

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5024736号
(P5024736)

(45) 発行日 平成24年9月12日 (2012. 9. 12)

(24) 登録日 平成24年6月29日 (2012. 6. 29)

(51) Int. Cl.

F I

F O 3 D 9/00 (2006. 01)

F O 3 D 9/00 E

F O 3 D 9/02 (2006. 01)

F O 3 D 9/02 A

F O 3 D 1/06 (2006. 01)

F O 3 D 1/06 A

H O 2 K 7/18 (2006. 01)

H O 2 K 7/18 A

H O 2 K 21/26 (2006. 01)

H O 2 K 21/26 Z

請求項の数 10 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2010-41030 (P2010-41030)
 (22) 出願日 平成22年2月25日 (2010. 2. 25)
 (65) 公開番号 特開2011-102576 (P2011-102576A)
 (43) 公開日 平成23年5月26日 (2011. 5. 26)
 審査請求日 平成22年8月27日 (2010. 8. 27)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-238618 (P2009-238618)
 (32) 優先日 平成21年10月15日 (2009. 10. 15)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000002130
 住友電気工業株式会社
 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
 (74) 代理人 100100147
 弁理士 山野 宏
 (72) 発明者 岡崎 徹
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号
 住友電気工業株式会社大阪製作所内
 (72) 発明者 林 敏広
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号
 住友電気工業株式会社大阪製作所内
 (72) 発明者 藤野 剛三
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号
 住友電気工業株式会社大阪製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

風車と、
 前記風車の回転に連動して回転する導電体と、
 前記導電体を通る磁界を発生させる磁場発生器と、
 前記磁界内で回転されて誘導加熱された前記導電体から熱を受け取る熱媒体と、
 前記熱媒体の熱を電気エネルギーに変換する発電部とを備え、
 前記発電部は、蒸気タービンを備えることを特徴とする発電システム。

【請求項 2】

前記発電部の設置箇所よりも上方に伸びる塔と、
 前記塔の上部に設置され、前記風車と、前記導電体と、前記磁場発生器とが設けられたナセルと、
 前記ナセル内に配置され、前記導電体から熱を受け取った前記熱媒体を収容する熱媒体槽と、
 前記熱媒体槽の前記熱媒体の熱を前記発電部に送る輸送管とを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の発電システム。

【請求項 3】

前記熱媒体槽が、前記導電体の内部に形成された空間であることを特徴とする請求項 2 に記載の発電システム。

【請求項 4】

10

20

前記発電部が、前記熱媒体の熱で回転されるタービンと、前記タービンにより駆動する発電機とを有することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の発電システム。

【請求項 5】

前記熱媒体の熱を蓄える蓄熱器を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の発電システム。

【請求項 6】

前記導電体の一部に磁性体が配置されていることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の発電システム。

【請求項 7】

前記磁場発生器が、磁界を発生するコイルを有することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の発電システム。 10

【請求項 8】

前記コイルが、超電導コイルであることを特徴とする請求項 7 に記載の発電システム。

【請求項 9】

前記磁場発生器が、前記導電体とは逆方向に回転する回転磁界を発生させることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の発電システム。

【請求項 10】

前記熱媒体が、常圧で100 超の沸点を有することを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の発電システム。

【発明の詳細な説明】 20

【技術分野】

【0001】

本発明は、風力を利用して導電体を回転させながら、導電体に磁場を印加して、導電体を誘導加熱することにより熱媒体を加熱し、この熱媒体の熱を電気エネルギーに変換して発電する発電システムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、温室効果ガス削減の観点から、風力や太陽光などの再生可能エネルギーを利用した発電システムが注目されている。

【0003】 30

例えば非特許文献 1 ~ 3 には、風力発電に関する技術が記載されている。風力発電は、風で風車を回転させ、発電機を駆動して発電するものであり、つまり、風のエネルギーを回転エネルギーに変換して、電気エネルギーとして取り出すものである。風力発電システムは、塔の上部にナセルを設置し、このナセルに水平軸風車（風の方向に対して回転軸がほぼ平行な風車）を取り付けた構造が一般的である。ナセルには、風車の軸の回転数を増速して出力する増速機と、増速機の出力によって駆動される発電機とが格納されている。増速機は、風車の回転数を発電機の回転数まで高める（例えば1：100）ものであり、ギアボックスが組み込まれている。

【0004】

最近では、発電コストを下げるため、風車（風力発電システム）を大型化する傾向があり、風車の直径が120m以上、5MWの風力発電システムが実用化されている。このような大型の風力発電システムは、巨大かつ重量物であるため建設上の理由から、洋上に建設されるケースが多い。 40

【0005】

また、風力発電では、風力の変動に伴い発電出力（発電量）が変動するため、風力発電システムに蓄電システムを併設し、不安定な電力を蓄電池に蓄えて、出力を平滑化することが行われている。

【0006】

一方、例えば非特許文献 4 には、太陽熱発電に関する技術が記載されている。太陽熱発電は、太陽熱を集光して熱エネルギーに変え、その熱エネルギーで蒸気を発生させ、ター 50

ピンを回転させることで、発電機を駆動して発電するものであり、つまり、太陽エネルギーを熱エネルギーに変換して、電気エネルギーとして取り出すものである。太陽熱発電システムとしては、例えばタワー方式のものが実用化されている。これは、タワー（塔）の上部に設置された集熱器に太陽光を集光し、その熱で発生させた蒸気をタワーの下部に設けられたタービンに送り、タービンを回転させることで、発電機を駆動して発電する方式である（非特許文献4の図3参照）。

【0007】

太陽熱発電の場合も、天候や時間によって出力が変動することから、安定した発電を行うために、熱を蓄熱器に蓄え、発電に必要な熱を取り出すことができる蓄熱システムを太陽熱発電システムに設置することが行われている。

10

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】“風力発電（01 05 01 05）”、[online]、原子力百科辞典ATOMIC A、[平成21年10月13日検索]、インターネット<URL：<http://www.rist.or.jp/atomica/>>

【非特許文献2】“2000kW大型風力発電システム SUBARU80/2.0 PROTOTYPE”、[online]、富士重工業株式会社、[平成21年10月13日検索]、インターネット<URL：<http://www.subaru-windturbine.jp/home/index.html>>

【非特許文献3】“風力講座”、[online]、三菱重工業株式会社、[平成21年10月13日検索]、インターネット<URL：http://www.mhi.co.jp/products/expand/wind/kouza_0101.html>

20

【非特許文献4】“太陽熱発電システム（01 05 01 02）”、[online]、原子力百科辞典ATOMICA、[平成21年10月13日検索]、インターネット<URL：<http://www.rist.or.jp/atomica/>>

【非特許文献5】“Doubling the Efficiency with Superconductivity”、[online]、Industrial heating、[平成21年10月13日検索]、インターネット<URL：http://www.industrialheating.com/Articles/Feature_Article/BNP_GUID_9-5-2006_A_10000000000000416320>

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0009】

風力発電システムでは蓄電システムが設置されているが、蓄電システムには電力を蓄電池に蓄えるためにコンバータなどの部品が必要であるため、システムの複雑化、電力損失の増大を招く。また、大型の風力発電システムの場合では、発電量に応じた大容量の蓄電池が必要であり、システム全体としてのコスト増大を招く。

【0010】

一方、太陽熱発電システムでは蓄熱システムが設置されているが、蓄熱システムは蓄電システムに比べて簡易であり、蓄熱器も蓄電池に比べれば安価である。しかし、風力発電は、風さえあれば夜間でも発電できるのに対し、太陽熱発電は、夜間は発電できない。そのため、夜間も給電し続けるには、大規模な蓄熱器が必要である。

40

【0011】

また、風力発電システムの故障原因の多くは、増速機、より具体的にはギアボックスのトラブルによるものである。ギアボックスが故障すると、通常はギアボックスを交換することで対処しているが、塔の上部にナセルが設置されている場合は、ギアボックスの取り付け・取り外しに多大な時間と労力を要する。そこで最近では、増速機を必要としないギアレスの可変速式もある。

【0012】

しかし、ギアレスの場合、具体的には発電機の極数を増やすこと（多極発電機）で対応するが、増速機を使用する場合と比較して、発電機が大型・重量化する。特に、5MWクラスの大型の風力発電システムでは、発電機の重量が300トン（300000kg）を超えるものと

50

考えられ、ナセル内に配置することが困難である。

【 0 0 1 3 】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的の一つは、風力を利用した発電システムで、保守性に優れ、塔の上部に設置されたナセルの小型・軽量化が可能な発電システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

本発明の発電システムは、風車と、風車の回転に連動して回転する導電体と、導電体を通る磁界を発生させる磁場発生器と、磁界内で回転されて誘導加熱された導電体から熱を受け取る熱媒体と、熱媒体の熱を電気エネルギーに変換する発電部とを備える。

10

【 0 0 1 5 】

本発明の発電システムは、風のエネルギー 回転エネルギー 熱エネルギーに変換して、電気エネルギーとして取り出すものであり、従来にない新規な発電システムである。そして、本発明の発電システムによれば、次の効果を奏する。(1) 風力を利用するため、夜間に発電することが可能であり、蓄熱器を設ける場合は、太陽熱発電システムに比べて蓄熱器を小規模なものとすることができる。(2) 風車の回転エネルギーを熱の発生に利用し、その熱で発電することで、蓄電システムを設置する必要がない。(3) 増速機を設ける必要がなく、ギアボックスのトラブルを回避することが可能である。

【 0 0 1 6 】

ところで、回転エネルギーで摩擦熱を発生させることも考えられるが、その場合、摩擦熱を発生する部品が使用により摩耗することから定期的に交換する必要があるなど、メンテナンスの点で問題がある。これに対し、本発明では、回転エネルギーで導電体を回転させて誘導加熱により熱を発生させているため、摩擦加熱に比べて、メンテナンスの点で有利である。

20

【 0 0 1 7 】

本発明の発電システムの一形態としては、発電部の設置箇所よりも上方に伸びる塔と、塔の上部に設置され、風車と、導電体と、磁場発生器とが設けられたナセルとを備える。また、ナセル内に配置され、導電体から熱を受け取った熱媒体を収容する熱媒体槽と、熱媒体槽の熱媒体の熱を発電部に送る輸送管とを備えることが挙げられる。

【 0 0 1 8 】

塔の上部に設置されたナセルに風車を取り付けることで、上空の風速の強い風のエネルギーを利用することができる。また、輸送管により、例えば塔の下部(土台)に設置された発電部に熱媒体を供給することで、ナセルに発電部を設ける必要がなく、塔の上部に設置されるナセルを小型・軽量化することができる。

30

【 0 0 1 9 】

さらに、本発明の発電システムの具体的形態としては、以下のものが挙げられる。

【 0 0 2 0 】

熱媒体槽が、導電体の内部に形成された空間である形態。

【 0 0 2 1 】

発電部が、熱媒体の熱で回転されるタービンと、タービンにより駆動する発電機とを有する形態。

40

【 0 0 2 2 】

熱媒体の熱を蓄える蓄熱器を備える形態。

【 0 0 2 3 】

導電体の一部に磁性体が配置されている形態。

【 0 0 2 4 】

磁場発生器が磁界を発生するコイルを有する形態。特に、このコイルが超電導コイルである形態。

【 0 0 2 5 】

磁場発生器が、導電体とは逆方向に回転する回転磁界を発生させる形態。

50

【 0 0 2 6 】

熱媒体が、常圧で100 超の沸点を有する形態。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 7 】

本発明の発電システムは、次の効果を奏する。(1) 風力を利用するため、夜間に発電することが可能であり、蓄熱器を設ける場合は、太陽熱発電システムに比べて蓄熱器を小規模なものとすることができる。(2) 風車の回転エネルギーを熱の発生に利用し、その熱で発電することで、蓄電システムを設置する必要がない。(3) 増速機を設ける必要がなく、ギアボックスのトラブルを回避することが可能である。

【 図面の簡単な説明 】

10

【 0 0 2 8 】

【 図 1 】 実施の形態 1 に係る発電システムを説明する概略図である。

【 図 2 】 超電導コイルを有する磁場発生器の一例を説明する概略図である。

【 図 3 】 (A) は、導電体を挟んで、2つの磁石を対向配置した場合の磁束の流れを説明する図であり、(B) は、導電体の周方向に沿って、4つの磁石を磁極が交互になるように均等配置した場合の磁束の流れを説明する図である。

【 図 4 】 (A) は、実施の形態 1 に係る発電システムにおける導電体部分を側面から見た側面断面図であり、(B) は、実施の形態 2 に係る発電システムにおける導電体部分を側面から見た側面断面図である。

【 図 5 】 導電体の内部空間へ熱媒体を供給する方法の一例を示す図であり、(A) は、導電体部分を側面から見た側面断面図であり、(B) は、回転軸部分を同図(A)の矢視A から見た正面断面図である。

20

【 図 6 】 導電体の内部空間へ熱媒体を供給する方法の別の例を示す図であり、(A) は、導電体部分を側面から見た側面断面図であり、(B) は、導電体の分解斜視図である。

【 図 7 】 (A) は、実施の形態 3 に係る発電システムにおける磁場発生器部分を側面から見た側面断面図であり、(B) は、磁場発生器を構成する磁石群の一例を示す正面図である。

【 図 8 】 変形例 5 に係る発電システムにおける磁場発生器部分を側面から見た側面断面図である。

【 発明を実施するための形態 】

30

【 0 0 2 9 】

本発明の実施の形態を、図を用いて説明する。なお、図中において同一部材には同一符号を付している。

【 0 0 3 0 】

(実施の形態 1)

図 1 に示す発電システムWは、風車10と、導電体20と、熱媒体槽30と、磁場発生器40と、蓄熱器50と、発電部60とを備える。塔101の上部に設置されたナセル102に風車10が取り付けられ、ナセル102内に導電体20、熱媒体槽30及び磁場発生器40が格納されている。また、塔101の下部(土台)に建てられた建屋103に蓄熱器50及び発電部60が設置されている。以下、発電システムWの構成を詳しく説明する。

40

【 0 0 3 1 】

風車10は、水平方向に延びる回転軸15を中心に、3枚の翼11を回転軸15に放射状に取り付けた構造である。出力が5MWを超える風力発電システムの場合、直径が120m以上、回転数が10~20rpm程度である。

【 0 0 3 2 】

導電体20は、回転軸15に直結され、風車10の回転に連動して回転する。導電体20は、磁界内で回転することで渦電流が発生し、誘導加熱される材料で形成されている。例えばアルミニウムや銅、鉄などの金属を用いることができる。アルミニウムを用いた場合、軽量化を図ることができる。一方、鉄などの磁性体を用いると、磁束密度を高めることができ、渦電流(加熱エネルギー)を増大させることができる。そこで、導電体の一部に磁性体

50

を配置してもよく、例えば、柱状（筒状）の導電体（例、アルミニウム）の中心部に磁性体（例、鉄）を配置した構造とすることが挙げられる。

【0033】

また、導電体20の形状は、円柱状、円筒状、多角柱状、多角筒状など種々の形状を採用することができる。

【0034】

熱媒体槽30は、内部に導電体20が配置されると共に、加熱された導電体20から熱を受け取る熱媒体が収容されている。熱媒体には、例えば水や油、熔融塩、液体金属（Na、Pbなど）などの液体または気体を用いることができる。ここでは、熱媒体に水を用いる場合を例に説明する。

10

【0035】

磁場発生器40は、導電体20を挟んで対向するように、一対の磁石41,42を配置した構造である。ここでは、磁石41,42に永久磁石を用いており、磁石41から磁石42に磁束が流れる直流磁界を発生させる（図3(A)参照。図中の点線矢印は磁束の流れのイメージを示す）。磁場発生器40には、永久磁石を用いる他、常電導コイルや超電導コイルを用いて、コイルを励磁して磁界を発生させるようにしてもよい。

【0036】

この発電システムWは、磁場発生器40により発生させた磁界内で回転することで誘導加熱された導電体20の熱を、熱媒体槽30の水（熱媒体）に伝達し、高温・高圧蒸気を発生させる。発生させた蒸気は、熱媒体槽30と蓄熱器50とを連結する輸送管51を通して蓄熱器50に送られる。

20

【0037】

蓄熱器50は、輸送管51を通して送られてきた蒸気の熱を蓄え、また、発電に必要な蒸気を発電部60に供給する。

【0038】

発電部60は、蒸気タービン61と発電機62とを組み合わせた構造であり、蓄熱器50から供給された蒸気によって蒸気タービン61が回転し、発電機62を駆動して発電する。

【0039】

この蓄熱器50及び発電部60には、太陽熱発電の技術を利用することができる。蓄熱器50としては、例えば、蒸気を圧力水の形で蓄える蒸気アキュムレーターや、熔融塩や油などを用いた顕熱型、或いは、融点の高い熔融塩の相変化を利用した潜熱型の蓄熱器を利用することができる。潜熱型の蓄熱方式は蓄熱材の相変化温度で蓄熱を行うため、一般に、顕熱型の蓄熱方式に比べて蓄熱温度域が狭帯域であり、蓄熱密度が高い。また、蓄熱器50は、熱交換器を備えてもよく、蓄熱器50に蓄えた熱で熱交換器を用いて発電に必要な蒸気を発生させるようにしてもよい。

30

【0040】

蓄熱器50に送られた蒸気は、蓄熱器50に熱を蓄えた後、或いは、タービン61を回した後、複水器71で冷却され水に戻される。その後、ポンプ72に送られ、高圧水にして給水管73を通して熱媒体槽30に送られることで循環する。

【0041】

40

次に、本発明の発電システムの仕様に関して検討した。ここでは、出力が5MWを超える発電システムを想定した。具体的には、導電体が15rpmで回転するとき、導電体が7.2MWの熱エネルギーを発生させるのに必要な導電体のサイズを試算した。

【0042】

超電導コイルに直流を流し発生させた磁界内で、導電性の加工物を回転させ、誘導加熱により加工物を加熱する技術として、非特許文献5のものがある。この文献には、円柱状のアルミニウムのピレットを加熱する誘導加熱装置の仕様として、投入電力：360kW、回転数：240～600rpm、ピレットサイズ：直径178mm×長さ690mm、が記載されている。

【0043】

また、誘導加熱のエネルギーPは、次式で表される（電気工学ハンドブック（出版社：

50

電気学会、発行年月日：昭和63年2月28日（初版））、p.1739参照）。

【式1】 $P = 2.5 f H^2 L \mu_r A Q 10^{-8}$ （但し、C G S 単位系）

f は周波数（1/s）であり、導電体の回転数から求めることができる。H は磁場の強さ（Oe）であり、ここでは一定とする。L は導電体の軸方向の長さ（cm）、A は導電体の断面積（ cm^2 ）であり、 $L \times A$ は導電体の体積を表す。 μ_r は導電体の比透磁率、Q は導電体の形状に依存する補正係数である。ここでは導電体の形状を上記した円柱状のピレットの形状と相似形とするため、Q の値も一定とする。上記の式1 からエネルギー P（W）は、周波数 f、体積（長さ L × 面積 A）に比例することが分かる。

【0044】

想定した発電システムと上記した誘導加熱装置とを比較すると、発電システムの回転数は、誘導加熱装置の回転数の約1/20であり、一方、発生させる熱エネルギーは、誘導加熱装置の投入電力の約20倍である。したがって、想定した発電システムでは、導電体におよそ400倍の体積が必要になるものと推定される。

10

【0045】

試算の結果、導電体に円柱状のアルミニウムのピレットを用いる場合、サイズは、例えば直径1320mm × 長さ5110mmに相当し、体積約7 m^3 となり、その重量は約21トン（21000kg、密度を3g/ cm^3 として換算）となる。そして、ナセル内に格納されるその他の設備類を合わせても、ナセルの重量は50トン程度になると見込まれる。これは、出力が5MWの風力発電システムでは、ギアレスの場合、ナセルの重量が300トンを超えることを考えると、本発明の発電システムでは、同等以上の能力を有しながら、ナセルの重量を大幅に軽量化できることが分かる。

20

【0046】

（変形例1）

上述した実施の形態1では、磁場発生器に永久磁石を用いた場合を例に説明したが、常電導コイルや超電導コイルを用いて、通電することによりコイルを励磁して磁界を発生させるようにしてもよい。磁界を発生させる手段に超電導コイルを利用した磁場発生器の一例を、図2を用いて説明する。

【0047】

図2に示す磁場発生器40は、超電導コイル45,46を有し、導電体20を挟んで対向するように、超電導コイル45,46を配置した構造である。超電導コイル45（46）は、冷却容器80に収納され、冷凍機81のコールドヘッド82に取り付けられて伝導冷却される。超電導コイルを用いることで、常電導コイルを用いる場合と比較して、強い磁界を発生させることができ、小型・軽量化を達成し易い。また、超電導コイルを用いる場合、鉄芯を使わないことで、磁気飽和を無くすことができ、鉄芯がない分、更なる軽量化を達成できる。

30

【0048】

また、超電導コイルを用いる場合は、冷却容器に液体冷媒（例、液体窒素）を導入し、超電導コイルを液体冷媒に浸漬した状態で、液体冷媒を循環させながら冷凍機で冷却するようにしてもよい。その場合、冷媒を圧送するポンプなどの循環機構をナセル内に配置してもよいし、塔の下部にある建屋内に配置してもよい。

【0049】

40

（変形例2）

上述した実施の形態1では、2つの磁石を対向配置した磁場発生器を例に説明したが、3つ以上の磁石を配置してもよい。例えば、導電体の周方向に沿って、複数の磁石を磁極が交互になるように配置した構造とすることが考えられる。例えば図3（B）に示すように、4つの磁石41～44を配置した場合は、磁石41,43から磁石42,44に磁束が流れる磁界を発生させる（図3（B）中の点線矢印は磁束の流れのイメージを示す）。

【0050】

（変形例3）

上述した実施の形態1では、磁界が時間的に変化しない直流磁界を発生させる磁場発生器を例に説明したが、複数のコイルを用いて回転磁界を発生させるようにしてもよい。例

50

えば、複数のコイルを導電体の周方向に沿って配置した構造とすることで、複数のコイルを順次励磁して、導電体の周方向に沿って回転磁界を発生させることが考えられる。より具体的には、導電体外周において、径方向に対向配置されるコイル対を周方向に等間隔で3対配置することが挙げられる。このとき、回転磁界の方向を導電体の回転方向とは逆方向にすることで、見かけ上の導電体の回転数を大きくすることができ、発生させる熱エネルギーを増大させることができる。回転磁界を発生させるときは、例えば前記各コイル対を3相交流の各相に対応する電流で励磁することが挙げられる。

【0051】

(変形例4)

上述した実施の形態1では、熱媒体に水を用いた場合を例に説明したが、水よりも熱伝導率の高い液体金属を熱媒体に用いてもよい。このような液体金属としては、例えば液体金属ナトリウムが挙げられる。液体金属を熱媒体に用いる場合は、例えば、導電体から熱を受け取る一次熱媒体に液体金属を用い、輸送管を通して送られてきた液体金属の熱で熱交換器を介して二次熱媒体(水)を加熱し、蒸気を発生させることが考えられる。

【0052】

また、常圧で100 超の沸点を有する例えば油、熔融塩、液体金属などを熱媒体に用いた場合は、水に比較して、100 超に加熱したときに、熱媒体槽や輸送管内の熱媒体の気化による内圧上昇を抑制し易い。

【0053】

(実施の形態2)

上述した実施の形態1では、図1に示すように、熱媒体が収容された熱媒体槽30の内部に導電体20を配置した場合を例に説明した。この場合、図4(A)に示すように、熱媒体槽30に回転軸15が挿通される軸孔を形成し、その軸孔に、回転軸15を回転自在に支持し、かつ、熱媒体槽30内を気密に封止する軸受301を設ける必要がある。ところで、熱媒体の温度が上昇すると、それに伴い熱媒体槽30内の圧力が上昇し、例えば熱媒体が水の場合では600 で約25MPa(250気圧)に達する。そのため、軸受301には、このような圧力に耐えられる特殊なものをを用いる必要がある。しかし、重量物である導電体20を回転させる程度の剛性を確保するため、回転軸20が太く(例えば直径1m以上)、軸受301も大きくなるので、耐圧気密性を有する軸受を製造することが困難な場合も考えられる。

【0054】

実施の形態2では、導電体の内部に内部空間を形成し、この内部空間に熱媒体を収容して、導電体の内部空間を熱媒体槽に利用する例を説明する。

【0055】

図4(B)に示す導電体200は、内部に空間が形成され、この内部空間210に熱媒体が収容されており、内部空間210が実施の形態1で説明した熱媒体槽30に相当する。この例では、導電体200の回転軸15が連結された側とは反対側の中心部に、内部空間210に連通する管状の開口部230が形成されており、導電体200から熱を受け取った熱媒体がこの開口部230から排出される。また、この開口部230は輸送管51に接続されており、開口部230と輸送管51との接続には、開口部230の回動を許容する回転継手302が用いられている。

【0056】

開口部230の大きさは、熱媒体の流通を妨げない程度であればよく、図4(A)を用いて説明した回転軸15の太さよりも小さくすることができる。そのため、回転継手302による接続箇所の内径を小さくして、耐圧気密性の向上を図り易い。回転継手には、公知のものを利用することができる。

【0057】

図5は、導電体の内部空間へ熱媒体を供給する方法の一例を示す図である。この例では、導電体200の内部空間210から回転軸15側に向かって延びると共に回転軸15の内部に連通する連通穴241が、導電体200と回転軸15とに穿設されている。また、この連通穴241まで達する貫通孔242が回転軸15の外周面に形成されている。そして、回転軸15の貫通孔242が形成された外周面に対応する箇所に環状体251が取り付けられ、この環状体251の内周面に

10

20

30

40

50

は周方向に連続する環状溝252が形成されている。環状体251には、環状溝252に連通する接続管255が接続され、この接続管255を介して熱媒体を供給する供給管（例えば、図1に示す給水管73に相当）が接続される。環状体251の内周面は、環状溝252を除いて、回転軸15の全周に亘って摺接しており、環状体251は回転軸15が回転可能に取り付けられている。なお、環状体251と回転軸15との摺接箇所には熱媒体の漏洩を防止するシール部材（図示せず）が設けられている。

【0058】

図5に示す熱媒体の供給方法によれば、供給管から供給された熱媒体は、接続管255を介して環状体251の環状溝252を通して、回転軸15の貫通孔242から連通穴241に流れる。このとき、回転軸15が回転しても、環状溝252は周方向に連続して形成されているため、熱媒体が貫通孔242から連通穴241に流れ込み続ける。そして、連通穴241に流れ込んだ熱媒体は、導電体200の内部空間210を通過することで、加熱された導電体200から熱を受け取って、開口部230から排出される。

【0059】

図6は、導電体の内部空間へ熱媒体を供給する方法の別の例を示す図である。この例では、導電体200の回転軸15が連結された側とは反対側の中心部に、導電体200の内部空間に連通する二重管構造の開口部230が形成されている。具体的には、開口部230は、管状の内側開口部231と、内側開口部231よりも径が大きい管状の外側開口部232と、内側開口部231及び外側開口部232の間に形成される空間（以下、内外開口間と呼ぶ）とを有し、内側開口部231と内外開口間のそれぞれに熱媒体が流通可能である。また、導電体200の内部空間は、内側開口部231に連通する内側流路211と、内外開口間に連通する外側流路212と、内側流路211と外側流路212とを連通させる内外連通流路213とで形成されている（図6（A）参照）。ここでは、内側開口部231が供給側であり、内外開口間が排出側である場合を前提に説明する。

【0060】

また、開口部230には、外部から熱媒体を供給・排出する二重管構造の給排管260が接続されている。具体的には、給排管260は、内管261と外管262とを有し、開口部230と同じように、内管261及び外管262の間に空間（以下、内外管空間と呼ぶ）が形成されている。そして、内管261が内側開口部231に、外管262が外側開口部232にそれぞれ接続され、内管261と内側開口部231が連通すると共に、内外管空間と内外開口間が連通している。ここで、内管261には、導電体200の内部空間へ供給される熱媒体が流通し（例えば、図1に示す給水管73に相当）、一方、内外管空間には、導電体200の内部空間から排出される熱媒体が流通する（例えば、図1に示す輸送管51に相当）。なお、開口部230と給排管260との接続には、開口部230の回動を許容する二重管構造の回転継手302が用いられており、回転継手には、公知のものを利用することができる。

【0061】

この場合の導電体200の構造について詳しく説明する。導電体200は、一端に開口を有する有底筒状の筒状部221と、筒状部221に収納される柱状の中心部222と、中心部222が収納された筒状部221の開口を閉じる蓋部223とで一体に形成されている（特に、図6（B）参照）。そして、筒状部221の底がある他端側に回転軸15が連結されている。以下の説明では、中心部222及び蓋部223において、回転軸15側を他端側、その反対側を一端側と呼び、他端側の面を他端面、その反対側の面を一端面と呼ぶ。

【0062】

筒状部221の内周面と中心部222の外周面、並びに筒状部221の底面と中心部222の他端面が接しており、筒状部221の開口側端面及び中心部222の一端面と蓋部223の他端面とが接している。中心部222は、一端側に内側開口部231が形成されると共に、中央に一端側から他端側に貫通する貫通孔が形成されており、この貫通孔が内側開口部231に連通している。また、中心部222の外周面には、一端側から他端側に延びる外側溝225が形成されており、中心部222の他端面（筒状部221の底面に接する面）には、中央の貫通孔と外側溝225とを繋ぐ連通溝が形成されている。さらに、中心部222の一端面（筒状部221の開口側に位置

し、蓋部223に接する面)には、外側溝225から内側開口部231の外周面まで至る連通溝が形成されている。蓋部223は、一端側に外側開口部232が形成されている。

【0063】

そして、中心部222の中央に形成された貫通孔が内側流路211となり、中心部222の外周面に形成された外側溝225と筒状部221の内周面とで形成される空間及び中心部222の一端面に形成された連通溝と蓋部223とで形成される空間が外側流路212となる。また、中心部222の他端面に形成された連通溝と筒状部221の底面とで形成される空間が内外連通流路213となる。つまり、導電体200の一端側に形成された開口部230の内側開口部231から熱媒体が供給されると、中心部222の内側流路211を通して、中心部222の他端面まで到達する。次いで、中心部222の他端面まで到達した熱媒体は、内外連通流路213を流れ、外側流路212を通して、開口部230の内外開口間から排出される。

10

【0064】

図6に示す熱媒体の供給方法によれば、外部から熱媒体を供給・排出する給排管を導電体200の一端側に設けることができ、単純な構造とすることができる。また、導電体200の内部空間における熱媒体の流路の径を小さくすることができるので、耐圧気密性の向上を図り易い。上述の例では、内側開口部231を供給側、内外開口間を排出側とした場合を説明したが、内側開口部231を排出側、内外開口間を供給側としてもよい。また、中心部222の外周面及び両端面に外側溝225及び連通溝を形成した場合を説明したが、筒状部221の内周面及び底面、並びに蓋部223の他端面に溝を形成してもよい。

20

【0065】

(実施の形態3)

上述した実施の形態1では、図1に示すように、導電体20の径方向に導電体20を挟むように磁場発生器40を配置し、磁場発生器40によって導電体20の軸方向に対して直交する面(ラジアル方向)に磁界を発生させる場合を例に説明した(例えば、図3(A)参照)。実施の形態3では、導電体の軸方向に導電体を挟むように磁場発生器を配置し、この磁場発生器によって導電体の軸方向と平行(アキシャル方向)に磁界を発生させる例を説明する。ただし、この例では、導電体の構造については、図4(B)に示す実施の形態2で説明したのと同じように、導電体に内部空間210が形成されており、この内部空間210を熱媒体槽に利用している。

30

【0066】

図7(A)に示す磁場発生器400は、導電体200の一端側と他端側とに、導電体200を挟んで対向するように、少なくとも一対の磁石411,412を配置した構造である。そして、磁石411から磁石412に磁束が流れ、導電体200の軸方向と平行に磁界が発生する(図7(A)中の点線矢印は磁束の流れのイメージを示す。図8も同じ)。この例では、磁場発生器400は、一対の磁石群410で構成されている。磁石群410は、図7(B)に示すように、導電体200に対向する面に磁極が周方向にN極、S極交互に現れるように複数の磁石411,412が配置されており、磁場発生器400を構成するときは、対向する磁極が異なる極性となるよう配置される。

【0067】

このような磁場発生器の構成によっても、磁界内で導電体が回転することにより渦電流が発生し、導電体が誘導加熱される。

40

【0068】

上述した実施の形態3では、一対の磁石群を導電体の一端側と他端側とに配置して構成した磁場発生器を例に説明したが、導電体の中間位置にも磁石群を配置してもよい。例えば図8に示すように、導電体200の中間部分に径が小さい縮径部280を形成し、この縮径部280に磁石群410を配置して構成することが考えられる。このように構成することで、導電体を挟んで対向する磁石間の距離を短くして、磁界(磁場)の強さを高めることができ、発生させる熱エネルギーを増大させることができる。

【0069】

なお、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱

50

しない範囲で適宜変更することが可能である。例えば、導電体や熱媒体を適宜変更したり、磁場発生器に常電導コイルを用いたりすることも可能である。

【産業上の利用可能性】

【0070】

本発明の発電システムは、風力を利用した発電の分野に好適に利用可能である。

【符号の説明】

【0071】

W 発電システム

10 風車 11 翼 15 回転軸

20 導電体

10

30 熱媒体槽

40 磁場発生器 41,42,43,44 磁石 45,46 超電導コイル

50 蓄熱器 51 輸送管

60 発電部 61 蒸気タービン 62 発電機

71 復水器 72 ポンプ 73 給水管

80 冷却容器 81 冷凍機 82 コールドヘッド

101 塔 102 ナセル 103 建屋

200 導電体 210 内部空間

211 内側流路 212 外側流路

213 内外連通流路

20

221 筒状部 222 中心部 223 蓋部

225 外側溝

230 開口部 231 内側開口部 232 外側開口部

241 連通穴 242 貫通孔

251 環状体 252 環状溝 255 接続管

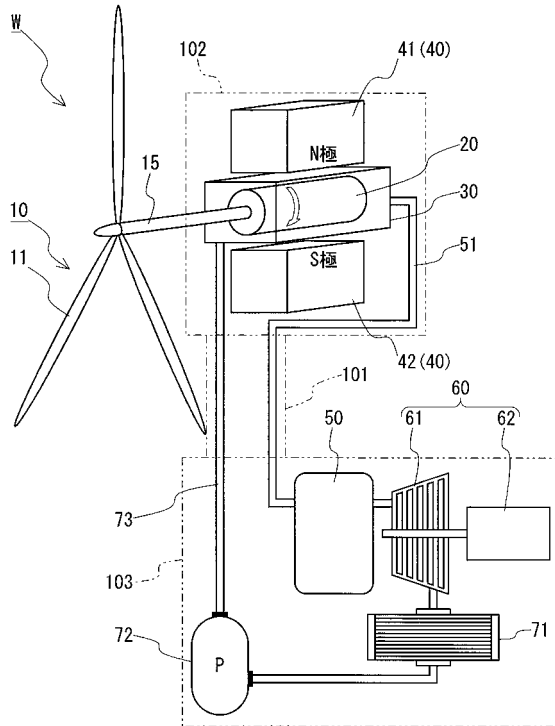
260 給排管 261 内管 262 外管

280 縮径部

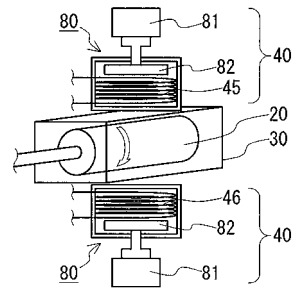
301 軸受 302 回転継手

400 磁場発生器 410 磁石群 411,412 磁石

【図 1】

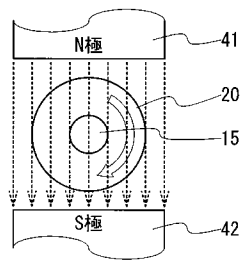


【図 2】

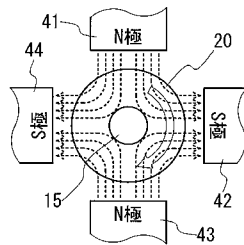


【図 3】

(A)

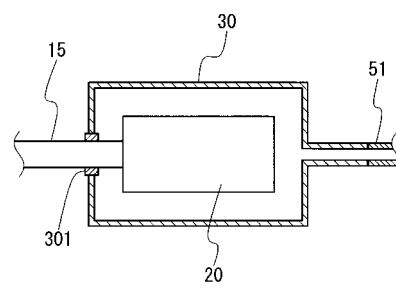


(B)

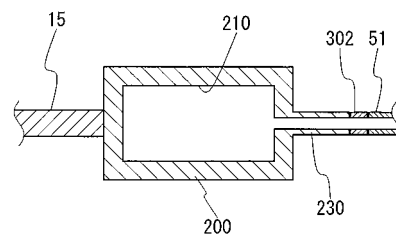


【図 4】

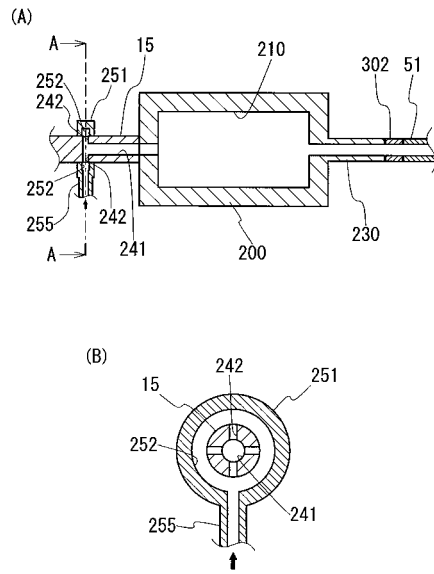
(A)



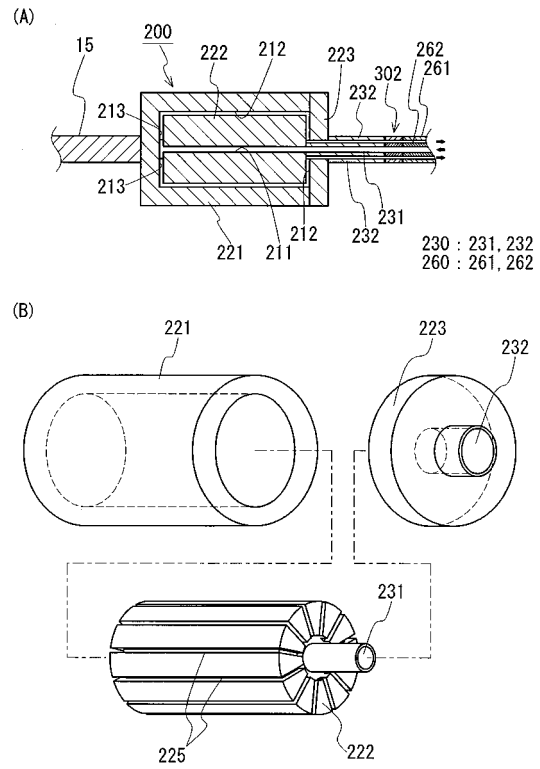
(B)



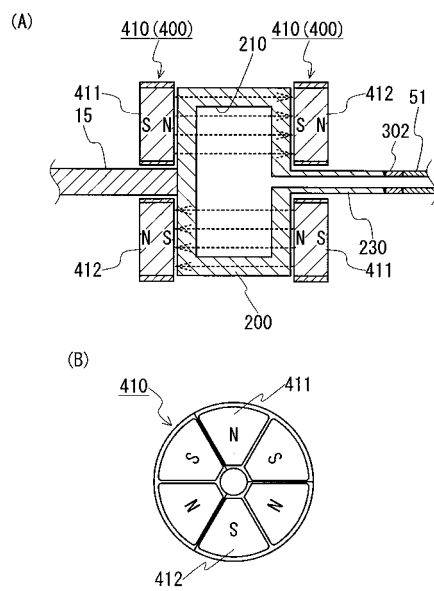
【図 5】



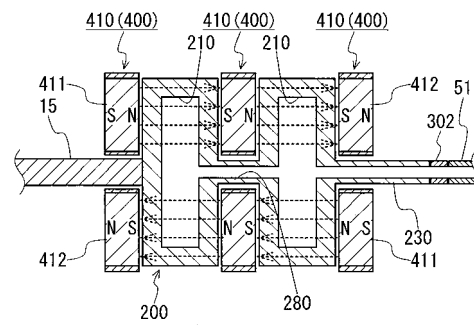
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 佐波 剛

大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

(72)発明者 久田 孝治

大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

審査官 大谷 謙仁

(56)参考文献 特開昭54-079332(JP,A)

特表2007-529665(JP,A)

特開2006-063854(JP,A)

特開昭52-140036(JP,A)

特開昭57-140573(JP,A)

特開2000-280728(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03D 9/00

F03D 1/06

F03D 9/02

H02K 7/18

H02K 21/26