

(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2012-125006

(P2012-125006A)

(43) 公開日 平成24年6月28日 (2012. 6. 28)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO2K 1/27 (2006.01)</b>	HO2K 1/27 501K	5H505
<b>HO2P 27/06 (2006.01)</b>	HO2P 7/63 Z	5H601
<b>HO2K 21/14 (2006.01)</b>	HO2K 21/14 M	5H603
<b>HO2K 1/22 (2006.01)</b>	HO2K 1/27 501M	5H621
<b>HO2K 3/28 (2006.01)</b>	HO2K 1/22 A	5H622

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-272206 (P2010-272206)  
 (22) 出願日 平成22年12月7日 (2010. 12. 7)

(71) 出願人 000004260  
 株式会社デンソー  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地  
 (74) 代理人 100080045  
 弁理士 石黒 健二  
 (74) 代理人 100124752  
 弁理士 長谷 真司  
 (72) 発明者 谷口 真  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
 社デンソー内  
 Fターム(参考) 5H505 AA16 BB04 CC04 DD08 HA07  
 HB02

最終頁に続く

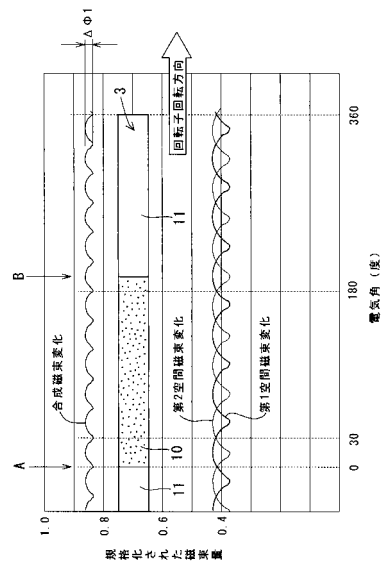
(54) 【発明の名称】 電動機装置

(57) 【要約】

【課題】 パーミアンス変化の激しいコンシクエントポール型回転子を採用しても、固定子の振動による騒音を悪化させない電動機装置を提供することにある。

【解決手段】 電動機装置は、回転子3の磁極間のパーミアンス変化が大きい部分が通過する固定子側の対向位置での空間磁束変化を滑らかにする電気回路を構成している。すなわち、空間磁束変化が小さくなるように、第1の3相インバータによる通電と、第2の3相インバータによる通電とを独立に制御している。そして、回転子3のパーミアンス変化極大位置(境界位置A、B)のいずれか一方が対向する位置での空間磁束変化と、他方が対向する位置での空間磁束変化とにおいて、脈動の極大位置が同期しないように電流制御されている。これにより、固定子の振動が低減し、振動の増幅も抑えることができる。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

永久磁石による磁石極と、磁石極間に配される軟磁性材のみで形成されて前記磁石極と反対極を有する疑似極とを周方向に有する回転子、

および、前記磁石極及び前記疑似極に対向するように周方向に配置された複数のスロットを有する固定子鉄心と、前記スロットに収容される固定子巻線とを有する固定子を備える電動機と、

前記固定子巻線へ電流を供給するインバータとを備える電動機装置であって、

前記固定子巻線は 2 つの  $m$  相巻線 ( $m$  は正の整数) からなり、

前記スロットの数は 1 磁極ピッチ当たり  $2m$  個であり、

前記複数のスロットには第 1 の  $m$  相巻線と第 2 の  $m$  相巻線とが周方向に交互に配されており、

前記第 1 の  $m$  相巻線と第 2 の  $m$  相巻線とは互いに電氣的に絶縁されており、それぞれ独立して電流制御が可能であり、

前記回転子の磁極間のパーミアンス変化が大きい部分が通過する前記固定子側の対向位置での空間磁束変化を滑らかにするように、前記インバータを介して前記固定子巻線に通電する電流が制御されていることを特徴とする電動機装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の電動機装置において、

前記インバータは、前記第 1 の  $m$  相巻線に給電する第 1 の  $m$  相インバータと、前記第 2 の  $m$  相巻線に給電する第 2 の  $m$  相インバータとを備え、

前記第 1 のインバータにより前記第 1 の  $m$  相巻線に通電される  $m$  相正弦波電流と、前記第 2 のインバータにより前記第 2 の  $m$  相巻線に通電される  $m$  相正弦波電流との間の位相差は、前記第 1 の  $m$  相巻線と前記第 2 の  $m$  相巻線との間の空間位相差と等しいことを特徴とする電動機装置。

## 【請求項 3】

請求項 2 に記載の電動機装置において、

前記  $m$  は 3 であり、

前記第 1 の 3 相巻線と前記第 2 の 3 相巻線の空間位相差は電気角で  $30$  度であり、

前記第 1 のインバータと前記第 2 のインバータによる電流間の位相差も電気角で  $30$  度であることを特徴とする電動機装置。

## 【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の電動機装置において、

前記磁石極に対向するスロット数は  $2m$  より多く、前記疑似極に対向するスロット数は  $2m$  より少ないことを特徴とする電動機装置。

## 【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の電動機装置において、

前記磁石極は、前記回転子の周回面に前記永久磁石が配設されて成ることを特徴とする電動機装置。

## 【請求項 6】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の電動機装置において、

前記磁石極は、前記回転子の周回面の内側に前記永久磁石が配設されて成ることを特徴とする電動機装置。

## 【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の電動機装置において、

前記磁石極を構成する前記永久磁石の残留磁束密度を  $B_r$ 、前記疑似極を構成する軟磁性材の飽和磁束密度を  $B_{st}$  とすると、

前記磁石極の周方向長さ : 前記疑似極の周方向長さ =  $B_{st} : B_r$  の関係が成立していることを特徴とする電動機装置。

## 【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の電動機装置において、

前記磁石極は、前記回転子の周回面に前記永久磁石が配設されて成ることを特徴とする電動機装置。

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の電動機装置において、

前記固定子巻線は、1 対の脚部と、前記脚部間をつなぐターン部とを有する U 字状の導体セグメントを複数接合することにより形成されるセグメントコンダクタ型であることを特徴とする電動機装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ハイブリッド車両や電気自動車等に搭載される電動機装置に関する。また、産業用機器、家庭電化製品等への適用も可能である。 10

【背景技術】

【0002】

近年、高性能な希土類磁石を利用したモータ（電動機）が盛んに各機器に採用されているが、資源リスクの観点から希土類磁石を極力使用しないモータの研究が行われている。

例えば、特許文献 1 には、配置する複数の永久磁石の着磁方向を全て等しくし、永久磁石間の鉄心部に反対極を形成する所謂コンシクエントポール型回転子を採用し、モータ性能を維持したまま希土類磁石を削減可能なモータが開示されている。

【0003】

すなわち、コンシクエントポール型回転子では、配置する複数の永久磁石の着磁方向が全て等しくなっている。そして、永久磁石による磁極を磁石極とすると、永久磁石間の鉄心部には磁石極とは反対極の擬似的な磁極（擬似極）が形成される。これによれば、1 磁極対の内、一方の磁極を永久磁石を使用することなく形成できるため、永久磁石の使用量を少なくできる。 20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2004-357489 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】 30

【0005】

しかし、上述したコンシクエントポール型回転子を採用したモータにおいては磁石極と疑似極との境界部にて固定子（電機子）を周回する磁路のパーミアンス変化が大きいため、固定子鉄心の振動が増大して騒音問題を発生することが発明者等の実験で分かった。

【0006】

この振動の要因は、電機子反作用が生成する空間磁束の変動（回転磁界の脈動）に、回転子のパーミアンス変化が呼応して発生するものであり、電機子反作用による空間磁束変化、若しくは回転子のパーミアンス変化を和らげることが振動低減に求められる。

【0007】

また、図 7 に示すように、従来の 1 磁極あたり 3 スロットの全節分布巻きモータの回転子 101 をコンシクエントポール型回転子とした場合に、電機子反作用による磁束変化ピッチ、すなわち、固定子 102 に巻かれる各相巻線（U 相、V 相、W 相）の巻線ピッチ  $j$  と、磁石極 104 と疑似極 105 の境界のピッチ  $k$ （磁極間ピッチ  $k$ ）とが同期してしまうことが振動を増幅させる一因となっている。 40

【0008】

仮に回転子を表面磁石型の構成に変えると、回転子表面の材質変化が存在しないので、磁極間のパーミアンス変化が理論上ゼロであるから、極端な振動は発生せず騒音レベルは極めて静粛である。

しかし、コンシクエントポール構造では、上述のように、磁石極の反対極を鉄心により形成しているため、パーミアンス変化が大きい。すなわち、このパーミアンス変化の問題 50

は、コンシクエントポール構造を採るが故の現象であり、これに対する対策は回転子設計毎に最適形状を求める大変な労力が必要となる。

【0009】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、パーミアンス変化の激しいコンシクエントポール型回転子を採用しても、固定子の振動による騒音を悪化させない電動機装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

〔請求項1の手段〕

請求項1に記載の電動機装置は、電動機とインバータとを備える。

電動機は、永久磁石による磁石極と、軟磁性材のみで形成されるとともに磁石極と反対極となる擬似極が周方向に交互に配される回転子を備える。また、電動機は、磁石極及び擬似極に対向するように周方向に配置された複数のスロットを有する固定子鉄心と、スロットに収容される固定子巻線とを有する固定子を備える。

そして、インバータにより固定子巻線へ電流が供給される。

【0011】

そして、固定子巻線は2つの $m$ 相巻線（ $m$ は正の整数）からなり、スロットの数は1磁極ピッチ当たり $2m$ 個である。

また、複数のスロットには第1の $m$ 相巻線と第2の $m$ 相巻線とが周方向に交互に配されており、第1の $m$ 相巻線と第2の $m$ 相巻線とは互いに電氣的に絶縁されており、それぞれ独立して電流制御が可能である。

【0012】

また、回転子の磁極間のパーミアンス変化が大きい部分が通過する固定子側の対向位置での空間磁束変化を滑らかにするように、固定子巻線に通電される電流が制御されている。

【0013】

すなわち、本手段では、回転子の磁極間のパーミアンス変化が大きい部分が通過する固定子側の対向位置での空間磁束変化を滑らかにするように、2つの $m$ 相巻線を独立に電流制御される構成となっている。

【0014】

これによれば、回転子の磁極間のパーミアンス変化が大きい部分が通過する固定子側の対向位置での空間磁束変化は小さいため、固定子鉄心の振動が低減され、振動による騒音も低減される。

【0015】

〔請求項2の手段〕

請求項2の電動機装置によれば、インバータは、第1の $m$ 相巻線に給電する第1の $m$ 相インバータと、第2の $m$ 相巻線に給電する第2の $m$ 相インバータとを備える。

そして、第1のインバータにより第1の $m$ 相巻線に通電される $m$ 相正弦波電流と、第2のインバータにより第2の $m$ 相巻線に通電される $m$ 相正弦波電流との間の位相差は、第1の $m$ 相巻線と第2の $m$ 相巻線との間の空間位相差と等しくなっている。

【0016】

これによれば、電機子反作用による空間磁束変化を少なくすることが可能となる。

ここで、第1の $m$ 相巻線で発生する空間磁束変化（以下、第1空間磁束変化）と、第2の $m$ 相巻線で発生する空間磁束変化（以下、第2空間磁束変化）とを合成した合成磁束変化が、電機子反作用による空間磁束変化となる。

【0017】

そして、第1の $m$ 相巻線と第2の $m$ 相巻線との間の電流位相差を空間位相差に一致させることにより、第1空間磁束変化の脈動の極大位置と、第2空間磁束変化の脈動の極大位置との位相をずらすことが可能となるため、電機子反作用による空間磁束変化を小さくすることができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 8 】

これにより、電機子反作用による空間磁束変化が小さくなるため、固定子鉄心の振動が低減され、振動による騒音も低減される。

また、第 1 の m 相巻線と第 2 の m 相巻線とを独立に電流制御可能であるため、十分なトルク性能を確保しつつ、騒音の低減を図ることができる。

## 【 0 0 1 9 】

〔請求項 3 の手段〕

請求項 3 に記載の電動機装置によれば、m は 3 である。つまり、固定子巻線は、第 1 の 3 相巻線と、第 2 の 3 相巻線とを有する。

そして、第 1 の 3 相巻線との 3 相巻線の空間位相差は電気角で 30 度であり、第 1 のインバータと第 2 のインバータによる電流間の位相差も電気角で 30 度である。

10

## 【 0 0 2 0 】

〔請求項 4 の手段〕

請求項 4 に記載の電動機装置によれば、磁石極に対向するスロット数は 2 m より多く、疑似極に対向するスロット数は 2 m より少ない。

これによれば、各相巻線の巻線ピッチと、磁石極と疑似極の磁極間ピッチとが同期しない。つまり、固定子側の電機子反作用の変化の大きい部分と、回転子側の磁極間のパーミアンス変化が大きい部分とを空間的に同期状態から外すことができる。

このため、固定子の振動が増幅されることがなく、振動及び騒音を低減することができる。

20

## 【 0 0 2 1 】

〔請求項 5 の手段〕

請求項 5 に記載の電動機装置によれば、磁石極は、回転子の周回面に永久磁石が配設されて成る。

〔請求項 6 の手段〕

請求項 6 に記載の電動機装置によれば、磁石極は、回転子の周回面の内側に永久磁石が配設されて成る。

## 【 0 0 2 2 】

〔請求項 7 の手段〕

請求項 7 に記載の電動機装置によれば、磁石極を構成する永久磁石の残留磁束密度を  $B_r$ 、疑似極を構成する軟磁性材の飽和磁束密度を  $B_{st}$  とすると、

磁石極の周方向長さ : 疑似極の周方向長さ =  $B_{st} : B_r$   
の関係が成立している。

30

## 【 0 0 2 3 】

これによれば、磁石極と疑似極とを等分設計する場合と比較して、磁束量を増大させることができる。また、永久磁石及び軟磁性材の材料選定段階において、磁極の周方向長さを一義的に設計することができる。

## 【 0 0 2 4 】

〔請求項 8 の手段〕

請求項 8 に記載の電動機装置によれば、固定子巻線は、1 対の脚部と、脚部間をつなぐターン部とを有する U 字状の導体セグメントを複数接合することにより形成されるセグメントコンダクタ型である。

これによれば、固定子巻線の製造及び固定子への組付けが容易となり、大量製造可能となる。

40

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 5 】

【 図 1 】 固定子及び回転子の構成図である（実施例 1）。

【 図 2 】 電動機装置を示す電気回路図である（実施例 1）。

【 図 3 】 ( a ) は固定子鉄心の軸方向からみた固定子巻線の構成を示す説明図であり、( b ) は固定子鉄心の径方向からみた固定子巻線の構成を示す説明図である（実施例 1）。

50

【図 4】電機子反作用による空間磁束変化と磁極境界位置との関係を示す説明図である（実施例 1）。

【図 5】電機子反作用による空間磁束変化と磁極境界位置との関係を示す説明図である（従来例）。

【図 6】固定子巻線と磁極境界位置との関係を示す説明図である（実施例 1）。

【図 7】固定子巻線と磁極境界位置との関係を示す説明図である（従来例）。

【図 8】固定子及び回転子の構成図である（実施例 2）。

【図 9】（a）は固定子巻線を形成するセグメント導体の斜視図であり、（b）はセグメントコンダクタ型の固定子巻線を示す斜視図である（実施例 3）。

【発明を実施するための形態】

10

【0026】

本発明を実施するための形態を以下の実施例により詳細に説明する。

【実施例】

【0027】

〔実施例 1 の構成〕

実施例 1 の電動機装置を、図 1 ~ 図 4、図 6 を用いて説明する。

実施例 1 の電動機装置の電動機 1 は、3 相交流モータであって、回転磁界を発生させる固定子 2、固定子 2 の内周側に配されて回転磁界により回転する回転子 3 とを備える。

【0028】

固定子 2 は、固定子鉄心 6 と固定子鉄心 6 に巻装された固定子巻線 7 とを有し、固定子巻線 7 に 3 相交流電流を流すことにより回転磁界を形成し、回転磁界内に配される回転子 3 を回転させる（図 1 参照。なお、図 1 では固定子巻線 7 の描画が省略されている）。

20

【0029】

回転子 3 は、コンシクエントポール型と呼ばれるタイプのものであり、永久磁石による磁石極 10 と軟磁性材のみで形成される擬似極 11 とを周方向に交互に有している。

すなわち、回転子 3 は、複数（本実施例では 5 つ）の永久磁石 12 と、鉄等の軟磁性材により円筒状に形成された鉄心 13 とにより形成されている。

鉄心 13 は、外周面に周方向に等間隔に形成された凸部 16 と、凸部 16 同士の間永久磁石 12 が固定される磁石固定部 17 とを有している。

【0030】

そして、磁石固定部 17 には、複数の永久磁石 12 の着磁方向が全て等しくなるように永久磁石 12 が固定されている。すなわち、本実施例では、5 つの永久磁石 12 は N 極が外周側を向くように固定されている。そして、磁石固定部 17 に固定された永久磁石 12 は磁石極 10 をなす。つまり、磁石極 10 は、回転子 3 の周回面に永久磁石が配設されている。

30

なお、永久磁石 12 は、ネオジムとディスプロシウムを用いた希土類磁石で形成されている。

【0031】

そして、磁石極 10 同士の間形成された凸部 16 には、永久磁石 12 からの磁束が外周側から内周側へ流れ込むため、凸部 16 を擬似的に S 極とみなすことができる。従って、この凸部 16 が擬似極 11 となる。

40

なお、磁石極 10 と擬似極 11 との間には、周方向の隙間（磁気バリア 18）が設けられている。

【0032】

本実施例の回転子 3 は、5 つの磁石極 10 と 5 つの擬似極 11 を有している。すなわち、10 極（5 磁極対）の回転子である。

なお、円筒状の鉄心 13 の内周には、例えばステンレス等の非磁性体で形成された回転軸 19 が固定されている。

【0033】

固定子 2 は、積層電磁鋼板により円筒状に形成された固定子鉄心 6 に固定子巻線 7 を巻

50

装してなる。

固定子巻線 7 は、2 つの 3 相巻線（後に詳述する）からなっている。

【0034】

固定子鉄心 6 は、先端が回転子 3 に対向するティース 2 1 と、ティース 2 1 同士を外周側で磁氣的に接続するバックヨーク部 2 2 とを有している。

そして、隣合うティース 2 1 同士とバックヨーク部 2 2 とで囲われる空間が、固定子巻線 7 が配置されるスロット 2 3 となっている。

【0035】

ティース 2 1 は周方向に等間隔に 6 0 個配置されており、スロット 2 3 は同じく 6 0 個存在する。つまり、スロット数は、1 磁極ピッチ中に 6 個（ $2m$  個（ $m = 3$ ））となっている。すなわち、1 磁極対当たり 1 2 個のスロット 2 3 が存在するため、スロット間隔は電気角で 3 0 度となる。

10

【0036】

また、本実施例では、磁石極 1 0 に対向するスロット数は 7 個（ $2m + 1$  個（ $m = 3$ ））であり、擬似極 1 1 に対向するスロット数は 5 個（ $2m - 1$  個（ $m = 3$ ））となっている。すなわち、磁石極 1 0 に対向するスロット数は 6 個（ $2m$  個）より多く、擬似極 1 1 に対向するスロット数は 6 個（ $2m$  個）より少ない。

【0037】

なお、1 つの磁石極 1 0 に対向するスロット数と 1 つの擬似極 1 1 に対向するスロット数の合計が必ずしも 1 2 個（ $4m$  個）とならなくてもよい。磁気バリア 1 8 の大きさによっては、磁気バリア 1 8 に対向するスロット 2 3 が存在するようになるからである。

20

【0038】

具体的には、磁石極 1 0 の 方向角度  $m$  が電気角で 2 0 7 度に、擬似極 1 1 の 方向角度を電気角度で 1 4 5 度に設計している。

これにより、磁石極 1 0 の周方向長さ（ 方向角度  $m$  ）は、擬似極 1 1 の周方向長さ（ 方向角度 ）よりも大きくなっており、磁石極 1 0 に対向するスロット数が、擬似極 1 1 に対向するスロット数よりも多くなっている。

【0039】

この磁石極 1 0 の周方向長さの設計には、以下の関係式を用いている。

磁石極の周方向長さ：擬似極の周方向長さ =  $B_{st} : B_r$

30

ここで、 $B_r$  は、磁石極 1 0 を構成する永久磁石 1 2 の残留磁束密度であり、 $B_{st}$  は、擬似極 1 1 を構成する軟磁性材の飽和磁束密度である。

【0040】

例えば、選択した永久磁石の残留磁束密度  $B_r$  が 1 . 4 テスラであり、選択した軟磁性材の飽和磁束密度  $B_{st}$  が 1 . 9 テスラである場合、上述の関係に基づいて、磁石極 1 0 の 方向角度  $m$  は電気角で約 2 0 7 度と設定すればよい。

【0041】

すなわち、固定子巻線 7 への鎖交磁束を極大化するには互いの磁極を通過する磁束量を限界までに設計すればよく、磁石極 1 0 の磁束量  $m$  は  $m \times B_r$  に比例し、擬似極 1 1 の磁束量  $s$  は  $(2 - m) \times B_{st}$  に比例する。従って、選択した  $B_r$ 、 $B_{st}$  の材料で  $m = s$  となる  $m$  を求めると略  $m = 2 0 7$  度となる。なお、本実施例では、磁石極 1 0 と擬似極 1 1 との境に磁気バリア 1 8 を少々設けるために擬似極 1 1 の幅は略 1 4 5 度に設計されている。

40

【0042】

また、選択した永久磁石の残留磁束密度  $B_r$  が 1 . 2 テスラであり、選択した軟磁性材の飽和磁束密度  $B_{st}$  が 1 . 9 テスラである場合には、上述の関係に基づいて、磁石極 1 0 の 方向角度  $m$  は電気角で約 2 2 0 度と設定すればよい。

【0043】

図 2 に本発明の固定子巻線 7 を含む電気回路図を示す。

固定子巻線 7 は、第 1 の 3 相巻線 2 7、第 2 の 3 相巻線 2 8 とからなっている。なお、

50

3相巻線27、28は、それぞれ、U相コイル、V相コイル、W相コイルを有しており、それぞれY結線されている。

第1の3相巻線27には、第1の3相インバータ31が接続されており、第2の3相巻線28には、第2の3相インバータ32が接続されている。

【0044】

第1の3相巻線27と第2の3相巻線28とは電氣的に絶縁されており、第1の3相インバータ31と第2の3相インバータ32との間も交流部分では絶縁されており、直流の正負端子34、35でのみ電氣的に接続されている。なお、直流の正負端子34、35には供給用の直流電源36が接続されている。

【0045】

これにより、第1の3相巻線27は、第1の3相インバータ31により通電され、第2の3相巻線28は、第2の3相インバータ32により通電される。

なお、3相インバータ31、32は、周知の回路であり、図2では主要のスイッチング素子のみを表示し、その他の周辺素子や制御回路については省略する。

【0046】

固定子巻線7は、全節分布巻き方式で固定子鉄心6に巻かれている。

スロット23には、第1の3相巻線27、第2の3相巻線28が周方向に交互に配されている。すなわち、奇数番目のスロット23には第1の3相巻線27が収容され、偶数番目のスロット23には第2の3相巻線28が収容される。

【0047】

具体的には、第1の3相巻線27のU相コイル、V相コイル、W相コイルをU1、V1、W1とし、第2の3相巻線28のU相コイル、V相コイル、W相コイルをU2、V2、W2とすると、例えば、図3(a)に示すように、周方向において、U1、U2、W1、W2、V1、V2の順にスロット23に内に収容されている。

これによれば、スロット間隔は電気角で30度であるため、第1の3相巻線27、第2の3相巻線28との空間位相差は電気角で30度となる。

【0048】

なお、各相コイルは、例えば平角断面導線などの連続導体で形成されており、固定子鉄心6の軸方向端面から突出するコイルエンド部38と、スロット23内に収容されるスロット収容部39とを周方向に交互に有している。すなわち、図3(b)に示すように、U2を例にとると、スロット収容部39aとスロット収容部39bとの間がコイルエンド部38によりつながっており、コイルエンド部38が5つのスロット23を跨ぐように巻装されている。なお、スロット収容部39aのスロット軸方向に流れる電流の向きと、スロット収容部39bのスロット軸方向に流れる電流の向きとは逆となる(図3(a)、(b)参照)。

そして、U1、V1、W1、V2、W2も同様の態様でスロット23内に収容されている。

【0049】

そして、第1、第2の3相インバータ31、32は、第1の3相巻線27と第2の3相巻線28との間の空間位相差に応じた位相差で、それぞれ独立に、第1、第2の3相巻線27、28に3相正弦波電流を通電している。

【0050】

すなわち、本実施例では、第1の3相巻線27と第2の3相巻線28との間の空間位相差が電気角で30度であるため、第1の3相巻線27に通電される3相正弦波電流と、第2の3相巻線28に3相正弦波電流との時間位相差が電気角で30度となるように、それぞれ、第1、第2の3相インバータ31、32を介して、通電されている。

【0051】

つまり、例えば、U1に流れる電流と、U2に流れる電流との電流の時間的位相差が電気角で30度となるように、第1、第2の3相巻線27、28が、各々、第1、第2の3相インバータ31、32を介して電流制御されている。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 5 2 】

〔実施例 1 の作用・効果〕

実施例 1 の構成による空間磁束変化の様子と回転子 3 の磁極境界位置との関係を図 4 に示し、従来例での関係を図 5 に示す。なお、図 4 及び 5 の縦軸は、図 4 と図 5 とを比較するために表示した規格化された磁束量であり、実際の磁束量ではない。

## 【 0 0 5 3 】

本実施例によれば、固定子 2 と回転子 3 との間の空隙には、第 1 の 3 相巻線 2 7 での電機子反作用によって発生する空間磁束変化（第 1 空間磁束変化）と、第 2 の 3 相巻線 2 8 での電機子反作用によって発生する空間磁束変化（第 2 空間磁束変化）とを合成した合成磁束変化が生じる（図 4 参照）。

尚、第 1 空間磁束変化と第 2 空間磁束変化の周期は電気角で 3 0 度位相がずれて生じている。

## 【 0 0 5 4 】

そして、本実施例では、この合成磁束変化が小さくなるように、第 1 の 3 相インバータ 3 1 による通電と、第 2 の 3 相インバータ 3 2 による通電とを独立に制御している。

すなわち、第 1 の 3 相巻線 2 7 と第 2 の 3 相巻線 2 8 との間の電流位相差を空間位相差に一致させることにより、第 1 空間磁束変化の脈動の極大位置と、第 2 空間磁束変化の脈動の極大位置との位相をずらすことが可能となるため、電機子反作用による空間磁束変化（合成磁束変化）を小さくすることができる。

## 【 0 0 5 5 】

具体的には、本実施例の空間磁束変化量 1 は、従来例の空間磁束変化量 2（図 5 参照）に比べ約 7 5 % 低減している。

なお、従来例の固定子 1 0 2 は 1 つの 3 相巻線が全節分布巻き方式巻装された構造となっている（図 7 参照）。この場合の空間磁束変化量 2 は、本実施例での空間磁束変化量 1 よりも大きくなる。

## 【 0 0 5 6 】

加えて、従来例では、回転子 1 0 1 のパーミアンス変化極大位置、つまり磁石極 1 0 4 と疑似極 1 0 5 の境界位置（図 5 の C、D）に、磁束変化極大位置が同期しているために電動機の振動が大きくなっていった。つまり、図 5 に示す従来例のようにパーミアンス変化極大位置 C、D の両方で空間磁束変化の脈動が共に谷（もしくは山）となってしまう、これが、振動増幅の一原因となっていた。

## 【 0 0 5 7 】

しかし、本実施例では、回転子 3 のパーミアンス変化極大位置（図 4 の A、B）のいずれか一方が対向する位置での空間磁束変化と、他方が対向する位置での空間磁束変化とにおいて、脈動の極大位置が同期しないように電流制御されている。

つまり、例えば、図 4 に示すように、A 位置に対向する位置での空間磁束変化（合成磁束変化）の脈動は谷であるのに対して、B 位置に対向する位置での空間磁束変化の脈動は山である。これによれば、振動の増幅が抑制される。

## 【 0 0 5 8 】

また、図 7 に示すように、従来例では、磁石極 1 0 と疑似極 1 1 の周方向長さを等しく設計しているため、巻線ピッチ j と磁極間ピッチ k とが同期していた。すなわち、パーミアンス変化極大位置（図 7 の C、D）と相切替わりの位置が完全に同期しており、電気 6 次成分の振動が増大する関係になっていた。

## 【 0 0 5 9 】

これに対して、本実施例では、磁石極 1 0 と疑似極 1 1 の周方向長さに差を設けているため、固定子 2 の電流変化のピッチ（巻線ピッチ j）と磁極間ピッチ k が同期しない。すなわち、パーミアンス変化極大位置（図 6 の A、B）と相切替わりのタイミングがずれる。

例えば、図 6 の B 位置は U 2 の相導体から W 1 の相導体に切り替わる瞬間にも関わらず、図 6 の A 位置は未だ U 2 の相導体を跨いでおり、パーミアンス変化極大位置と相切替わ

10

20

30

40

50

りの位置がずれている。これにより、振動の増幅が抑制される。

【0060】

なお、従来例では、磁石極104の周方向長さは疑似極105の周方向長さと等しく電気角で180度であったが、本実施例では、磁石極10の周方向長さは207度であり、従来例と比べて磁石極の長さが15%増加しているため、従来例と比べて約15%の磁束量を増強可能ともなっている。

【0061】

また、本実施例では、磁石極10を構成する永久磁石の残留磁束密度を $B_r$ 、疑似極11を構成する軟磁性材の飽和磁束密度を $B_{st}$ とすると、

磁石極10の周方向長さ：疑似極11の周方向長さ =  $B_{st} : B_r$

の関係が成立するように、磁石極10の周方向長さが設計されている。

これによれば、永久磁石12及び軟磁性材の材料選定段階において、磁極の周方向長さを一義的に設計することができる。

【0062】

〔実施例2〕

実施例2の電動機装置を、実施例1とは異なる点を中心に図8を用いて説明する。

実施例2は、回転子3における永久磁石12の配置態様が実施例1とは異なっている。

実施例2では、永久磁石12が鉄心13の内側に埋め込まれている。すなわち、磁石極10は、回転子3の周回面の内側に永久磁石12が配設されてなっている。

【0063】

具体的には、磁石固定部17が凸部16と同様に外周側に突出する突状に設けられており、磁石固定部17の内部に永久磁石12が埋め込まれている。

また、1つの磁石極10に2つの永久磁石12が使用されており、2つの永久磁石12は、内周側に凸となるV字状に配置されている。

【0064】

すなわち、磁石極10は、回転子3の周回面の内側に永久磁石12が配設されてなっている。なお、実施例1と同様に、磁石極10の周方向長さ（方向角度 $m$ ）は、疑似極11の周方向長さよりも大きくなっている。

本実施例の永久磁石12の配置態様でも、実施例1と同様の効果を得ることができる。

【0065】

〔実施例3〕

実施例3の電動機装置を、実施例1とは異なる点を中心に図9を用いて説明する。

実施例3は、固定子巻線7の態様が実施例1とは異なっており、セグメントコンダクタ型となっている。

【0066】

本実施例の固定子巻線7は、導体セグメント45を複数個接合することにより形成される。導体セグメント45は、1対の脚部46と、脚部46間を接続するターン部47とを有する。以下に、導体セグメント45による固定子巻線7の形成方法について説明する。

【0067】

図9(a)に示すように、導体セグメント45をU字状の状態（図9(a)の二点鎖線参照）から、脚部46をターン部47を中心に拡開させた状態（図9(a)の破線参照）にする。そして、この状態で脚部46をスロット23の軸方向一端側（図9(b)の図示下方）から挿入し、軸方向他端側（図9(b)の図示上方）に貫通させた後、周方向に所定角度だけ曲げて開く（図9(b)実線参照）。

【0068】

同様に複数の導体セグメント45をスロット23に挿入する。

そして、スロット23から軸方向他端側に貫通した脚部46の先端部46aを、別の導体セグメント45の先端部46aと溶接によって接合する。これによって、複数の導体セグメント45によって固定子巻線7が形成される。

【0069】

10

20

30

40

50

なお、脚部 4 6 の一部がスロット 2 3 に収容されるスロット収容部 3 9 となり、ターン部 4 7 及び、脚部 4 6 の先端側の一部がコイルエンド部 3 8 となる。

このようなセグメントコンダクタ型を採用することによって、固定子巻線 7 の製造及び固定子 2 への組付けが容易となり、大量製造可能となる。

また、コイルエンドが整列されてコンパクトに収めることもできる。つまり電動機 1 0 の小型化を図ることができる。さらに、一般的には分布巻きは集中巻きに対してコイルエンドが増大して電動機全体の小型化を阻害するが、本実施例のようにセグメントコンダクタ型にすることでコイルエンドの増大を抑制することが可能となる。

#### 【 0 0 7 0 】

〔変形例〕

本発明の実施態様は、実施例に限定されず種々の変形例を考えることができる。

例えば、実施例の電動機 1 は内側に回転子 3 を有するインナーロータタイプであったが、アウターロータタイプのものに本発明の固定子 2 を適用してもよい。

また、実施例では、固定子巻線が 2 つの 3 相巻線からなっていたが、固定子巻線は、 $m$  相巻線 ( $m$  は正の整数) であればよい。つまり、実施例では  $m = 3$  としたが、これに限られない。

#### 【 0 0 7 1 】

また、実施例では、磁石極 1 0 に対向するスロット数は  $2m + 1$  であり、疑似極 1 1 に対向するスロット数は  $2m - 1$  であったが、 $2m$  からの差分は 1 に限られない。磁石極 1 0 に対向するスロット数が  $2m$  より多く、疑似極 1 1 に対向するスロット数は  $2m$  より少なくなっていればよい。

#### 【符号の説明】

#### 【 0 0 7 2 】

- 1 電動機
- 2 固定子
- 3 回転子
- 6 固定子鉄心
- 7 固定子巻線
- 1 0 磁石極
- 1 1 疑似極
- 1 2 永久磁石
- 1 3 鉄心
- 2 3 スロット
- 2 7 第 1 の 3 相巻線 ( 第 1 の  $m$  相巻線 )
- 2 8 第 2 の 3 相巻線 ( 第 2 の  $m$  相巻線 )
- 3 1 第 1 の 3 相インバータ ( 第 1 のインバータ )
- 3 2 第 2 の 3 相インバータ ( 第 2 のインバータ )
- 4 5 導体セグメント
- 4 6 脚部
- 4 7 ターン部

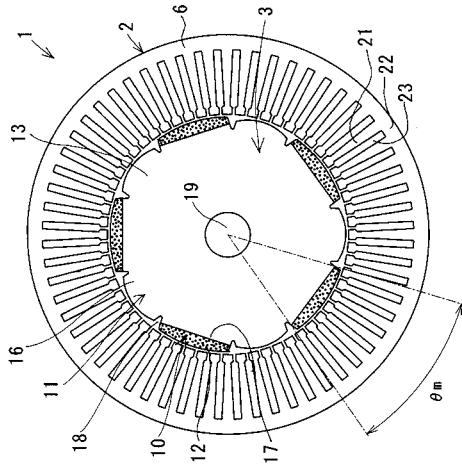
10

20

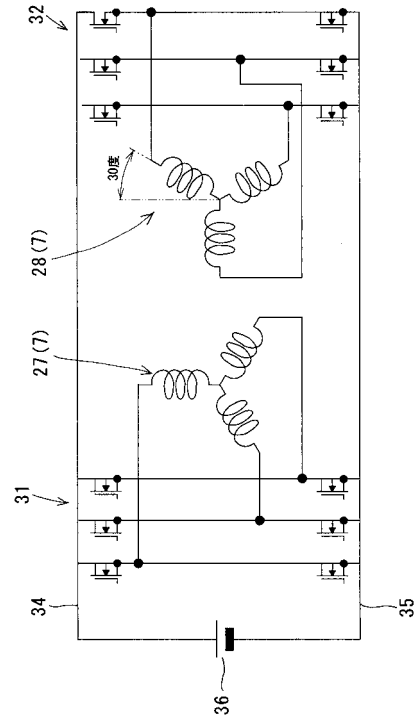
30

40

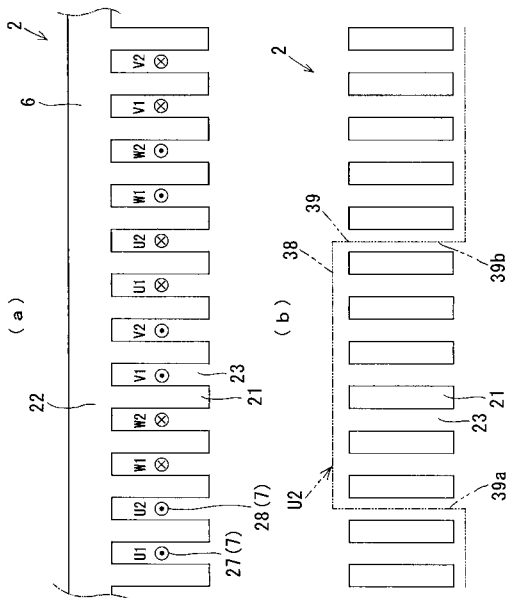
【図 1】



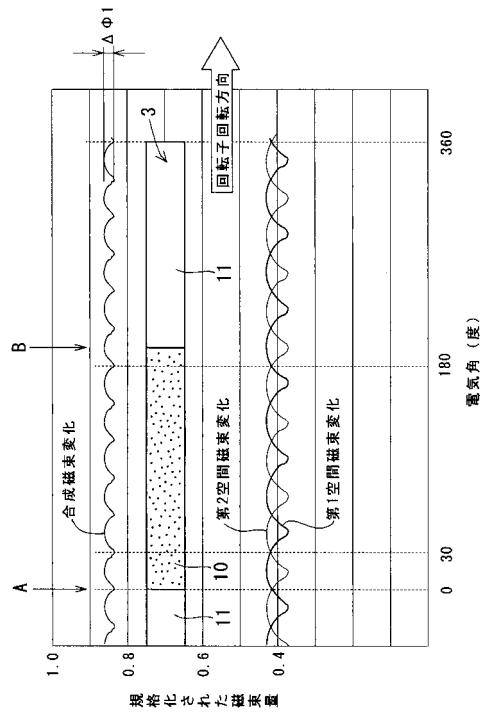
【図 2】



【図 3】

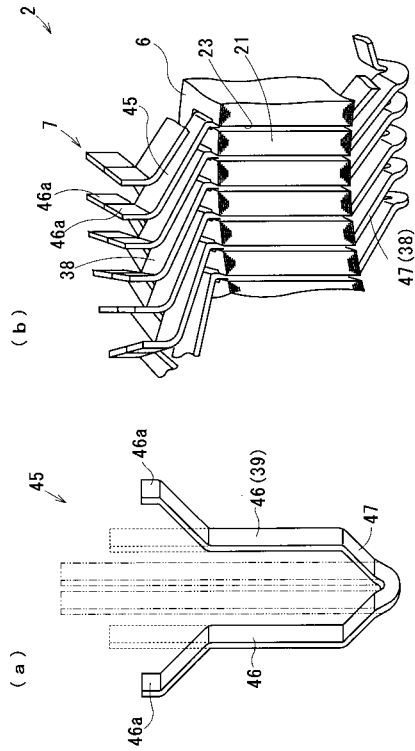


【図 4】





【図 9】



【手続補正書】

【提出日】平成22年12月9日(2010.12.9)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0004】

【特許文献1】特開2004-357489号公報

---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

H 0 2 K 3/28

J

Fターム(参考) 5H601 AA02 AA20 AA23 BB20 CC01 CC20 CC21 DD01 DD11 EE01  
EE06 EE11 EE27 EE35 FF15 GA03 GB05  
5H603 AA01 BB01 BB07 BB10 CA01 CA05 CB05 CB24 CC05 CC17  
5H621 AA03 BB01 BB07 BB10 GA01 GA15 GA16 HH01 JK14  
5H622 AA03 CA02 CA05 CA11 CB04 CB05 CB06 DD02 PP09