

(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2010-178442

(P2010-178442A)

(43) 公開日 平成22年8月12日(2010.8.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H02K 21/22 (2006.01)</b>	H02K 21/22 M	5H019
<b>H02K 29/00 (2006.01)</b>	H02K 29/00 Z	5H607
<b>H02K 1/27 (2006.01)</b>	H02K 1/27 5O2G	5H621
<b>H02K 7/10 (2006.01)</b>	H02K 7/10 D	5H622

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2009-16060 (P2009-16060)  
 (22) 出願日 平成21年1月28日 (2009. 1. 28)

(71) 出願人 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 110000350  
 ポレール特許業務法人  
 (72) 発明者 田島 文男  
 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 北村 英樹  
 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 北村 正司  
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 外転型永久磁石回転電機およびそれを用いたエレベータ装置

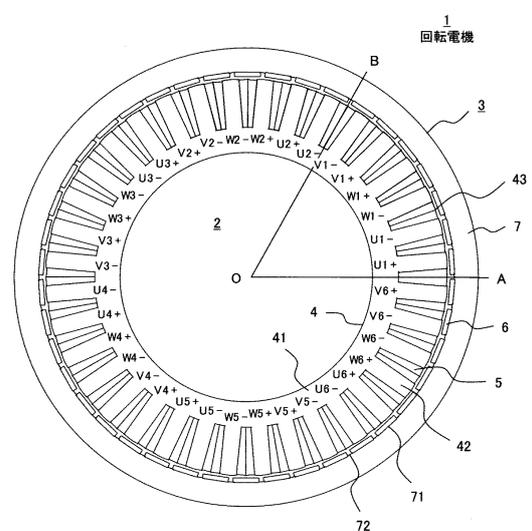
(57) 【要約】

【課題】本発明は、トルク脈動の少ない、低騒音、小形軽量、高効率、低価格の外転型永久磁石回転電機及びそれを備えたエレベータ装置を提供する。

【解決手段】リング状のヨーク部と、その径方向外周に突極を有した固定子鉄心と、前記固定子鉄心が形成するオープンスロット部に配置され、前記突極に集中的に巻回する固定子巻線とからなる固定子と、その外周に配置したリング状の回転子鉄心と、回転子鉄心の内周面に矩形状の永久磁石を前記固定子と適当な空隙を介して直接配置した永久磁石回転子とを有し、永久磁石の極数をP、固定子の突極数をSとし、さらにPとSの最大公約数M、最小公倍数Nとしたとき、最大公約数Nを3以上とし、かつ最小公倍数Nと最大公約数Mの比N/Sを1.3以上とした。

【選択図】 図1

図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

リング状のヨーク部と、その径方向外周に突極を有した固定子鉄心と、前記固定子鉄心が形成するオープンスロット部に配置され、前記突極に集中的に巻回する固定子巻線とからなる固定子と、その外周に配置したリング状の回転子鉄心と、回転子鉄心の内周面に6面が矩形状で直方体の永久磁石を前記固定子と適当な空隙を介して配置した永久磁石回転子とを有し、永久磁石の極数を  $P$ 、固定子の突極数を  $S$  とし、さらに  $P$  と  $S$  の最大公約数を  $M$ 、最小公倍数を  $N$  としたとき、最大公約数  $M$  を 3 以上とし、かつ最小公倍数  $N$  と最大公約数  $M$  の比  $N/M$  を 1.3 以上としたことを特徴とする外転型永久磁石回転電機。

## 【請求項 2】

請求項 1 において、永久磁石の極数  $P$  を固定子の突極数  $S$  より多くしたことを特徴とする外転型永久磁石回転電機。

## 【請求項 3】

請求項 1 において、固定子突極の表面磁極幅を固定子突極ピッチの 44% ~ 54% にしたことを特徴とする外転型永久磁石回転電機。

## 【請求項 4】

請求項 1 において、永久磁石の極弧度を永久磁石ピッチの 0.7 または 0.87 としたことを特徴とする外転型永久磁石回転電機。

## 【請求項 5】

請求項 1 において、永久磁石と固定子鉄心の間に積層鋼板を備えたことを特徴とする外転型永久磁石回転電機。

## 【請求項 6】

請求項 1 において、永久磁石取付け面である回転子内周面を、永久磁石取付け面毎に、周方向および軸方向に平直面とし、軸方向に複数の永久磁石を並べ周方向にずらして配置したことを特徴とする外転型永久磁石回転電機。

## 【請求項 7】

請求項 6 において、周方向へのずらす永久磁石の個数を 3 としたことを特徴とする外転型永久磁石回転電機。

## 【請求項 8】

請求項 1 において、永久磁石取付け面である回転子内周面を、永久磁石取付け面毎に、周方向および軸方向に平直面とし、この平直面内で、軸方向に対して永久磁石を傾けて配置したことを特徴とする外転型永久磁石回転電機。

## 【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれかの外転型永久磁石回転電機を用い、その外転型回転子に連なり、ロープを巻きかけたシーブを有する巻上機を備えたことを特徴とするエレベータ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、外転型永久磁石回転電機およびそれを用いたエレベータ装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

エレベータ駆動に使用される回転電機としては、小型軽量、高効率等の特性が要求され、永久磁石回転電機が用いられるようになってきた。特に、最近主流となってきたギヤ等の変速機を使用しないギヤレスのダイレクトドライブ方式では、この傾向が強く反映され、永久磁石回転電機を用いるようになってきている。

## 【0003】

上記ダイレクトドライブのエレベータ用回転電機には、エレベータの乗り心地を悪くするトルクリプルを極力小さくすることが求められ、約 20% に至る過負荷条件に至るまでトルク脈動を数% 以下に抑制する必要がある。

## 【0004】

10

20

30

40

50

このようなエレベータ駆動用回転電機の構造としては、外周に固定子を配置し、その内周を永久磁石回転子を配置する構成のいわゆる内転型の永久磁石回転電機が一般に使用されている。これとは逆に、内周に固定子を配置し、その外周に永久磁石回転子を配置する構成のいわゆる外転型永久磁石回転電機を駆動モータとして利用する構成についても、特許文献1および2に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2000-134893号公報

【特許文献2】特開2007-159394号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献2に記載のものは、永久磁石の外周部における形状が円弧状であるために、第1に、この磁石形状に仕上げるには研磨によって仕上げねばならず、製作の面で、高価になるおそれがある。

【0007】

第2には、この磁石形状は精度の確保が難しく、磁石バラツキによるトルクリプル、騒音を生じるおそれがある。

【0008】

20

更には、特許文献1や2の永久磁石の極数と固定子突極のコンビネーションでは、コギングトルクや振動に関する点で改良の余地がある。

【0009】

また、特許文献2では、固定子鉄心の突極の幅が小さく、出力トルクに関しても最大トルクを得る点で改良の余地がある。

【0010】

本発明の目的は、トルク脈動の少ない、低騒音、小形軽量、高効率、低価格の外転型永久磁石回転電機及びそれを備えたエレベータ装置を提供するにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

30

本発明はその一面において、リング状のヨーク部と、その径方向外周に突極を有した固定子鉄心と、前記固定子鉄心が形成するオープンスロット部に配置され、前記突極に集中的に巻回する固定子巻線とからなる固定子と、その外周に配置したリング状の回転子鉄心と、回転子鉄心の内周面に6面が矩形状の直方体の永久磁石を前記固定子と適当な空隙を介して配置した永久磁石回転子とを有し、永久磁石の極数をP、固定子の突極数をSとし、さらにPとSの最大公約数M、最小公倍数Nとしたとき、最大公約数Mを3以上とし、かつ最小公倍数Nと最大公約数Mの比 $N/M$ を1.3以上としたことを特徴とする。

【0012】

本発明の望ましい実施態様においては、永久磁石極数Pを固定子突極数Sより多くしたことを特徴とする。

40

【0013】

また、本発明の望ましい実施態様においては、固定子突極の表面磁極幅を、固定子突極のピッチの44～54%にしたことを特徴とする。

【0014】

さらに、本発明の望ましい実施態様においては、永久磁石の極弧度を、永久磁石ピッチの0.7または、0.87としたことを特徴とする。

【0015】

さらに、本発明の望ましい実施態様においては、永久磁石と回転子鉄心の間に積層鋼板を有することを特徴とする。

【0016】

50

さらに、本発明の望ましい実施態様においては、永久磁石取付け面である回転子内周面を、永久磁石取付け面毎に、周方向および軸方向に平直面とし、軸方向に複数の永久磁石を並べ周方向にずらして配置したことを特徴とする。

【0017】

さらに、本発明の望ましい実施態様においては、以上のような特徴を持つ外転型永久磁石回転電機の回転子に連なり、ロープを巻きかけたシーブを有する巻上機を備えたエレベータ装置を提供する。

【発明の効果】

【0018】

本発明の望ましい実施態様によれば、トルク脈動の少ない、低騒音、小形軽量、高効率、低価格の外転型永久磁石回転電機及びそれを駆動源とするエレベータ装置を提供することができる。

10

【0019】

本発明のその他の目的と特徴は、以下に述べる実施形態の中で明らかにする。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の一実施例による外転型永久磁石回転電機の半径方向断面概要図である。

【図2】図1の要部拡大図である。

【図3】本発明の一実施例による外転型永久磁石回転電機を軸に平行な面で断面した概要図である。

20

【図4】本発明の一実施例による外転型永久磁石回転電機の表面磁極幅に対するトルク特性図である。

【図5】本発明の一実施例による外転型永久磁石回転電機の永久磁石の極弧度に対するトルク特性図である。

【図6】本発明の一実施例による外転型永久磁石回転電機のスキュー構成例図である。

【図7】本発明の一実施例による外転型永久磁石回転電機のスキュー特性を示す

【図8】本発明の他の実施例による外転型永久磁石回転電機のスキュー構成を示す。

【図9】本発明の他の実施例による外転型永久磁石回転電機の要部拡大図である。

【図10】本発明の一実施例による外転型永久磁石回転電機を用いたエレベータ巻上機を軸に平行な面で断面した概要図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0021】

まず、図1～3を用いて、本発明の一実施例によるエレベータの巻上機に最適な外転型永久磁石回転電機について説明する。

【0022】

図1は、本実施例の外転型永久磁石回転電機を半径方向に断面した概要図である。

【0023】

図2は、図1の要部(AOB部)拡大図、図3は、その回転電機を軸に平行な面で断面した概要図である。

【0024】

40

図1～3において、外転型永久磁石回転電機1は固定子2と回転子3とから構成されている。固定子2は、大きくは固定子鉄心4と固定子巻線5とで構成される。固定子鉄心4は、珪素鋼板を型による打ち抜き等により、積層して構成される。固定子鉄心4の内周には、固定子磁路を構成する固定子コア41と、固定子コア41より固定子外周に向かって放射状にのびる固定子突極42とから構成されている。図示のように、隣り合った固定子突極42間と固定子コア41とで構成される空間はスロット43であり、固定子巻線5を収納する空間である。ここで、各固定子突極42には、図示のように1極に1個の固定子巻線5を巻回するものとする。

【0025】

一方、回転子3は、外周に配置され、図示のようにリング上に配置された塊状の回転子

50

鉄心 7 と、回転子鉄心 7 の内周面に配置された永久磁石 6 とで構成される。

【0026】

本実施例の永久磁石 6 の形状の特徴は、6 面ともに矩形の直方体としたことにある。図示のように、永久磁石 6 の内周面、外周面ともに平直面で構成したことが特徴である。従って、永久磁石の取付け面となる回転子鉄心 3 の内周面は、軸方向だけでなく、周方向に対しても平直面をなす。回転子鉄心 3 の内周面は、この平直な永久磁石の取付け面 7 1 と、永久磁石 6 の極間の位置する部分の回転子鉄心極間部 7 2 とがある。ここで、回転子鉄心極間部 7 2 の形状は、周方向に対して直線でも弧状でも良いが、磁石保持、位置決めのためには回転子鉄心 7 から内周側に突起となる形状にすることが望ましい。ここで、永久磁石 6 は、接着剤等によって固定子鉄心の磁石取付け面 7 1 に固着されている。

10

【0027】

図 1 ~ 3 に示す本発明の一実施例においては、永久磁石 6 の極数  $P$  は 42、固定子鉄心の突極数  $S$  は 36 である。この構成では、永久磁石 6 の極数  $P$  と固定子鉄心 4 の突極数  $S$  の最大公約数  $M$  は 6、最小公倍数  $N$  は 252 となる。最小公倍数  $N$  と最大公約数  $M$  との比  $N/M$  は、 $252/6$  で 42 となる。

【0028】

この最大公約数  $M = 6$  は、図 2 で示した 60 度内での構成、すなわち、永久磁石の極数  $P = 7$ 、固定子鉄心 4 の突極数  $S = 6$  の 6 回の繰り返し構成と一致するとともに、比  $N/M = 42$  は、本発明の範囲を示す 13 を越えたものである。

【0029】

従って、本発明では、6 面ともに矩形の直方体の永久磁石 6 を備え、永久磁石 6 の極数  $P$  と固定子の突極数  $S$  との最大公約数を  $M$ 、最小公倍数を  $N$  としたとき、最大公約数  $M$  を 3 以上とし、かつ最小公倍数  $N$  と最大公約数  $M$  の比  $N/M$  を 13 以上の構成としている。

20

【0030】

特許文献 2 に述べられた第 1 の例では、永久磁石の極数  $P$  と固定子鉄心の突極数  $S$  の比を 3 : 2、もしくは 3 : 4 にすることを開示している。したがって、本発明の一実施例で選択したように、固定子鉄心の突極  $S = 36$  に固定した場合、特許文献 2 においては、永久磁石の極数  $P = 24$ 、もしくは  $P = 48$  に選択することとなる。この場合、最大公約数  $M$  は、両者とも 12 となるが、最小公倍数  $N$  はそれぞれ 72、144 となり、最小公倍数  $N$  と最大公約数  $M$  の比  $N/M$  は、それぞれ、6 あるいは 12 となり、本発明のように、13 以上とはならない。

30

【0031】

一方、特許文献 2 に開示されている他の実施例である永久磁石 6 の極数  $P$  と固定子鉄心の突極  $S$  との関係は、 $S = 6n$ 、 $P = 6n \pm 2$  ( $n$  は 1 以上の整数) の関係にした組み合わせについて検討する。この場合、固定子鉄心 4 の突極数  $S$  が本発明と同じに 36 とすると、永久磁石 6 の極数は  $36 \pm 2$  となり、永久磁石 6 の極数は 34 もしくは 38 となる。

【0032】

従って、最大公約数  $M$  は、両者とも 2 となり、最小公倍数  $N$  は 612、684 となり、最小公倍数  $N$  と最大公約数  $M$  の比は、それぞれ 306 と、342 となる。

【0033】

この場合、最小公倍数  $N$  と最大公約数  $M$  の比は大きくなるが、最大公約数  $M$  が 2 と小さく、本発明のように、3 以上とはならない。

40

【0034】

永久磁石回転電機で、永久磁石の極数を  $P$ 、固定子の突極数を  $S$  とし、さらに  $P$  と  $S$  の最大公約数  $M$ 、最小公倍数  $N$  としたとき、最大公約数  $M$  は、回転電機の振動モードを規定する値となる。外転型永久磁石回転電機 1 の場合に、回転子鉄心 7 が電磁気的な応力を受けて円環モードの振動をする場合のモード数 (周方向の振動サイクル) を規定し、これを大きくすることによって、振動は少なくなり、低振動のモータとすることができる。

【0035】

特許文献 2 に当てはめて示した最大公約数  $M = 2$  は、2 次の振動モードとなり、半周分

50

の電磁力の積分がその中央に位置する回転子鉄心にかかるため、大きな楕円状の振動を回転子鉄心 7 に引き起こしてしまう。

【0036】

一方、最小公倍数  $N$  と最大公約数  $M$  の比  $N/M$  は、1 回転を最大公約数  $M$  で割った範囲の固定子鉄心 4 の突極数と、そこに占める永久磁石 6 の極数の最小公倍数である。これは、上記の範囲の固定子鉄心 4 の突極数  $S$  と永久磁石 6 の極数  $P$  とによって発生するコギングトルクのサイクル数を規定するものである。コギングトルクは、コギングトルクのサイクル数の増加に応じて小さくなるので、最小公倍数  $N$  と最大公約数  $M$  の比を大きくすることで、コギングトルクを低減することができる。

【0037】

本発明の一実施形態においては、リング状ヨーク部と、その径方向外周に突極を持つ固定子鉄心と、固定子鉄心のオープンスロット部に配置され、前記突極に集中的に巻回する固定子巻線を備えた固定子と、その外周に配置したリング状の回転子鉄心を備えている。この回転子鉄心の内周面に、6 面ともに矩形状の直方体の永久磁石を前記固定子と適当な空隙を介して配置した永久磁石回転子を備えている。そして、永久磁石の極数を  $P$ 、固定子の突極数を  $S$  とし、さらに  $P$  と  $S$  の最大公約数を  $M$ 、最小公倍数を  $N$  としたとき、最大公約数  $M$  を 3 以上とし、かつ最小公倍数  $N$  と最大公約数  $M$  の比  $N/M$  を 1.3 以上の構成にしたことを特徴とする。

【0038】

これによって、無負荷時のコギングトルク、負荷時の振動、騒音を低減すると共に、安価な外転型永久磁石回転電機を提供できる。

【0039】

コギングトルクは、特許文献 2 に開示された「 $S = 6n$ ,  $P = 6n \pm 2$  ( $n$  は 1 以上の整数)」の構成にまでしなくとも、十分小さくでき、かつそれによって、振動モード数を多くした構成とすることによって、振動騒音を十分に低減することができる。

【0040】

本発明の望ましい実施形態では、固定子鉄心 4 の突極を、特許文献 1 のように外周端で周方向に広がる構成とはせず、オープン型のスロット構成とした。エレベータの巻上機としては、200% 程度の負荷に至るまでトルク脈動を小さく抑制することが要求される。また、エレベータ装置の保持試験のために、更にそれより大きいトルクを発生できることを、定期試験等で確認している。特許文献 1 に開示されているように、突極の外周側に周方向に広がる爪部を有する一般のセミクローズ型のスロット構成では、固定子巻線 5 と鎖交する磁束量を、永久磁石 6 の磁束を爪部の集磁力を利用して増加させることができる。このため、前記過負荷条件下では、爪部の集磁力を利用して、トルクを増大させることができる。しかし、反面、固定子巻線 5 に流れる大きな電流による磁界によって、爪部の部分的な磁気飽和が発生し、これによってトルク変動を大きくしてしまう結果となる。これは、エレベータ装置にとって、乗り心地を損ねる要因となる。

【0041】

一般には、永久磁石 6 の磁束と鎖交することによって発生する固定子巻線 5 の誘起電圧を、高調波分を含まない正弦波状とし、これに、正弦波状の電流を印加することによって 3 相合成のトルクを脈動の少ない一定の駆動トルクとすることができる。セミクローズ型のスロット形状では、大電流時にその磁界の影響によって、誘起電圧を歪ませ、誘起電圧の高調波を大きくすると考えることができ、これによって、トルク脈動が大きくなる。

【0042】

一方、本発明の望ましい実施形態のようなオープンスロットでは、過負荷条件下においても、部分的な磁気飽和を生ぜしめる爪部が無いために、トルクは若干低下する反面、200% を越える大きな負荷条件下でもトルク脈動を小さくすることができる。

【0043】

このオープンスロット構成では、極数の選択がトルクに大きな影響を与える。

【0044】

10

20

30

40

50

例えば、固定子鉄心 4 の突極数  $S$  と永久磁石 6 の極数  $P$  を図 1 , 図 2 で示したように 3 6 と 4 2 に選択する場合と、固定子鉄心 4 の突極数  $S$  を変えずに永久磁石 6 の極数  $P$  を 3 0 にした場合を比較する。一般に、セミクローズのスロット形状では、極数  $P = 4 2$  と多い場合には、一つの固定子巻線 5 が巻回する固定子鉄心突極の表面の領域が電気角で 2 4 0 度を占める。このため、磁束密度の負領域まで含むことになり、固定子鉄心突極表面の平均磁束密度が減少し、周波数は永久磁石 6 の極数  $P = 3 0$  に比較して増加するが、発生誘起電圧に変わり無く、同じ電流におけるトルクもあまり変わらない結果となる。

【 0 0 4 5 】

本発明の望ましい実施形態によるオープンスロット構造では、一つの固定子巻線 5 が巻回する固定子鉄心突極の表面の領域は、電気角で 1 8 0 度以下にでき、それによって、磁束密度の負の部分を含めて低い部分を除くことができる。したがって、固定子鉄心突極表面の平均磁束密度が増加し、 $P = 3 0$  に比較して増加させることができる。試算例では、 $P = 3 0$  極に対して、 $P = 4 2$  極の選択によって 1 0 % のトルク向上となる。

10

【 0 0 4 6 】

極数の増加は周波数の増加となって、インダクタンスによる電圧降下を大きくするため、力率が悪くなり、駆動するインバータ容量を増加させる必要があり、これは欠点となる。しかし、エレベータ装置としては、保持試験のために、更にそれより大きいトルクを発生できることを、定期試験等で確認しなければならない。

【 0 0 4 7 】

この場合には、上記のトルクアップは大きく、永久磁石の極数  $P$  を固定子の突極数  $S$  より多くすることによって、永久磁石回転電機 1 の体格を小さくできる点、あるいは回転電機の温度上昇を低くできる点で、上記の欠点を補い得るメリットがある。

20

【 0 0 4 8 】

図 1 に戻って、永久磁石回転電機 1 の固定子鉄心 2 の突極には、図示のような記号を付記した。それぞれ、 $U, V, W$  相からなる固定子巻線 5 を巻回した突極を示す。例えば、 $U 1 +$  は  $U$  相に属する巻線で  $+$  に巻回した 1 番目の突極を示している。また、図 2 には、固定子巻線 5 について、図示のような記号を付記した。例えば、 $U 1 ++$  では、固定子鉄心 2 の突極  $U 1 +$  に巻回することを示し、さらに、末尾の  $+$  は紙面上、裏面より表面に巻回されていることを示し、 $-$  の場合にはその逆を示している。図 1 では、固定子鉄心 2 の突極  $P$  が 1 2 極、永久磁石 2 の極数  $P$  が 1 4 極を基本単位とする構成の 3 倍構成を示しており、図 2 には上記基本単位の 1 / 2 分を図示している。

30

【 0 0 4 9 】

この他の、固定子鉄心突極数  $S$  と、永久磁石の極数  $P$  のコンビネーションとしては、固定子鉄心 4 の突極  $S$  が 9 極、永久磁石 6 の極数  $P$  が 8 極もしくは 1 0 極を基本単位とし、その 3 倍以上の繰り返しを考えられる。したがって、固定子鉄心 4 の突極  $S$  が 2 7 極で、永久磁石 6 の極数  $P$  が 2 4 極もしくは 3 0 極を基本単位とすること等が挙げられる。

【 0 0 5 0 】

一般的には、永久磁石の極数を  $P$ 、固定子の突極数を  $S$  とし、さらに  $P$  と  $S$  の最大公約数  $M$ 、最小公倍数  $N$  としたとき、最大公約数  $M$  を 3 以上とし、かつ最小公倍数  $N$  と最大公約数  $M$  の比  $N / M$  を 1 3 以上の構成とすることで、本発明の効果が発揮できる。

40

【 0 0 5 1 】

以上、3 相構成で説明したが、これに限定されるものではなく、3 相構成の巻線をそれぞれ、電気角で 3 0 度ずらした構成のものでも良く、また、多相構成とすることも可能である。

【 0 0 5 2 】

本発明の外転型永久磁石回転電機 1 は、インバータによって駆動されるものである。

【 0 0 5 3 】

一般には、3 相のインバータで、電流検出器、回転子の磁極位置検出器を備え、回転子 3 の位置に応じて正弦波状の電流を通電させると共に、インバータへのトルク指令によってその電流の大きさを変える制御を持ったインバータで駆動される。必要に応じて、高速

50

回転時には電流の位相を進ませて、弱め界磁制御等を行うことも可能である。

【0054】

本発明の対象とする外転型永久磁石回転電機では、固定子鉄心4の固定子突極の永久磁石面の周方向幅（表面磁極幅）がトルク発生に大きな影響を与える。

【0055】

そこで、図2で示した固定子突極42の表面磁極幅を  $a$ 、固定子突極42間のピッチを  $s$  としたとき、その比  $a/s$  がトルク特性に与える影響について計算した。計算条件は、固定子突極42の表面磁極幅  $a$  を変化させたとき、それに応じてスロット43の面積が増減した分、スロット内の起磁力が比例して増減するとの仮定で行った。したがって、スロット内の電流密度は一定と仮定している。計算条件は、永久磁石の極数  $P$  を30、固定子の突極数  $S$  を36、永久磁石の極幅と永久磁石ピッチの比は約80%程度の条件で有限要素法による磁界計算により行った。

10

【0056】

ここで、トルクとトルク脈動が評価の対象となる。これに影響を与える因子としては、固定子突極42の表面磁極幅  $a$  がある。もう一つは、固定子突極42の永久磁石面の両端面の半径を、固定子突極42の永久磁石面の中心面の半径より  $T1$  だけ小さくすることで、固定子突極42の永久磁石面を丸めてトルク脈動を低減することができるので、この  $T1$  をパラメータとして計算した。

【0057】

その結果を図4に示す。

20

【0058】

図4は上記の計算条件から、脈動トルクを一定とした場合の固定子突極42の表面磁極幅  $a$  と固定子突極ピッチ  $s$  の比に対する出力トルクの値を示す。固定子突極42の表面磁極幅  $a$  を固定子突極42間のピッチ  $s$  のほぼ  $1/2$  にすることで、脈動トルク一定で、出力トルクを最大化することができる結果を見いだした。なお、固定子突極42の表面磁極幅  $a$  と固定子突極42間のピッチ  $s$  に対する比を、44~54%の範囲に設定すれば、最大トルクに対して約5%以内にトルク低下を押しさえることができる。

【0059】

次に、図5には、本発明の外転型永久磁石回転電機の永久磁石の極弧度に対する特性を示した。平均的な出力トルクとトルクリプルとを示している。図では更に、トルクリプルのうち、トルクリプルのピーク-ピーク値を示す  $t_{pp}$ 、トルクリプルの電気角での第6次成分  $t_6$ 、及びその12次成分  $t_{12}$  とを合わせて示した。第6次成分  $t_6$  は比較的小さく、第12次成分  $t_{12}$  によって、脈動トルクのピーク-ピーク値がきまる。そして、この第12次成分  $t_{12}$  を小さくできる永久磁石の極ピッチに占める極幅（極弧度）を、0.7または0.87とすることによって、脈動トルクを小さくできることを見いだした。

30

【0060】

本構成とすることにより、トルクリプルの小さい外転型永久磁石回転電機1を得ることができる。なお、永久磁石の極ピッチに占める極幅を、0.7または0.87に対して $\pm 2\%$ の範囲、すなわち、0.68~0.72または、0.85~0.89の範囲において、十分トルクリプルが小さく本発明の範囲内といえる。

40

【0061】

なお、ここで、永久磁石の極ピッチに占める極幅が0.7の選択では、図から永久磁石の使用量に対するトルクの発生量の比が大きく、永久磁石の極ピッチに占める極幅が0.87の選択では、発生トルクの絶対値を大きくできる選択といえる。

【0062】

図6は、本発明の一実施例による外転型永久磁石回転電機のスキュー（Skew）構成例図である。これまで示したように、高トルク化、低トルクリプル化とを同時に達成するためには、スキューが不可欠である。図6(a)には永久磁石6を回転子鉄心磁石取付け面71の中心部に配置した例を示す。図6(b)には永久磁石6を回転子鉄心磁石取付け面7

50

1の右側に配置した例を示す。図6(c)には永久磁石6を回転子鉄心磁石取付け面71の左側に配置した例を示す。

【0063】

ここで、dは、図6(a)の永久磁石6を回転子鉄心磁石取付け面71の中心部に配置した場合に対して、図6(b), 図6(c)で示した永久磁石6の配置の移動量示すものである。

【0064】

以上の図6の(a), (b), および(c)の配置を、軸方向で変えることでスキューを行うことができる。

【0065】

図7は、本発明の一実施例による外転型永久磁石回転電機のスキュー特性を示す。ここで、tpp2は永久磁石を軸方向に2分割し、図6(b), 図6(c)のように配置したときのトルクリプルを示す。また、tpp3は、永久磁石を軸方向に3分割し、それぞれの永久磁石を図6(a), 図6(b), 図6(c)のようにならして配置したときのトルクリプルを示す。

【0066】

軸方向2分割はdの小さい範囲でトルクリプルの極小を得られるのが特徴であり、一方、軸方向3分割はトルクリプルの最小値を2分割構成よりも小さくできるのが特徴である。この原理は、軸方向2分割が電気角12次成分に対応して小さくなるのに対して、軸方向3分割は、電気角12次成分と6次成分とが同時に小さくなるように働くことができるからである。以上の構成で、簡単にスキューの効果を得ることができる。

【0067】

図8は、本発明の他の実施例による外転型永久磁石回転電機のスキュー構成を示す。

【0068】

図8の外転型永久磁石回転電機1では、軸方向で磁石分割を行わない構成を示す。回転子鉄心磁石取付け面71の周方向幅を永久磁石6の幅より大きくし、永久磁石6を図示のように斜めに配置することによって、連続的なスキューとすることが可能である。かつ、永久磁石6は軸方向に分割する必要がないため、製作、塗装、取り扱いが容易であり、コストを低減できる。

【0069】

なお、前述の図7の中に、図8で示した外転型永久磁石回転電機1のスキューでのトルクリプルの計算値をtcontとして一緒に示した。低コスト化の他に、スキューの効果としても、前記の2分割、3分割のスキューより大きくトルクリプルを低減できる結果を示している。

【0070】

図9は、本発明の他の実施例による外転型永久磁石回転電機の要部拡大図である。

【0071】

ここでは、回転子鉄心7の中を珪素鋼板で構成する珪素鋼板部74と塊状鉄心で構成される塊状鉄心部73とに分けたことが特徴である。前述の回転子鉄心7の回転子鉄心磁石部71の機械加工は製作時間がかかる。その分、高価になるおそれがある。また、図1で示したように、塊状鉄心73が固定子鉄心4に直接対面すると、固定子巻線5の作る磁界によって塊状鉄心中に渦電流を発生させ、それによって永久磁石回転電機の効率を落とすおそれがある。

【0072】

本実施例の構成によれば、図示のように珪素鋼板部74を設けることによって、回転子鉄心磁石取付け面71の形状を簡単に製作できる。また、回転子鉄心7内の渦電流を生ぜしめる可能性のある脈動磁束が積層珪素鋼板内を通過して、渦電流損の発生を最小に押さえてくれる。集中巻永久磁石回転電機の永久磁石内の渦電流については、既に行われている永久磁石の分割によって小さく押さえることができる。回転子鉄心7の珪素鋼板部74は、軸方向または半径方向の塊状鉄心部73にボルト等によって容易に固定することが可

10

20

30

40

50

能である。

【0073】

次に、これまで説明した本発明の実施例による永久磁石回転電機1を適用したエレベータ巻上機の構成について、図10を用いて説明する。

【0074】

図10は、本発明の一実施例による外転型永久磁石回転電機を用いたエレベータ巻上機を軸に平行な面で断面した概要図である。外転型永久磁石回転電機1とシープ9が一体となった構成である。エレベータ巻上機11は、動力を生み出す外転型永久磁石回転電機1と、前記外転型永久磁石回転電機1が生み出す動力をロープ(図示せず)に伝えるシープ9を備えている。また、回転子3の外周に制動力を与えるブレーキ12と、回転体を備えたシャフト8を支える回転子支持部10と、これらを支える固定子支持板8とを備えている。ここで、ブレーキ13は、回転子3の外周に接してブレーキ力を発生するブレーキの移動部131と、これを移動可能に支えるブレーキの固定部132とで構成される。

10

【0075】

以上の構成で、コンパクトで、低振動のエレベータ巻上機11を実現できる。

【0076】

本発明の一実施形態による永久磁石回転電機1をエレベータ巻上機11に適用することで、定格トルク時から最大トルクまでの幅広い領域における低トルク脈動が可能となり、かごに伝わる振動およびエレベータ機構の騒音の低減に寄与する。さらに、回転子3をスキューすることで、より低トルクリプル化、トルク向上が実現できる。さらに、固定子突極の表面磁極幅  $a$  を固定子突極ピッチ  $s$  の50%近傍(44~54%)にすることによって高トルク化ができる。これによって、振動の少ない、価格の安い、コンパクトなエレベータ巻上機を提供することができる。

20

【産業上の利用可能性】

【0077】

なお、以上は本発明の永久磁石回転電機をエレベータ巻上機に適用した場合の構成について示したが、本発明は以上に限定されるものではない。例えば、電動車両、特にホイールインモータのように車輪の中に搭載される外転型永久磁石回転電機にも同様の効果を発揮することができ、これによって、低騒音、低振動で乗り心地、燃費の良い電動車両を供給することができる。

30

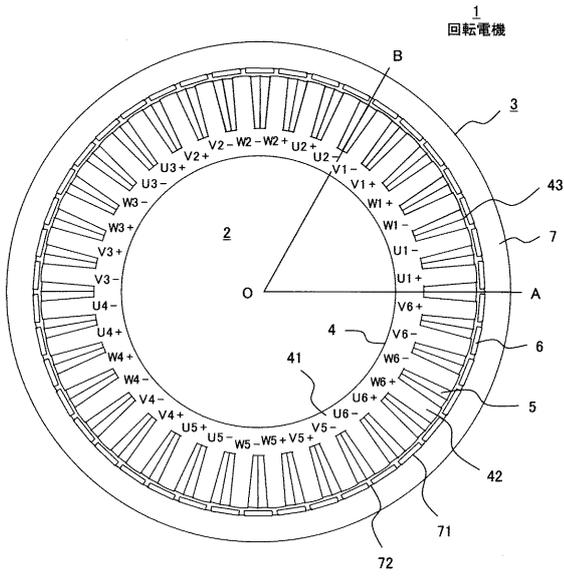
【符号の説明】

【0078】

1：外転型永久磁石回転電機、2：固定子、3：回転子、4：固定子鉄心、41：固定子コア、42：固定子突極、43：スロット、5：固定子巻線、6：永久磁石、7：回転子鉄心、71：回転子鉄心磁石取付け面、72：回転子鉄心極間部、73：回転子鉄心の塊状鉄心部、74：回転子鉄心の珪素鋼板部、8：固定子支持板、9：シープ、10：回転子支持部、11：エレベータ巻上機、12：シャフト、13：ブレーキ、131：ブレーキの移動部、132：ブレーキの固定部。

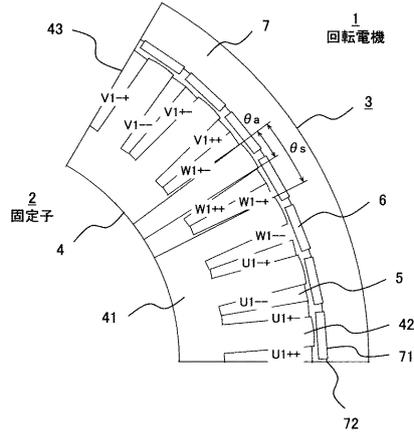
【図1】

図1



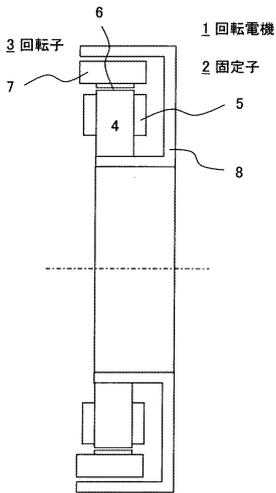
【図2】

図2



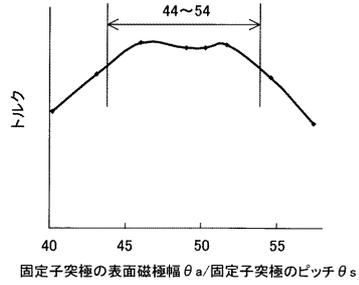
【図3】

図3



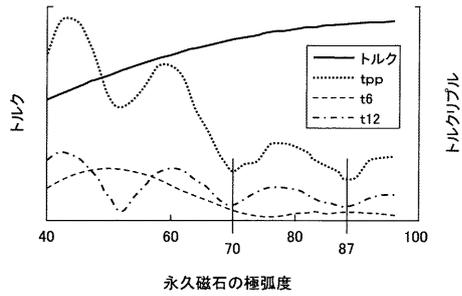
【図4】

図4



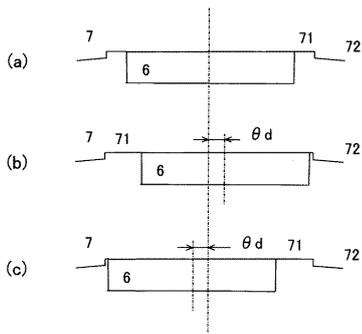
【図5】

図5



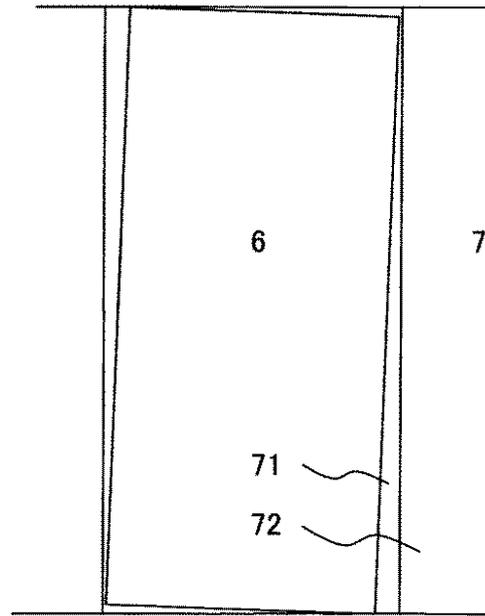
【 図 6 】

図 6



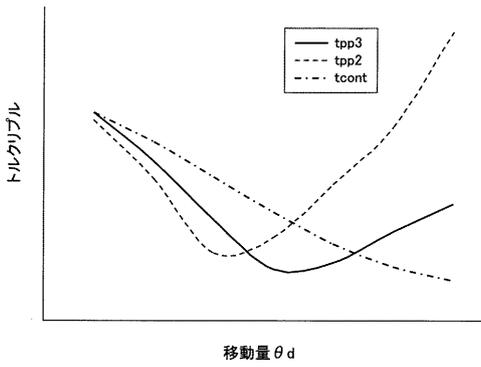
【 図 8 】

図 8



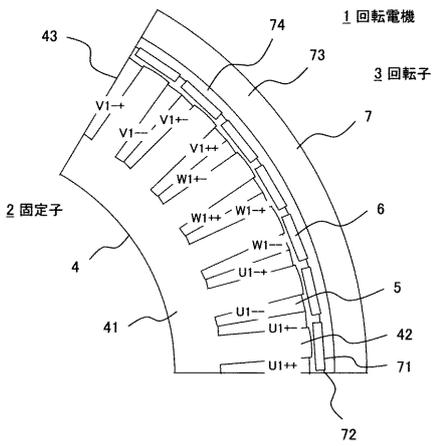
【 図 7 】

図 7



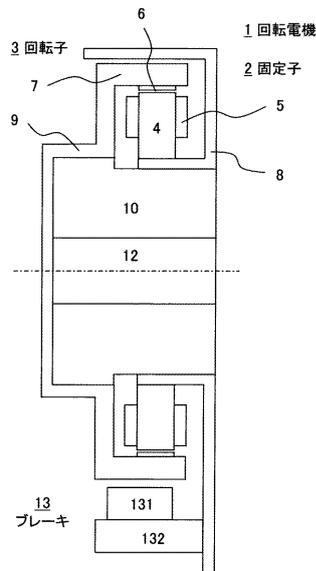
【 図 9 】

図 9



【 図 10 】

図 10



---

フロントページの続き

(72)発明者 二瓶 秀樹

千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号 株式会社日立産機システム内

(72)発明者 尾方 尚文

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所オートモティブシステムグループ内

(72)発明者 山崎 政英

千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号 株式会社日立産機システム内

Fターム(参考) 5H019 CC04 CC08 DD01 EE04

5H607 AA04 BB01 BB09 BB14 BB17 CC01 CC03 DD01 DD02 DD03

EE06 EE28

5H621 AA02 BB10 GA01 GA04 GA09 GA16 HH01 JK01

5H622 AA02 CA02 CA05 CA10 PP09