

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3879413号
(P3879413)

(45) 発行日 平成19年2月14日(2007.2.14)

(24) 登録日 平成18年11月17日(2006.11.17)

(51) Int.C1.

F 1

HO2K	1/27	(2006.01)	HO2K	1/27	501A
HO2K	1/22	(2006.01)	HO2K	1/22	A
HO2K	1/28	(2006.01)	HO2K	1/28	A
HO2K	16/02	(2006.01)	HO2K	16/02	
HO2K	21/14	(2006.01)	HO2K	21/14	M

請求項の数 24 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2001-53425 (P2001-53425)
 (22) 出願日 平成13年2月28日 (2001.2.28)
 (65) 公開番号 特開2002-262488 (P2002-262488A)
 (43) 公開日 平成14年9月13日 (2002.9.13)
 審査請求日 平成17年5月20日 (2005.5.20)

(73) 特許権者 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (72) 発明者 金 弘中
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社 日立製作所 日立
 研究所内
 (72) 発明者 上田 茂太
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社 日立製作所 日立
 研究所内
 審査官 三島木 英宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 搬送システム及び回転電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

巻線を有する固定子と、

回転方向に順次異なった極性のものを並べて構成した第1及び第2の界磁用磁石が回転軸上に設けられたものであって、該第1及び第2の界磁用磁石が前記固定子の磁極に対向するように前記固定子に対して配置された回転子とを有し、

前記第1及び第2の界磁用磁石の磁気作用力と前記回転子に発生するトルクの方向とに応じて前記第1及び第2の界磁用磁石が前記回転軸の軸方向と回転方向に変位できるよう構成されている

ことを特徴とする回転電機。

【請求項2】

請求項1に記載の回転電機において、

前記回転子が低速で一方向又は他方向に回転する場合、前記第1及び第2の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態が保持され、

前記回転子が高速で一方向に回転する場合、前記第1の界磁用磁石が保持された状態で前記第2の界磁用磁石が前記第1の界磁用磁石に対して変位させられ、前記第1及び第2の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態から前記第1及び第2の界磁用磁石の磁極中心がずらされ、

前記回転子が高速で他方向に回転する場合、前記第2の界磁用磁石が保持された状態で前記第1の界磁用磁石が前記第2の界磁用磁石に対して変位させられ、前記第1及び第2

10

20

の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態から前記第1及び第2の界磁用磁石の磁極中心がずらされる

ことを特徴とする回転電機。

【請求項3】

請求項1に記載の回転電機において、

前記第1及び第2の界磁用磁石の磁気作用力と前記回転子に発生するトルクの方向とに応じて前記第1及び第2の界磁用磁石を前記回転軸に対してその軸方向と回転方向に可動させる機構と、

前記第1及び第2の界磁用磁石の可動を抑制する機構とを有する
ことを特徴とする回転電機。

10

【請求項4】

請求項3に記載の回転電機において、

前記可動機構は、

前記第1及び第2の界磁用磁石が前記回転軸に対して可動自在なように前記第1及び第2の界磁用磁石と前記回転軸とを結合するものであって、

前記第1及び第2の界磁用磁石に設けられたナット機構と、前記回転軸に設けられたボルト機構から構成されたネジ機構である

ことを特徴とする回転電機。

【請求項5】

請求項3に記載の回転電機において、

20

前記可動抑制機構は、

前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石との間の前記回転軸上に設けられたものと、

前記第1の界磁用磁石の前記第2の界磁用磁石側とは反対側及び前記第2の界磁用磁石の前記第1の界磁用磁石側とは反対側に設けられ、前記回転軸に沿って移動可能に構成されたものとを有する

ことを特徴とする回転電機。

【請求項6】

巻線を有する固定子と、

回転方向に順次異なった極性のものを並べて構成した第1乃至第3の界磁用磁石が回転軸上に設けられたものであって、該第1乃至第3の界磁用磁石が前記固定子の磁極に対向するように前記固定子に対して配置された回転子とを有し、

30

前記第1乃至第3の界磁用磁石の磁気作用力と前記回転子に発生するトルクの方向とに応じて、前記回転軸上に固定された前記第3の界磁用磁石の両端に位置する前記第1及び第2の界磁用磁石が前記回転軸の軸方向と回転方向に変位できるように構成されていることを特徴とする回転電機。

【請求項7】

請求項6に記載の回転電機において、

前記回転子が低速で一方向又は他方向に回転する場合、前記第1乃至第3の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態が保持され、

40

前記回転子が高速で一方向に回転する場合、前記第1及び第3の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態で前記第2の界磁用磁石が前記第3の界磁用磁石に対して変位させられ、前記第1乃至第3の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態から前記第2及び第3の界磁用磁石の磁極中心がずらされ、

前記回転子が高速で他方向に回転する場合、前記第2及び第3の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態で前記第1の界磁用磁石が前記第3の界磁用磁石に対して変位させられ、前記第1乃至第3の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態から前記第1及び第3の界磁用磁石の磁極中心がずらされる

ことを特徴とする回転電機。

【請求項8】

50

請求項 6 に記載の回転電機において、

前記第 1 乃至第 3 の界磁用磁石の磁気作用力と前記回転子に発生するトルクの方向とに応じて前記第 1 及び第 2 の界磁用磁石を前記回転軸に対してその軸方向と回転方向に可動させる機構と、

前記第 1 及び第 2 の界磁用磁石の可動を抑制する機構とを有することを特徴とする回転電機。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の回転電機において、

前記可動機構は、

前記第 1 及び第 2 の界磁用磁石が前記回転軸に対して可動自在なように前記第 1 及び第 2 の界磁用磁石と前記回転軸とを結合するものであって、

前記第 1 及び第 2 の界磁用磁石に設けられたナット機構と、前記回転軸に設けられたボルト機構から構成されたネジ機構であることを特徴とする回転電機。

【請求項 10】

請求項 8 に記載の回転電機において、

前記可動抑制機構は、前記第 1 の界磁用磁石の前記第 2 の界磁用磁石側とは反対側及び前記第 2 の界磁用磁石の前記第 1 の界磁用磁石側とは反対側に設けられ、前記回転軸に沿って移動可能に構成されたものである

ことを特徴とする回転電機。

20

【請求項 11】

請求項 1 又は 6 に記載の回転電機において、

前記巻線は、前記第 1 の界磁用磁石の変位或いは前記第 2 の界磁用磁石の変位に応じて進角が補正された電流の供給を受ける

ことを特徴とする回転電機。

【請求項 12】

請求項 1 又は 6 に記載の回転電機において、

前記第 1 及び第 2 の界磁用磁石と前記回転軸との間には、前記第 1 及び第 2 の界磁用磁石の運動を案内する支持機構が設けられている

ことを特徴とする回転電機。

30

【請求項 13】

請求項 1 又は 6 に記載の回転電機において、

前記第 1 及び第 2 の界磁用磁石は、前記回転軸と磁気的及び電気的に絶縁するスリーブを介して前記回転軸上に設けられている

ことを特徴とする回転電機。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の回転電機において、

前記スリーブは、鉄より電気抵抗率が高い非磁性体である

ことを特徴とする回転電機。

【請求項 15】

請求項 5 又は 10 に記載の回転電機において、

前記第 1 の界磁用磁石の前記第 2 の界磁用磁石側及び前記第 2 の界磁用磁石の前記第 1 の界磁用磁石側にばねが設けられており、

該ばねは前記第 1 及び第 2 の界磁用磁石の運動を案内する

ことを特徴とする回転電機。

40

【請求項 16】

車輪を有する台車と、

該台車の動力源であって、前記車輪の車軸に動力を伝達する回転電機と、

外部から前記台車内に電力を取り入れる集電装置と、

前記回転電機の電力を制御する電力変換器とを有し、

50

前記回転電機は、

巻線を有する固定子と、

回転方向に順次異なった極性のものを並べて構成した第1及び第2の界磁用磁石が回転軸上に設けられたものであって、該第1及び第2の界磁用磁石が前記固定子の磁極に対向するように前記固定子に対して配置された回転子とを有するものであり、

前記第1及び第2の界磁用磁石の磁気作用力と前記回転子に発生するトルクの方向とに応じて、前記第1の界磁用磁石が第2の界磁用磁石に対して前記回転軸の軸方向と回転方向に変位できるように構成されたものであることを特徴とする搬送システム。

【請求項17】

10

請求項16に記載の搬送システムにおいて、

前記台車が低速度領域にある場合、前記第1及び第2の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態が保持され、

前記台車が高速度領域にある場合、前記第1の界磁用磁石が前記第2の界磁用磁石に対して変位させられ、前記第1及び第2の界磁用磁石の磁極中心がずれることを特徴とする搬送システム。

【請求項18】

20

車輪を有する台車と、

該台車の動力源であって、前記車輪の車軸に動力を伝達する回転電機と、

外部から前記台車内に電力を取り入れる集電装置と、

前記回転電機の電力を制御する電力変換器とを有し、

前記回転電機は、

巻線を有する固定子と、

回転方向に順次異なった極性のものを並べて構成した第1及び第2の界磁用磁石が回転軸上に設けられたものであって、該第1及び第2の界磁用磁石が前記固定子の磁極に対向するように前記固定子に対して配置された回転子とを有するものであり、

前記第1及び第2の界磁用磁石の磁気作用力と前記回転子に発生するトルクの方向とに応じて前記第1及び第2の界磁用磁石が前記回転軸の軸方向と回転方向に変位できるように構成されたものであることを特徴とする搬送システム。

【請求項19】

30

請求項18に記載の搬送システムにおいて、

前記台車が低速度領域にあって一方向又は他方向に進行している場合、前記第1及び第2の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態が保持され、

前記台車が高速度領域にあって一方向に進行している場合、前記第1の界磁用磁石が保持された状態で前記第2の界磁用磁石が前記第1の界磁用磁石に対して変位させられ、前記第1及び第2の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態から前記第1及び第2の界磁用磁石の磁極中心がずらされる、

前記台車が高速度領域にあって他方向に進行している場合、前記第2の界磁用磁石が保持された状態で前記第1の界磁用磁石が前記第2の界磁用磁石に対して変位させられ、前記第1及び第2の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態から前記第1及び第2の界磁用磁石の磁極中心がずらされることを特徴とする搬送システム。

【請求項20】

40

車輪を有する台車と、

該台車の動力源であって、前記車輪の車軸に動力を伝達する回転電機と、

外部から前記台車内に電力を取り入れる集電装置と、

前記回転電機の電力を制御する電力変換器とを有し、

前記回転電機は、

巻線を有する固定子と、

50

回転方向に順次異なった極性のものを並べて構成した第1乃至第3の界磁用磁石が回転軸上に設けられたものであって、該第1乃至第3の界磁用磁石が前記固定子の磁極に対向するように前記固定子に対して配置された回転子とを有するものであり、

前記第1乃至第3の界磁用磁石の磁気作用力と前記回転子に発生するトルクの方向とに応じて、前記回転軸上に固定された前記第3の界磁用磁石の両端に位置する前記第1及び第2の界磁用磁石が前記回転軸の軸方向と回転方向に変位できるように構成されたものである

ことを特徴とする搬送システム。

【請求項21】

請求項20に記載の搬送システムにおいて、

前記台車が低速度領域にあって一方向又は他方向に進行している場合、前記第1乃至第3の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態が保持され、

前記台車が高速度領域にあって一方向に進行している場合、前記第1及び第3の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態で前記第2の界磁用磁石が前記第3の界磁用磁石に対して変位させられ、前記第1乃至第3の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態から前記第2及び第3の界磁用磁石の磁極中心がずらされ、

前記台車が高速度領域にあって他方向に進行している場合、前記第2及び第3の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態で前記第1の界磁用磁石が前記第3の界磁用磁石に対して変位させられ、前記第1乃至第3の界磁用磁石の磁極中心を並べた状態から前記第1及び第3の界磁用磁石の磁極中心がずらされる

ことを特徴とする搬送システム。

【請求項22】

請求項16乃至21のいずれかに記載の搬送システムを用いたことを特徴とする鉄道車両システム。

【請求項23】

車輪を駆動する動力源として電気車に搭載され、電力変換装置によってその駆動が制御されるものであって、

巻線を有する固定子と、

回転方向に順次異なった極性のものを並べて構成した第1及び第2の界磁用磁石が回転軸上に設けられたものであって、該第1及び第2の界磁用磁石が前記固定子の磁極に対向するように前記固定子に対して配置された回転子とを有し、

前記第1及び第2の界磁用磁石の磁気作用力と前記回転子に発生するトルクの方向とに応じて前記第1及び第2の界磁用磁石が前記回転軸の軸方向と回転方向に変位できるように構成されている

ことを特徴とする回転電機。

【請求項24】

車輪を駆動する動力源として電気車に搭載され、電力変換装置によってその駆動が制御されるものであって、

巻線を有する固定子と、

回転方向に順次異なった極性のものを並べて構成した第1乃至第3の界磁用磁石が回転軸上に設けられたものであって、該第1乃至第3の界磁用磁石が前記固定子の磁極に対向するように前記固定子に対して配置された回転子とを有し、

前記第1乃至第3の界磁用磁石の磁気作用力と前記回転子に発生するトルクの方向とに応じて、前記回転軸上に固定された前記第3の界磁用磁石の両端に位置する前記第1及び第2の界磁用磁石が前記回転軸の軸方向と回転方向に変位できるように構成されている

ことを特徴とする回転電機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は永久磁石を界磁に用いた回転電機に係り、特に搬送システムの駆動、回生を行う

10

20

30

40

50

回転電機およびその制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来技術による永久磁石回転電機において、誘導起電力 E は回転子に配置されている永久磁石が発生する一定磁束 と回転電機の回転角速度 によって決定される。つまり、回転電機の回転角速度 (回転数) が上昇すると、回転電機の誘導起電力は比例して上昇する。

【0003】

よって、低速領域で高トルクが得られるが、回転数の可变速範囲が狭いために高速領域の運転は困難であったが、弱め界磁制御技術により高速運転領域を広げる。

10

【0004】

また、特開2000-155262では永久磁石が発生する磁束の弱め界磁方法として、ばねとガバナを用いて遠心力を利用した機構を用いる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

従来技術で述べた弱め界磁制御技術により高速運転領域を広げることは、弱め界磁電流による発熱や効率低下などにより限界がある。

【0006】

また、特開2000-155262による方法では、ばねとガバナの構造が複雑である。

【0007】

本発明は、簡単な構造で永久磁石が発生する磁束の弱め界磁が可能な回転電機を提供し、更に、搬送システムの発進等の低回転領域における高トルク特性と、高回転領域において高出力特性が得られる永久磁石形回転電機を備えた搬送システムを提供することを目的とする。

20

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、回転電機において、巻線を有する固定子と、回転方向に順次異なった極性のものを並べて構成した第1及び第2の界磁用磁石が回転軸上に設けられたものであって、この第1及び第2の界磁用磁石が固定子の磁極に対向するように固定子に対して配置された回転子とを有し、第1及び第2の界磁用磁石の磁気作用力と回転子に発生するトルクの方向とに応じて第1及び第2の界磁用磁石が回転軸の軸方向と回転方向に変位できるように構成されていることを特徴とする。また、本発明は、回転電機において、巻線を有する固定子と、回転方向に順次異なった極性のものを並べて構成した第1乃至第3の界磁用磁石が回転軸上に設けられたものであって、この第1乃至第3の界磁用磁石が固定子の磁極に対向するように固定子に対して配置された回転子とを有し、第1乃至第3の界磁用磁石の磁気作用力と回転子に発生するトルクの方向とに応じて、回転軸上に固定された第3の界磁用磁石の両端に位置する第1及び第2の界磁用磁石が回転軸の軸方向と回転方向に変位できるように構成されていることを特徴とする。

30

【0010】

本発明は、搬送システムにおいて、車輪を有する台車と、この台車の動力源であって、車輪の車軸に動力を伝達する回転電機と、外部から前記台車内に電力を取り入れる集電装置と、回転電機の電力を制御する電力変換器とを有し、回転電機は、巻線を有する固定子と、回転方向に順次異なった極性のものを並べて構成した第1及び第2の界磁用磁石が回転軸上に設けられたものであって、この第1及び第2の界磁用磁石が固定子の磁極に対向するように固定子に対して配置された回転子とを有するものであり、第1及び第2の界磁用磁石の磁気作用力と回転子に発生するトルクの方向とに応じて、第1の界磁用磁石が第2の界磁用磁石に対して回転軸の軸方向と回転方向に変位できるように構成されたものであることを特徴とする。また、本発明は、搬送システムにおいて、車輪を有する台車と、この台車の動力源であって、車輪の車軸に動力を伝達する回転電機と、外部から前記台車内に電力を取り入れる集電装置と、回転電機の電力を制御する電力変換器とを有

40

50

し、回転電機は、巻線を有する固定子と、回転方向に順次異なった極性のものを並べて構成した第1及び第2の界磁用磁石が回転軸上に設けられたものであって、この第1及び第2の界磁用磁石が固定子の磁極に対向するように固定子に対して配置された回転子とを有するものであり、第1及び第2の界磁用磁石の磁気作用力と前記回転子に発生するトルクの方向とに応じて第1及び第2の界磁用磁石が回転軸の軸方向と回転方向に変位できるよう構成されたものであることを特徴とする。さらに、本発明は、搬送システムにおいて、車輪を有する台車と、この台車の動力源であって、車輪の車軸に動力を伝達する回転電機と、外部から前記台車内に電力を取り入れる集電装置と、回転電機の電力を制御する電力変換器とを有し、回転電機は、巻線を有する固定子と、回転方向に順次異なった極性のものを並べて構成した第1乃至第3の界磁用磁石が回転軸上に設けられたものであって、この第1乃至第3の界磁用磁石が前記固定子の磁極に対向するように前記固定子に対して配置された回転子とを有するものであり、第1乃至第3の界磁用磁石の磁気作用力と回転子に発生するトルクの方向とに応じて、回転軸上に固定された第3の界磁用磁石の両端に位置する第1及び第2の界磁用磁石が回転軸の軸方向と回転方向に変位できるよう構成されたものであることを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施形態について説明する。

【0012】

図1は本実施例の永久磁石形同期回転電機の配置レイアウトを示したものである。

10

【0013】

回転電機を動力源として用いる搬送システムには様々であるが、その一例として、鉄道車両システムの実施例を示したのが図1である。

【0014】

図1において、回転電機2と直接又は間接に取り付けられた車輪83を備えて、前記回転電機の電力を制御する電力変換器4と、電気車1と集電装置85を有する鉄道車両システムである。

【0015】

ここに、前記電気車とは電気を動力として使用する鉄道車両である。また、鉄道車両システムも含めた広い意味の搬送システムにおいては台車に相当する意味を持つ。

20

【0016】

また、集電装置は車外から電気車（もしくは台車）内に電力を取り入れる装置であり、架空線86式ではパンターグラフ、第三軌条式では集電器であり、工場内の搬送システムには非接触集電装置もある。

【0017】

図1の下に示す回転電機2は継手81と歯車装置82を介して車軸84に動力を伝達する構造を示す。前記回転電機2の左右には図2に示すストッパー24を必要に応じてシャフトと平行に可変可能な機構25R, 25Lを持つ。

30

【0018】

図2は図1の回転電機の回転子同磁極中心がずれた場合の概略を示す。固定子鉄心10には電機子巻線11がスロット内に巻装されており、内部に冷媒が流れる冷却路12をもつたハウジング13に結合されている。

40

【0019】

永久磁石埋め込み型回転子20はシャフト22に固定した第1回転子20Aとシャフト22と分離した第2回転子20Bからなる。勿論、永久磁石埋め込み型回転子のみならず、表面磁石型回転子でも良い。

【0020】

第1回転子20Aには、永久磁石21Aが回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる。同じく、第2回転子20Bには、永久磁石21Bが回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる。第1の界磁用磁石と第2回転子の2つの回転子を同一軸上に配置した界

50

磁用磁石は固定子磁極に対向している。

【0021】

第2回転子20Bの内径側はナット部23Bとなり、それに当たるシャフトにはボルトのネジ部23Aとなり、お互いにネジの機能を持たせると、第2回転子20Bはシャフトに対して回転しながら軸方向に移動可能である。

【0022】

また、第2回転子20Bが固定子の中心から所定の変位以上はみ出さないように前記第2回転子20Bの側面から離れたところにはストッパー24を設ける。さらに、サーボ機構であるストッパー駆動用アクチュエータ25を設けて、前記ストッパー24をシャフトと平行に左右に移動可能にすれば、第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との磁極中心がずれる値をえることが出来る。結果的には、電機子巻線11がスロット内に巻装されている固定子に対して、第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石からなる全体の有効磁束量を制御可能である。10

【0023】

上記の構造にすることで、トルクの方向に応じて永久磁石の有効磁束量を変化することについて述べる。

【0024】

基本的に固定子には電機子巻線と回転子には永久磁石を用いる回転電機において、電動機として働く時と、回生（もしくは発電機）として働く時の回転子の回転方向が同じであれば、電動機として働く時と、回生（もしくは発電機）として働く時の回転子が受けるトルクの方向は反対になる。20

【0025】

また、同じ電動機として働く時、回転子の回転方向が反対になれば、トルク方向も反対になる。同じく、同じ回生（もしくは発電機）として働く時、回転子の回転方向が反対になれば、トルク方向も反対になる。

【0026】

上記に説明した回転方向とトルク方向による基本理論を本発明の実施形態に係る回転電機に適用すると以下の通りである。

【0027】

鉄道車両システムの車両1が発進し、もしくは搬送システムの台車が発進時等のように低回転領域においては、図3に示すように、第1回転子20Aと第2回転子20Bの同磁極の中心が揃うようにし、固定子磁極と対向する永久磁石による有効磁束量を最大にして、高トルク特性が得られる。30

【0028】

次に高回転領域において高出力特性として働く時は、シャフト22に対して第2回転子20Bはボルトのネジ部からナット部が外れるように第1回転子20Aと第2回転子20Bの間の間隔が広がりながら同磁極の中心がずれて、固定子磁極と対向する永久磁石による有効磁束量を少なくすることになり、言い換えると弱め界磁効果があり、高回転領域において高出力発電特性が得られる。

【0029】

第1回転子20Aと第2回転子20Bの間の間隔が広がりながら同磁極の中心がずれて、固定子磁極と対向する永久磁石による有効磁束量が少ない状態の概略を図4に示す。40

【0030】

図3と図4の左下にはボルトの頭部61、ボルトのネジ部60とナット部62に関係した図を示すが、ボルトの頭部61は第1回転子20A、ナット部62は第2回転子20Bに相当するものである。ボルトのネジ部60（図2内の23Aに相当する）が同じ方向に回転するとすれば、ナット部62にかかるトルクの方向によって該ナット部62は締まり外れたりするように、第2回転子20Bも回転子のトルク方向によって同じ動きをする。

【0031】

10

20

30

40

50

本発明の回転電機による誘導起電力の作用について説明する。

【0032】

図5に永久磁石形同期回転電機の回転角速度に対する有効磁束、誘導起電力、端子電圧の特性を示す。

【0033】

永久磁石形同期回転電機の誘導起電力Eは永久磁石が発生する磁束と回転電機の回転角速度によって決定される。つまり図5(a)に示す様に、回転子に配置されている永久磁石が発生する磁束1が一定ならば、回転角速度(回転数)が上昇すると、回転電機の誘導起電力E1は比例して上昇する。しかし、前記電力変換器4の電源端子電圧や容量の制限があり、回転電機が発生する誘導起電力もある条件値以下に抑えなければならない。その為永久磁石形同期回転電機では、ある回転数以上の領域では永久磁石が発生する磁束を減らす為のいわゆる弱め界磁制御を行わなくてはならない。10

【0034】

誘導起電力が回転角速度に比例して上昇する為、弱め界磁制御の電流も大きくしなければならない故に、1次導体であるコイルに大電流を流す必要があり、おのずとコイルの発生する熱が増大する。そのため、高回転領域における回転電機としての効率の低下、冷却能力を超えた発熱による永久磁石の減磁等が起こりうる可能性がある。

【0035】

例えば、図5(a)に示す様に、永久磁石が発生する磁束1がある回転角速度1(回転数)のポイントで磁束2に変わると、回転電機の誘導起電力E1から誘導起電力E2特性に変化することで誘導起電力の最大値を制限することが可能である。20

【0036】

図5(b)は同様に回転角速度(回転数)に応じてより細かく磁束が変われば、誘導起電力Eも一定に保つことが可能であることの概略を示す。

【0037】

更に、図5(b)に示した特性を得る手段の実施例の一つとして、前記第1の界磁用磁石はシャフトに固定し、前記第2の界磁用磁石はシャフトと可動自在に結合すると共に、シャフトにはボルトのネジ部と第2の界磁用磁石の内周側はナット部になりお互いにネジの機能を持たせて接続し、第2の界磁用磁石の側面から離れたところにはストッパーを設け、ストッパーを回転速度に応じてシャフトと平行に可変可能なサーボ機構を持たせた回転電機を用いることで可能である。30

【0038】

図6は図1の回転電機の制御ブロック図を示したものである。

【0039】

まず、ターピンコントローラ及び単独に設置しているセンサからの情報(圧縮機圧力、ガス温度、運転モード、燃料ガススロットル開度etc)、および永久磁石形同期回転電機2の回転数を基に、運転判断部101が永久磁石形同期回転電機2の運転動作を判断して電流指令値を出力する。運転判断部101から出力された電流指令値は、現在の永久磁石形同期回転電機2の電流値との差分に対して非干渉制御等を行っている電流制御ブロック102に入力する。40

【0040】

電流制御ブロック102からの出力は回転座標変換部103で3相の交流に変換され、PWMインバータ主回路104を介して永久磁石形同期回転電機2を制御する。また、永久磁石形同期回転電機2の各相の電流(少なくとも2相の電流)および回転数(ターピン回転数でもよい。また変速機がある場合にはターピン回転数の倍した値を用いても良い。)を検出し、各相の電流は2軸変換ブロック105で、2軸電流に変換し、電流指令値にフィードバックしている。また、回転数、磁極位置らは検出器106で検出され、磁極位置変換部107と速度変換部108を通じて各制御ブロックにフィードバックされる。

【0041】

尚、図6における実施例では、回転電機2の位置・速度センサ、ならびに回転電機の電流50

センサがある場合のものを示したが、これらの一部のセンサを排除し、センサレスにより回転電機2を駆動するタイプの制御構成のものでも、同様に実施可能である。

【0042】

また、本発明の永久磁石形同期回転電機は、運転状況に応じて第1回転子と第2回転子の両磁極中心を揃えたり、ずらせたりすることになるので、前記第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁極位置のずれに応じて前記電力変換器を制御するコントローラによる電流供給の進角を補正する機能を持つ。

【0043】

電流供給の進角を補正する実施例について述べる。

【0044】

前記第1の界磁用磁石はシャフトに固定し、前記第2の界磁用磁石はシャフトと可動自在に結合すると共に、シャフトにはボルトのネジ部と第2の界磁用磁石の内周側にはナット部になりお互いにネジの機能を持たせると、第2の界磁用磁石は回転しながら軸方向に移動する。

【0045】

運転状況に応じて第1回転子と第2回転子の磁極中心が一致したり、ずれたりする場合の回転角と軸方向変位量の関係を図13に示す。

【0046】

図13において、第2回転子の回転角 θ と軸方向変位量 L は比例関係であり、変位測定器64を用いて軸方向変位量 L を測定し、電力変換器のコントローラにフィードバックされ第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁極位置のずれ角に換算した値として、電流供給の進角を補正する最適制御に用いる。

【0047】

図7は本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【0048】

前記第1回転子20Aはシャフト22に固定し、前記第2回転子20Bはシャフト22と可動自在に結合すると共に、シャフトの一部にはボルトのネジ部23Aと第2の界磁用磁石の内周側にスリープ41を固定し、かつスリープ41の内側にナット部23Bを固定したものを一体化すれば、シャフト22に対して第2回転子20Bはボルトのネジ部からナット部が外れる方向に第1回転子20Aと第2回転子20Bの間の間隔が広がりながら回転する。

【0049】

第2の界磁用磁石の内周側とシャフト22間にはわずかな遊びがあるので、回転と共に第2の界磁用磁石の内周側とシャフト22間に鎖交磁束変化が生じると、電食等の障害があるが、前記スリープ41は鉄より電気抵抗率が高い非磁性体を用いることで、第2の界磁用磁石の内周側とシャフト22間には磁気的にも、電気的にも絶縁を行う効果がある。

【0050】

前記第2の界磁用磁石と前記シャフト間には回転運動と往復運動及び複合運動を案内出来るようにスリープ41の内側に支持機構40A, 40Bを備えた。

【0051】

第2回転子20Bはシャフトの一部にボルトのネジ部23Aを設け、これとお互いにネジの機能を持たせて、第2の界磁用磁石の側面から離れたところには移動可能なストッパー24を設ける。ストッパー24とシャフト間、ストッパーと第2回転子20Bの側面間には回転運動と往復運動及び複合運動を案内出来るように支持機構42, 47を設ける。支持機構42はスラスト軸受の機能を持ち、支持機構47はラジアル軸受でありながら回転運動と往復運動及び複合運動を案内する機能を持つ。

【0052】

さらに、ばね48を設けることで、支持機構42はスラスト軸受としてその機能が向上する効果がある。

【0053】

10

20

30

40

50

ストッパー 24 はシャフトと平行に移動可能なサーボ機構の一例として電磁クラッチについて述べる。

【0054】

電磁クラッチの構成は、ヨーク 44 にコイル 46 が巻かれて、ストッパー 24 は可動鉄心の機能を兼用することで良い。ヨーク 44 とコイル 46 は回転電機のフレーム 49、若しくは車体の一部に（図に示せず）固定し、ヨーク 44 とストッパー 24 の間にばね 45 を備えて励磁遮断時の復帰装置の機能を持つ。回転電機のフレーム 49 とシャフト 22 の間には軸受 50 で支える。

【0055】

図 7 はコイル 46 に無励磁状態の概略であり、図 8 はコイル 46 に励磁状態の概略を示す。

10

【0056】

コイル 46 を励磁することでヨーク 44 は強力な電磁石となり、可動鉄心の機能を兼用するストッパー 24 を吸引する。

【0057】

ここに示した電磁クラッチはストッパー 24 をシャフトと平行に可変可能なサーボ機構の一例であり、油圧アクチュエータ、回転機とボールネジなどによる直線駆動装置、リニアモータなどを用いることで、より細かなストッパーの位置決めが可能である。

【0058】

図 9 は第 2 回転子 20B の内側に固定されるスリーブ 41 の一例を示す。

20

【0059】

それらの固定方法の一つとして、第 2 回転子 20B とスリーブ 41 からなる 2 つの部品の接する面のお互いに凸凹を設けて固定した。また、シャフト 22 に固定した第 1 回転子 20A とシャフト 22 と分離した第 2 回転子 20B の内側違いの概略を示す。

【0060】

図 10 は本発明の他の実施例を示す。

【0061】

前記第 1 の界磁用磁石と前記第 2 の界磁用磁石が接する前記第 1 の界磁用磁石側面に凹部 53 を設け、前記第 2 の界磁用磁石には前記スリーブの機能を兼ねた突起部 54 を設けた構造である。突起部 54 はスリーブ 41 と一体ものでも良いし、第 2 回転子 20B と一体ものでも良い。よって、スリーブ 41 の十分なスペースが確保出来、ばね 48、支持機構 40A、40B、ナット部 23B らを有効に配置することで、第 2 回転子 20B の軸長積厚が薄い回転電機に有効な手法の一つである。

30

【0062】

図 11 は本発明の他の実施例を示す。

【0063】

図 11 に示す基本構成要素は図 7 と同じであるが、電磁クラッチに相当する一部を変更した一例である。図 11 はコイル 46 が励磁状態であり、励磁遮断時はばね 45 によりヨーク 44 とストッパー 24 は切り離れる。また、第 2 回転子

20B にトルクが加わるボルトのネジ部 23A とナット部 23B の相互作用によるネジの機能により推力が得られる特性を持つ。よって、ネジとトルクの相互関係でストッパー 24 を押し出す推力が加われば、コイル 46 の励磁を遮断するとストッパー 24 はヨーク 44 と切り離れる。ヨーク 44 はアーム 52 を介してフレーム 49、若しくは台車本体の一部に（図に示せず）固定される。

40

【0064】

図 11 に示す電磁クラッチは、図 7、図 8 の説明と同じくストッパー 24 をシャフトと平行に可変可能なサーボ機構の一例であり、油圧アクチュエータ、回転機とボールネジなどによる直線駆動装置、リニアモータなどを用いることで、より細かなストッパー 24 の位置決めが可能である。

【0065】

50

勿論、各図に示した各々の構成要素は様々な方法で組合せることが可能であり、用途に合わせて加えたり、取り外すことは言うまでもない。

【0066】

図12は本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【0067】

本発明の回転電機の特徴として、第1回転子20Aはシャフト22に対してしっかり固定されているのに対して、第2回転子20Bはシャフト22に対して自由度を持つことになる。従って、第2回転子20Bとシャフト22間にはわずかな機械的な寸法の遊びがあり、大きなトルクや遠心力などが加わると偏心することもあり得る。よって、第1の界磁用磁石を有する第1回転子20Aと前記固定子間のエアギャップGap1より第2の界磁用磁石を有する第2回転子20Bと前記固定子間のエアギャップGap2の方が大きくしたことで、偏心による第2回転子20Bと前記固定子との機械的な接続を省く効果がある。10

【0068】

図15は本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【0069】

本発明の回転電機の特徴として、第2回転子20Bの外周側の長さより内周側の長さを短くし、第2回転子20B内側にストッパー24とサーボ機構（ストッパー駆動用アクチュエータ）25を備えた構造である。よって、ストッパー24とサーボ機構25による回転子全体の軸方向長さを押さえる効果がある。20

【0070】

以上の本発明の説明では、4極機を対象に述べたが、2極機、又は、6極機以上に適用出来る事は言うまでもない。一例として、図14には本発明を8極機に適用した場合の永久磁石形同期回転電機の回転子概略図を示す。また、回転子においては埋め込み磁石形でも、表面磁石形でも適用出来る事は言うまでもない。

【0071】

図16に本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【0072】

図16は、一次巻線を有する固定子と界磁用磁石とシャフトとを有する回転子からなる回転電機において、前記界磁用磁石は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石と回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石を有し、両方の界磁用磁石は軸方向と回転方向に変位する機構を有することを特徴とする回転電機を示す。30

【0073】

図11に示す前記回転電機は、一方の界磁用磁石が他方の界磁用磁石に対して変位する機構は、一方の界磁用磁石はシャフトに固定し、他方の界磁用磁石はシャフトとは可動自在にする構造であったが、図16に示す前記回転電機は両方の界磁用磁石は軸方向と回転方向に変位する機構を有することが大きな違いである。

【0074】

図16において、両方の界磁用磁石の間には中央ストッパー64をシャフト22の備え、両方の界磁用磁石の左右変位を抑える機能を持つ。これらの動きを図3と図4に示すようにボルトとナットに対応した例を図18に示す。40

【0075】

図18において、図18の(1)に示すように左右両方のナットが中央ストッパー64を挟んで同磁極で揃っているが、左右両方のナットに同じ方向のトルクが加わると片方のナットは外側に外れて行く。

【0076】

よって、行きと帰りの回転方向が反対になる回転電機を用いる鉄道車両システムにおいて、電気車の発進等の低回転領域における高トルク特性が要求される場合は、図18の(1)に示すように左右両方の界磁用磁石を強制的に揃え、高回転領域において高出力特性が要求される場合は、図18の(2)(3)に示すように左右両方のストッパー24を必要50

に応じて可変可能にすれば、両方の界磁用磁石による合成磁界が変化することになり、弱め界磁効果が得られる。

【0077】

図17に本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【0078】

図17は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石と回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石を有し、両方の界磁用磁石は軸方向と回転方向に変位する機構を有し、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石との間に回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第3の界磁用磁石を有することを特徴とする回転電機を示す。基本的な構造は図16に示す構造にして、更に回転子中央部に第3の界磁用磁石20Cをシャフト22に固定した例である。図16において、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石との軸方向幅は同じくする。10

【0079】

図16と図18とは同じく、図17の回転子部をボルトとナットに対応した例を図19に示し、基本的な動作原理は図18と同様である。

【0080】

図16から図19において、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石とは軸方向と回転方向に変位する機構は、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石はシャフトとは可動自在にすると共に、シャフトには同一方向のボルトのネジ部を有する。前記シャフトの前記ネジ部に対して、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石の内周側にはナット部になりお互いにネジの機能を持たせたことを特徴とする回転電機である。20

【0081】

図20と図21に本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【0082】

図20と図21は、本発明の回転電機の回転方向が同じである場合、車軸（出力軸）の回転方向を切り替える機構の一例であり、出力軸の回転方向を切り替える機構としては、回転を反転させるギア93とクラッチ90を有する。このような機構を用いることで、鉄道車両のように行きと帰りの車軸84の回転方向が反対になる場合、本発明の回転電機の回転方向を同じにした一例である。

【0083】

また、図21は車軸84の回転方向が同じの場合、本発明の回転電機の回転方向を反対にすれば、回転子に備えた両方の界磁用磁石の合成磁界を変化することができる。30

【0084】

【発明の効果】

本発明の永久磁石形同期回転電機は第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石の磁極中心を変化させるという構成により、固定子磁極と対向する永久磁石による有効磁束量を可変出来るという効果があり、広範囲可变速搬送システムの回転電機に適している。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態をなす回転電機と鉄道車両とのレイアウト図を示す。

【図2】図1の回転電機の全体概略を示す。40

【図3】図1の回転電機の回転子同磁極中心が揃った場合概略を示す。

【図4】図1の回転電機の回転子同磁極中心がずれた場合概略を示す。

【図5】図1の回転電機の回転角速度に対する諸特性を示す。

【図6】図1の回転電機の制御ブロック図を示す。

【図7】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す（アクチュエータOFF状態）。

【図8】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す（アクチュエータON状態）。

【図9】本発明の他の実施形態をなす回転電機の回転子の内側を示す。

【図10】本発明の他の実施形態をなす回転電機の回転子の内側を示す。

【図11】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す（アクチュエータON状態）。

【図12】本発明の他の実施形態をなす回転電機の回転子概略図を示す（Gapの差を付50

ける）。

【図13】本発明の他の実施形態をなす回転電機の軸方向変位測定の概略図を示す。

【図14】本発明の他の実施形態をなす回転電機の回転子概略図を示す（8極機に適用した場合）。

【図15】本発明の他の実施形態をなす回転電機の回転子概略図を示す（ストップバーを第2回転子の内側に備える）。

【図16】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す（両方の界磁用磁石は軸方向と回転方向に変位する機構を有する構造）。

【図17】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す（第1と第2と第3の界磁用磁石を有する構造）。

【図18】図16の回転電機の補足説明を示す。

【図19】図17の回転電機の補足説明を示す。本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

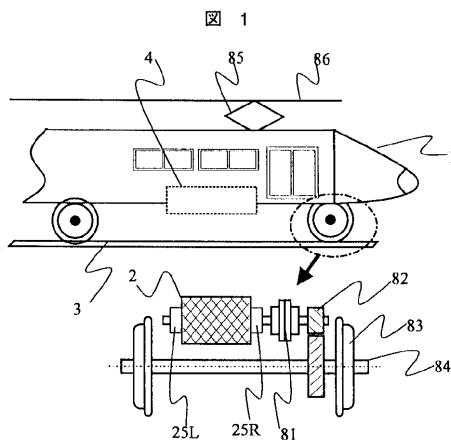
【図20】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【図21】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

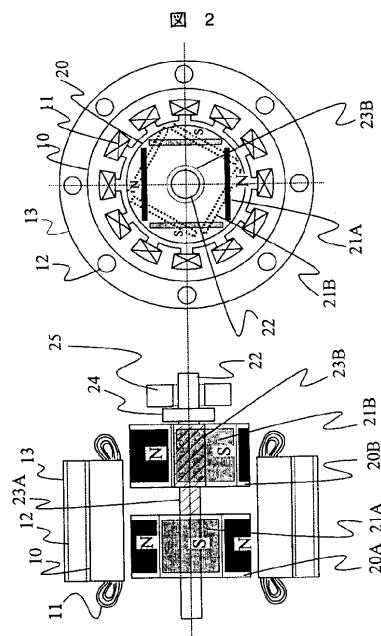
【符号の説明】

2...回転電機、4...電力変換器、10...固定子鉄心、11...電機子巻線、13...ハウジング、20...回転子、20A...第1回転子、20B...第2回転子、21...永久磁石、21A...第1回転子永久磁石、21B...第2回転子永久磁石、22...シャフト、23...ネジ、24...ストップバー、25...ストップバー駆動用アクチュエータ、101...運転判断部、102...電流制御、103...回転座標変換部、104...PWMインバータ主回路、105...2軸変換部。
10
20
20
20

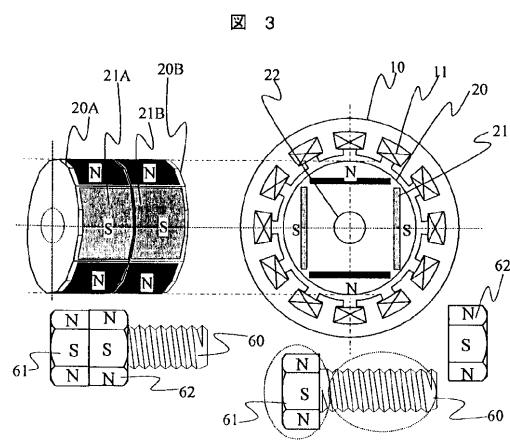
【図1】



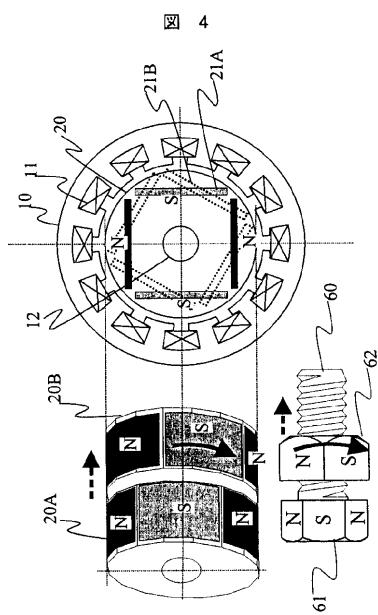
【図2】



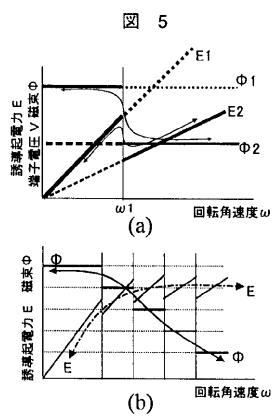
【図3】



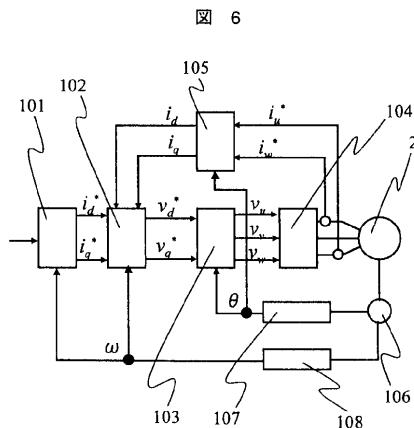
【図4】



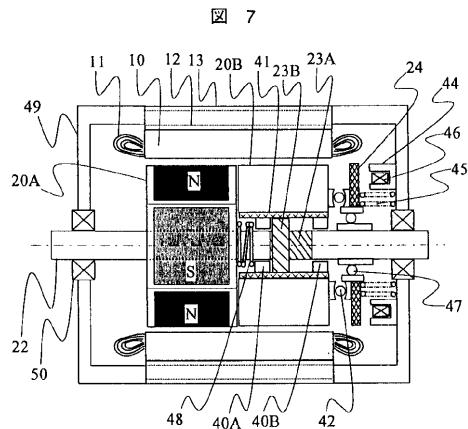
【図5】



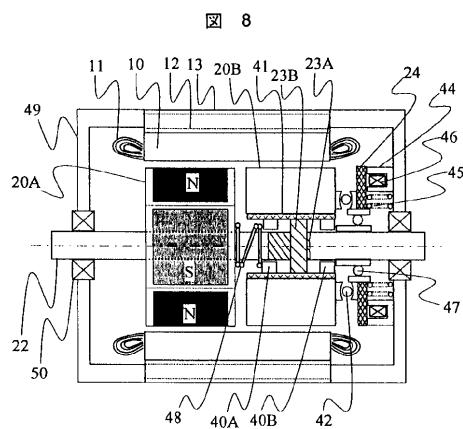
【図6】



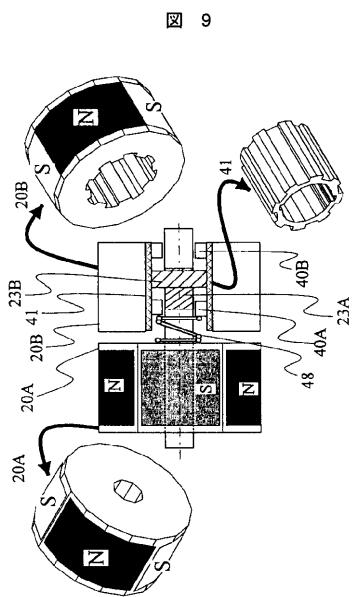
【図7】



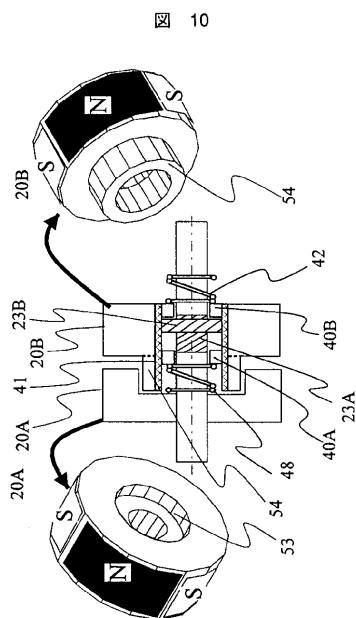
【図8】



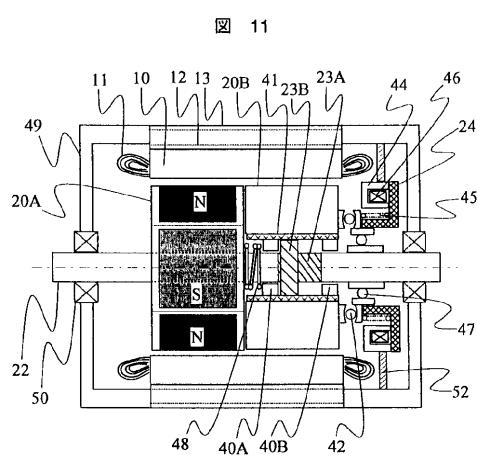
【図9】



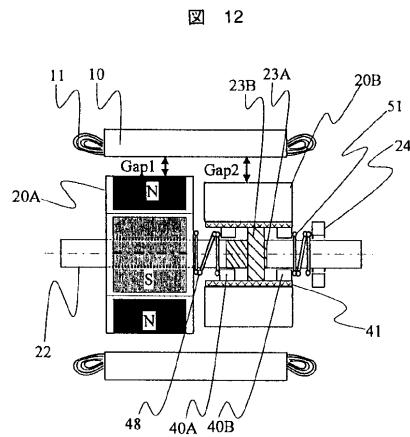
【図10】



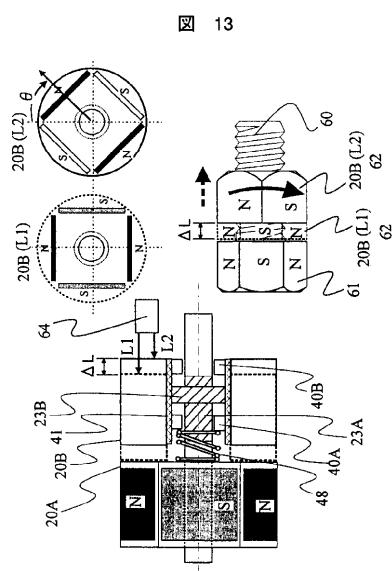
【図11】



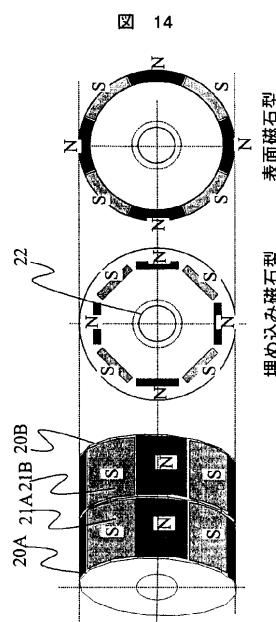
【図12】



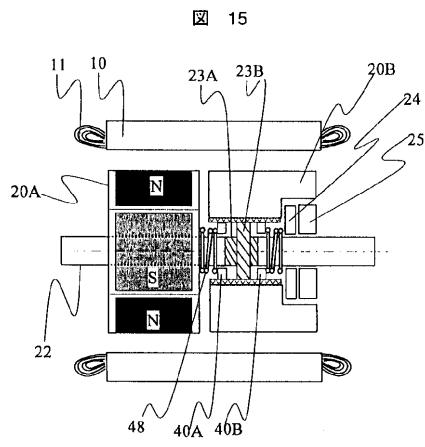
【図13】



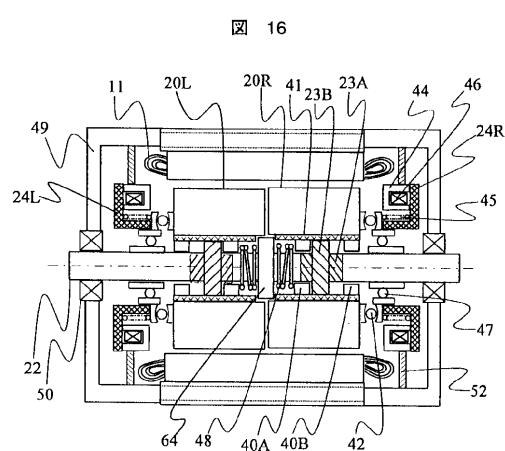
【図14】



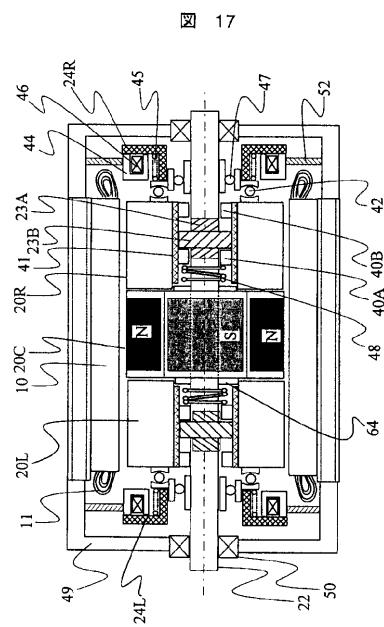
【図15】



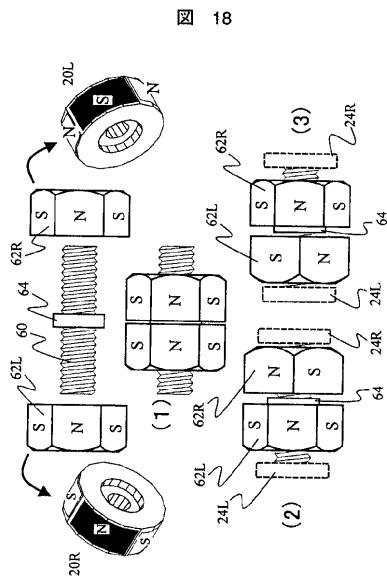
【図16】



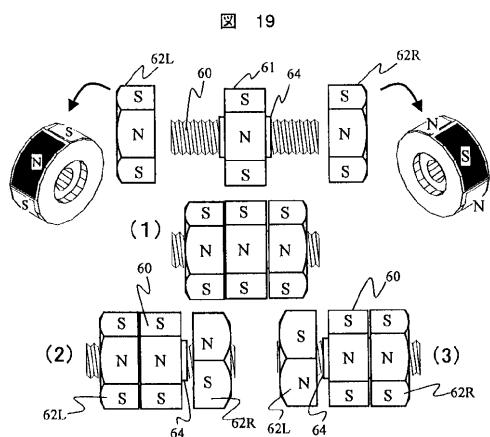
【図17】



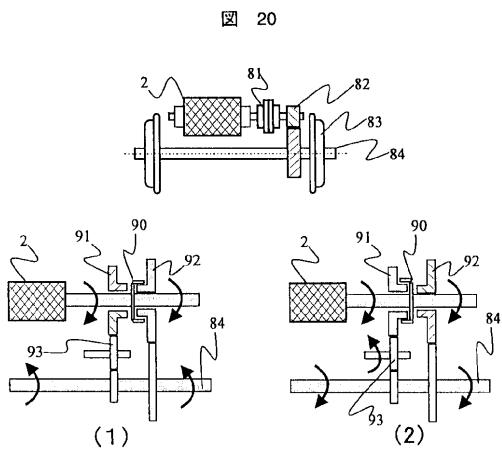
【図18】



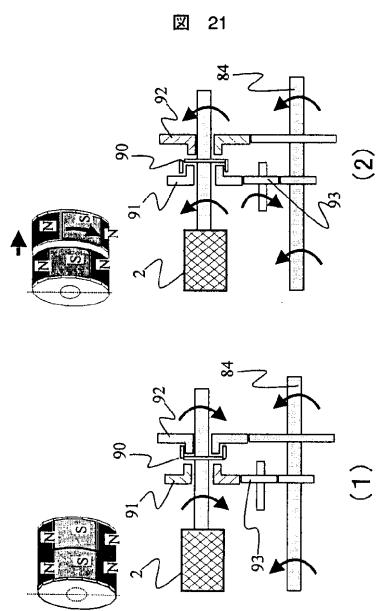
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-201461(JP,A)
特公昭48-028602(JP,B1)
実開昭60-034767(JP,U)
特開昭55-153300(JP,A)
特開平04-285445(JP,A)
特開2000-197290(JP,A)
特開平07-236259(JP,A)
特開平10-155262(JP,A)
特開平11-046471(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/27,
H02K 1/22,
H02K 1/28,
H02K 16/02,
H02K 21/14