(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2011-151902
(P2011-151902A)
(43)公開日　平成23年8月4日(2011.8.4)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H02K 1/14	(2006.01)	H02K 1/14	C	5H601
H02K 37/14	(2006.01)	H02K 37/14	535K	
		H02K 37/14	535B	

審査請求 未請求　請求項の数 5　OL　（全 15 頁）

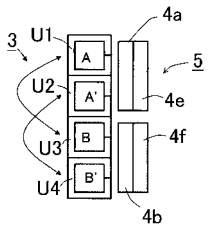
(21)出願番号　特願2010-9570(P2010-9570)
(22)出願日　平成22年1月20日(2010.1.20)

(71)出願人　000106944
シナノケンシ株式会社
長野県上田市上丸子１０７８
(74)代理人　100077621
弁理士　綿貫　隆夫
(74)代理人　100092819
弁理士　堀米　和春
(74)代理人　100141634
弁理士　平井　善博
(72)発明者　癸生川　幸嗣
長野県上田市上丸子１０７８　シナノケンシ株式会社内

Ｆターム(参考)　5H601 AA22 CC01 CC15 CC16 CC21 DD01 DD09 DD11 EE39 GA10 GA11 GB05 GB13 GB48 GD02 GD09

(54)【発明の名称】永久磁石型回転機

(57)【要約】　（修正有）
【課題】ステータユニットに対して永久磁石が軸方向に変位して組み付けられてもコギングトルクを低減でき、しかもコスト低減や更なるトルクアップが可能な永久磁石型回転機を提供する。
【解決手段】Ｑ＝２（２相モータ）、ｍ＝１、ｎ＝２の場合、１相目のステータユニットはＡ相－Ａ´相の２つに分割されており、２相目のステータユニットはＢ相－Ｂ´相の２つに分割されている。Ａ相のステータユニットはいずれか一方の積層端から１番目に、一つ目の永久磁石４ａに対向して積層され、Ｂ相ステータユニットは積層端から３番目に、二つ目の永久磁石４ｂと対向して、Ａ相‐Ａ´相‐Ｂ相‐Ｂ´相となるように積層されている。
【選択図】図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
Ｑ相励磁駆動方式（Ｑは２以上の偶数）で、空芯状に巻かれたコイルをステータヨークにより挟み込んで極歯どうしが噛み合うように形成されるステータユニットが複数積層され、積層される全てのステータユニットの各ステータヨークが同数の極歯をロータ回転方向に所定ピッチで形成され、かつ同相のステータユニットが１相当たりｎ個（ｎは１以上の整数でＱとの積ｎＱが４以上の整数になる）に分割されて同芯状に積層される多相励磁方式のステータと、前記ステータヨークに形成される極歯に対向する磁極が形成され軸方向に複数個配置された永久磁石を備えたロータを有する永久磁石型回転機であって、
前記永久磁石の磁極数をＰとすると、(360°/(２Ｐ))の角度差を持って積層された相が異なる２つのステータユニットのうち、少なくとも１相目のステータユニットはいずれか一方の積層端からｍ番目（ｍは（ｎＱ／２）以下で１以上の整数）に、永久磁石と対向して積層され、前記１相目のステータユニットと励磁周期で１／４周期ずれている２相目のステータユニットは前記積層端から（（ｎＱ／２）＋ｍ）番目に、他の永久磁石と対向して各々積層される構造を含むことを特徴とする永久磁石型回転機。
【請求項２】
前記永久磁石は、シャフトの軸方向に沿って第１磁石と第２磁石が分割されて設けられており、前記第１磁石は前記ステータユニットのいずれか一方の積層端から１番目から（ｎＱ／２）番目のステータユニットの極歯に対向配置され、前記第２磁石は前記積層端から（（ｎＱ／２）＋１）番目からｎＱ番目のステータユニットの極歯に各々対向配置されている請求項１記載の永久磁石型回転機。
【請求項３】
いずれか一方の積層端の軸方向に直交する面から第１磁石までの軸方向の距離Ｔ１と、積層されたステータユニットの軸方向に直交する中間面から第２磁石までの軸方向の距離Ｔ２が、０．６＜Ｔ２／Ｔ１＜１．６となる位置に配置されている請求項２記載の永久磁石型回転機。
【請求項４】
前記永久磁石は、シャフトの軸方向に沿って第１磁石，第２磁石，第３磁石，第４磁石が各々分割配置されており、前記第１磁石及び第２磁石は、前記ステータユニットのいずれか一方の積層端から１番目から（ｎＱ／２）番目のステータユニットの極歯に対向配置され、前記第３磁石及び第４磁石は、前記積層端から（（ｎＱ／２）＋１）番目から（ｎＱ）番目のステータユニットの極歯に各々対向配置されている請求項１記載の永久磁石型回転機。
【請求項５】
いずれか一方の積層端の軸方向に直交する面から前記第１磁石までの距離Ｔ１、及び第２磁石までの距離Ｔ２と、積層されたステータユニットの軸方向に直交する中間面から前記第３磁石までの距離Ｔ３及び第４磁石までの距離Ｔ４が、０．６＜Ｔ３／Ｔ１＜１．６、０．６＜Ｔ４／Ｔ２＜１．６となる位置に配置されている請求項４記載の永久磁石型回転機。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、例えば複写機、プリンター等のＯＡ機器やコンピュータ周辺機器、自動車、ＦＡ関連の搬送装置などの駆動源に用いられる多相ステッピングモータなどの永久磁石型回転機に関する。
【背景技術】
【０００２】
多相ステッピングモータには、ロータに永久磁石を用いたＰＭ型、ロータに歯車状の鉄芯を用いたＶＲ型、ロータに歯車状の鉄芯と永久磁石を用いたハイブリッド（ＨＢ）型など様々なモータ（インナーロータ型、アウターロータ型）が用いられる。ＰＭ型の多相ス

テッピングモータは、軸方向に積層された複数のステータユニットに対向してＮ極とＳ極が交互に着磁された永久磁石を備えたロータが設けられる。各ステータユニットのコイルに電流方向を切り換えて通電することで、ステータ磁極とロータ磁極との吸引反発によりロータが回転するようになっている。

【０００３】

永久磁石型回転機においては、ロータとしてシャフトに単一の永久磁石を設け、２つのステータユニットを対向配置したものが数多く用いられている。ステータユニットは相数と同じ数だけ積層される（特許文献１参照）。近年のモータ高効率化ニーズに応え、少ない入力で大きなトルクを出すために、永久磁石に最大磁気エネルギー積の大きい希土類磁石（例えば、ネオジウム鉄ボロン等）を用いるケースが増加しているが、この構造では、極歯（クローポール）根元部分での磁束が飽和しやすく、十分なトルク特性を得られない問題が見られる場合がある。

【０００４】

そこで、近年ステータヨークの極歯（クローポール）根元部分での磁束が飽和しにくくトルクを出しやすいこと、一ステータユニットの板厚を薄型にでき加工コストの抑制や加工精度の向上が実現できる、などの理由から、４ステータユニット以上のステータを備えた永久磁石型回転機が注目されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２０００－４５７０号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかしながら、多相ステッピングモータをユーザー側が装置に組み付ける際に、ステータユニットに対して永久磁石が軸方向に移動して組み付けられると、コギングトルクを相殺するように積層されたステータユニット同士の、対向する永久磁石の軸方向長さ（磁石とクローポールの対向する面積）のバランスを失うおそれがある。その結果、ロータのコギングトルクがばらつき、モータの振動・騒音が増加するおそれがある。

さらに、モータの高効率化のニーズに応えるために最大磁気エネルギー積の大きい希土類磁石を用いる場合、永久磁石とステータユニットの位置関係のズレが微小であっても、磁束変化量の不均衡は大きくなってしまい、振動・騒音の問題が一層顕著に現われるおそれがある。

【０００７】

このため、シャフトの軸受部材とロータとの間に断面コ字状のワッシャとスプリングワッシャ、板ばねなどを設けてロータに対して予圧を加えることが行なわれているが、部品点数が嵩み製造コストも高くなるうえに、摩擦負荷の増加等モータトルクを減少させる要因も増加する。さらに、ばねの劣化によりロータ位置が出荷時から時系列的に変化し、コギングトルクが時間とともに増加するという問題も考えられる。

【０００８】

本発明はこれらの課題を解決すべくなされたものであり、その目的とするところは、ステータユニットに対して永久磁石が軸方向に変位して組み付けられてもコギングトルクを低減でき、しかもコスト低減や更なるトルクアップが可能な永久磁石型回転機を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

本発明は上記目的を達成するため、次の構成を備える。

Ｑ相励磁駆動方式（Ｑは２以上の偶数）で、空芯状に巻かれたコイルをステータヨークにより挟み込んで極歯どうしが噛み合うように形成されるステータユニットが複数積層され、積層される全てのステータユニットの各ステータヨークが同数の極歯をロータ回転方

向に所定ピッチで形成され、かつ同相のステータユニットが１相当たりｎ個（ｎは１以上の整数でＱとの積ｎＱが４以上の整数になる）に分割されて同芯状に積層される多相励磁方式のステータと、前記ステータヨークに形成される極歯に対向する磁極が形成され軸方向に複数個配置された永久磁石を備えたロータを有する永久磁石型回転機であって、前記永久磁石の磁極数をＰとすると、(360°/(２Ｐ))の角度差を持って積層された相が異なる２つのステータユニットのうち、少なくとも１相目のステータユニットはいずれか一方の積層端からｍ番目（ｍは（ｎＱ／２）以下で１以上の整数）に、永久磁石と対向して積層され、前記１相目のステータユニットと励磁周期で１／４周期ずれている２相目のステータユニットは前記積層端から（（ｎＱ／２）＋ｍ）番目に、他の永久磁石と対向して各々積層される構造を含むことを特徴とする。

【００１０】

また、前記永久磁石は、シャフトの軸方向に沿って第１磁石と第２磁石が分割されて設けられており、前記第１磁石は前記ステータユニットのいずれか一方の積層端から１番目から（ｎＱ／２）番目のステータユニットの極歯に対向配置され、前記第２磁石は前記積層端から（（ｎＱ／２）＋１）番目からｎＱ番目のステータユニットの極歯に各々対向配置されていることを特徴とする。

【００１１】

また、いずれか一方の積層端の軸方向に直交する面から第１磁石までの軸方向の距離Ｔ１と、積層されたステータユニットの軸方向に直交する中間面から第２磁石までの軸方向の距離Ｔ２が、０．６＜Ｔ２／Ｔ１＜１．６となる位置に配置されていることを特徴とする。

【００１２】

或いは、前記永久磁石は、シャフトの軸方向に沿って第１磁石，第２磁石，第３磁石，第４磁石が各々分割配置されており、前記第１磁石及び第２磁石は、前記ステータユニットのいずれか一方の積層端から１番目から（ｎＱ／２）番目のステータユニットの極歯に対向配置され、前記第３磁石及び第４磁石は、前記積層端から（（ｎＱ／２）＋１）番目から（ｎＱ）番目のステータユニットの極歯に各々対向配置されていることを特徴とする。

【００１３】

この場合、いずれか一方の積層端の軸方向に直交する面から前記第１磁石までの距離Ｔ１、及び第２磁石までの距離Ｔ２と、積層されたステータユニットの軸方向に直交する中間面から前記第３磁石までの距離Ｔ３及び第４磁石までの距離Ｔ４が、０．６＜Ｔ３／Ｔ１＜１．６、０．６＜Ｔ４／Ｔ２＜１．６となる位置に配置されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１４】

上述した永久磁石型回転機を具体例で説明すると、以下の通りである。例えば、Ｑ＝２（２相モータ）、ｍ＝１、ｎ＝２の場合、１相目のステータユニットはＡ相－Ａ´相の２つに分割されており、２相目のステータユニットはＢ相－Ｂ´相の２つに分割されている。Ａ相のステータユニットはいずれか一方の積層端から１番目に、一つ目の永久磁石に対向して積層され、Ｂ相ステータユニットは積層端から３番目に、二つ目の永久磁石と対向して、Ａ相‐Ａ´相‐Ｂ相‐Ｂ´相となるように積層されている。尚、永久磁石の磁極数ＰとしたときＡ相とＢ相、Ａ´相とＢ´相は（360°/(２Ｐ))の位相角（電気角で９０°ｅ（ｅは電気角表記の意））を持たせて積層されており、同相のステータユニットＡ相‐Ａ´相間、Ｂ相‐Ｂ´相間は、(360°/(４Ｐ))の位相角（電気角で４５°ｅ）を持たせて積層されている。なお、Ａ相とＢ相、Ａ´相とＢ´相は励磁周期で１／４周期ずれている。

このようにステータユニットを積層することで、永久磁石とステータ間の磁気回路により生じるコギングトルクをＡ相‐Ｂ相、Ａ´相‐Ｂ´相間で各々打ち消すことができるのでモータ全体のコギングトルクを低減することができる。

【００１５】
永久磁石は、シャフトの軸方向に沿って第１磁石と第２磁石が設けられており、第１磁石は、ステータユニットのいずれか一方の積層端から１番目から２番目のステータユニットに対向配置され、第２磁石は、積層端から３番目から４番目のステータユニットに各々対向配置されている。このように第１磁石と第２磁石が配置されていると、ステータに対してロータが軸方向に変位して組み付けられても、（360°/(２Ｐ)）の角度差を持つＡ相－Ｂ相間、Ａ′－Ｂ′相間においてコギングトルクを相殺することができる。
【００１６】
第１磁石と第２磁石は、いずれか一方の積層端の軸方向に直交する面から第１磁石までの軸方向の距離Ｔ１と、積層されたステータユニットの軸方向に直交する中間面から第２磁石までの軸方向の距離Ｔ２が、０．６＜Ｔ２／Ｔ１＜１．６となる位置に配置されていると、ロータの軸方向に組み付け誤差が生じても、第１磁石と第２磁石との隙間によりステータの磁極歯と対向する永久磁石の対向面積の増減量が軸方向で変化せず、磁束量の不均衡を少なくしてコギングトルクを低減することができる。
【００１７】
また、永久磁石は、シャフトの軸方向に沿って第１磁石，第２磁石，第３磁石，第４磁石が設けられており、第１磁石及び第２磁石は、ステータユニットのいずれか一方の積層端から１番目から２番目のステータユニットに対向配置され、第３磁石及び第４磁石は、積層端から３番目から４番目のステータユニットに各々対向配置されている。このように、第１磁石乃至第４磁石が分割されて配置されていると、ステータに対してロータが軸方向に変位して組み付けられても、（360°/(２Ｐ)）の角度差を持つＡ相－Ｂ相間、Ａ′－Ｂ′相間においてコギングトルクを相殺することができる。
【００１８】
また、ロータの軸方向に組み付け誤差が生じても、第１磁石乃至第４磁石に存在する隙間によりステータの磁極歯と対向する永久磁石の対向面積の増減量が軸方向で変化せず、磁束量の不均衡を少なくしてコギングトルクを低減することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１９】
【図１】ステータの断面図及びロータの前方斜視図である。
【図２】ステータとロータの分解斜視図である。
【図３】第１実施例に係るステータの積層構造とロータの配置関係を示す模式図である。
【図４】図３の各ステータユニットに発生するコギングトルクの大きさとこれらを合成したコギングトルクの大きさを示すグラフ図である。
【図５】図３のロータが軸方向にずれて組み付けられた状態を示す模式図である。
【図６】図５の状態で各ステータユニットに発生するコギングトルクの大きさとこれらを合成したコギングトルクの大きさを示すグラフ図である。
【図７】図３に示すステータの積層構造及びロータの配置の対比例を示す模式図である。
【図８】図７の各ステータユニットに発生するコギングトルクの大きさとこれらを合成したコギングトルクの大きさを示すグラフ図である。
【図９】図７のロータが軸方向にずれて組み付けられた状態を示す模式図である。
【図１０】図９の状態で各ステータユニットに発生するコギングトルクの大きさとこれらを合成したコギングトルクの大きさを示すグラフ図である。
【図１１】図３に示すステータの積層構造及びロータの配置の他の対比例を示す模式図である。
【図１２】図１１の各ステータユニットに発生するコギングトルクの大きさとこれらを合成したコギングトルクの大きさを示すグラフ図である。
【図１３】図１１のロータが軸方向にずれて組み付けられた状態を示す模式図である。
【図１４】図１３の状態で各ステータユニットに発生するコギングトルクの大きさとこれらを合成したコギングトルクの大きさを示すグラフ図である。
【図１５】第２実施例に係るステータの積層構造とロータの配置関係を示す模式図である

。
【図１６】図１５の各ステータユニットに発生するコギングトルクの大きさとこれらを合成したコギングトルクの大きさを示すグラフ図である。
【図１７】図１５のロータが軸方向にずれて組み付けられた状態を示す模式図である。
【図１８】図１７の状態で各ステータユニットに発生するコギングトルクの大きさとこれらを合成したコギングトルクの大きさを示すグラフ図である。
【図１９】図１５に示すステータの積層構造及びロータの配置の対比例を示す模式図である。
【図２０】図１９の各ステータユニットに発生するコギングトルクの大きさとこれらを合成したコギングトルクの大きさを示すグラフ図である。
【図２１】図１９のロータが軸方向にずれて組み付けられた状態を示す模式図である。
【図２２】図２１の状態で各ステータユニットに発生するコギングトルクの大きさとこれらを合成したコギングトルクの大きさを示すグラフ図である。
【図２３】ステータユニットの積層端からの永久磁石の距離とコギングトルクの大きさの関係を示すグラフ図である。
【発明を実施するための形態】
【００２０】
以下、本発明に係る永久磁石型回転機の実施形態について、添付図面を参照しながら説明する。以下の実施形態では、永久磁石型回転機の一例として多相ステッピングモータを例示して説明するものとする。多相ステッピングモータは、例えばＯＡ機器やコンピュータ周辺機器、自動車、ＦＡ関連の搬送装置などに用いられる。本実施形態では、インナーロータ型の多相ステッピングモータを例示して説明する。
【００２１】
図２において励磁相数Ｑ（本実施例ではＱ＝２）である多相ステッピングモータは、空芯状に巻かれたコイル（図示せず）をステータヨーク１により挟み込んでクローポール（極歯）２どうしが噛み合うように形成されるステータユニットＵ１～Ｕ４を具備し、励磁周期が同じ（同相の）ステータユニットが１相当たりｎ個（ｎは励磁相数Ｑとの積ｎＱが４以上の整数となるような１以上の整数；本実施例ではｎ＝２）に分割されて同芯状に積層されたステータ３と、ステータヨーク１に形成されるクローポール２に対向して磁極が形成された永久磁石４を備えたロータ５を有する。
【００２２】
多相ステッピングモータの概略構成について図１を参照して説明する。ロータ５は、周方向にＮ極とＳ極が交互に着磁された永久磁石４がシャフト（回転軸）６に一体に設けられている。永久磁石４は、シャフト６の軸方向に沿って第１磁石４ａと第２磁石４ｂが設けられており、ステータ３のクローポール２に対向して設けられる。
【００２３】
図１において、ステータ３は、図示しないボビンに空芯状に巻かれたコイルを磁性材料からなる上下のステータヨーク１ａ，１ｂにより挟み込んで櫛歯状のクローポール２ａ、２ｂどうしが噛み合うように形成される。ステータ３は、図示しないハウジングに収納され軸受部にてシャフト６が回転可能に軸支されて組み付けられる。
【００２４】
図１において、ステータ３は、励磁周期が同じ（同相の）ステータユニットＵ１及びＵ２と、ステータユニットＵ３及びＵ４が１相当たりｎ個（ｎは２以上の整数；図１ではｎ＝２）に分割されて同芯状に積層されている。
【００２５】
［第１実施例］
図３において、ステータ３は、ステータユニットＵ１及びＵ２をＡ相及びＡ´相とし、ステータユニットＵ３及びＵ４をＢ相及びＢ´相とする２相励磁方式（Ｑ＝２）が採用されている。永久磁石４の磁極数をＰとすると、Ａ相とＢ相及びＡ´相とＢ´相は(360°/(２Ｐ))の角度差を持って積層されている。Ａ相のステータユニットＵ１は一方の積層端か

ら１番目（ｍ番目＝１；ｍは（ｎＱ／２）以下で１以上の整数）に積層され、Ｂ相のステータユニットＵ３は積層端から３番目（（ｍ＋（ｎＱ／２））番目＝３）に各々積層されている。

【００２６】

ステータの積層構造について説明すると、Ａ相‐Ａ´相‐Ｂ相‐Ｂ´相となるように積層されている。具体的には、永久磁石４の磁極数Ｐとしたとき、Ａ相とＢ相、Ａ´相とＢ´相は(360°/(２Ｐ))の位相角（電気角で９０°ｅ（ｅは電気角表記の意））を持たせて積層されており、同相のステータユニットＡ相‐Ａ´相間、Ｂ相‐Ｂ´相間は、(360°/(４Ｐ))の位相角（電気角で４５°ｅ）を持たせて積層されている。なお、Ａ相とＢ相、Ａ´相とＢ´相は励磁周期で１／４周期ずれている。

【００２７】

永久磁石４は、シャフト６の軸方向に沿って第１磁石４ａと第２磁石４ｂが分割されて設けられており、バックヨーク４ｅ，４ｆを介してシャフト６に一体に組み付けられている。

【００２８】

第１磁石４ａは、ステータ３のうち一方の積層端（上端）から１番目から２（＝ｎＱ／２）番目のステータユニットＵ１，Ｕ２に対向配置され、第２磁石４ｂは、積層端（上端）から３（（ｎＱ／２）＋１）番目から４（ｎＱ）番目のステータユニットＵ３，Ｕ４に各々対向配置されている。より具体的には、積層端（上端）の軸方向に直交する面（第１ステータユニットＵ１の上端面）から第１磁石４ａまでの軸方向の距離Ｔ１と、第２ステータユニットＵ２と第３ステータユニットＵ３の界面（積層されたステータユニットの軸方向に直交する中間面）から第２磁石４ｂまでの軸方向の距離Ｔ２が等しくなるような位置に配置されている。

なお、Ｔ１とＴ２が同じ距離になることが理想ではあるが必ずしも同じ距離にならなくてもよく、モータの使用上問題無い程度の違いならば良い。これに関して図２３を用いて以下に説明する。

【００２９】

図２３は図３のステータ３と永久磁石４の構成で、Ｔ２／Ｔ１を横軸に、コギングトルクの大きさを縦軸にとりその関係を示したものである。Ｔ２／Ｔ１が１のときＴ１＝Ｔ２、１未満のときＴ１＞Ｔ２、１を超えるときＴ１＜Ｔ２である。横軸で１（Ｔ１＝Ｔ２）を中心にコギングトルクが小さくなっていくことがわかる。経験上この最小値から２０％程度コギングトルクが増えてもモータを使用するうえで問題とならないことがわかっている。２０％増加するのはＴ２／Ｔ１が０．６と１．６であり、したがって０．６＜Ｔ２／Ｔ１＜１．６であれば十分コギングトルクを低く抑えることができると考えてよい。

【００３０】

図４（ａ）にＡ相ステータユニットＵ１及びＡ´相ステータユニットＵ２と第１磁石４ａ間、Ｂ相ステータユニットＵ３及びＢ´相ステータユニットＵ４と第２磁石４ｂ間に各々発生するコギングトルクの大きさの関係を示す。図４（ｂ）にはこれら４つのコギングトルクを全て合成した大きさを示す。Ａ相ステータユニットＵ１‐Ｂ相ステータユニットＵ３との間、Ａ´相ステータユニットＵ２‐Ｂ´相ステータユニットＵ４との間でコギングトルクの大きさが各々相殺されるため、ステータ３全体で発生するコギングトルクを低減することができる。

【００３１】

図５は、ロータ５が軸方向にずれて組み付けられた場合を示す。図５においては、ロータ５が軸方向でＡ相ステータユニットＵ１側に移動した状態を示す。このとき、Ａ相ステータユニットＵ１と第１磁石４ａとの対向面積、Ｂ相ステータユニットＵ３と第２磁石４ｂとの対向面積は各々増えているが、Ａ´相ステータユニットＵ２と第１磁石４ａとの対向面積、Ｂ´相ステータユニットＵ４と第２磁石４ｂとの対向面積が各々減少している。

【００３２】

図６（ａ）にＡ相ステータユニットＵ１及びＡ´相ステータユニットＵ２と第１磁石４

ａとの間、Ｂ相ステータユニットＵ３及びＢ´相ステータユニットＵ４と第２磁石４ｂとの間に各々発生するコギングトルクの大きさの関係を示す。図６（ｂ）にはこれら４つのコギングトルクを全て合成した大きさを示す。Ａ相ステータユニットＵ１‐Ｂ相ステータユニットＵ３との間、Ａ´相ステータユニットＵ２‐Ｂ´相ステータユニットＵ４との間でコギングトルクの大きさが各々相殺されるため、ステータ３全体で発生するコギングトルクを低減することができる。

よって、ロータ５の軸方向に組み付け誤差が生じても、第１磁石４ａと第２磁石４ｂとの隙間によりステータ３の磁極歯と対向する永久磁石４の対向面積の増減量が軸方向で変化せず、磁束量の変化を少なくしてコギングトルクを低減することができる。

【００３３】

［比較例１］

次に図３のステータ配置に対する比較例について図７乃至図１０を参照して説明する。尚、ロータ５の構成は図３と同様であるので説明を省略する。

ステータ３は２相励磁方式で１相当たり２つのユニットに分割されている点は第１実施例と同様であるが、ステータユニットの積層構造が異なっている。

【００３４】

図７において、ステータ３は、上端側よりＡ相ステータユニットＵ１、Ａ´相ステータユニットＵ２、Ｂ´相ステータユニットＵ４及びＢ相ステータユニットＵ３の順に積層されている。即ち、Ａ相及びＡ´相とＢ´相及びＢ相が積層方向中間部を対称面として面対称に組み付けられている。

また、永久磁石４の磁極数Ｐとしたとき、Ａ相とＢ相、Ａ´相とＢ´相は(360°/(２Ｐ))の位相角（電気角で９０°ｅ（ｅは電気角表記の意））を持たせて積層されており、同相のステータユニットＡ相‐Ａ´相間、Ｂ相‐Ｂ´相間は、(360°/(４Ｐ))の位相角（電気角で４５°ｅ）を持たせて積層されている点は第１実施例と同様である。なお、Ａ相とＢ相、Ａ´相とＢ´相は励磁周期で１／４周期ずれていることも同様である。

【００３５】

図８（ａ）に、Ａ相ステータユニットＵ１及びＡ´相ステータユニットＵ２と対向する第１磁石４ａ、Ｂ´相ステータユニットＵ４及びＢ相ステータユニットＵ３と対向する第２磁石４ｂ間に各々発生するコギングトルクの大きさの関係を示す。図８（ｂ）にはこれら４つのコギングトルクを全て合成した大きさを示す。Ａ相ステータユニットＵ１‐Ｂ相ステータユニットＵ３との間、Ａ´相ステータユニットＵ２‐Ｂ´相ステータユニットＵ４との間でコギングトルクの大きさが各々相殺されるため、ステータ３全体で発生するコギングトルクを低減することができる。

【００３６】

図９は、ロータ５が軸方向にずれて組み付けられた場合を示す。図９においては、ロータ５が軸方向でＡ相ステータユニットＵ１側に移動した状態を示す。このとき、Ａ相ステータユニットＵ１と第１磁石４ａとの対向面積及びＢ´相ステータユニットＵ４と第２磁石４ｂとの対向面積が各々増加しているが、Ａ´相ステータユニットＵ２と第１磁石４ａとの対向面積、Ｂ相ステータユニットＵ３と第２磁石４ｂとの対向面積は各々減少している。

【００３７】

図１０（ａ）は、Ａ相ステータユニットＵ１及びＡ´相ステータユニットＵ２と第１磁石４ａとの間に発生するコギングトルク、Ｂ´相ステータユニットＵ４及びＢ相ステータユニットＵ３と第２磁石４ｂ間に発生するコギングトルクの大きさの関係を示す。図１０（ｂ）はこれら４つのコギングトルクを全て合成した大きさを示す。Ａ相ステータユニットＵ１‐Ｂ相ステータユニットＵ３間においてはコギングトルクが相殺されずに残り、Ａ´相ステータユニットＵ２‐Ｂ´相ステータユニットＵ４との間においてもコギングトルクが相殺されずに残ってしまうため、ステータ３全体においてもコギングトルクが発生する。

【００３８】

［比較例２］
次に図３のステータ配置に対する他の比較例について図１１乃至図１４を参照して説明する。尚、ロータ５の構成は図３と同様であるので説明を省略する。
ステータ３は２相励磁方式で１相当たり２つのユニットに分割されている点は第１実施例と同様であるが、ステータユニットの積層構造が異なっている。
【００３９】
図１１において、ステータ３は、上端側よりＡ相ステータユニットＵ１、Ｂ相ステータユニットＵ３、Ａ´相ステータユニットＵ２、Ｂ´相ステータユニットＵ４の順に積層されている。即ち、Ａ相ステータユニットとＢ相ステータユニットが交互に積層されている。
【００４０】
また、永久磁石４の磁極数Ｐとしたとき、Ａ相とＢ相、Ａ´相とＢ´相は(360°/(２Ｐ))の位相角（電気角で９０°ｅ（ｅは電気角表記の意））を持たせて積層されており、同相のステータユニットＡ相‐Ａ´相間、Ｂ相‐Ｂ´相間は、(360°/(４Ｐ))の位相角（電気角で４５°ｅ）を持たせて積層されている点は第１実施例と同様である。なお、Ａ相とＢ相、Ａ´相とＢ´相は励磁周期で１／４周期ずれていることも同様である。
【００４１】
図１２（ａ）にＡ相ステータユニットＵ１及びＢ相ステータユニットＵ３と第１磁石４ａ間、Ａ´相ステータユニットＵ２及びＢ´相ステータユニットＵ４と第２磁石４ｂ間に各々発生するコギングトルクの大きさの関係を示す。図１２（ｂ）にこれら４つのコギングトルクを全て合成した大きさを示す。Ａ相ステータユニットＵ１‐Ｂ相ステータユニットＵ３との間、Ａ´相ステータユニットＵ２‐Ｂ´相ステータユニットＵ４との間でコギングトルクの大きさが各々相殺されるため、ステータ３全体で発生するコギングトルクを低減することができる。
【００４２】
図１３は、ロータ５が軸方向にずれて組み付けられた場合を示す。図１３においては、ロータ５が軸方向でＡ相ステータユニットＵ１側に移動した状態を示す。このとき、Ａ相ステータユニットＵ１と第１磁石４ａとの対向面積及びＡ´相ステータユニットＵ２と第２磁石４ｂとの対向面積が各々増加しているが、Ｂ相ステータユニットＵ３と第１磁石４ａとの対向面積、Ｂ´相ステータユニットＵ４と第２磁石４ｂとの対向面積は各々減少している。
【００４３】
図１４（ａ）は、Ａ相ステータユニットＵ１及びＢ相ステータユニットＵ３と第１磁石４ａとの間に発生するコギングトルク、Ａ´相ステータユニットＵ２及びＢ´相ステータユニットＵ４と第２磁石４ｂ間に各々発生するコギングトルクの大きさを示す。図１４（ｂ）はこれら４つのコギングトルクを全て合成した大きさを示す。Ａ相ステータユニットＵ１‐Ｂ相ステータユニットＵ３間においてはコギングトルクが相殺されずに残り、Ａ´相ステータユニットＵ２‐Ｂ´相ステータユニットＵ４との間においてもコギングトルクが相殺されずに残ってしまうため、ステータ３全体においてもコギングトルクが発生する。
【００４４】
このように第一実施例の積層順であれば、永久磁石が２個配置されており、Ａ相のステータユニットＵ１が一方の積層端から１番目（ｍ番目＝１；ｍは（ｎＱ／２）以下で１以上の整数）に積層され、Ｂ相のステータユニットＵ３が積層端から３番目（（ｍ＋（ｎＱ／２））番目＝３）に各々積層されている時、ステータ３に対してロータ５が軸方向にずれて組み付けられても、Ａ相‐Ｂ相間、Ａ´‐Ｂ´相間においてコギングトルクを相殺することができる。
【００４５】
［第２実施例］
次に永久磁石回転機の他例について図１５乃至図１８を参照して説明する。

第１実施例と同一部材には同一番号を付して説明を援用するものとする
本実施例は、ステータ３の積層構造は図３と同様であるが、ロータ５の構成が異なっている。

【００４６】

図１５において、永久磁石４は、シャフト６の軸方向に沿って第１磁石４ａ，第２磁石４ｂ，第３磁石４ｃ，第４磁石４ｄが各々設けられている。第１磁石４ａは一方の積層端（上端）から１番目のＡ相ステータユニットＵ１に対向配置され、第２磁石４ｂは２番目のＡ´相ステータユニットＵ２に対向配置され、第３磁石４ｃは３番目のＢ相ステータユニットＵ３に対向配置され、第４磁石４ｄは、４番目のＢ´相ステータユニットＵ４に各々対向配置されている。

【００４７】

この場合、第１磁石４ａ乃至第４磁石４ｄは、積層端（上端）の軸方向に直交する面（第１ステータユニットＵ１の上端面）から第１磁石４aまでの軸方向の距離Ｔ１及び第２磁石４ｂまでの距離Ｔ２と、第２ステータユニットＵ２と第３ステータユニットＵ３の界面（積層されたステータユニットの軸方向に直交する中間面）から第３磁石４ｃまでの軸方向の距離Ｔ３及び第４磁石４ｄまでの距離Ｔ４がそれぞれ等しくなるような位置に配置されている。

【００４８】

実施例１において図２３を用いて説明したように、距離Ｔ１，Ｔ２，Ｔ３，Ｔ４がすべて同じ距離になることが理想ではあるが必ずしも同じ距離にならなくてもよく、モータの使用上問題無い程度の違いならば良い。すなわち０．６＜Ｔ３／Ｔ１＜１．６、０．６＜Ｔ４／Ｔ２＜１．６となる位置に各々配置されていればよい。

【００４９】

尚、第１磁石４ａ乃至第４磁石４ｄは図示しないがバックヨークを介してシャフト６に組み付けられている。また、永久磁石４の磁極数Ｐとしたとき、Ａ相とＢ相、Ａ´相とＢ´相は(360°/(２Ｐ))の位相角（電気角で９０°ｅ（ｅは電気角表記の意））を持たせて積層されており、同相のステータユニットＡ相‐Ａ´相間、Ｂ相‐Ｂ´相間は、(360°/(４Ｐ))の位相角（電気角で４５°ｅ）を持たせて積層されている点は第１実施例と同様である。なお、Ａ相とＢ相、Ａ´相とＢ´相は励磁周期で１／４周期ずれていることも同様である。

【００５０】

図１６（ａ）にＡ相ステータユニットＵ１と第１磁石４ａ間及びＢ相ステータユニットＵ３と第３磁石４ｃ間、Ａ´相ステータユニットＵ２と第２磁石４ｂ間及びＢ´相ステータユニットＵ４と第４磁石４ｄ間に各々発生するコギングトルクの大きさの関係を示す。図１６（ｂ）にこれら４つのコギングトルクを全て合成した大きさを示す。Ａ相ステータユニットＵ１‐Ｂ相ステータユニットＵ３との間、Ａ´相ステータユニットＵ２‐Ｂ´相ステータユニットＵ４との間でコギングトルクの大きさが各々相殺されるため、ステータ３全体で発生するコギングトルクを低減することができる。

【００５１】

図１７は、ロータ５が軸方向にずれて組み付けられた場合を示す。図１７においては、ロータ５が軸方向でＡ相ステータユニットＵ１側に移動した状態を示す。このとき、Ａ相ステータユニットＵ１と第１磁石４ａとの対向面積、Ａ´相ステータユニットＵ２と第２磁石４ｂとの対向面積、Ｂ相ステータユニットＵ３と第３磁石４ｃとの対向面積、Ｂ´相ステータユニットＵ４と第４磁石４ｄとの対向面積は変化していない。

【００５２】

図１８（ａ）は、Ａ相ステータユニットＵ１と第１磁石４ａ間、Ａ´相ステータユニットＵ２と第２磁石４ｂ間、Ｂ相ステータユニットＵ３と第３磁石４ｃ間、Ｂ´相ステータユニットＵ４と第４磁石４ｄ間に各々発生するコギングトルクの大きさを示す。図１８（ｂ）はこれら４つのコギングトルクを全て合成した大きさを示す。Ａ相ステータユニットＵ１、Ａ´相ステータユニットＵ２、Ｂ相ステータユニットＵ３、Ｂ´相ステータユニッ

トＵ４に発生するコギングトルクの大きさが変化しないため、図１６（ａ）（ｂ）同様にコギングトルクが相殺され、ステータ３全体で発生するコギングトルクを低減することができる。

【００５３】

［比較例］

次に第１実施例及び第２実施例の永久磁石型回転機の比較例について図１９乃至図２２を参照して説明する。第２実施例と同一部材には同一番号を付して説明を省略するものとする。図１９において、ステータ３の積層構造は第２実施例と同様であるため説明を省略する。ロータ５はシャフト６に対してバックヨーク４ｇを介して単一の永久磁石４ｈが設けられている。即ち、永久磁石４ｈは、Ａ相ステータユニットＵ１、Ａ´相ステータユニットＵ２、Ｂ相ステータユニットＵ３、Ｂ´相ステータユニットＵ４の各磁極歯と対向配置されている。同一モータ長を前提とした場合、永久磁石４ｈの両端側、即ちＡ相ステータユニットＵ１及びＢ´相ステータユニットＵ４の軸方向の対向面積は、ロータ５を回転可能とするため短くなっている。

【００５４】

図２０（ａ）にＡ相ステータユニットＵ１、Ａ´相ステータユニットＵ２、Ｂ相ステータユニットＵ３、Ｂ´相ステータユニットＵ４と永久磁石４ｈ間に各々発生するコギングトルクの大きさの関係を示す。Ａ´相ステータユニットＵ２、Ｂ相ステータユニットＵ３の軸方向の対向面積に比べてＡ相ステータユニットＵ１及びＢ´相ステータユニットＵ４の軸方向の対向面積が小さいため、Ａ相－Ｂ相間、Ａ´相‐Ｂ´相間においてコギングトルクを打ち消すことができない。図２０（ｂ）にこれら４つのコギングトルクを全て合成した大きさを示す。Ａ相ステータユニットＵ１‐Ｂ相ステータユニットＵ３との間、Ａ´相ステータユニットＵ２‐Ｂ´相ステータユニットＵ４との間でコギングトルクの大きさが各々相殺できないため、ステータ３全体においてもコギングトルクが残ってしまう。

【００５５】

図２１は、ロータ５が軸方向にずれて組み付けられた場合を示す。図２１においては、ロータ５が軸方向でＡ相ステータユニットＵ１側に移動した状態を示す。このとき、Ａ´相ステータユニットＵ２、Ｂ相ステータユニットＵ３と永久磁石４ｈとの対向面積は変化していないが、Ａ相ステータユニットＵ１と永久磁石４ｈとの対向面積は増加し、Ｂ´相ステータユニットＵ４と永久磁石４ｈとの対向面積は減少している。

【００５６】

図２２（ａ）は、Ａ相ステータユニットＵ１、Ａ´相ステータユニットＵ２、Ｂ相ステータユニットＵ３、Ｂ´相ステータユニットＵ４と永久磁石４ｈ間に各々発生するコギングトルクの大きさを示す。図２２（ｂ）はこれら４つのコギングトルクを全て合成した大きさを示す。Ａ´相ステータユニットＵ２－Ｂ´相ステータユニットＵ４間においてはコギングトルクが相殺されずに残り、ステータ３全体においてもコギングトルクが発生する。

【００５７】

このように第一及び第二の実施例のような磁石配置方法であれば、ロータ５の軸方向に組み付け誤差が生じても、複数設けられた永久磁石４の間に存在する隙間によりステータ３の磁極歯と対向する永久磁石４の対向面積の増減量が軸方向で変化せず、磁束量の不均衡を少なくしてコギングトルクを低減することができる。

また、予圧ばね等の部品を省略して製造コストも低減することができる。

【００５８】

また、ロータ５に設けられる永久磁石４を２つ組み付ける第１実施例は、ロータ５に設けられる永久磁石４を４つ組み付ける第２実施例よりも部品点数が少ないため組立コストも減り、ステータ３に対するロータ５の組み付け精度（寸法公差）の影響を少なくすることが可能になることから、部品コストとしても低減できる。

さらに、第１実施例及び第２実施例の、複数の永久磁石の間に存在する隙間の長さが等しいとした場合、第一実施例の方が磁石長を長くすることでモータトルク特性を向上させ

ることができる。

【００５９】

上述した実施例では、インナーロータ型の多相ステッピングモータについて説明したが、ステータがロータに囲まれて配置されるアウターロータ型の多相ステッピングモータについても適用できる。

【００６０】

また、ステータ３はＡ相及びＢ相が励磁周期で１／４周期ずれるように励磁される２相励磁方式の場合について説明したが、４相励磁方式であってもよい。この場合、励磁周期で１／８周期ずれるように励磁される相が４相設けられるが、これは励磁周期で１／４周期ずれるように励磁される、異なる２相が２組設けられるという、本実施例と同じ形態をとることができる。

【００６１】

また、積層された各ステータユニット間に磁極歯どうしが直に重なり合う界面部が軸方向で３箇所以上形成され、これらの界面部のうちで直に重なり合う磁極歯どうしのロータ回転方向の中間位置が電気角で９０°±３０°の位相差で積層される界面部が１対以上存在するようにステータユニットを積層することにより、永久磁石４と対向する磁極歯が軸方向で直に重なり合う界面部を通過する磁気回路に起因するコギングトルクをさらに低減することができる。

【００６２】

また、１パルスで１ステップ角の回転駆動を行なうフルステップ駆動のみならず、分解能を高め振動低減を図るマイクロステップ駆動を行なう場合には、相乗効果として低振動性をより向上させることができる。

また、本実施例では、２相ステッピングモータについて説明したが、これに限定されるものではなく、軸方向の長さが長くなるが低振動を実現した４相、６相…などの多相ステッピングモータなどの多様な永久磁石型回転機を提供することができる。

【００６３】

また、本実施例では、複数の永久磁石を用いたときその実施例内の永久磁石は同じ形態（形状、材質等）であることを前提にして説明したが、磁束量が同じならば異なる形態の磁石でも良い。

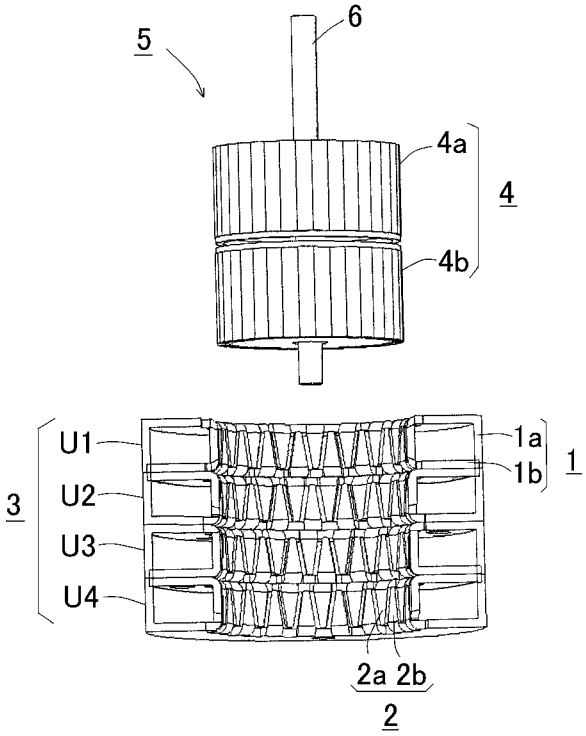
また、本実施例では、Ａ相を常に積層端に配置して説明したが、Ｂ相が積層端になる、とするように、Ａ相とＢ相、Ａ´相とＢ´相の積層順が入れ替わっても同様の効果が得られる。

【符号の説明】

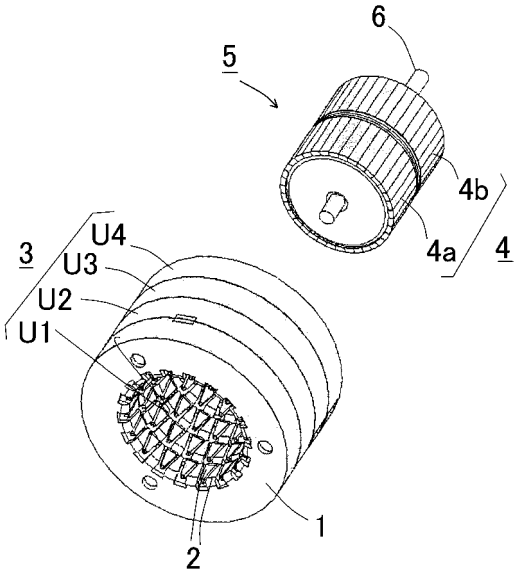
【００６４】

Ｕ１，Ｕ２，Ｕ３，Ｕ４　ステータユニット
１，１ａ，１ｂ　ステータヨーク
２，２ａ，２ｂ　クローポール
３　ステータ
４，４ｈ　永久磁石
４ａ　第１磁石
４ｂ　第２磁石
４ｃ　第３磁石
４ｄ　第４磁石
４ｅ，４ｆ，４ｇ　バックヨーク
５　ロータ
６　シャフト

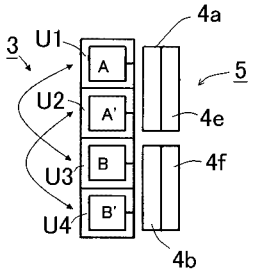
【図１】



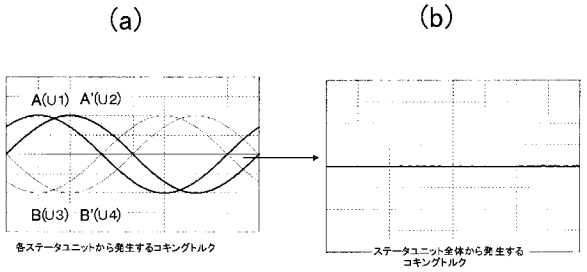
【図２】



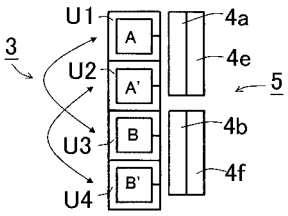
【図３】



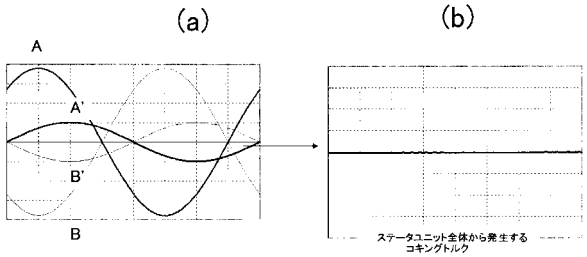
【図４】



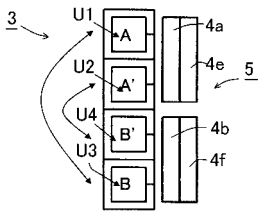
【図５】



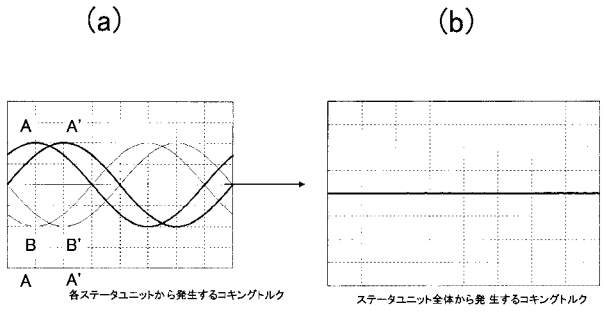
【図６】



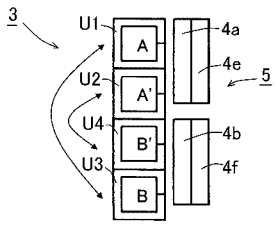
【図７】



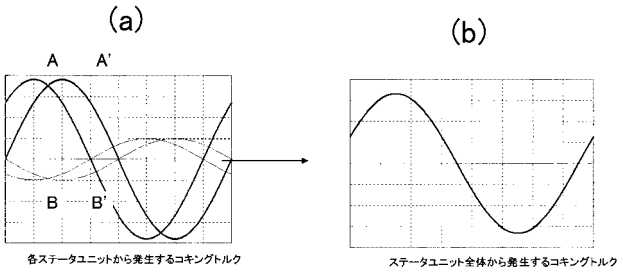
【図８】



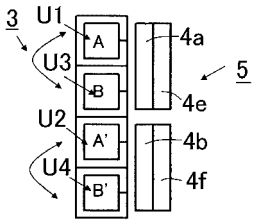
【図９】



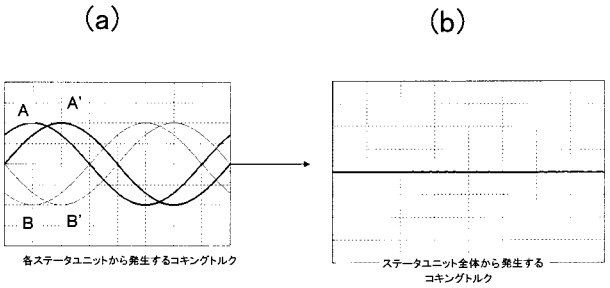
【図１０】



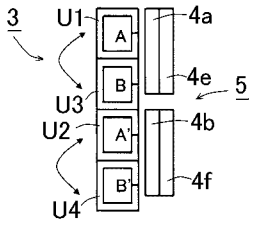
【図１１】



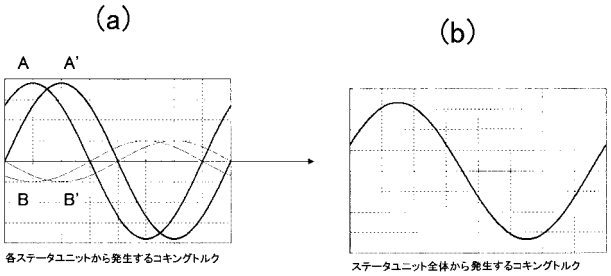
【図１２】



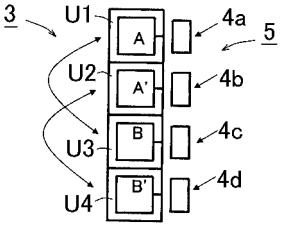
【図１３】



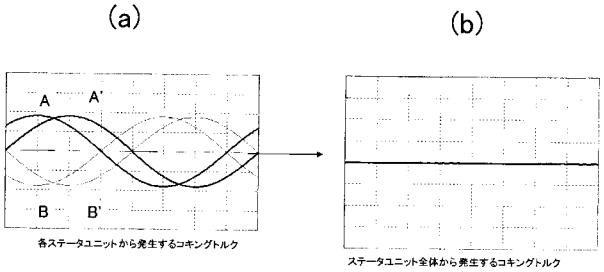
【図１４】



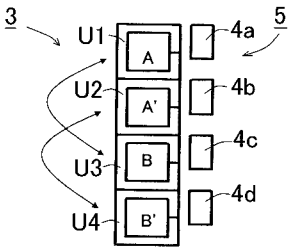
【図１５】



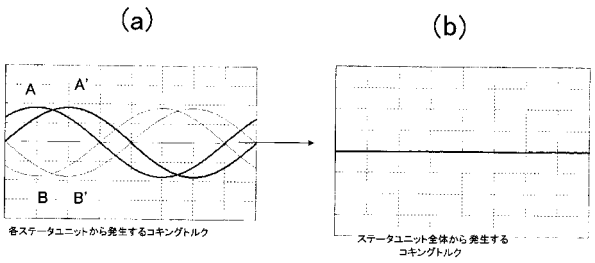
【図１６】



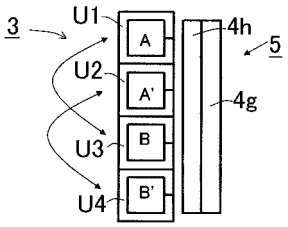
【図１７】



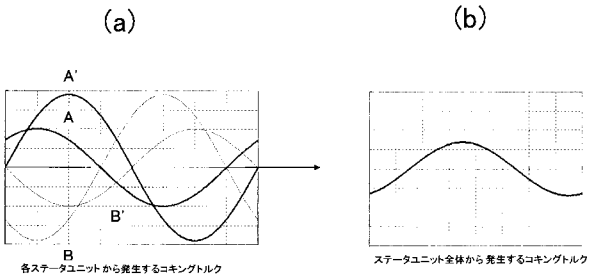
【図１８】



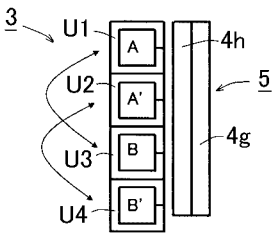
【図１９】



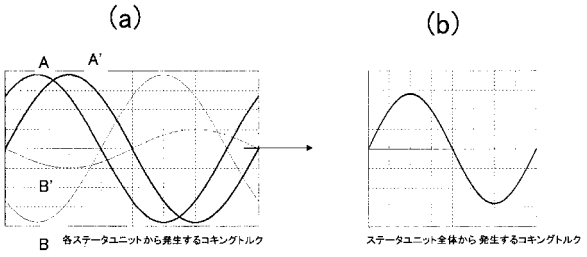
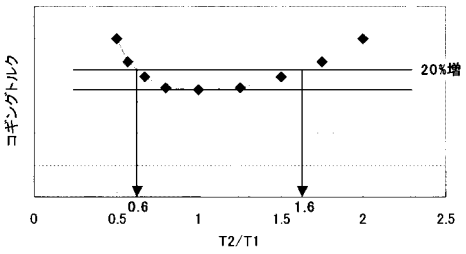
【図２０】



【図２１】



【図２２】



【図２３】