 1 4 膨張機
- 1 4 a 給気口
- 1 4 b 排気口
- 1 6 a , 1 6 b , 1 6 c , 1 6 d , 1 6 e 空気配管
- 1 7 バルブ（S O C 調整部）
- 1 8 第 1 熱交換器
- 2 0 熱媒タンク
- 2 1 ヒータ（加熱部）（S O C 調整部）
- 2 2 第 2 熱交換器
- 2 4 熱媒配管
- 2 5 ポンプ
- 2 6 吸気フィルタ
- 2 8 発電機
- 3 0 モータ（駆動機）
- 3 2 a コンバータ
- 3 2 b インバータ

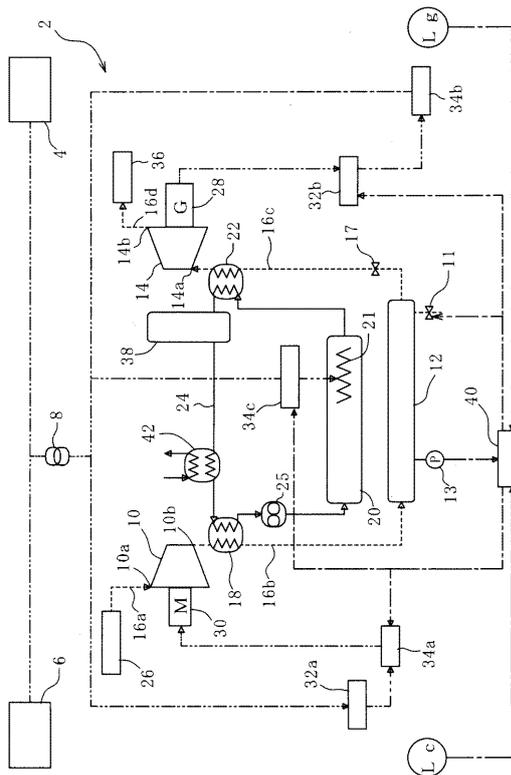
30

40

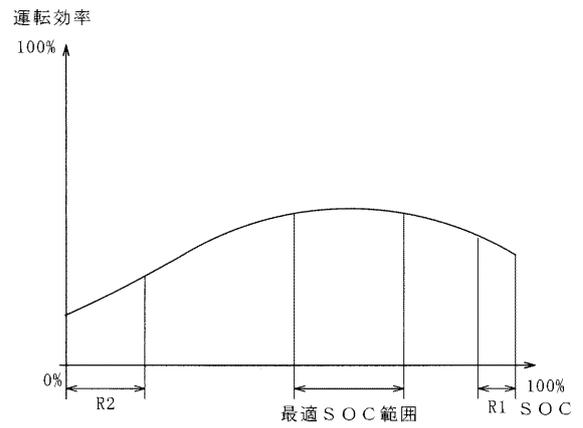
50

- 34 a インバータ (SOC 調整部)
- 34 b コンバータ (SOC 調整部)
- 34 c 電力調整器 (SOC 調整部)
- 36 排気サイレンサ
- 38 熱媒戻りタンク
- 40 制御装置
- 42 熱媒冷却器
- 44 第2蓄圧タンク (第2蓄圧部) (SOC 調整部)
- 45 a, 45 b, 45 c, 45 d, 45 e パルプ (SOC 調整部)
- 46 圧力センサ

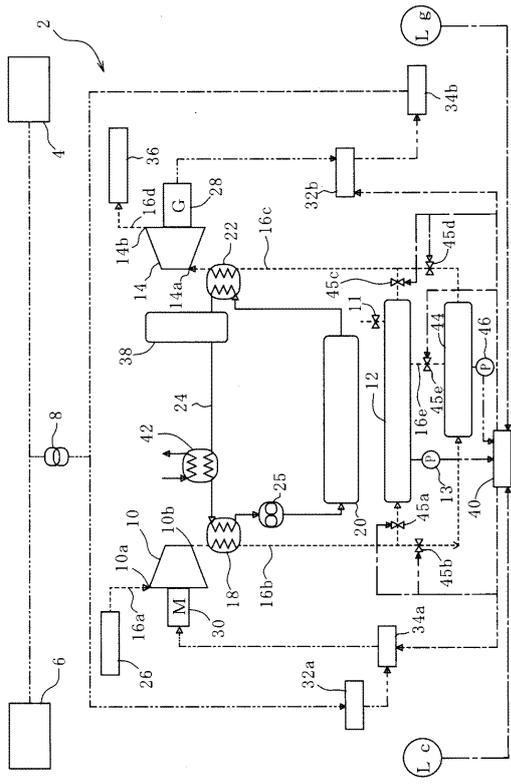
【 図 1 】



【 図 2 】



【図 3】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 松隈 正樹  
兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号 株式会社神戸製鋼所高砂製作所内
- (72)発明者 猿田 浩樹  
兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号 株式会社神戸製鋼所高砂製作所内
- (72)発明者 坂本 佳直美  
兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号 株式会社神戸製鋼所高砂製作所内