

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6563610号

(P6563610)

(45) 発行日 令和1年8月21日(2019.8.21)

(24) 登録日 令和1年8月2日(2019.8.2)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 P 3/49 (2006.01)

G O 1 P 3/49

請求項の数 7 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2018-555081 (P2018-555081)	(73) 特許権者	503405689
(86) (22) 出願日	平成29年12月8日 (2017.12.8)		ナブテスコ株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2017/044178		東京都千代田区平河町二丁目7番9号
(87) 国際公開番号	W02018/105727	(74) 代理人	100091982
(87) 国際公開日	平成30年6月14日 (2018.6.14)		弁理士 永井 浩之
審査請求日	平成30年12月17日 (2018.12.17)	(74) 代理人	100091487
(31) 優先権主張番号	特願2016-239772 (P2016-239772)		弁理士 中村 行孝
(32) 優先日	平成28年12月9日 (2016.12.9)	(74) 代理人	100082991
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		弁理士 佐藤 泰和
		(74) 代理人	100105153
			弁理士 朝倉 悟
		(74) 代理人	100127465
			弁理士 堀田 幸裕
		(74) 代理人	100103263
			弁理士 川崎 康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 速度検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動または回転する導体である移動体の一主面上に離隔して配置され、前記移動体の移動または回転方向に応じて発生するローレンツ力によって所定の回転軸回りに回転する永久磁石を有する回転体と、

前記回転体の回転速度を検出する検出器と、

予め求められた前記移動体の移動または回転速度と前記回転体の回転速度との相関関係に基づいて、前記検出器にて検出された前記回転体の回転速度から前記移動体の移動または回転速度を推測する移動速度推測部と、を備える、速度検出装置。

【請求項 2】

前記回転体は、前記移動体の外周面に連なる一側面を前記一主面として、離隔して対向配置される、請求項 1 に記載の速度検出装置。

【請求項 3】

前記移動体の一主面对向する面を含めて、前記回転体の外表面の少なくとも一部を覆う保護部材と、

前記保護部材における前記移動体の一主面对向される面に付着された磁性体を除去するための磁性体除去部と、を備える、請求項 1 または 2 に記載の速度検出装置。

【請求項 4】

前記回転体と前記移動体との磁気結合度合を計測する磁気結合度合計測部と、

前記回転体と前記移動体との複数の磁気結合度合のそれぞれについて、前記移動体の移

10

20

動または回転速度と前記回転体の回転速度との相関関係を検出する相関関係検出部と、を備え、

前記移動速度推測部は、前記相関関係検出部にて検出された相関関係のうち、前記磁気結合度合計測部にて計測された磁気結合度合に対応する相関関係に基づいて、前記移動体の移動または回転速度を推測する、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の速度検出装置。

【請求項 5】

前記磁気結合度合計測部は、前記回転体と前記移動体とのギャップおよび前記回転体と前記移動体との対向面同士の間隔に基づいて、前記磁気結合度合を計測するものである、請求項 4 に記載の速度検出装置。

10

【請求項 6】

前記永久磁石は、前記移動体に対向配置される 2 つ以上の磁極を有する、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の速度検出装置。

【請求項 7】

前記回転体の回転による運動エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機と、
前記発電機が変換した電気エネルギーを蓄電する蓄電器と、を備え、
前記蓄電器が蓄電した電気エネルギーは、前記検出器および前記移動速度推測部の少なくとも一方の電力源として用いられる、請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の速度検出装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、移動体の速度を検出する速度検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

移動体に磁石を取り付けて、その磁石が発生する磁束の変化率に応じた誘起電圧を出力する電磁誘導型の非接触センサにより移動体の移動速度を検出する技術が開示されている（特開平 3-25372 号公報参照）。

【発明の開示】

【0003】

30

特開平 3-25372 号公報に開示された技術では、非接触で移動体の移動速度を検出できるが、移動体に磁石を取り付ける必要があり、磁石を持たない移動体の移動速度を検出することはできない。また、接触式で移動体の移動速度を検出するセンサも知られているが、接触式の場合は、振動等の衝撃により破壊しやすく、信頼性および耐久性の点で問題がある。

【0004】

本発明は、上述した課題を解決するためのものであり、その目的は、非接触で精度よく移動体の移動または回転速度を検出できる速度検出装置を提供するものである。

【0005】

上記の課題を解決するために、本発明の一態様では、移動または回転する導体である移動体の一主面上に離隔して配置され、前記移動体の移動または回転方向に応じて発生するローレンツ力によって所定の回転軸回りに回転する永久磁石を有する回転体と、

40

前記回転体の回転速度を検出する検出器と、

予め求められた前記移動体の移動または回転速度と前記回転体の回転速度との相関関係に基づいて、前記検出器にて検出された前記回転体の回転速度から前記移動体の移動または回転速度を推測する移動速度推測部と、を備える、速度検出装置が提供される。

【0006】

前記回転体は、前記移動体の外周面に連なる一側面を前記一主面として、離隔して対向配置されてもよい。

【0007】

50

前記移動体の一主面に対向する面を含めて、前記回転体の外表面の少なくとも一部を覆う保護部材と、

前記保護部材における前記移動体の一主面に対向される面に付着された磁性体を除去するための磁性体除去部と、を備えていてもよい。

【0008】

前記回転体と前記移動体との磁気結合度合を計測する磁気結合度合計測部と、

前記回転体と前記移動体との複数の磁気結合度合のそれぞれについて、前記移動体の移動または回転速度と前記回転体の回転速度との相関関係を検出する相関関係検出部と、を備え、

前記移動速度推測部は、前記相関関係検出部にて検出された相関関係のうち、前記磁気結合度合計測部にて計測された磁気結合度合に対応する相関関係に基づいて、前記移動体の移動または回転速度を推測してもよい。

10

【0009】

前記磁気結合度合計測部は、前記回転体と前記移動体とのギャップおよび前記回転体と前記移動体との対向面同士の間隔に基づいて、前記磁気結合度合を計測するものであってもよい。

【0010】

前記永久磁石は、前記移動体に対向配置される2つ以上の磁極を有してもよい。

【0011】

前記回転体の回転による運動エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機と、

20

前記発電機が変換した電気エネルギーを蓄電する蓄電器と、を備え、

前記蓄電器が蓄電した電気エネルギーは、前記検出器および前記移動速度推測部の少なくとも一方の電力源として用いられてもよい。

【0012】

本発明によれば、非接触で精度よく移動体の移動または回転速度を検出できる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1の実施形態による速度検出装置の概略構成を示すブロック図。

【図2】移動体の一主面と回転体の一主面との一部同士が重なり合うように対向配置した例を示す図。

30

【図3】移動体の表面または外周面と回転体の外周面とを対向配置させる例を示す図。

【図4】移動体の一側面に発生する渦電流により回転体が回転する原理を説明する図。

【図5】移動体の移動速度と回転体の回転速度との相関関係を表すグラフ。

【図6】移動体と回転体とのギャップと回転体の回転速度との相関関係を示すグラフと、ギャップと回転体の応答速度との相関関係を示すグラフ。

【図7】第2の実施形態による速度検出装置の概略構成を示すブロック図。

【図8】第3の実施形態による速度検出装置の概略構成を示すブロック図。

【図9】図8の速度検出装置を備えた非接触発電機の分解斜視図。

【図10】図9の非接触発電機の断面図。

【図11A】速度検出装置の第1変形例を示す図。

40

【図11B】速度検出装置の第2変形例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施の形態について、詳細に説明する。

(第1の実施形態)

図1は本発明の第1の実施形態による速度検出装置1の概略構成を示すブロック図である。図1の速度検出装置1は、回転体2と、検出器3と、移動速度推測部4と、電源部5とを備えている。

【0015】

回転体2は、移動または回転する導体である移動体8の一主面上に離隔して配置されて

50

いる。回転体 2 は、移動体 8 の移動または回転方向に応じて発生するローレンツ力によって所定の回転軸回りに回転する永久磁石 2 a を有する。回転体 2 は、所定の回転軸回りに回転自在とされている。回転体 2 は移動体 8 の移動または回転方向に合わせて、時計回りまたは反時計回りに回転する。回転体 2 の永久磁石 2 a は、周状に配置された複数の磁極 2 b を有する。永久磁石 2 a が有する磁極 2 b の数は、2 つ以上であればよく、数には特に制限はない。磁極 2 b の数が多いほど、回転体 2 の回転角度による回転力の斑（コギングトルク）は減少するが、移動体 8 と回転体 2 とのギャップが広い場合には、磁極 2 b の数を多くすることで、磁極 2 b 一つあたりの磁力の大きさが小さくなって、移動体 8 に到達する磁束が減少し、回転体 2 を回転させる力が弱くなる。

【0016】

10

移動体 8 は、例えば車両の車輪やホイールなどの回転する動体、あるいは一方向または複数方向に移動する動体である。移動体 8 は、回転体 2 に対向配置された一主面上に渦電流を発生させる。したがって、移動体 8 の一主面は、渦電流を発生可能な金属などの導電材料で形成されている必要がある。

【0017】

検出器 3 は、回転体 2 の回転速度を検出する。検出器 3 には、非接触式と接触式がある。非接触式の検出器 3 は、ホール効果を利用したホール素子や、光学スリットを利用したエンコーダや、誘導起電力を利用したコイルや、ギアの歯数またはギャップの変動を利用した静電容量タイプまたは誘導タイプまたはホール素子タイプの近接センサを適用可能である。接触式の検出器 3 は、回転体 2 の回転軸に取り付けられたポテンシオメータなどを適用可能である。このように、検出器 3 の具体的な形態は、特に問わない。

20

【0018】

移動速度推測部 4 は、予め求められた移動体 8 の移動または回転速度と回転体 2 の回転速度との相関関係に基づいて、検出器 3 にて検出された回転体 2 の回転速度から移動体 8 の移動または回転速度を推測する。より具体的な一例として、移動速度推測部 4 は、回転体 2 と移動体 8 との磁気結合度合が所定の場合における、移動体 8 の移動または回転速度と回転体 2 の回転速度との相関関係を用いて、移動体 8 の移動または回転速度を推測する。

【0019】

電源部 5 は、図 1 の速度検出装置 1 の各部に電源電圧を供給する。図 1 では、電源部 5 から移動速度推測部 4 に電源電圧を供給する矢印線を図示しているが、検出器 3 にも電源電圧を供給してもよい。

30

【0020】

以下では、まず最初に、移動体 8 の移動に応じて回転体 2 が回転する原理を説明する。移動体 8 と回転体 2 とは対向配置されている。図 2 は移動体 8 の一側面である一主面を回転体 2 の一主面と向き合わせて、移動体 8 の一主面と回転体 2 の一主面との一部同士が重なり合うように対向配置した例を示している。回転体 2 の一主面の全体が移動体 8 の一主面と重なり合って対向配置されている場合には、回転体 2 がほとんど回転しなくなるため、このような配置のさせ方は望ましくない。なお、移動体 8 の一側面を回転体 2 の一主面と対向配置させる代わりに、図 3 に示すように移動体 8 の表面または外周面と回転体 2 の外周面とを対向配置させてもよい。

40

【0021】

本実施形態では、回転体 2 における永久磁石 2 a の各磁極 2 b からの磁束により、移動体 8 の一側面 8 a に渦電流を発生させる。よって、回転体 2 の第 1 側面 2 d と移動体 8 の一側面 8 a との間のギャップは、回転体 2 の各磁極 2 b からの磁束が到達可能な範囲内に制限される。

【0022】

永久磁石 2 a の各磁極 2 b は、対向する移動体 8 の一側面に向かう方向またはその反対方向に磁化されている。また、永久磁石 2 a の隣接する磁極 2 b 同士の磁化方向は逆である。図 3 では、永久磁石 2 a の各磁極 2 b の磁化方向を矢印で示している。図 3 および図

50

4に示すように、回転体2の第1側面2dには、周状にN極とS極が交互に並んでいる。また、回転体2の移動体8に対向する第1側面2dとは反対側の側面は、第1側面2dとは逆極性になる。

【0023】

図4は移動体8の一側面8aに発生する渦電流5d、5eにより回転体2が回転する原理を説明する図である。回転体2の第1側面2d上に周状に並ぶ複数の磁極2bのうち、移動体8の一側面に対向配置された磁極2bからの磁束は、移動体8の一側面8a方向に伝搬する。回転体2の第1側面2dと移動体8の一側面8aとの間は、エアギャップであり、回転体2からの磁束はこのエアギャップを伝搬する。

【0024】

移動体8が回転すると、移動体8の一側面には、回転体2からの磁束の変化を妨げる方向に渦電流が生じ、この渦電流による磁束と回転体2からの磁束との相互作用（反発力および誘引力）により、回転体2は回転する。ただし、回転体2の一側面2dの表面速度は、対向する移動体8の一側面8aの表面速度よりも遅くなる。

【0025】

例えば、回転体2のN極が移動体8の一側面8aに対向配置されている場合、N極の回転方向前方のエッジe1からの磁束が到達する移動体8の一側面8a部分に発生する渦電流5dの向きと、N極の回転方向後方のエッジe2からの磁束が到達する移動体8の一側面部分に発生する渦電流5eの向きとは相違している。N極の回転方向後方のエッジe2からの磁束により発生する渦電流5eは、N極からの磁束とは反対方向の磁束を発生させる向きに流れる。一方、N極の回転方向前方のエッジe1からの磁束が到達する移動体8の一側面部分に発生する渦電流5dは、N極からの磁束と同方向の磁束を発生させる向きに流れる。いずれの渦電流5d、5eも、移動体8の回転に伴う回転体2からの磁束の変化を妨げる方向に流れる。

【0026】

上述したように、回転体2のN極の回転方向前方のエッジe1側では、渦電流5dによる磁束と回転体2のN極からの磁束との方向が同じになることから、互いに引き寄せ合う誘引力が働く。一方、回転体2のN極の回転方向後方のエッジe2側では、渦電流5eによる磁束と回転体2のN極からの磁束とは反対方向になることから、互いに反発し合う反発力が働く。回転体2の第1側面2dの表面速度が、対向する移動体8の一側面の表面速度より遅い場合には、上述した、回転体2と渦電流5d、5eの関係が常に成り立つ。これにより、回転体2は、対向する移動体8の一側面8aの移動表面を追いかけるようにして、対向する移動体8の一側面8aの表面速度よりも遅い表面速度で回転することになる。

【0027】

なお、上述した回転体2の回転の原理は、ローレンツ力による反力にて説明することもできる。上述したように、回転体2のN極の回転方向前方のエッジe1からの磁束による発生する渦電流5dと、回転体2の回転方向後方のエッジe2からの磁束による発生する渦電流5eとは、電流の向きが逆になっていて、N極の直下には常に一定方向の電流が流れる。これら渦電流5d、5eによる電流は、移動体8が図4の矢印の向きに回転する場合には、移動体8の回転方向とは反対方向のローレンツ力を受ける。よって、これら渦電流5d、5eによる磁束を受ける回転体2は、移動体8の回転方向への、ローレンツ力の反力を受けて回転する。

【0028】

このように、回転体2と移動体8は、両者の対向面同士では同一方向に移動する。よって、図4のように、回転体2が移動体8の回転軸からずれて対向配置されている場合には、回転体2の回転方向は移動体8の回転方向とは逆になる。

【0029】

次に、移動体8の移動または回転速度を推測する手順を説明する。上述したように、回転体2は、移動体8の移動または回転速度に応じて回転し、より具体的には、回転体2は

10

20

30

40

50

、移動体 8 の移動または回転速度に同期して回転する。

【0030】

図 5 は移動体 8 の移動速度と回転体 2 の回転速度との相関関係を表すグラフである。図 5 の横軸は移動体 8 の移動速度 v_2 (km/h)、縦軸は検出器 3 で検出した回転体 2 の回転速度 v_1 (km/h) である。図 5 の実線は渦電流損や機械損などを考慮に入れた実測グラフ G 1、破線は渦電流損や機械損などを考慮に入れない理想的なグラフ G 2 を示している。図 5 の実線と破線は、移動体 8 と回転体 2 とのギャップ g が 10 mm の場合の特性を示している。ギャップ g が変わると、図 5 のグラフの傾きが変化する。ギャップ g とは、移動体 8 と回転体 2 の対向面同士の最短距離を指す。

【0031】

図 5 のグラフからわかるように、回転体 2 の回転速度と、移動体 8 の移動速度とは、線形の関係にあり、移動体 8 の移動速度が変化すると、その変化に同期して、回転体 2 の回転速度が線形に変化する。図 5 のグラフは、移動体 8 が一方向または複数方向に移動する場合の特性を示しているが、移動体 8 が回転する場合であっても、移動体 8 の回転速度と回転体 2 の回転速度とは線形の関係になる。

【0032】

図 6 は、移動体 8 と回転体 2 とのギャップ g と回転体 2 の回転速度との相関関係を示すグラフ G 3 と、ギャップ g と回転体 2 の時定数との相関関係を示すグラフ G 4 と、回転体 2 の外周表面速度が 80 km/h 一定のグラフ G 5 である。図 6 の横軸はギャップ g (mm)、縦軸は回転体 2 の回転速度 ω_1 (rad/s) または時定数 τ_{mech} (s) である。ここで、時定数とは、移動体 8 の速度を 0 km/h から 80 km/h にステップ状に変化した場合に回転体 2 の回転速度が定常速度の 63.2% になるまでに要する時間であり、応答速度を示している。図 6 の縦軸の回転速度の単位を v_1 (km/h) とする場合は、以下の換算式 (1) が用いられる。

$$v_1 \text{ (km/h)} = \omega_1 \text{ (rad/s)} \times 0.025 \text{ (m)} \times 3600 \text{ (s)} \div 1000 \dots (1)$$

この換算式の 0.025 (m) は回転体 2 の半径である。この換算式を用いると、例えば 80 km/h は、889 rad/s になる。

【0033】

グラフ G 3 からわかるように、ギャップ g が小さくなるほど、移動体 8 と回転体 2 との磁気結合が強くなって、回転体 2 の回転速度が移動体 8 の移動または回転速度に近づく。グラフ G 5 は、図 5 のグラフ G 2 の直線に対応する。よって、グラフ G 3 と G 5 からわかるように、ギャップ g が小さくなるほど、移動体 8 と回転体 2 との速度差は低減する。グラフ G 4 は、上述した回転体 2 の応答時間を示している。グラフ G 4 からわかるように、ギャップが広いほど応答性が悪くなる。

【0034】

図 6 からわかるように、移動体 8 と回転体 2 とのギャップに応じて回転体 2 の回転速度と応答性が変化するため、図 5 のグラフを計測する際には、予め移動体 8 と回転体 2 とのギャップを定めておく必要がある。よって、本実施形態では、移動体 8 と回転体 2 とのギャップを所定の値に設定した上で、移動体 8 の移動または回転速度と回転体 2 の回転速度との相関関係を予め求めておく。

【0035】

例えば、図 5 のグラフ上の複数点について、移動体 8 の移動速度と、対応する回転体 2 の回転速度とを登録したテーブルを予め生成しておくことが考えられる。この場合、移動速度推測部 4 は、検出器 3 で検出された回転体 2 の回転速度に対応する移動体 8 の移動速度をテーブルから参照することができる。

【0036】

あるいは、図 5 のグラフを数式化しておき、移動速度推測部 4 は、検出器 3 で検出された回転体 2 の回転速度を数式に入力して、対応する移動体 8 の移動速度を算出してもよい。

10

20

30

40

50

移動体 8 の移動または回転速度が推測されると、その速度を微分することで加速度情報を検出でき、移動体 8 の移動または回転速度を積分することで、移動体 8 の位置情報を検出できる。

【0037】

なお、回転体 2 と移動体 8 とは、対向面同士の一部が重なり合っており、重なり具合が変化すると、移動体 8 と回転体 2 との磁気結合度合が変化して、図 5 や図 6 のグラフの傾きが変化してしまう。したがって、図 5 のような移動体 8 の移動速度と回転体 2 の回転速度との相関関係を表すグラフを求める際は、ギャップを含めた移動体 8 と回転体 2 との磁気結合度合を所定値に設定しておく必要がある。移動体 8 と回転体 2 との磁気結合度合は、移動体 8 と回転体 2 とのギャップや、移動体 8 と回転体 2 との対向面同士の重なり具合などによって変化する。また、移動体 8 や回転体 2 との対向面に異物が付着した場合や、移動体 8 と回転体 2 との間に何らかの磁気遮蔽部材を配置した場合も磁気結合度合が変化する。図 6 のグラフについても、本来的には、ギャップだけでなく、種々の要因で移動体 8 と回転体 2 との磁気結合度合を変化させた場合の回転体 2 の回転速度の変化や回転体 2 の応答速度の変化をプロットしてグラフ化するのが望ましい。

10

【0038】

このように、第 1 の実施形態では、移動体 8 の移動または回転方向に応じて回転する回転体 2 の回転速度を検出器 3 で検出するとともに、移動体 8 の移動または回転速度と回転体 2 の回転速度との相関関係を予め求めておき、検出器 3 にて検出された回転体 2 の回転速度から移動体 8 の移動または回転速度を推測する。これにより、簡易な手順で、移動体 8 の移動または回転速度を推測できる。

20

【0039】

移動体 8 の移動または回転速度を検出するには、通常は移動体 8 に速度検出のための永久磁石や、エンコーダ用の光学スリットリングや、近接センサ用の検出歯車などを取り付けるが、移動体 8 への追加加工が許容されない場合であっても、本実施形態によれば、移動体 8 の近傍に回転体 2 を対向配置して、回転体 2 の回転速度を検出器 3 で検出することにより、移動体 8 の移動または回転速度を精度よく推測できる。

【0040】

(第 2 の実施形態)

上述した第 1 の実施形態では、移動体 8 と回転体 2 との磁気結合度合が予め定まってい

て変動しないことを前提として、移動体 8 の移動または回転速度と回転体 2 の回転速度との相関関係を予め求めていた。これに対して、第 2 の実施形態は、複数の磁気結合度合についての移動体 8 の移動または回転速度と回転体 2 の回転速度との相関関係を予め求めておき、現時点の磁気結合度合を計測して、計測された磁気結合度合に合致する相関関係に基づいて、移動体 8 の移動または回転速度を推測するものである。

30

【0041】

例えば、移動体 8 が列車等の車両の車輪である場合、走行面の凸凹等による車輪と回転体 2 との周期的なギャップ変動は、フィルタ処理を行うことで低減できるが、カーブを走行する際の車両に加わる遠心力に起因する車輪と回転体 2 とのギャップ変動などの、一定期間継続するギャップ変動はフィルタ処理では低減できない可能性が高い。よって、ギャップ変動が生じやすい環境下では、想定しうる複数の磁気結合度合について、それぞれ別個に相関関係を予め準備しておくのが望ましい。

40

【0042】

図 7 は第 2 の実施形態による速度検出装置 1 の概略構成を示すブロック図である。図 7 では、図 1 と共通する構成部材には同一符号を付しており、以下では相違点を中心に説明する。図 7 の速度検出装置 1 は、回転体 2 と、検出器 3 と、移動速度推測部 4 とを備えていることに加えて、磁気結合度合計測部 11 と、相関関係検出部 12 とを備えている。

【0043】

磁気結合度合計測部 11 は、回転体 2 と移動体 8 との磁気結合度合を計測する。上述したように、磁気結合度合とは、回転体 2 と移動体 8 とのギャップや、回転体 2 と移動体 8

50

との対向面同士の重なり具合などである。磁気結合度合が回転体 2 と移動体 8 とのギャップである場合は、磁気結合度合計測部 11 は、回転体 2 と移動体 8 とのギャップを計測する。ギャップの計測は、磁界を利用した誘導型の近接センサを利用してもよいし、撮像装置でギャップ周辺を撮影した画像を解析して行ってもよいし、回転体 2 と移動体 8 との間で超音波等を送受してギャップを計測してもよい。

【0044】

相関関係検出部 12 は、回転体 2 と移動体 8 との複数の磁気結合度合における、移動体 8 の移動または回転速度と回転体 2 の回転速度との相関関係を検出する。すなわち、相関関係検出部 12 は、複数の磁気結合度合のそれぞれについて、図 5 のような回転体 2 の回転速度と移動体 8 の移動または回転速度との相関関係を検出する。相関関係検出部 12 は、検出した相関関係をテーブルとして不図示の記憶部に記憶しておいてもよいし、あるいは、検出した相関関係を数式化してもよい。

10

【0045】

図 7 の移動速度推測部 4 は、相関関係検出部 12 にて検出された相関関係のうち、磁気結合度合計測部 11 にて計測された磁気結合度合に対応する相関関係に基づいて、移動体 8 の移動または回転速度を推測する。

【0046】

このように、第 2 の実施形態では、複数の磁気結合度合について、それぞれ別個に相関関係を予め用意しておき、現時点の磁気結合度合に応じた相関関係に基づいて、移動体 8 の移動または回転速度を推測するため、移動体 8 と回転体 2 との磁気結合度合が変動する環境下であっても、移動体 8 の移動または回転速度を精度よく推測できる。

20

【0047】

(第 3 の実施形態)

第 3 の実施形態は、回転体 2 の回転エネルギーを電気エネルギーに変換して蓄電器に蓄電しておき、蓄電された電気エネルギーを利用して、移動体 8 の移動または回転速度を推測するものである。

【0048】

図 8 は第 3 の実施形態による速度検出装置 1 の概略構成を示すブロック図である。図 8 の速度検出装置 1 は、図 1 の構成に加えて、発電機 13 と、発電制御部 14 と、蓄電器 15 とを備えている。

30

【0049】

発電機 13 は、回転体 2 の回転による運動エネルギーを電気エネルギーに変換する。発電制御部 14 は、発電機 13 で発電された電力を直流電圧に変換する。蓄電器 15 は、発電機 13 が変換した電気エネルギーを蓄電する。より具体的には、蓄電器 15 は、発電制御部 14 が変換した直流電圧を蓄電する。蓄電器 15 が蓄電した電気エネルギーは、検出器 3 および移動速度推測部 4 の少なくとも一方の電力源として用いられる。なお、図 8 の発電機 13 と蓄電器 15 は、図 7 の速度検出装置 1 に追加してもよい。

【0050】

図 9 は図 8 の速度検出装置 1 を備えた非接触発電機 20 の分解斜視図、図 10 は図 9 の非接触発電機 20 の断面図である。図 9 の非接触発電機 20 内の、ロータ 21 と、第 2 永久磁石 22a を有する第 2 回転体 22 と、ステータ 23 と、コイル 24 は、発電機 13 の一部を構成するとともに、速度検出装置 1 の一部を兼ねている。以下では、速度検出装置 1 内の回転体 2 および永久磁石 2a をそれぞれ第 1 回転体 2 および第 1 永久磁石 2a と呼び、非接触発電機 20 内の第 2 回転体 22 および第 2 永久磁石 22a と区別する。

40

【0051】

速度検出装置 1、ロータ 21 およびステータ 23 は、ケース（保護部材）25 によって覆われている。ステータ 23 は、実装プレート 26 上に固定されている。ケース 25 や実装プレート 26 は、必須の構成部品ではなく、その形状やサイズも任意である。

【0052】

第 1 回転体 2、ロータ 21 および第 2 回転体 22 は、いずれも共通の回転軸 27 回りに

50

回転自在とされている。この回転軸 2 7 回りに、第 1 回転体 2、ロータ 2 1 および第 2 回転体 2 2 は一体に回転する。より詳細には、ロータ 2 1 は、ベアリング 2 8 を介して回転軸 2 7 に回転自在に支持されている。第 1 回転体 2、ロータ 2 1 および第 2 回転体 2 2 の径サイズは、同じでも、それぞれ異なってもよい。典型的な一例では、ロータ 2 1 と第 2 回転体 2 2 は接続されている。あるいは、第 1 回転体 2、ロータ 2 1 および第 2 回転体 2 2 を物理的に接続してもよい。図 9 や図 10 の例では、第 1 回転体 2 とロータ 2 1 の径サイズを略同一とし、第 2 回転体 2 2 の径サイズをロータ 2 1 よりも小さくしている。これにより、ロータ 2 1 の内周面の内側に第 2 回転体 2 2 を収納できるようにしている。

【0053】

第 2 回転体 2 2 は、図 9 に示すように、周方向に複数の磁極 2 b が配置された円環状の第 2 永久磁石 2 2 a を有する。第 2 永久磁石 2 2 a の磁極数は特に問わない。

【0054】

円環状の第 2 永久磁石 2 2 a の内周面の内側には、ステータ 2 3 が配置されている。ステータ 2 3 は、固定されており、第 2 永久磁石 2 2 a の中心から放射状に伸びる複数のティース 2 3 a を有する。ステータ 2 3 は、磁性体で形成されており、各ティース 2 3 a にはコイル 2 4 が巻回されている。これらコイル 2 4 は、第 2 永久磁石 2 2 a からの磁束が鎖交する位置に配置されており、鎖交した磁束の変化量に応じた誘導起電力を発生させる。放射状に伸びるティース 2 3 a の先端位置と第 2 永久磁石 2 2 a の内周面との間にはギャップが設けられている。

【0055】

発電機 1 3 は、第 2 回転体 2 2 とステータ 2 3 とコイル 2 4 とを含んで構成されている。移動体 8 の移動または回転により第 1 回転体 2 が回転すると、第 1 回転体 2 と一体にロータ 2 1 と第 2 回転体 2 2 も回転する。これにより、ステータ 2 3 のティース 2 3 a に巻回されたコイル 2 4 には、周期的に方向が変化する交番磁束が鎖交し、コイル 2 4 に誘導起電力が発生する。このように、発電機 1 3 は、第 1 回転体 2 の回転エネルギーを、第 2 回転体 2 2 を介して、コイル 2 4 に流れる誘導起電力に変換する機能を持っている。なお、ロータ 2 1 は、磁性材料で形成されており、第 1 回転体 2 と第 2 回転体 2 2 のヨークとしても機能する。これにより、第 1 永久磁石 2 a と第 2 永久磁石 2 2 a で生じた磁束の漏れを防止でき、発電効率が向上する。

【0056】

速度検出装置 1 内の検出器 3、移動速度推測部 4、発電制御部 1 4 および蓄電器 1 5 は、図 10 に示すように、例えば実装プレート 2 6 などの、第 1 回転体 2 の近傍で、かつ静止体上に配置されている。静止体上であればよいので、実装プレート 2 6 に限られるわけではなく、ケース 2 5 などに配置されていてもよいし、ケーブルで接続して別体としてもよい。

【0057】

第 2 永久磁石 2 2 a とステータ 2 3 は、移動体 8 と第 1 永久磁石 2 a との相対的な形状および位置関係により第 1 永久磁石 2 a に発生するコギングトルクの少なくとも一部を相殺する機能を兼ねるようにしてもよい。

【0058】

図 9 や図 10 に示すように、速度検出装置 1 内の第 1 回転体 2 をケース 2 5 で覆う場合、ケース 2 5 内の第 1 永久磁石 2 a の磁力に引きつけられて、ケース 2 5 の外表面に磁性体が付着しやすくなる。特に、移動体 8 が列車の車輪の場合、レールとの接触により、車輪が削れて、その削り屑がケース 2 5 の外表面に付着しやすくなる。ケース 2 5 の外表面に付着した削り屑等の磁性体は、移動体 8 と回転体 2 との磁気結合度合を変動させる要因となる。ケース 2 5 内部の回転体 2 は、移動体 8 の移動または回転に応じて回転するため、ケース 2 5 の外表面に付着した磁性体も、回転体 2 の回転に応じて回転し、遠心力によりケース 2 5 の外表面から外側に飛散することが期待できる。ただし、油分や水分を含む粘着性の高い磁性体や、回転体の回転中心付近に付着した遠心力をあまり受けない部分の磁性体は、飛散せずにケース 2 5 の外表面に留まる可能性がある。よって、ケース 2 5 の

10

20

30

40

50

外表面に付着した磁性体を除去する磁性体除去部を設けてもよい。磁性体除去部の具体的な機構は問わないが、例えば車両のワイパに類似した機構にしてもよい。また、蓄電器 15 に蓄電した電気エネルギーを利用して、磁性体除去部を駆動してもよい。また、ケース 25 の外表面に溝や突起などのガイドを設けて、回転している磁性体がガイドに沿って移動し、ケース 25 の外周方向へ飛散するようなケース形状としてもよい。

【0059】

このように、第 3 の実施形態では、移動体 8 の移動または回転による運動エネルギーを回転体 2 の回転エネルギーに変換し、回転体 2 の回転エネルギーを発電機 13 にて電気エネルギーに変換して蓄電器 15 に蓄電する。そして、蓄電器 15 に蓄電された電気エネルギーを利用して、速度検出装置 1 を駆動して、移動体 8 の移動または回転速度を測定する。これにより、外部電源を確保できない環境下であっても、移動体 8 の移動または回転速度を推測でき、速度検出装置 1 の適用範囲を拡げることができる。また、外部電源と速度検出装置 1 を繋ぐケーブルも不要となるため、速度検出装置 1 の設置場所についての制約も少なくなる。

10

【0060】

上述した第 1 ～ 第 3 の実施形態では、移動体 8 の一側面 8a を回転体 2 の一主面 2d に対向配置する例を示したが、移動体 8 と回転体 2 との配置は上述したものに限定されない。本開示による速度検出装置 1 は、移動体 8 の移動または回転方向に応じて発生するローレンツ力によって回転する永久磁石 2a を有する回転体 2 を備えていれば、上述した構造以外の構造であっても、適用可能である。

20

【0061】

図 11A は速度検出装置 1 の第 1 変形例を示す図である。図 11A の速度検出装置 1 は、回転軸周りに回転する永久磁石 2a を有する回転体 2 と、2 個のコイル（第 1 コイル 31a と第 2 コイル 31b）と、ヨーク 32 とを備えている。

【0062】

永久磁石 2a は、回転または移動する移動体 8 の一主面 8a 上に離隔して対向配置され、移動体 8 の回転または移動方向に応じて回転する。永久磁石 2a は、少なくとも 2 個の磁極 2b を有し、各磁極 2b の磁化方向は、永久磁石 2a の外周面の法線方向である。

【0063】

永久磁石 2a の外周面 2c は、移動体 8 の一主面 8a から離隔して配置されており、永久磁石 2a は、移動体 8 の一主面 8a に接触することなく、回転自在とされている。図 11A の例では、2 個のコイルのうち一方の第 1 コイル 31a は、移動体 8 の回転または移動方向に対して永久磁石 2a の後方側に配置されている。2 個のコイルのうち他方の第 2 コイル 31b は、移動体 8 の回転または移動方向に対して永久磁石 2a の前方側に配置されている。第 1 および第 2 コイル 31a、31b は、移動体 8 の一主面 8a 上に離隔して配置されている。

30

【0064】

また、図 11A の例では、第 1 および第 2 コイル 31a、31b の内部と上部には、コの字状のヨーク 32 が配置されている。ヨーク 32 と永久磁石 2a との間には隙間があり、同様に、永久磁石 2a と第 1 および第 2 コイル 31a、31b との間にも隙間がある。これら隙間はエアギャップである。よって、永久磁石 2a は、移動体 8 の一主面と、第 1 および第 2 コイル 31a、31b と、ヨーク 32 とで囲まれる領域内で回転する。

40

【0065】

図 11B は速度検出装置 1 の第 2 変形例を示す図であり、1 個のコイル 31 で発電を行う例を示す図である。永久磁石 2a の上方には、ヨーク 32 に巻回されたコイル 31 が配置されている。ヨーク 32 は永久磁石 2a の上方から移動体 8 の移動方向の両側に延びて、永久磁石 2a を取り囲むように配置されている。コイル 31 は、永久磁石 2a からの磁束のほぼすべてを鎖交させるため、必ずしも複数のコイル 31 を設ける必要はない。なお、コイル 31 を配置する場所は、永久磁石 2a からの全磁束が集中する場所（例えば、永久磁石 2a の N 極と S 極の少なくとも一方の近傍）であればよい。

50

【0066】

図11Aと図11Bのいずれにおいても、永久磁石2aを有する回転体2に、図1と同様の検出器3を接続し、さらに、移動速度推測部4を設けることで、移動体8の移動速度を推測することができる。

【0067】

本発明の態様は、上述した個々の実施形態に限定されるものではなく、当業者が想到しうる種々の変形も含むものであり、本発明の効果も上述した内容に限定されない。すなわち、特許請求の範囲に規定された内容およびその均等物から導き出される本発明の概念的な思想と趣旨を逸脱しない範囲で種々の追加、変更および部分的削除が可能である。

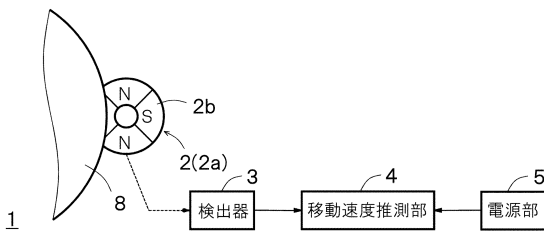
【符号の説明】

10

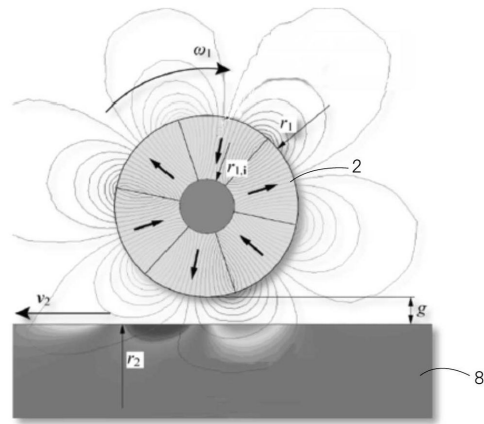
【0068】

1 速度検出装置、2 回転体、2a 永久磁石、3 検出器、4 移動速度推測部、5 電源部、8 移動体、11 磁気結合度合計測部、12 相関関係検出部、13 発電機、14 発電制御部、15 蓄電器、20 非接触発電機、21 ロータ、22 第2回転体、22a 第2永久磁石、23 ステータ、24 コイル、25 ケース、31a 第1コイル、31b 第2コイル、32 ヨーク

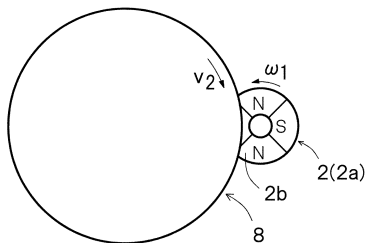
【図1】



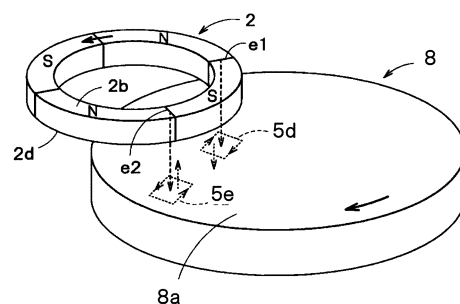
【図3】



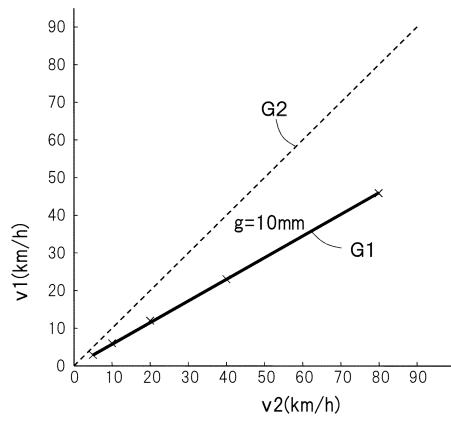
【図2】



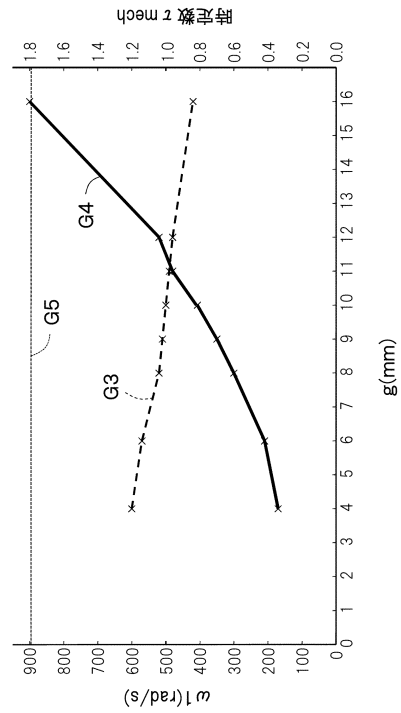
【図4】



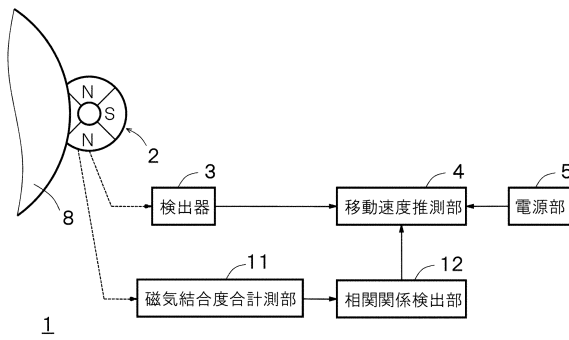
【図 5】



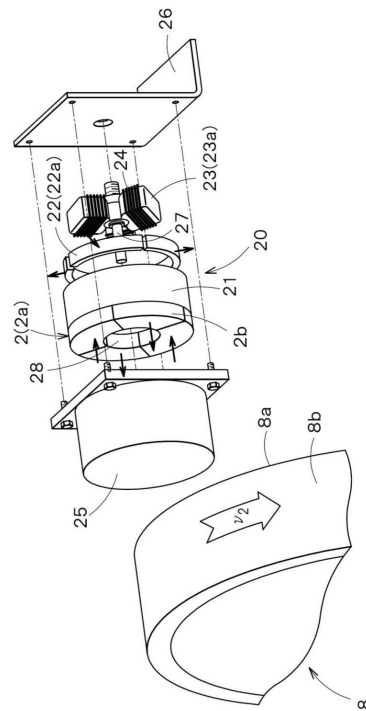
【図 6】



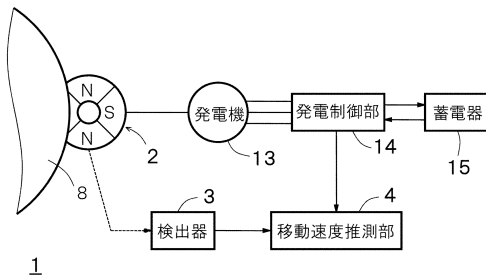
【図 7】



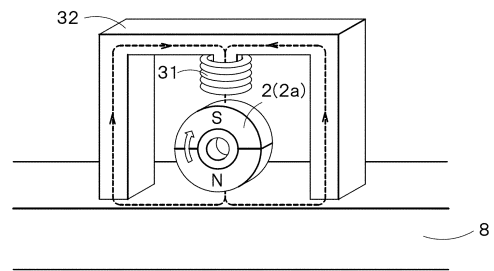
【図 9】



【図 8】



Technical drawing of a mechanical assembly in cross-section. The main part is a vertical assembly with components labeled 2(2a), 21, 25, 22(22a), 24, 23(23a), 27, 28, 3, 4, and 26. A horizontal component 8 is shown to the left, with a circular feature labeled $\frac{1}{2}$. A dimension line between 8 and the main assembly is labeled g_{KEH} .



フロントページの続き

- (72)発明者 フランクル ミヒャエル
スイス連邦チューリッヒ、フュズィークシュトラッセ、3、エーテーエル、ハー２２、エーテーハー、チューリッヒ、パワー、エレクトロニク、システムズ、ラボラトリー
- (72)発明者 トウスズ アルダ
スイス連邦チューリッヒ、フュズィークシュトラッセ、3、エーテーエル、ハー２２、エーテーハー、チューリッヒ、パワー、エレクトロニク、システムズ、ラボラトリー
- (72)発明者 コラー ヨハン、 ベー
スイス連邦チューリッヒ、フュズィークシュトラッセ、3、エーテーエル、ハー２２、エーテーハー、チューリッヒ、パワー、エレクトロニク、システムズ、ラボラトリー
- (72)発明者 塚田 裕介
京都府京都市下京区西七条赤社町２８番地 ナブテスコ株式会社内
- (72)発明者 中村 和人
京都府京都市下京区西七条赤社町２８番地 ナブテスコ株式会社内

審査官 岡田 卓弥

- (56)参考文献 欧州特許出願公開第３０６２０６７（ＥＰ，Ａ１）
特開２０１６－８９２９（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１５／０３２３３４９（ＵＳ，Ａ１）
英国特許出願公開第２２７９４５９（ＧＢ，Ａ）

- (58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｐ ３／００－ ３／８０
Ｇ０１Ｄ ５／００－ ５／６２