

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4914060号
(P4914060)

(45) 発行日 平成24年4月11日 (2012. 4. 11)

(24) 登録日 平成24年1月27日 (2012. 1. 27)

(51) Int. Cl.

F 1

H O 2 K 7/02 (2006. 01)

H O 2 K 7/02

H O 2 K 37/14 (2006. 01)

H O 2 K 37/14

V

H O 2 K 7/10 (2006. 01)

H O 2 K 7/10

E

請求項の数 1 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2005-346002 (P2005-346002)
 (22) 出願日 平成17年11月30日 (2005. 11. 30)
 (65) 公開番号 特開2007-151364 (P2007-151364A)
 (43) 公開日 平成19年6月14日 (2007. 6. 14)
 審査請求日 平成20年10月23日 (2008. 10. 23)

(73) 特許権者 503465487
 株式会社ブイエスディー
 千葉県野田市桐ヶ作 1 1 8 3 番地 2 7
 (73) 特許権者 505443517
 加藤 二郎
 愛知県名古屋市昭和区八事富士見 1 0 4 番
 地
 (74) 代理人 110000235
 特許業務法人 天城国際特許事務所
 (72) 発明者 黒澤 敬次
 千葉県野田市桐ヶ作 1 2 1 9 番地 3
 審査官 三島木 英宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フライホイール発電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

起動モータと、この起動モータの回転が第 1 の伝動機構を介して伝達されるフライホイールと、このフライホイールの回転が第 2 の伝動機構を介して伝達される発電機を具備したフライホイール発電機であって、

前記フライホイール回転軸と記第 1 の伝動機構との間に設けられた第 1 のクラッチと、前記フライホイール回転軸と前記第 2 の伝動機構との間に設けられた第 2 のクラッチと、

前記フライホイールの外周に等間隔で固定された複数の回転用永久磁石と、該回転用永久磁石に対向して離間配置された電磁石と、を備え、前記回転用永久磁石は、前記電磁石に対して、前記フライホイールの回転方向に向かって離間するように傾斜配置されていることを特徴とするフライホイール発電機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、フライホイールの回転運動エネルギーを利用したフライホイール発電機に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、フライホイール発電機は、発電機の回転子が備えるフライホイールに電力を運動エネルギーとして蓄えて、その運動エネルギーを電力として放出するものとして知ら

れている。つまり、フライホイール発電機は、エネルギー貯蔵の方式として、電気エネルギーを慣性モーメントの大きな物体の回転エネルギーに変換して、電力の出し入れを行う方式をとっている。このフライホイール発電機は、一般に、パルス的な大電力を必要とする負荷に電力を供給する場合に活用されていることが多い。

【0003】

例えば、磁場によるプラズマ閉じ込めを行う核融合装置においては、数秒という短時間で数十万kWという電力を供給する場合もあり、電力系統から直接にこのようなパルス電力をとることは電力系統に与える動揺が大きすぎて好ましくない。そこで、このような分野にフライホイール発電機が用いられる。フライホイール発電機は、数分間の時間をかけて発電機の回転数を上昇させ、フライホイールに運動エネルギーを蓄え、負荷への供給電力を得る際に回転子の運動エネルギーを放出して回転数を低下させるというサイクルで運転される。

10

【0004】

従来のフライホイール発電機では、通常、駆動のための電動機を発電機に直結している。また、発電機の出力は電力系統から独立しており、電力の負荷への供給に伴って回転数を変化させるため周波数も回転数に同期して変化する。

【0005】

図7は、このような従来のフライホイール発電機装置の制御装置の構成図である。フライホイール発電機51は、駆動用の電動機52により駆動されて運動エネルギーがフライホイール発電機51に蓄積される。電動機52は電力系統の受電端母線53から遮断器54aを介して接続され、セリブス装置55により回転数検出手段56からの回転数に基づいて制御される。セリブス装置55は電動機52を二次励磁制御を行うものであり、二次側で発生する二次電力の一部を遮断器54bを介して受電端母線53に回生する。

20

【0006】

フライホイール発電機51から負荷57への電力供給に当たって、フライホイール発電機51は励磁装置58により励磁されて発電し、負荷57に電力供給して回転数を低下する。励磁装置58には受電端母線53から遮断器54cを介して励磁電源が供給されることが開示されている。(例えば特許文献1を参照)

フライホイール発電機の構造面では、従来のフライホイール発電機は、通常の突極形発電機にフライホイールを取付け、大気中で通常の軸受を用いて運転するものの他に、密閉容器内に、浮上用マグネットとこの浮上用マグネットと対向して位置する高温超電導体から成る浮上用バルクで構成される磁気軸を用い、かつ、密閉容器内での回転子の周囲気圧を0.1atmから0.4atmの間に設定して運転される技術が開示されている。(例えば特許文献2を参照)

30

【特許文献1】特開2001-258294号公報 (段落番号0002~0006)

【特許文献2】特開平6-303738号公報 (段落番号0006~0008)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

フライホイール発電機では、フライホイールの重量が大きくなるほどエネルギー貯蔵容量は大きくなるが、逆に軸受部等の機械損が大きくなる。そのため、フライホイール発電機に通常の軸受を用いる場合は、出力の要求が大きい場合には軸受部での機械損も大きくなり、フライホイール発電機としての効率の低下は避けられない。

40

【0008】

また、軸受の構造を特許文献2に開示されているように、密閉容器内に、浮上用マグネットとこの浮上用マグネットと対向して位置する高温超電導体から成る浮上用バルクで構成される磁気軸を用いるものでは、高温超電導体が十分に作動するためには大掛かりな装置が必要になる。

【0009】

また、上述のように、フライホイール発電機を密閉容器内に収納する方式では、全体の

50

装置が複雑で大型になり、かつ、保守点検の作業や保守点検後の再スタートの際に極めて手間がかかり、あまり好ましくない。

【 0 0 1 0 】

本発明は、これらの事情にもとづいてなされたもの、大気中でも効率よく出力の得られるフライホイール発電機を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本願発明の実施の形態にかかる第 1 の特徴は、起動モータと、この起動モータの回転が第 1 の伝動機構を介して伝達されるフライホイールと、このフライホイールの回転が第 2 の伝動機構を介して伝達される発電機を具備したフライホイール発電機であって、

10

前記フライホイール回転軸と記第 1 の伝動機構との間に設けられた第 1 のクラッチと、前記フライホイール回転軸と前記第 2 の伝動機構との間に設けられた第 2 のクラッチと、

前記フライホイールの外周に等間隔で固定された複数の回転用永久磁石と、該回転用永久磁石に対向して離間配置された電磁石と、を備え、前記回転用永久磁石は、前記電磁石に対して、前記フライホイールの回転方向に向かって離間するように傾斜配置されていることを特徴とするフライホイール発電機である。

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、大気中でも効率よく出力の得られるフライホイール発電機を実現することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明を実施するための最良の形態を図面を参照して説明する。

【 0 0 1 9 】

図 1 は、本発明のフライホイール発電機の実施の形態を示す構成説明図であり、図 2 その要部の平面図である。

【 0 0 2 0 】

本実施の形態のフライホイール発電機 1 は、垂直方向の同一中心軸に沿って平面が略等辺三角形状の上段、中断および下段の各アングル構造体 2、3、4 が所定間隔で 3 段に離間して水平に配置されている。各アングル構造体 2、3、4 には、略等辺三角形状の中心軸に沿ってそれぞれ上段軸受 5、中断軸受 6 および下段軸受 7 を支持している軸受支持部 5 a、6 a、7 a が形成されている。また、各アングル構造体 2、3、4 の三角形状の頂点部は、それぞれ、脚座に立設した固定ポール 8 により固定されて全体が一体となったアングル構造を形成している。

30

【 0 0 2 1 】

フライホイール 1 1 は、上段アングル構造体 2 と中段アングル構造体 3 との間で、上段軸受 5 と中段軸受 6 とにより軸支されたフライホイール回転軸 1 1 a にハブ 1 2 により固定されている。なお、フライホイール回転軸 1 1 a の下端側には、フライホイール回転軸 1 1 a に接続して伝動機構が形成されている。

【 0 0 2 2 】

40

すなわち、フライホイール回転軸 1 1 a は、中段アングル構造体 3 の下方に延在して第 1 クラッチ 1 3 に接続している。第 1 クラッチ 1 3 は電磁クラッチで第 1 プーリ回転軸 1 4 a に固定された第 1 プーリ 1 4 に接続している。従って、第 1 クラッチ 1 3 の開閉に伴なってフライホイール回転軸 1 1 a と第 1 プーリ回転軸 1 4 a とは、動力が断絶または連通される。なお、第 1 プーリ 1 4 は張架された伝動ベルト 1 5 を介して中段アングル構造体 3 の下面側に固定されている起動用の起動モータ 1 6 に動力伝達されている。起動モータ 1 6 は、例えば、インバータ使用の 2 . 2 K W の 2 極モータで、回転数は 3 , 4 0 0 r p m ある。

【 0 0 2 3 】

フライホイール 1 1 の構造は、平行に離間して設けられた 2 枚の円板 1 1 b が、等角度

50

(例えば、20度)に配置された複数(例えば、18本のように偶数本)の支持アーム17により固定された平行円板状の回転体である。また、2枚の円板11bを固定支持している各々の支持アーム17の高さ方向の略中央部には、それぞれ、フライホイール11の外周側に向けて回転用永久磁石18が固定されている。

【0024】

図3に一部切欠平面図を示すように、支持アーム17に固定されている回転用永久磁石18は、平面形状は矩形であり、半径方向に対して外周側の辺18a(または、内周側の辺)が直交方向ではなく、直交方向と傾斜して配置されている。

【0025】

この傾斜は、回転方向(矢印A)が半径方向の内側になるような配置である。この配置は、矩形状の回転用永久磁石18の外周側の頂点18cの位置で、外周側の辺18a(または、内周側の辺)と半径方向との交差する角度は、実験の結果から67.5度に設定されている。従って、支持アーム17についても、回転用永久磁石18を取り付ける取り付け面は、67.5度に設定されている。

10

【0026】

また、支持アーム17は遠心力を増加させるために鉄製で形成されており、ウエイトの役目も果たしている。回転用永久磁石18の外側の対向位置には近接して所定の隙間をもって一对の電磁石19が180度の位相で配置されている。すなわち、電磁石19の中心軸(半径方向)と回転用永久磁石18の外周側の辺18a(または、内周側の辺)との交差する角度は、回転用永久磁石18の外周側の頂点18cの位置で、67.5度に設定されている。

20

【0027】

すなわち、フライホイール11に設けられている回転用永久磁石18と、この永久磁石と対向する位置に配置されている電磁石19との配置関係で説明すると、回転用永久磁石18は、フライホイール11の外側に離間しての設けられた電磁石19に対して対向位置で、電磁石19の中心軸の直交方向に対して回転方向に離間した傾斜角 α で配置されている。この傾斜角 α は実験によると30度以下が好ましく、良好な傾斜角 α の中心値は、90度-67.5度=22.5度程度であることを確認している。

【0028】

回転用永久磁石18と電磁石19との上述のような配置により、回転用永久磁石18と電磁石19とで磁気回路が形成される。それにより、2極のロータ(回転用永久磁石18側)と180度毎のステータ(電磁石19側)によるステッピングモータ(パルスモータ)を形成している。このステッピングモータにより駆動されるフライホイール11の回転数は400rpmである。

30

【0029】

第1プーリ回転軸14aは、第1プーリ14の下方にディスクブレーキとして作動するブレーキディスク21が固定され、更に下方には、電磁クラッチを用いた第2クラッチ22が接続固定されている。第2クラッチ22の他方は一端が下段軸受7に軸支された第2プーリ回転軸23aに固定されている第2プーリ23に接続固定されている。第2プーリ23は張架された伝動ベルト25を介して、発電機26の回転軸に固定された発電機プーリ27に係合している。発電機プーリ27の回転に伴って回転する発電機26は、例えば、定格が7.5KWで30Hzで600rpmである。

40

【0030】

次に、これらの構成によるフライホイール11発電機26の発電の動作について説明する。なお、各部については図1乃至図3を援用している。

【0031】

(ステップ1)・・・起動ステップ

第1クラッチ13を閉じ、第2クラッチ22を開いた状態にする。この状態で起動モータ16を所定方向に回転させると、起動モータ16の回転力は、伝動ベルトを介して第1プーリ14に伝達され、第1プーリ回転軸14aを回転させる。その際、第1クラッチ1

50

3 が閉じているので、第 1 プーリ回転軸 1 4 a とフライホイール回転軸 1 1 a とは連結されている。従って、第 1 プーリ回転軸 1 4 a の回転はフライホイール回転軸 1 1 a に伝動されて、フライホイール回転軸 1 1 a を回転させ、このフライホイール回転軸 1 1 a に固定されているフライホイール 1 1 を起動して回転させる。

【 0 0 3 2 】

(ステップ 2)・・・フライホイール 1 1 の回転ステップ

フライホイール 1 1 が起動回転した後に、第 1 クラッチ 1 3 を開いた状態にして第 1 プーリ 1 4 との結合から開放する。その状態で、所定のタイミングで一对の電磁石 1 9 にパルス通電をおこなう。すなわち、パルス通電のタイミングは、回転用永久磁石 1 8 が電磁石 1 9 に対して回転方向に先行してずれた位置である出口側でおこなう。電磁石 1 9 の励磁の結果、電磁石 1 9 と回転用永久磁石 1 8 との間に生じた蹴り出し力により、フライホイール 1 1 には回転力が付加されて連続的に回転する。フライホイール 1 1 が回転した後は、電磁石 1 9 へのパルス通電を停止しても、フライホイール 1 1 は慣性により自然停止までの所定時間の間は自力で回転を継続する。

【 0 0 3 3 】

なお、電磁石 1 9 にパルス通電をおこなうパルス通電のタイミングを、回転用永久磁石 1 8 が電磁石 1 9 に対して回転方向に先行してずれた位置である出口側でおこなうことについては、実験結果からの図 4 に示すグラフによる考察による。

【 0 0 3 4 】

すなわち、図 4 は、フライホイール 1 1 のステッピングモータが回転時の回転用永久磁石 1 8 の位置と回転力（蹴り出し力）との関係を示すグラフである。この場合は、回転用永久磁石 1 8 は、フライホイール 1 1 の半径方向（電磁石 1 9 の中心軸方向）に対して外周側の辺（又は、内周側の辺）が直交して配置されている。

【 0 0 3 5 】

すなわち、フライホイール 1 1 のステッピングモータの蹴り出し力は、フライホイール 1 1 に設けられた回転用永久磁石 1 8 と固定側の電磁石 1 9 との回転通過時の隙間を 1 mm に保ち、回転通過位置で 0 ～ 20 mm の間、電磁石 1 9 に反発方向に 10 A を通電した際、回転用永久磁石 1 8 が通過前（入口側）で 8 mm 回転位相がずれたときの引込力と、通過後（出口側）の 8 mm ずれた瞬間に、8 kg の放出力が発生する。（図 4 のグラフで、横軸の「回転方向ずれ寸法」の 8 mm の位置での縦軸「回転力」が 8 kg となる）

この場合、図 5 に部分拡大模式図を示すように、電磁石 1 9 による回転用永久磁石 1 8 への蹴り出し力は、回転用永久磁石 1 8 が、半径方向に対して外周側の辺（または、内周側の辺）が直交方向ではなく、直交方向と傾斜して配置されている。したがって、電磁石 1 9 にパルス通電をおこなうパルス通電のタイミングを出口側でおこなえば、回転用永久磁石 1 8 の外周側の辺 1 8 a に作用した後に連続して回転用永久磁石 1 8 の半径方向（フライホイール 1 1 の）の辺 1 8 b にも作用させることができる。その結果、回転用永久磁石 1 8 に対して強い蹴り出し力を付与することができる。実際に、実験でもパルス通電のタイミングを、回転用永久磁石 1 8 が電磁石 1 9 に対して回転方向に先行してずれた、出口側の斜めの位置で電磁石 1 9 に対して励磁をおこなうことが、蹴り出し力の増強に効果的であることを確認している。

【 0 0 3 6 】

(ステップ 3)・・・発電ステップ

フライホイール 1 1 が所定の回転数に達した時点で、第 1 クラッチ 1 3 と第 2 クラッチ 2 2 の双方を閉状態にする。2 つのクラッチ 1 3、2 2 の作用により、フライホイール回転軸 1 1 a、第 1 プーリ回転軸 1 4 a および第 2 プーリ回転軸 2 3 a とは同心状態で結合される。この結合により、フライホイール 1 1 の回転は、フライホイール回転軸 1 1 a と第 1 プーリ回転軸 1 4 a を経由して第 2 プーリ回転軸 2 3 a に伝達され第 2 プーリ回転軸 2 3 a を回転させる。第 2 プーリ回転軸 2 3 a を回転は、第 2 プーリ 2 3 を回転させ、更に、伝動ベルト 2 5 を介して発電機プーリ 2 7 を回転させる。発電機プーリ 2 7 は発電機 2 6 の回転軸に固定されているので、回転軸を介して発電機 2 6 を回転させて発電する。

【 0 0 3 7 】

また、停止が必要な場合は、ディスクブレーキのブレーキディスク 2 1 を挟持して停止させることができる。

【 0 0 3 8 】

次に、図 6 に示した説明図を参照して、フライホイール発電機 1 の動作時のフライホイール回転軸 1 1 a におけるトルクについて説明する。なお、図 6 において、発電の動作時に 2 つのクラッチ 1 3、2 2 は閉じた状態である。したがって、各回転軸 1 1 a、1 4 a、2 3 a は一本の軸とみなせるのでクラッチ 1 3、2 2 は省略している。

【 0 0 3 9 】

フライホイール 1 1 の回転軸 1 1 a のトルク (T F) は、起動モータ 1 6 からのトルク (T A) とフライホイール 1 1 の外周部に形成されたステッピングモータ (T B) によるトルクとの和になる。

10

【 0 0 4 0 】

(A) フライホイール 1 1 の回転軸 1 1 a の起動モータ 1 6 によるトルク (T A)

モータ定格とトルクの関係式から算出

N ; 回転数 (r p m)、 T ; トルク (N m)、 H ; 定格電力 k w とすると、

$$H = \{ T (2 \pi N) / 60 \} / 1000 \dots\dots\dots (式 1)$$

(式 1) を変形すると、

$$T = (60000 / 2 \pi) H / N \dots\dots\dots (式 2)$$

また、単位の換算で、 1 k g = 9 . 80 N m

20

1 N m = 0 . 101972 k g ・ m である。

【 0 0 4 1 】

起動モータ 1 6 の出力は 2 . 2 k w、フライホイール 1 1 の回転軸 1 1 a の回転数は 400 r p m とすると、

(式 2) より

$$T A (N m) = (60000 / 2 \pi) 2 . 2 / 400$$

N m を k g に単位換算すると

$$T A (k g) = (974 \times 2 . 2) / 400$$

$$= 5 . 36 k g \cdot m$$

(B) フライホイール 1 1 の外周部に形成されたステッピングモータによるトルク (T B)

30

直径 ϕ 1 . 5 m のフライホイール 1 1 で、このフライホイール 1 1 に対する電磁石 1 9 と回転用永久磁石 1 8 とによる反発力による跳り出し力が 8 k g であり、かつ、2 ヶ所に設けられているので、

$$T B = (8 \times 1 . 5 / 2) \times 2 = 12 k g \cdot m$$

したがって、フライホイール 1 1 の回転軸 1 1 a のトルク T F は、

$$T F = T A + T B = 5 . 36 k g \cdot m + 12 k g \cdot m = 17 . 36 k g \cdot m \quad \text{となる。}$$

【 0 0 4 2 】

次に、フライホイール 1 1 の回転軸 1 1 a のトルク T F による発電機 2 6 の回転軸のトルク (T G) を計算すると、発電機 2 6 の回転数は 600 r p m であるから、

40

$$T G = 17 . 36 / (600 / 400) = 11 . 57 k g \cdot m \text{ となる。}$$

【 0 0 4 3 】

一方、単独に、(式 2) により、発電機 2 6 の回転軸のトルク (T H) を算出すると、発電機 2 6 の出力は 6 . 7 k w であり、回転数は 600 r p m であるから

$$T H = (6 . 7 \times 974) / 600 = 10 . 87 k g \cdot m \text{ となる。}$$

【 0 0 4 4 】

ここで、フライホイール 1 1 の回転軸 1 1 a のトルク T F による発電機 2 6 の回転軸のトルク (T G) と、単独に、(式 2) により、発電機 2 6 の回転軸のトルク (T H) を算出した場合とを比較すると、

$$T G = 11 . 57 k g \cdot m > T H = 10 . 87 k g \cdot m \text{ の関係となる。}$$

50

【 0 0 4 5 】

すなわち、発電機 2 6 にはフライホイール 1 1 側からから、発電機 2 6 の定格以上のトルクが付与される。したがって、発電機 2 6 は発電力を上昇されることができたと言える。

【 0 0 4 6 】

なお、本発明は上記実施形態のそのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 7 】

【図 1】本発明のフライホイール発電機の実施の形態を示す構成説明図。

【図 2】本発明のフライホイール発電機の実施の形態を示す要部の平面図。

【図 3】本発明のフライホイール発電機のフライホイールでの永久磁石の配置説明図。

【図 4】フライホイールでのステッピングモータの蹴り出し力の説明グラフ。

【図 5】ステッピングモータの蹴り出しについての部分拡大模式図。

【図 6】フライホイール発電機の動作時のフライホイール回転軸におけるトルクについての説明図。

【図 7】従来のフライホイール発電機装置の制御装置の構成図。

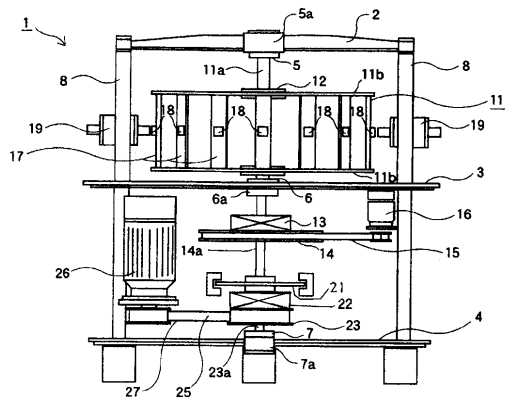
20

【符号の説明】

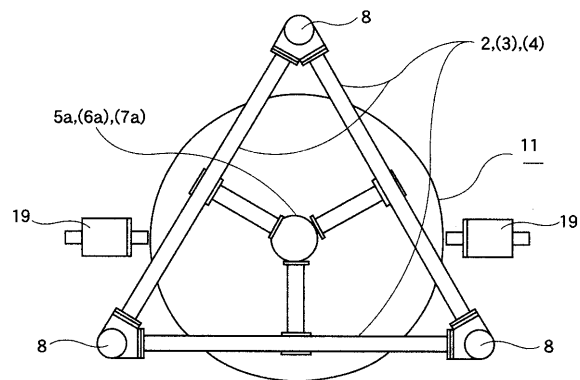
【 0 0 4 8 】

1 ... フライホイール発電機、 2 ... 上段アングル構造体、 3 ... 中段アングル構造体、 4 ... 下段アングル構造体、 5 ... 上段軸受、 6 ... 中段軸受、 7 ... 下段軸受、 8 ... 固定ボール、 1 1 ... フライホイール、 1 3 ... 第 1 クラッチ、 1 4 ... 第 1 プーリ、 1 5 ... 伝動ベルト、 1 6 ... 起動モータ、 1 7 ... 支持アーム、 1 8 ... 回転用永久磁石、 1 9 ... 電磁石、 2 1 ... ブレーキディスク、 2 2 ... 第 2 クラッチ、 2 3 ... 第 2 プーリ、 2 6 ... 発電機

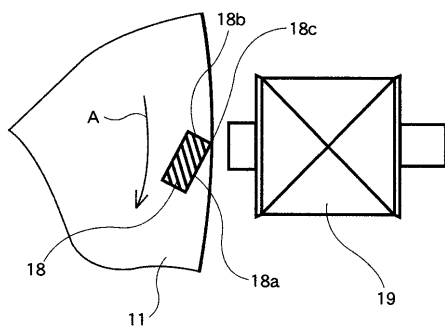
【図 1】



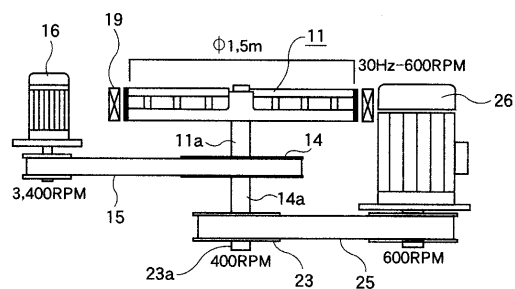
【図 2】



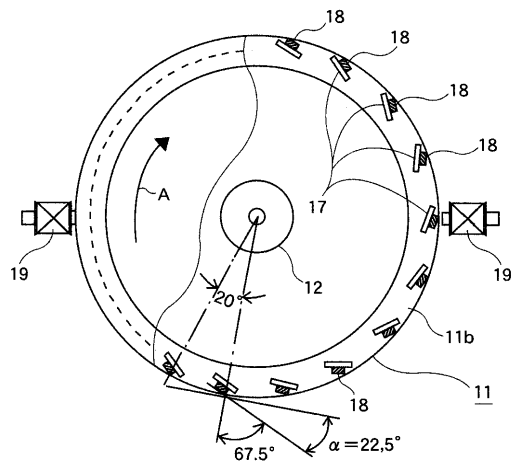
【図 5】



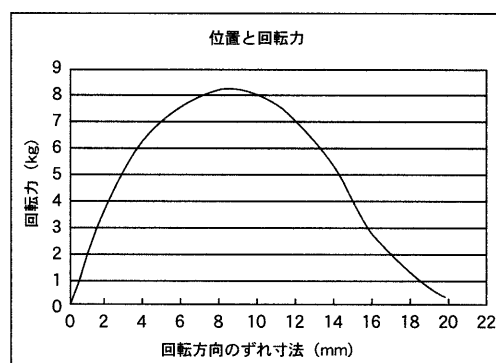
【図 6】



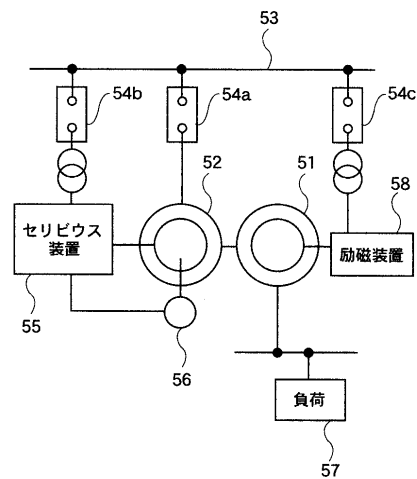
【図 3】



【図 4】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 0 9 8 2 1 3 (J P , A)
特開平 0 6 - 3 0 3 7 3 8 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 0 4 6 6 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 2 K 7 / 0 2
H 0 2 K 7 / 1 0
H 0 2 K 3 7 / 1 4