

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4626906号
(P4626906)

(45) 発行日 平成23年2月9日(2011.2.9)

(24) 登録日 平成22年11月19日(2010.11.19)

(51) Int.Cl.		F I			
HO2K	19/10	(2006.01)	HO2K	19/10	A
HO2K	1/24	(2006.01)	HO2K	1/24	A
HO2P	25/08	(2006.01)	HO2P	7/00	501

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2000-295248 (P2000-295248)	(73) 特許権者	000101352 アスモ株式会社 静岡県湖西市梅田390番地
(22) 出願日	平成12年9月27日(2000.9.27)	(73) 特許権者	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(65) 公開番号	特開2001-178092 (P2001-178092A)	(74) 代理人	100080045 弁理士 石黒 健二
(43) 公開日	平成13年6月29日(2001.6.29)	(72) 発明者	三村 直久 静岡県湖西市梅田390番地 アスモ株式 会社内
審査請求日	平成19年4月26日(2007.4.26)	(72) 発明者	高部 義之 静岡県湖西市梅田390番地 アスモ株式 会社内
(31) 優先権主張番号	特願平11-285456		
(32) 優先日	平成11年10月6日(1999.10.6)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リラクタンس型電動機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

多相片波通電のリラクタンス型電動機であって、
各相のコイルを通電駆動する駆動回路は、ロータ突極とステータ突極とが交差し始める前から前記コイルの通電を開始し、
前記ロータ突極あるいは前記ステータ突極を構成するコアは、磁性体製薄板よりなる積層板を複数積層して構成され、
前記積層板は、その突極内に複数のスリットあるいは溝を有し、
前記コアの同一突極内では、スリットの位置または本数、あるいはスリット幅が、隣接する積層板毎に異なることを特徴とするリラクタンス型電動機。

【請求項2】

多相片波通電のリラクタンス型電動機であって、
各相のコイルを通電駆動する駆動回路は、ロータ突極とステータ突極とが交差し始める前から前記コイルの通電を開始し、
前記ロータ突極あるいは前記ステータ突極を構成するコアは、磁性体製薄板よりなる積層板を複数積層して構成され、
前記積層板は、その突極内に複数のスリットあるいは溝を有し、
前記コアの同一突極内では、スリットの位置または本数、あるいはスリット幅が、隣接する複数の積層板毎に異なることを特徴とするリラクタンス型電動機。

【請求項3】

多相片波通電のリラクタンس型電動機であって、
 各相のコイルを通電駆動する駆動回路は、ロータ突極とステータ突極とが交差し始める前から前記コイルの通電を開始し、
 前記ロータ突極あるいは前記ステータ突極を構成するコアは、磁性体製薄板よりなる積層板を複数積層して構成され、
 前記積層板は、その突極内に複数のスリットあるいは溝を有し、
 1つの積層板では、隣接する突極ごとに、スリットの位置または本数、あるいはスリット幅が異なり、
 スリットの位置または本数、あるいはスリット幅が異なる突極が重なって設けられたことを特徴とするリラクタンس型電動機。

10

【請求項4】

多相片波通電のリラクタンス型電動機であって、
 各相のコイルを通電駆動する駆動回路は、ロータ突極とステータ突極とが交差し始める前から前記コイルの通電を開始し、
 前記ロータ突極あるいは前記ステータ突極を構成するコアは、磁性体製薄板よりなる積層板を複数積層して構成され、
 前記積層板は、その突極内に複数のスリットあるいは溝を有し、
 前記積層板の表裏が変更して重ねられた、あるいは前記積層板の突極の位置がずらして重ねられた、あるいは積層板の種類が変更して重ねられたことを特徴とするリラクタンス型電動機。

20

【請求項5】

請求項1または請求項2のリラクタンス型電動機において、
 1つの積層板では、隣接する突極ごとに、スリットの位置または本数、あるいはスリット幅が異なり、
 スリットの位置または本数、あるいはスリット幅が異なる突極が重なって設けられたことを特徴とするリラクタンス型電動機。

【請求項6】

請求項1～請求項3、請求項5のいずれかのリラクタンス型電動機において、
 前記積層板の表裏が変更して重ねられた、あるいは前記積層板の突極の位置がずらして重ねられた、あるいは積層板の種類が変更して重ねられたことを特徴とするリラクタンス型電動機。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、多相片波通電のリラクタンス型電動機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

リラクタンス型電動機は、出力トルクが大きい、構造が簡単という利点があるが、反面、高トルクリップルが発生する欠点があり、これまで一部の分野のみで利用されるにとどまっている。

40

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

コイルへの通電開始時期は、図1(a)に示すように、これまでロータ突極とステータ突極とが交差する際に変化するインダクタンス値の上昇開始時に設定されていた。また、通電停止時期はインダクタンス値の上昇終了付近に設定されていた。

このように設けられると、突極に発生するトルクの立ち上がりは、コイルの通電開始の立ち上がり電流の変化により、突極に発生するトルクは、なだらかに立ち上がることになり、リラクタンス型電動機のトルクリップルの要因になっていた。

【0004】

また、突極に発生するトルクの立ち下がり、インダクタンス値の上昇傾斜角の勾配が緩

50

やかになってゆく過程でコイルへの通電が停止されていたため、突極に発生するトルクは、なだらかに立ち下がることになり、これもリラクタンス型電動機のトルクリップルの要因になっていた。

【0005】

【発明の目的】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、突極にフラットなトルクを発生させて、トルクリップルを低減できるリラクタンス型電動機の提供にある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

請求項1～4の手段を採用して、ロータ突極とステータ突極とが交差し始める前からコイルの通電を開始することにより、インダクタンス値が立ち上がる時にはコイルに十分な電流の供給がなされているため、突極に発生するトルクが素早く立ち上がる。このように、トルクが素早く立ち上がるため、突極が重なる初期にフラットなトルクが発生する。これによって、従来に比較してトルクリップルを低減できる。

【0011】

また、請求項1～4の手段では、ロータ突極あるいはステータ突極内に複数のスリットあるいは溝を設けることにより、時束が径方向に整流され回転角度に比例して増加するのでトルクリップルを低減することができる。

【0014】

さらに、請求項1～3の手段では、突極内に挿入可能なスリットの幅や本数の制限が緩和される。これによって、突極幅の小さな小型電動機であっても、スリットに同期するトルクリップルが低減し、十分にトルクリップルを低減することができる。

特に請求項2では複数のスリットが連続するため、隣接する積層板のスリットの重なり部分に生じる磁束が流れやすい部分が形成されず、トルクリップルの低減効果が増大する。

【0015】

請求項4の手段を採用し、積層板の表裏を変更して重ねたことにより、各積層板における各突極の誤差が吸収され、結果的にコアにおける各突極の断面積が同一になる。

請求項4の手段を採用し、積層板の突極の位置をずらして重ねたことにより、各積層板における各突極の誤差が吸収され、結果的にコアにおける各突極の断面積が同一になる。

請求項4の手段を採用し、積層板の種類（スリットの種類や、使用薄板材の種類など）を変更して重ねたことにより、各積層板における各突極の誤差が吸収され、結果的にコアにおける各突極の断面積が同一になる。

【0018】

【発明の実施の形態】

次に、実施の形態を、参考例と実施例と変形例を用いて説明する。

〔第1参考例〕

図1～図4を用いて第1参考例を説明する。まず、図1を用いてロータ突極1とステータ突極2とが交差する際に発生するインダクタンス値の変化と、コイルの通電時期および通電停止時期と、突極に発生するトルクとを説明する。

【0019】

リラクタンス型電動機の各相のコイルを通電駆動する駆動回路は、図1(b)の上段、中段に示すように、インダクタンス値が0の領域、つまりロータ突極1とステータ突極2とが交差する前からコイルの通電を開始するように設けられており、通電を開始してからインダクタンス値が立ち上がるまでの進角量はリラクタンス型電動機の回転数が上昇するほど大きくなるように設けられている。

また、駆動回路は、インダクタンス値の上昇傾斜角度が変化する変化点前、つまりロータ突極1とステータ突極2とが重なりきる前にコイルへの通電を停止するように設けられている。

【0020】

10

20

30

40

50

上記で示したように、ロータ突極 1 とステータ突極 2 が交差する前（インダクタンス値が 0 の領域）からコイルの通電を開始することにより、インダクタンス値の立ち上がり時において、コイルに十分な電流 I が供給される。これによって、突極の交差開始時からコイルに一定の電流 I を供給でき（ $I = \text{一定}$ ）、図 1（b）の下段に示すように、ロータ突極 1 とステータ突極 2 との交差開始時に、突極に素早くトルク T が立ち上がる。

このように、トルク T が素早く立ち上がるため、突極が重なる初期からフラットなトルク T が発生する。これによって、従来に比較してトルクリップルを低減できる。

【0021】

一方、ロータ突極 1 とステータ突極 2 とが重なりきる前（インダクタンス値の上昇変化点前）にコイルへの通電が停止される。これにより、インダクタンス値が一定に立ち上がる状態（ $dL/d = \text{一定}$ ）でコイルへの電流供給が停止される。つまり、インダクタンス値の上昇傾斜角 dL/d が一定の状態においてコイルへの通電が停止されるため、通電が停止される直前まで突極においてフラットなトルク T を発生できる。

このように、通電が停止される直前まで突極においてフラットなトルク T が発生するため、突極が重なる後期においてもフラットなトルク T が発生し、従来に比較してトルクリップルを低減できる。

【0022】

突極に発生するトルク $T = (1/2) I^2 (dL/d)$ で表されるが、上記で示したように、 $I = \text{一定}$ 、 $dL/d = \text{一定}$ であるため、トルク T が一定となる。つまり、突極に発生するトルク T はフラットになる。

このように、突極に発生するトルク T がフラットになることにより、結果的にリラクタンstype電動機のトルクリップルを低減できる。

【0023】

図 2 はロータ 3（コアに相当する）を構成するロータ積層板 4 と、ステータ 5（コアに相当する）を構成するステータ積層板 6 とを示す。この参考例では、図 3 にも示すように、ロータ積層板 4 のロータ突極 1 に複数のスリット 7 が形成されている。この複数のスリット 7 は、ロータ 3 の回転中心から外方向へ伸びるものである。

このように、ロータ突極 1 に複数のスリット 7 が設けられたことにより、ロータ突極 1 における磁束の流れがスムーズになり、突極に発生するトルク T が極めてフラットになるため、結果的にリラクタンstype電動機のトルクリップルを極めて低減できる。

【0024】

ロータ突極 1 に設けられた複数のスリット 7 は、安価に製造するためレーザ加工による形成は避け、金型を用いたプレス加工によって形成されたものであり、好ましくはロータ 3 のロータ積層板 4 をプレス成形する際に同時に形成され、スリット 7 を形成することによる工程数の増加を抑えている。

【0025】

また、製造コストを抑えるために、金型の寿命を伸ばす必要がある。図 4 に、金型の寿命と、ロータ積層板 4 の板厚（ b ）をスリット幅（ a ）で除算したものととの関係を示す。なお、金型寿命は、ショット数で表されるもので、打抜き時のバリの増大、打抜き片の絡みで決定される。この図 4 のグラフに示されるように、金型寿命を伸ばすためには、ロータ積層板 4 の厚みが、スリット最大幅の 5 倍以下となっている必要がある。

【0026】

上記で示したように、ロータ積層板 4 の厚みが、スリット最大幅の 5 倍以下に設けられているため、ロータ積層板 4 のロータ突極 1 にスリット 7 を形成する金型の寿命を長く伸ばすことができる。このように金型に要するコストが低減できることによって、スリット 7 を形成したロータ積層板 4 の製造コストを低く抑えることができる。つまり、ロータ突極 1 にスリット 7 を形成することによって生じるコストの上昇を極力抑えることができる。また、ロータ 3 のロータ積層板 4 をプレス成形する際に複数のスリット 7 を同時に形成することにより、スリット 7 を形成することによる工程数の増加を無くすことができ、これによってもコストを抑えることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

〔 第 2 参 考 例 〕

図 5 ~ 図 1 4 を用いて第 2 参 考 例 を説明する。この第 2 参 考 例 は、より具体的な制御例を示すものである。なお、上記第 1 参 考 例 と同一符号と以下の説明中に示す符号が同一のものは、同一機能物を示すものである。

図 9 に示す駆動回路（以下、CPU10）は、ロータ突極 1 とステータ突極 2 とが重なりきる前にコイルへの通電を停止するように設けられている。このため、リラクタンstype電動機 1 1 の出力トルクを連続させるには、切り替え時に次相の突極が重なり始めていて、次相のインダクタンスが立ち上がっていなければならない。つまり、図 5 に示すように、ある相 A のコイルの通電 A1 を停止する時に、次相 B のインダクタンス B2 が立ち上がっていなければならない、連続したトルクを得ることができない。

10

なお、図中に示すインダクタンスラップ は、コイルの通電停止からロータ突極 1 とステータ突極 2 とが重なりきるまでの角度（ラップ）を示すものであり、このインダクタンスラップ を調節することで、連続したトルクを得ることができる。

【 0 0 2 8 】

また、ロータ突極 1 とステータ突極 2 とが重なりきる前にコイルの通電を停止する制御を行って、リラクタンstype電動機 1 1 の出力トルクを連続させるのに必要なロータ突極 1 の弧角度 X およびステータ突極 2 の弧角度 Y を、図 6、図 7 を参照して説明する。

ロータ極数 $A = 2n$ 、ステータ極数 $B = 2m$ とする。ただし、 n 、 m は自然数であり、 m n の関係である。

20

また、ロータ突極 1 の弧角度 = X、ステータ突極 2 の弧角度 = Y、相数 = q とする。

さらに、必要通電角 θ_0 （機械角）= 電気角 $360^\circ / \text{ロータ極数} / \text{相数}$ である。つまり、必要通電角 $\theta_0 = 360 / (A \times q)$ である。

従って、必要通電角 θ_0 は、ロータ突極 1 とステータ突極 2 の重なりより小さいものであるため、ロータ突極 1 およびステータ突極 2 の弧角度 X、Y は、 $360 / (A \times q)$ より大きいものである。つまり、 $X, Y > 360 / (A \times q)$ を満足するものである。

【 0 0 2 9 】

一方、CPU10 は、ロータ突極 1 とステータ突極 2 とが交差し始める前からコイルを通電し、ロータ突極 1 とステータ突極 2 が重なりきる前にコイルの通電を停止するものである。このことを図 8 を参照して説明する。

30

ロータ突極 1 とステータ突極 2 とが交差し始めてから重なり切るまでの間は、図 8 のインダクタンス変化 L1 に示すようにインダクタンスは上昇するが、重なり切る直前から上昇率が穏やかになる。このため、インダクタンス変化 L1 の上昇が穏やかになる以前にコイルへの通電を停止することにより、通電が停止される直前まで突極においてフラットなトルク T を発生できる。

【 0 0 3 0 】

一方、ロータ突極 1 とステータ突極 2 が交差する前（インダクタンスが立ち上がる前）からコイルに電圧 V1 を印加すると、インダクタンスが小さいため、相電流 I1 は素早く立ち上がる。そして、突極が交差した時にはコイルに十分な相電流 I1 が供給され、電流の必要な角度では十分な電流がコイルに流れる状態にある。つまり、突極の交差開始時からコイルに適切な電流量を供給できる。

40

つまり、突極の交差開始時からコイルに電圧を印加した場合は、そのコイルに流れる電流は図 8 中の実線 I2 になるが、突極が交差する前からコイルの通電を開始することにより、インダクタンスの立ち上がり時において、コイルに十分な相電流 I1 が供給され、図中のハッチングに示す部分だけ多くの電流がコイルに流れることになり、そのコイルへの電流の増加分がトルクの増加に寄与できる。

【 0 0 3 1 】

図 9 ~ 図 1 4 を用いて、具体的なリラクタンstype電動機 1 1 の制御について説明する。

この参考例に示すリラクタンstype電動機 1 1 は、図 9 に示すように、U 相、V 相、W 相のコイルを備えた 3 相電動機であり、各相のコイルは、インバータ回路 1 2 を介して C P

50

U10によって通電制御されるものである。

CPU10は、CPU10を搭載した制御手段であり、リラクタンس型電動機11の出力軸の角度を検出するエンコーダ13から出力される信号に基づき、各相のコイルを通電制御するものである。

【0032】

エンコーダ13は、図10の上段に示すように、出力軸が機械角で360°回転する間に数千パルスの第1センサ信号を発生するとともに、出力軸が機械角で360°回転する間に1パルスの第2センサ信号を発生するものである。

CPU10は、図10の下段に示すように、第1センサ信号と、第2センサ信号とを受けて、コイルの通電を行うための基準信号となるカウンタ値を演算するものである。なお、このカウンタ値は、電気角で360°回転するとリセットされるものであり、ロータ突極数 = Nr とすると、機械角 = 電気角 / Nr で表されるものである。

10

【0033】

CPU10による各相のコイルの通電制御を図11を用いて説明する。ここで、図11(a)は従来(突極の交差開始時にコイルに電圧を印加する)における各相の通電制御を示すものであり、図11(b)は本案(突極の交差開始前からコイルに電圧を印加する)における各相の通電制御を示すものである。

【0034】

従来制御は、CPU10によって算出されたカウンタ値に基づき、図11(a)に示すように、U相コイルA0 ~ A0 + (1/3)B、V相コイルA0 + (1/3)B ~ A0 + (2/3)B、W相コイルA0 + (2/3)B ~ A0のごとく通電制御を行っていた。なお、A0は突極の交差開始時、Bは電気角360°のカウンタ値である。また、図中T0は電気角360°回転する時間を示すものである。

20

【0035】

本案の制御は、CPU10によって算出されたカウンタ値に基づき、図11(b)に示すように、U相コイルA0 - C ~ A0 + (1/3)B、V相コイルA0 - C + (1/3)B ~ A0 + (2/3)B、W相コイルA0 - C + (2/3)B ~ A0のごとく通電制御を行っていた。つまり、従来に比較して、各コイルの通電開始タイミングが進角C値だけ進角したものである。

この進角C値は、リラクタンス型電動機11の回転速度に応じて設定されるものであり、回転速度が速まるほど進角C値が大きく設定されるものである。なお、この進角C値の決定は後述するフローチャート中で説明する。

30

【0036】

次に、CPU10によるカウンタ値の算出、上記進角C値の算出、および各コイルの通電制御を説明する。

カウンタ値の算出のフローチャートを図12を参照して説明する。

まず、エンコーダ13より第1センサ信号(機械角360°で数千のパルス信号)であるパルス信号を受けると、前回のカウンタ値に1を加えた値をカウンタ値とする(ステップS1)。次に、カウンタ値がB(電気角360°のカウンタ値)に達したか否かの判断を行う(ステップS2)。この判断結果がYESの場合は、カウンタ値を0にリセットする(ステップS3)。ステップS2の判断結果がNOの場合はリターンする。

40

この演算フローによって、図11(a)、(b)の上段のカウンタ値が算出される。

【0037】

進角C値の算出のフローチャートを図13(a)、(b)を参照して説明する。

まず、カウンタ値を0にリセットする(ステップS11)。次に、エンコーダ13より第2センサ信号(機械角360°で1回のパルス信号)であるパルス信号を受けると、前回のパルス信号の受信時から今回のパルス受信時までの時間T0を計測する(ステップS12)。続いて、計測した時間T0からリラクタンス型電動機11の回転速度1/T0を算出する(ステップS13)。次に、図13(b)に示すマップを基に、ステップS13で算出した回転速度1/T0から進角C値を算出し(ステップS14)、その後リターンする。

50

以上の演算フローによって、進角C値（突極の交差前のコイルの通電開始時間に相当する）が算出される。

【0038】

各コイルの通電制御のフローチャートを図14を参照して説明する。

まず、突極が交差する時点A0から進角Cをマイナスした値が0以上（ $A0 - C \geq 0$ ）であるか否かの判断を行う（ステップS21）。

このステップS21の判断結果がYESの場合は、カウンタ値が $A0 - C$ より大きく、且つ $A0 + (1/3)B$ 以下であるか否かの判断を行う（ステップS22）。このステップS22の判断結果がYESの場合はU相コイルをONし（ステップS23）、判断結果がNOの場合はU相コイルをOFFする（ステップS24）。

10

【0039】

次に、カウンタ値が $A0 - C + (1/3)B$ より大きく、且つ $A0 + (2/3)B$ 以下であるか否かの判断を行う（ステップS25）。このステップS25の判断結果がYESの場合はV相コイルをONし（ステップS26）、判断結果がNOの場合はV相コイルをOFFする（ステップS27）。

次に、カウンタ値が $A0 - C + (2/3)B$ より大きく、且つ $A0$ 以下であるか否かの判断を行う（ステップS28）。このステップS28の判断結果がYESの場合はW相コイルをONし（ステップS29）、判断結果がNOの場合はW相コイルをOFFし（ステップS30）、その後リターンする。

【0040】

20

なお、上記のステップS21の判断結果がNOの場合は、カウンタ値が $A0 - C + B$ より大きく、且つ $A0 + (1/3)B$ 以下であるか否かの判断を行う（ステップS31）。このステップS31の判断結果がYESの場合はU相コイルをONし（ステップS32）、判断結果がNOの場合はU相コイルをOFFし（ステップS33）、その後ステップS25へ進むものである。以上の制御フローによって、突極が交差する前（進角C値分）から各相のコイルの通電を開始できる。

【0041】

〔第3参考例〕

この第3参考例は、図15に示すように、ステータ5の突極2のみに複数のスリット7を形成したものである。

30

【0042】

〔第4参考例〕

この第4参考例は、図16に示すように、ロータ3の突極1に複数のスリット7を形成するとともに、ステータ5の突極2にも複数のスリット7を形成したものである。

【0043】

〔第5参考例〕

この第5参考例は、スリット7の本数によるトルクリップルの変化を示すものであって、第1参考例（図2参照）で示したステータ5が12スロットで、ロータ3が8極のリラクタンス型電動機（スリット7はロータ3側のみ）を用いて説明する。

図17は、ロータ3の突極1内のスリット7の位置、本数、幅が同一の場合におけるトルク波形を示すもので、実線Aはスリット7が14本の場合であり、実線Bはスリット7が7本の場合である。

40

この図17に示されるように、スリット7が7本の場合は、14本に比較してトルクリップルが増大する。これは、本来スリット7を挿入することにより磁束流れを径方向へ整流させ、回転角度に比例して磁束数を増加させることを目的としているが、スリット7の本数が減少することにより整流効果が薄れてトルクリップルが増加するためである。

【0044】

〔第1実施例〕

第1実施例は、突極幅の小さな小型電動機に用いて好適なものである。ロータ3は、スリット7の仕様が異なる2種類の積層板（スリット仕様A、スリット仕様B）を交互に積

50

層したもので、この２種類のスリット７の仕様は、図１８に示すように、突極１のスリット７の本数と幅が同一で、スリット７位置が異なるものである。

このように設けたロータ３を用いたリラクタンス型電動機のトルク波形を図１９に示す。なお、図中実線Ａはスリット仕様Ａによるトルク波形、実線Ｂはスリット仕様Ｂによるトルク波形、実線Ｃは合成波形である。

この実施例のようにスリット仕様Ａとスリット仕様Ｂの突極１を交互に重ねることで、突極幅の小さな小型電動機であっても、コア突極内に多数のスリット７を形成したのと同等のトルクリップルの低減効果が得られる。

【００４５】

〔第２実施例〕

この第２実施例は、図２０に示すように、スリット仕様Ａとスリット仕様Ｂの突極１が交互に配置された積層板４を、図２１に示すように１極づつずらして交互に積層したもので、上記の第１実施例と同様の効果を得ることができる。

【００４６】

〔第６参考例〕

この第６参考例は、図２２に示すように、スリット７を突極１の外端まで延びたオープンスリットに設けたものである。

上記で示したスリット７は突極１の外端付近までしか延びていないクローズスリットであったため、突極１の先端部分に磁路が形成され、その磁路に磁束が流れ込み、スリット７によるフラックスバリア効果が減少する傾向が見られる。

しかるに、スリット７をオープンスリットにすることにより、突極１先端部分における磁路が形成されなくなり、スリット７によるフラックスバリア効果が増大する。これにより、突極１と対向する突極２との間における磁路が円滑に形成されることになるため、トルクリップルの低減効果が増大する。

【００４７】

〔第３実施例〕

図２３の（ａ）、（ｂ）はスリット７がオープンスリットに設けられた積層板４を積層した突極１を側面から見た図面である。なお、図中、黒で示す部分がスリット７による空気部を示し、白抜き部分が突極１を構成する鉄部を示す。

図２３（ａ）は、２種類の積層板４を交互に重ね、積層板４毎にスリット７の位置をずらしたものであり、隣合う積層板４のスリット７の重なり部分で磁束が流れやすい部分ができってしまう。そのため、磁束は隣接する積層板４に流れてしまい、スリット７によるトルクリップルの低減効果が少なくなってしまう。

そこで、図２３（ｂ）に示すように、２種類の積層板４をそれぞれ複数づつ重ね、スリット７の位置が隣接する複数の積層板４毎に異なるように配置し、同一仕様のスリット７が複数重ねるように配置する。すると、隣合う積層板４間で流れる磁束を大幅に減らすことができ、スリット７によるトルクリップルの低減効果を大きくできる。

【００４８】

〔第７参考例〕

図２４の（ａ）、（ｂ）は突極１を示す図面である。

図２４（ａ）は、スリット７の幅を同一幅で等分に配置したものである。このようなスリット７を設けた突極１は、トルクリップルが低減され、図２５の破線に示すトルク波形が得られる。

しかるに、回転時に対向する対向突極２との対向開始初期に急激な磁気量の増大が発生し、対向開始初期に磁束量が急増してトルクが増大する。

また、回転時に対向する対向突極２との対向開始後期では、急激に磁気量が減少し、対向開始後期に磁気飽和が発生してトルクが低下する。

【００４９】

そこで、図２４（ｂ）に示すように対向突極２に対する回転方向対向前端におけるスリット７の幅を大きくし、回転方向対向前端におけるスリット７による空隙密度を大きく設け

10

20

30

40

50

る。すると、対向開始初期の急激な磁気量の増大が抑えられ、対向開始初期の磁束量が減少してトルクが減少する。

また、図24(b)に示すように対向突極2に対する回転方向対向後端におけるスリット7の幅を小さくし、回転方向対向後端におけるスリット7による空隙密度を小さく設ける。すると、対向開始後期では、磁気飽和が抑えられてトルクが増大する。

【0050】

つまり、図24(b)に示すように、回転方向対向前端のスリット7による空隙密度を大きく設け、回転方向対向後端のスリット7による空隙密度を小さく設けることで、図25の実線に示すトルク波形が得られる。

なお、スリット7の幅を変更することで回転方向対向前端および後端におけるスリット7による空隙密度を変える例を示したが、スリット7の位置を変更したり、スリット7の本数を変更することによって回転方向対向前端および後端におけるスリット7による空隙密度を変えても同様の効果を得ることができる。

【0051】

〔第8参考例〕

図26は突極1を示す図面である。この参考例は、正逆両方に回転するリラクタンstype電動機に用いられるものであって、突極1の両端のスリット7の幅を大きくし、突極1の両端のスリット7による空隙密度を大きく設けたものである。このように、スリット7幅の違いを左右対称に設けることで、正逆回転でのトルクリップルを低減できる。

なお、スリット7の幅を変更することでスリット7による空隙密度を変える例を示したが、スリット7の位置を変更したり、スリット7の本数を変更することによってスリット7による空隙密度を変えても良い。

【0052】

〔第4実施例〕

図27はスリット7がオープンスリットに設けられた積層板4を積層した突極1を側面から見た図面である。なお、図中、黒で示す部分がスリット7による空気部を示し、白抜き部分が突極1を構成する鉄部を示す。

この第4実施例は、2種類の積層板4をそれぞれ複数重ね、2種類の積層板4の割合を変えることによりスリット7による空隙密度を変えたものである。このようにすることも、上記第7参考例と同等の効果を得ることができる。

【0053】

〔第5実施例〕

この第5実施例は、同一の突極1内にスリット7の位置が異なる2種類の積層板4を配置したものであり、一方の積層板4のスリット7と、他方のスリット7との間隔を、図28に示すように等間隔($a = b$)に配置したものである。

一方の積層板4のスリット7と、他方のスリット7との間隔を不等間隔($a > b$ 、 $a < b$)に設けた場合、回転角度に対するトルクの波形は図29(a)に示すようにトルクリップルの山谷が少量発生する。

しかるに、一方の積層板4のスリット7と、他方のスリット7との間隔を等間隔($a = b$)に設けた場合、トルクリップルの山谷が打ち消され、スリット7により発生するトルクリップルがさらに低減できるとともに、図29(b)に示すようにトルクリップルの山谷が打ち消される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 インダクタンス値変化、コイルの通電時期および通電停止時期、トルクの波形を示すグラフである(従来例と第1参考例)。

【図2】 ロータおよびステータの積層板を示す図である(第1参考例)。

【図3】 図2の部分拡大図である(第1参考例)。

【図4】 金型の寿命と、板厚(b) / スリット幅(a)との関係を示すグラフである(第1参考例)。

【図5】 各コイル相への通電パターンを示すグラフである(第2参考例)。

10

20

30

40

50

【図6】 突極の弧角を説明するためのロータおよびステータを示す図である（第2参考例）。

【図7】 必要通電角と突極の弧角の関係を示すグラフである（第2参考例）。

【図8】 相電流の変化を示すグラフである（第2参考例）。

【図9】 制御回路の概略構成図である（第2参考例）。

【図10】 エンコーダ信号とカウンタ値を示す説明図である（第2参考例）。

【図11】 各相のコイルの通電状態を示す説明図である（第2参考例）。

【図12】 カウンタ値を算出するフローチャートである（第2参考例）。

【図13】 進角C値を算出するフローチャートである（第2参考例）。

【図14】 各相のコイルの通電制御を示すフローチャートである（第2参考例）。 10

【図15】 ロータおよびステータの積層板を示す図である（第3参考例）。

【図16】 ロータおよびステータの積層板を示す図である（第4参考例）。

【図17】 トルク波形を示すグラフである（第5参考例）。

【図18】 スリット仕様の異なる突極を示す図である（第1実施例）。

【図19】 トルク波形を示すグラフである（第1実施例）。

【図20】 ロータおよびステータの積層板を示す図である（第2実施例）。

【図21】 スリット仕様の異なる突極の積層状態を示す図である（第2実施例）。

【図22】 オープンスリットを設けた突極の図である（第6参考例）。

【図23】 突極を側面から見た図である（第3実施例）。

【図24】 突極のスリットを示す図である（第7参考例）。 20

【図25】 トルク波形を示すグラフである（第7参考例）。

【図26】 突極のスリットを示す図である（第8参考例）。

【図27】 突極を側面から見た図である（第4実施例）。

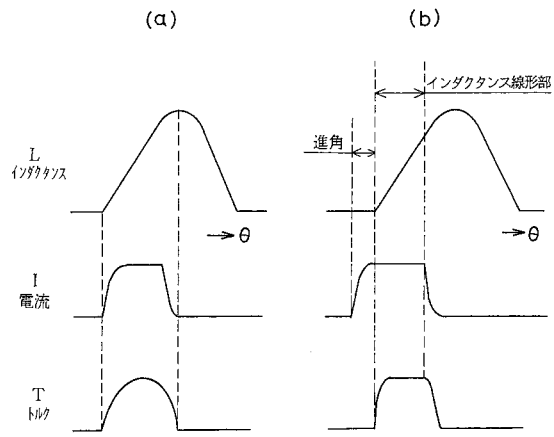
【図28】 突極のスリットを示す図である（第5実施例）。

【図29】 トルク波形を示すグラフである（第5実施例）。

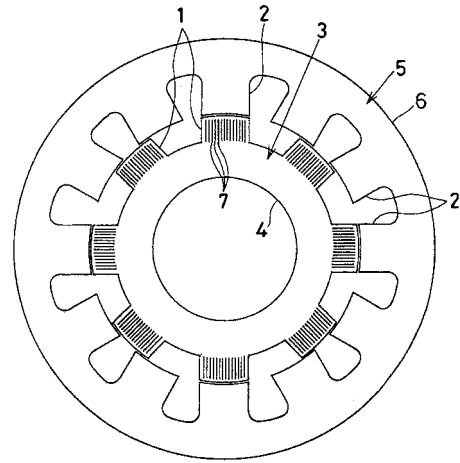
【符号の説明】

- 1 ロータ突極
- 2 ステータ突極
- 3 ロータ（コア）
- 4 ロータ積層板
- 5 ステータ（コア）
- 6 ステータ積層板
- 7 スリット
- 10 CPU（駆動回路）
- 11 リラクタンس型電動機

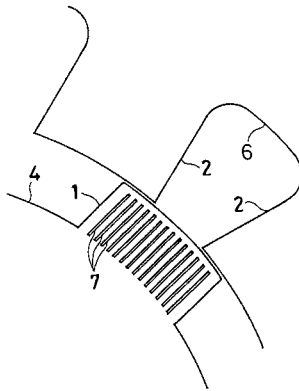
【図1】



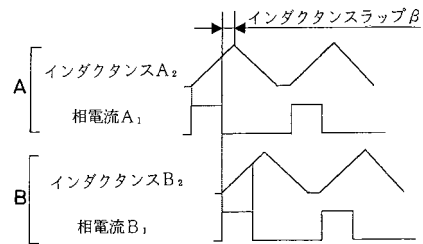
【図2】



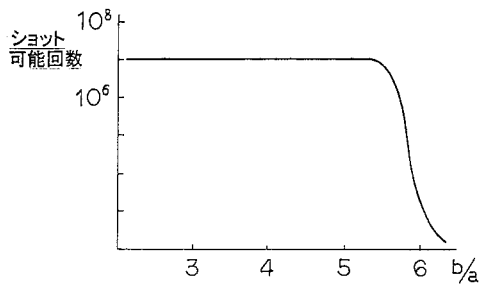
【図3】



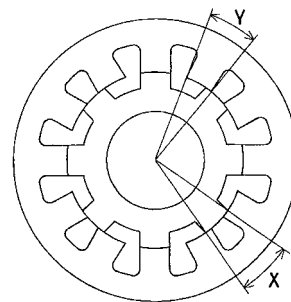
【図5】



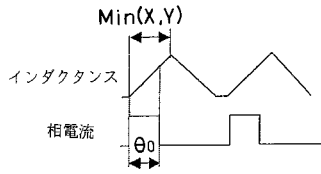
【図4】



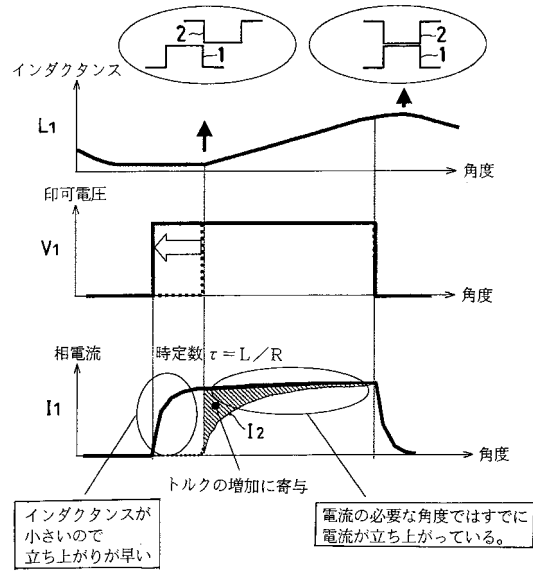
【図6】



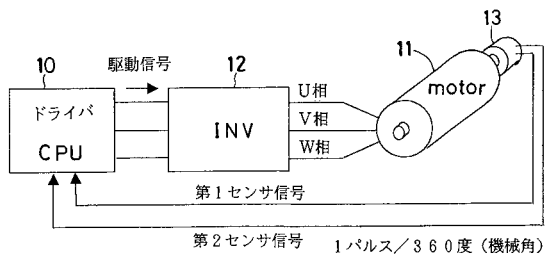
【図7】



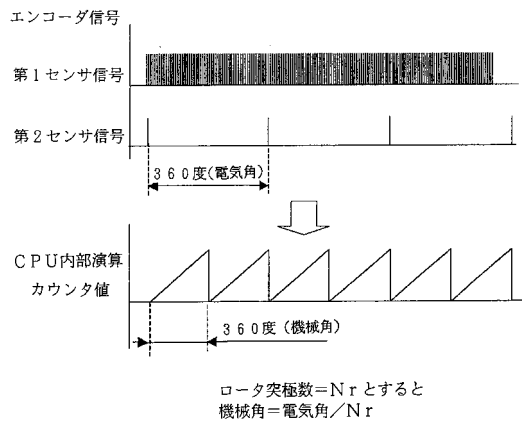
【図8】



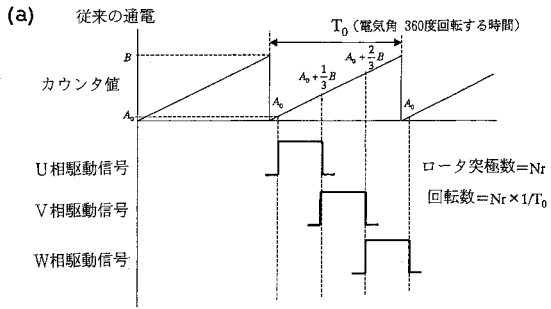
【図9】



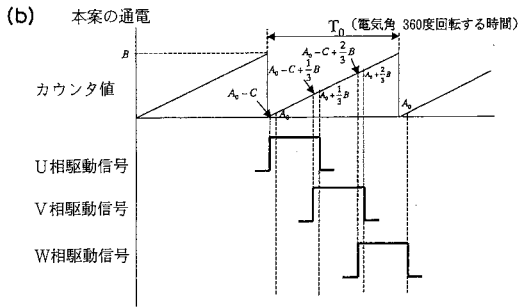
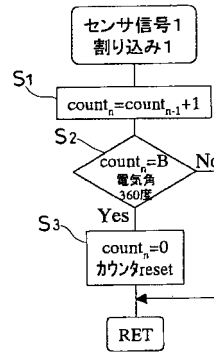
【図10】



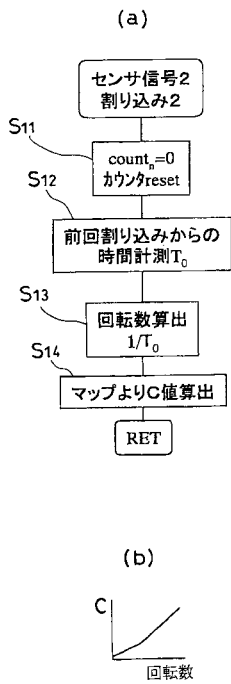
【図 1 1】



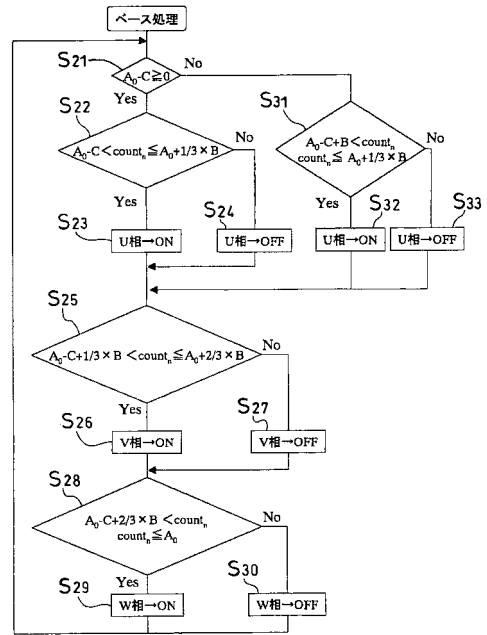
【図 1 2】



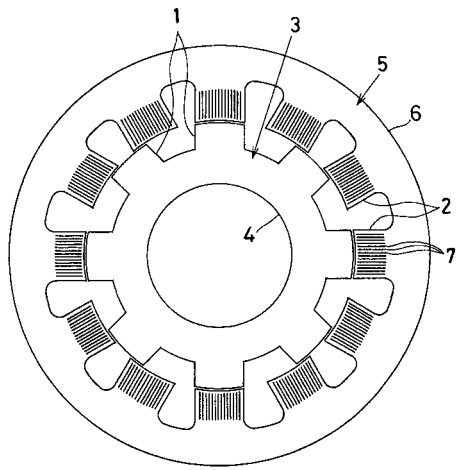
【図 1 3】



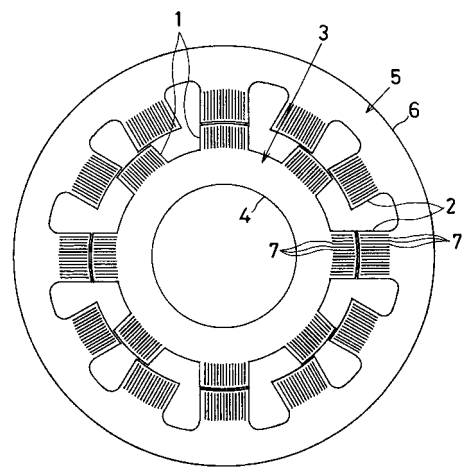
【図 1 4】



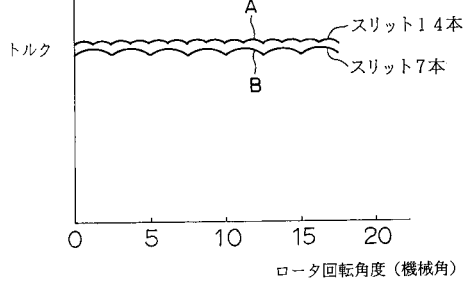
【図15】



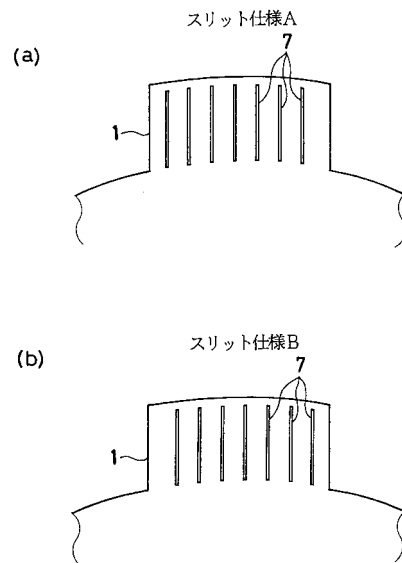
【図16】



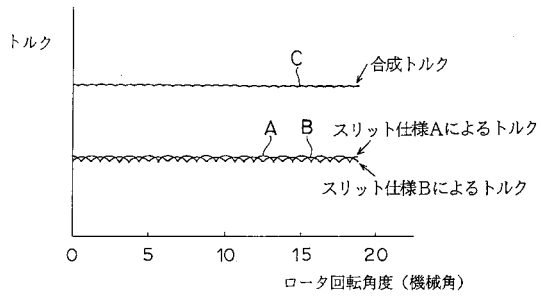
【図17】



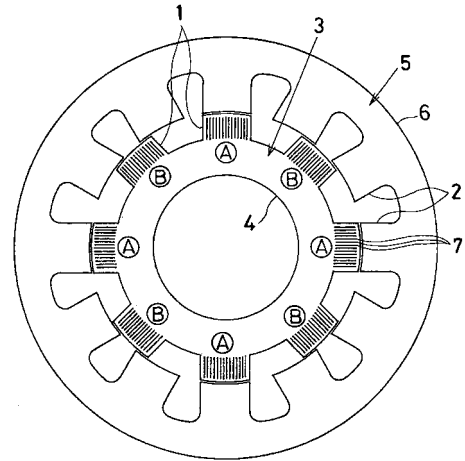
【図18】



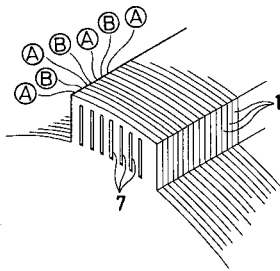
【図19】



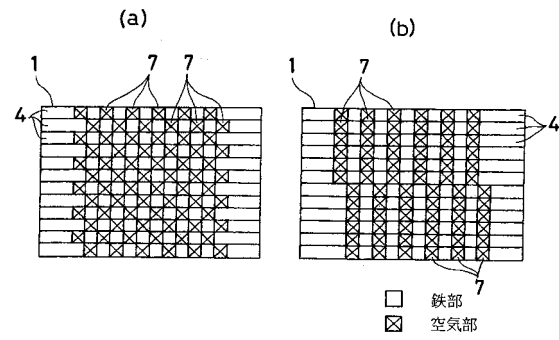
【図20】



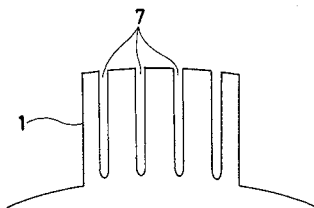
【図21】



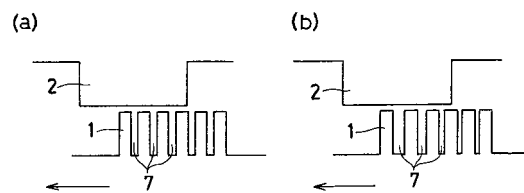
【図23】



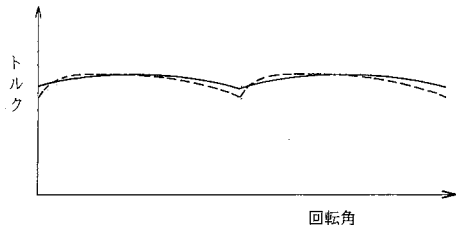
【図22】



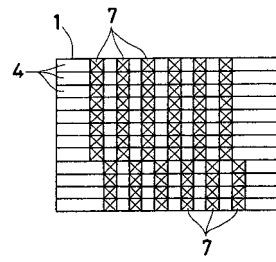
【図24】



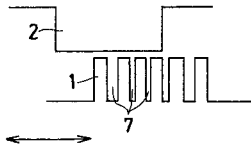
【図 25】



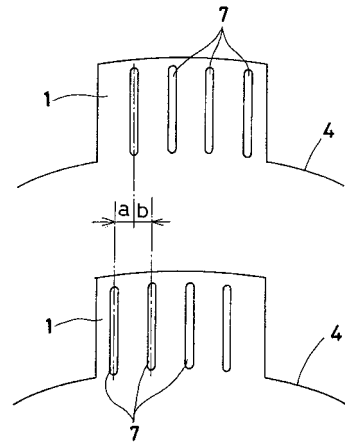
【図 27】



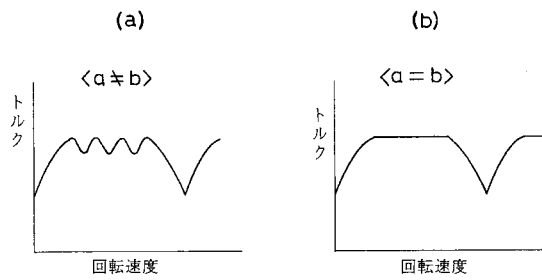
【図 26】



【図 28】



【図 29】



フロントページの続き

- (72)発明者 牧田 真治
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 齋藤 友宏
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 吉田 秀治
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 天坂 康種

- (56)参考文献 特開平02-123999(JP,A)
特開平03-143285(JP,A)
特開平08-126273(JP,A)
特開平10-309095(JP,A)
特開平11-103594(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 7/00- 7/34
H02K 5/00- 5/26
H02K 19/00-19/38