

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4522192号  
(P4522192)

(45) 発行日 平成22年8月11日(2010.8.11)

(24) 登録日 平成22年6月4日(2010.6.4)

(51) Int.Cl. F 1  
H02K 41/03 (2006.01) H02K 41/03 A

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2004-243421 (P2004-243421)	(73) 特許権者	000180025 山洋電気株式会社 東京都豊島区北大塚一丁目15番1号
(22) 出願日	平成16年8月24日(2004.8.24)	(74) 代理人	100091443 弁理士 西浦 ▲嗣▼晴
(65) 公開番号	特開2005-102487 (P2005-102487A)	(72) 発明者	杉田 聡 東京都豊島区北大塚一丁目15番1号 山洋電気株式会社内
(43) 公開日	平成17年4月14日(2005.4.14)	(72) 発明者	三澤 康司 東京都豊島区北大塚一丁目15番1号 山洋電気株式会社内
審査請求日	平成19年6月7日(2007.6.7)	審査官	森山 拓哉
(31) 優先権主張番号	特願2003-307788 (P2003-307788)		
(32) 優先日	平成15年8月29日(2003.8.29)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リニアモータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

固定子に対して可動子が往復直線運動をするように構成されたりニアモータであって、前記固定子及び可動子の一方に設けられ、複数の永久磁石が列を成すように配置されて構成された1以上の磁極列と、

前記固定子及び可動子の他方に設けられ、複数枚の鋼板が積層されて構成され前記鋼板の積層方向と直交する方向に直線状に延びるヨークと前記ヨークから前記磁極列側に突出し前記磁極列と対向する磁極面を端部に有する複数の極歯とを備えたコアと、前記複数の極歯を励磁する複数相の励磁巻線とを有する電機子とを具備し、

前記複数の極歯からなる極歯列の両端にそれぞれ位置する前記極歯の前記磁極面は、隣接する他の前記極歯から離れるに従って前記磁極列との間の間隙寸法が大きくなるように湾曲する湾曲面からなり、

前記湾曲面は、前記湾曲面を前記積層方向の一方側から見たときの輪郭形状が円弧になる形状を有しており、

前記円弧の半径をRとし、前記磁極列に含まれる隣接する二つの永久磁石の中心間のピッチをpとしたときに、 $1 < R / p < 3.5$ の関係になるように、前記円弧の半径Rが定められており、

前記湾曲面の下側端部を通り前記磁極列と平行に延びる仮想線と前記湾曲面の上側端部を通過して前記仮想線と直交する仮想垂線との交点と、前記下側端部との間の長さ寸法Ltと前記円弧の半径Rとが、 $0.38 < Lt / R < 0.65$ の関係になるように前記湾曲面

10

20

が形成されており、

前記磁極列と平行に延びる仮想線と前記湾曲面の前記下側端部を通る接線との間の角度が0°となることを特徴とするリニアモータ。

【請求項2】

前記極歯列の両端にそれぞれ位置する前記極歯には、前記磁極面の近傍において前記鋼板の積層方向に延びる1以上の孔または空洞が形成されている請求項1に記載のリニアモータ。

【請求項3】

前記1以上の孔または空洞内には、前記鋼板の積層方向の厚み寸法よりも短い磁性体が、前記1以上の孔または空洞の両端に空隙を残すように前記1以上の孔または空洞の内部に配置されている請求項2に記載のリニアモータ。

10

【請求項4】

複数の前記孔または空洞が、前記磁極面に沿って並ぶように形成されており、前記磁極列から離れるに従って前記孔または空洞内に挿入される前記磁性体の長さが短くなる請求項3に記載のリニアモータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リニアモータに関するものである。

【背景技術】

20

【0002】

固定子に対して可動子が往復直線運動をするリニアモータとして、複数の永久磁石が列を成すように配置されて構成された1以上の磁極列と電機子とを備えたものがある。この電機子は、複数枚の鋼板が積層されたコアと複数の励磁巻線とを有している。コアは、鋼板の積層方向と直交する方向に直線状に延びるヨークと該ヨークから磁極列側に突出し磁極列と対向する磁極面を端部に有する複数の極歯とを備えている。複数の励磁巻線は、複数の極歯を励磁している。しかしながら、この種のリニアモータでは、コギング力が大きくなるという問題がある。そこで、米国特許第4,638,192号の図7に示すように、コアを覆うように金属加工板を取り付けたリニアモータが提案された。この金属加工板は、可動子の往復動方向にコアの両端部から突出する部分を有している。この突出する部分は、それぞれ隣接する極歯から離れるに従って磁極列との間の間隙寸法が大きくなるように円弧状に湾曲する湾曲面を有している。

30

【特許文献1】米国特許第4,638,192号(図7)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、このリニアモータでは、金属板を加工して円弧状の湾曲面を作るので、コギング力を低下させるのに最適な円弧形状を形成しにくいという問題があった。また、金属加工板を用いるため、渦電流損が大きくなるという問題があった。また、外部からの力により湾曲面が変形しやすいという問題があった。そのため、品質にばらつきが生じやすいという問題があった。

40

【0004】

本発明の目的は、複数の極歯からなる極歯列の両端に位置する2つの極歯の磁極面の形状を、コギング力を低下させるのに適した形状にすることが容易なりニアモータを提供することにある。

【0005】

本発明の他の目的は、複数の極歯からなる極歯列の両端に位置する極歯の磁極面の湾曲面が、同じ幅寸法を有しているにもかかわらず、磁氣的にコギング力を低下させるのに好ましい磁気抵抗パターンを有するリニアモータを提供することにある。

【0006】

50

本発明の他の目的は、渦電流損を小さくできるリニアモータを提供することにある。

【0007】

本発明の他の目的は、品質のばらつきを小さくできるリニアモータを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明が改良の対象とするリニアモータは、固定子に対して可動子が往復直線運動をするように構成されている。本発明のリニアモータは磁極列と電機子とを具備している。磁極列は、固定子及び可動子の一方に設けられ、複数の永久磁石が列を成すように配置されて構成されている。電機子は、固定子及び可動子の他方に設けられて、コアと複数相の励磁巻線とを有している。コアは、複数枚の鋼板が積層されて構成され、鋼板の積層方向と直交する方向に直線状に延びるヨークと、該ヨークから磁極列側に突出し磁極列と対向する磁極面を端部に有する複数の極歯とを備えている。複数相の励磁巻線は、複数の極歯を励磁する。複数の極歯からなる極歯列の両端にそれぞれ位置する極歯の磁極面が、隣接する他の極歯から離れるに従って磁極列との間の間隙寸法が大きくなるように湾曲する湾曲面から構成されている。このように、本発明では、複数の極歯からなる極歯列の両端に位置する極歯の湾曲面となる磁極面を、積層鋼板の積層面によって形成する。そのため、複数枚の鋼板の形状を適宜に設定することにより、複数の極歯の両端に位置する極歯の磁極面をコギング力を低下させるのに最適な形状に容易に形成することができる。また本発明によれば、積層鋼板を用いて湾曲面を形成するので、渦電流損を小さくできる。また、従来のような1枚の金属加工板と異なり、積層鋼板は外部から力が加わっても湾曲面が変形しにくいいため、品質のばらつきを小さくできる。

【0009】

湾曲面を積層方向の一方側から見たときの輪郭形状が円弧になる形状を湾曲面が有している場合には、湾曲面を次のようにする。円弧の半径を $R$ とし、磁極列に含まれる隣接する二つの永久磁石の中心間のピッチを $p$ としたときに、 $1 < R/p < 3.5$ の関係になるように、円弧の半径 $R$ を定めるのが好ましい。このように円弧の半径 $R$ を定めると簡単な設計でコギング力を低減できる湾曲面を得ることができる。なお、 $R/p$ が1を下回るとコギング力を小さくできない上、コギング力のばらつきが大きくなる。 $R/p$ が3.5を上回ると電機子の全長が長くなる上、電機子の質量が増える等の問題がある。

【0010】

湾曲面の下側端部を通り磁極列と平行に延びる仮想線と湾曲面の上側端部を通過して仮想線と直交する仮想垂線との交点と、前述の下側端部との間の長さ寸法（下側端部を通る垂線と上側端部とを通る垂線との間の最短距離） $L_t$ と円弧の半径 $R$ とが、 $0.38 < L_t/R < 0.65$ の関係になるように湾曲面を形成するのが好ましい。このように湾曲面を形成すると、電機子の取付精度を高くしなくても、コギング力を小さくして、しかもバラツキを小さくすることができる利点がある。なお $L_t/R$ が0.38を下回るとコギング力を小さくできない。また $L_t/R$ が0.65を上回ると電機子の全長が長くなる上、電機子の質量が増える等の問題がある。

【0011】

磁極列と平行に延びる仮想線と湾曲面の下側端部を通る接線との間の角度 $\theta$ は $0^\circ < \theta < 10^\circ$ とするのが好ましい。このように角度 $\theta$ を設定すると永久磁石配列の位置精度を高くしなくても、コギング力を小さくすることができ、しかもコギング力のばらつきを小さくすることができる。なお $\theta$ が $10^\circ$ を上回るとコギング力を小さくできない上、コギング力のばらつきが大きくなる。

【0012】

極歯列の両端にそれぞれ位置する2つの極歯には、磁極面の近傍において鋼板の積層方向に延びる1以上の孔または空洞を形成することができる。なおこの孔または空洞は貫通孔であっても、また有底の孔または空洞であってもよい。孔または空洞を設ける位置及びその数を適宜に定めることにより、湾曲面と磁極列との間に形成される間隔寸法は同じで

10

20

30

40

50

あっても、極歯内の磁気抵抗を変更して、その極歯側の磁気特性をコギング力を小さくするように変更することができる。

【0013】

また1以上の孔または空洞内に、鋼板の積層方向の厚み寸法よりも短い磁性体を配置することができる。このようにすると極歯の内部では、孔または空洞が残っている部分の磁気抵抗よりも、磁性体が存在している部分の磁気抵抗が小さくなる。その結果、磁性体の挿入位置を適宜に変えることによりその極歯内の磁路の磁気特性を変更できる。磁性体を挿入することにより、極歯の実際の外形を変えることなく、例えば、磁気的には先端に向かうに従って（ヨークが延びる方向でヨークから離れる方向に向かうに従って）幅が狭くなるような極歯の形状で得られる磁気特性と似た磁気特性を得ることができる。このよう

10

【0014】

複数の孔または空洞を、磁極面に沿って並ぶように形成し、磁極面の側端部に近づくに従って、または磁極列から離れるに従って孔または空洞内に挿入される磁性体の長さを短くするのが好ましい。このようにすれば、磁気的には先端に向かうに従って（ヨークが延びる方向でヨークから離れる方向に向かうに従って）幅が段階的に狭くなるような極歯形状で得られる磁気特性と似た磁気特性を得ることができ、コギング力を更に小さくできる利点がある。

20

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、コギング力を低下させるのに最適な形状の湾曲面を容易に形成できる。また、複数の極歯の両端にそれぞれ位置する2つの極歯における渦電流損を小さくできる。更に、両端の極歯の湾曲面の変形を防止して、品質のばらつきを少なくできる。さらに両端の極歯に孔または空洞を形成したり、これらの孔または空洞に磁性体を挿入することにより、磁極面の形状を変えることなく、両端部の極歯の磁気特性を変えることができる。したがって本発明によれば、コギング力を低下させるのに適した磁気特性を持った極歯を容易に形成できる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、図面を参照して本発明を実施するための最良の形態を説明する。図1は、本発明の一実施の形態のリニアモータの構造を説明するために用いる模式図である。図1には、固定子1の一部と可動子3の一部が示されている。図1に示すように、本形態のリニアモータは、固定子1と可動子3とを具備している。固定子1は、ベース5上に磁極列7を備えた構造を有している。磁極列7は、複数のN極の永久磁石7Aと複数のS極の永久磁石7Bとが交互に並ぶように配置されて構成されている。

【0017】

可動子3は、図示しない支持手段により固定子1に対して可動自在に支持されている。可動子3は、図2の斜視図に示すように、コア9と複数相の励磁巻線11...とからなる電機子を備えている。コア9は、複数枚の鋼板10...が積層されて構成されている。コア9は、鋼板10...の積層方向と直交する方向に直線状に延びるヨーク13と、ヨーク13から磁極列7側に突出する複数の極歯15...とを有している。励磁巻線11...は、複数の極歯15...の隣接する極歯15, 15の間に形成されたスロット17内にそれぞれの一部が配置されている。このような構成により、複数の極歯15...は、励磁巻線11...により励磁される。そして、可動子3は、永久磁石7Aと永久磁石7Bとが並ぶ方向（図1に示す矢印Aの方向）に往復動する。

40

【0018】

複数の極歯15...からなる極歯列16の両端にそれぞれ位置する極歯15Aは、固定子

50

1と対向する磁極面構成部19と、磁極面構成部19とヨーク13とを連結する連結部21とを有している。なお、図1及び図2では、極歯列16の両端に位置する極歯の一方の極歯15Aのみを示している。可動子3の往復動方向(矢印A)における磁極面構成部19の厚み寸法は、連結部21の厚み寸法より大きく形成されている。そのため、磁極面構成部19の一部は、連結部21からコア9の外側方向に突出している。磁極面構成部19は、磁極列7と対向する磁極面19aを端部に有している。磁極面19aは、隣接する他の極歯15Bから離れるに従って磁極列7との間の間隙寸法が大きくなるように湾曲する湾曲面19bから構成されている。湾曲面19bは、湾曲面19bを鋼板10...の積層方向の一方側から見たときの輪郭形状が円弧になる形状を有している。図1に示すように、円弧の半径Rは、磁極列7に含まれる隣接する二つの永久磁石7A, 7Bの中心間のピッチをpとしたときに、 $1 < R / p < 3.5$ の関係になるように定められている。また、湾曲面19bは、湾曲面19bの下側端部19cを通り磁極列7と平行に延びる仮想線L1と湾曲面19bの上側端部19dを通して仮想直線L1と直交する仮想垂線L2との交点Cと、下側端部19cとの間の長さ寸法(下側端部を通る垂線と上側端部を通る垂線との間の最短距離)Ltと前述の円弧の半径Rとが、 $0.38 < Lt / R < 0.65$ の関係になるように形成されている。更に、磁極列7と平行に延びる仮想線L1と湾曲面19bの下側端部19cを通る接線L3との間の角度 $\theta$ が $0^\circ < \theta < 10^\circ$ となるように湾曲面19bは形成されている。

10

#### 【0019】

磁極面構成部19には、磁極面19aの近傍において鋼板10...の積層方向に延びる2つの貫通孔23A, 23Bからなる孔または空洞が形成されている。貫通孔23A, 23Bは、横断面形状が円形を有しており、磁極面19aに沿って並ぶように形成されている。2つの貫通孔23A, 23Bの内部には、貫通孔23A, 23Bに挿入可能な円柱形状の磁性体25A, 25Bがそれぞれ配置されている。磁性体25A, 25Bは、いずれもコア9の磁気抵抗に比べやや磁気抵抗の大きい炭素鋼等により形成されている。磁性体25A, 25Bは、鋼板10...の積層方向の厚み寸法よりも短い寸法を有しており、貫通孔23A, 23Bの両端に空隙を残すように貫通孔23A, 23Bの中央部に配置されている。本例では、磁極面19aの上側端部に近づくに従って(磁極列7から離れるに従って)貫通孔23A, 23Bに挿入される磁性体25A, 25Bの長さは短くなっている。即ち、磁極面19aの上側端部に近い貫通孔23Bに挿入される磁性体25Bは、磁極面19aの上側端部から離れた貫通孔23Aに挿入される磁性体25Aより長さが短くなっている。

20

30

#### 【0020】

次に、本例のリニアモータにおいて、(湾曲面19bの円弧の半径: R) / (永久磁石7A, 7Bの中心間のピッチ: p)の数値を変えて、その他は同じ構造とした種々のリニアモータを作った。そして、 $R / p$ が0.5のときのコギング力及び電機子の全長をそれぞれ100とした場合の $R / p$ とコギング力比及び電機子の全長比との関係を調べた。表1はその結果を示している。

【表 1】

R/ $\tau_p$	コギング力比	電機子の全長比
0.5	100	100
0.6	50	101
0.8	25	102
1	16	104
1.2	11	105
1.5	6	106
2	4	109
2.5	6	111
3	13	112
3.5	21	114
4	30	116

10

## 【0021】

表1より、 $R/p$ が1を下回るとコギング力を小さくできない上、コギング力のばらつきが大きくなるのが分かる。また、 $R/p$ が3.5を上回ると電機子の全長が長くなるのが分かる。

## 【0022】

次に、本例のリニアモータにおいて（ヨークが延びる方向における湾曲面19bの下側端部と上側端部との間の長さ寸法： $L_t$ ）/（円弧の半径： $R$ ）の数値を変えて、その他は同じ構造とした種々のリニアモータを作った。そして、 $L_t/R$ が0.30のときのコギング力及び電機子の全長をそれぞれ100とした場合の $L_t/R$ とコギング力比及び電機子の全長比との関係を調べた。表2はその結果を示している。

20

【表 2】

$L_t/R$	コギング力比	電機子の全長比
0.30	100	100
0.34	52	101
0.38	24	102
0.42	12	103
0.45	6	104
0.49	4	105
0.53	8	107
0.57	13	108
0.61	18	109
0.65	22	110
0.69	27	111
0.72	31	112
0.76	34	113
0.80	37	114

30

40

## 【0023】

表2より、 $L_t/R$ が0.38を下回るとコギング力を小さくできないのが分かる。また、 $L_t/R$ が0.65を上回るとコギング力が大きくなることや、電機子の全長が長くなるのが分かる。

## 【0024】

次に、本例のリニアモータにおいて、磁極列7と平行に延びる仮想線L1と湾曲面19bの下側端部19cを通る接線L3との間の角度 $\theta$ の数値が異なり他は同じ構造を有する種々のリニアモータを作った。そして、 $\theta$ が0のときのコギング力を100とした場合の $\theta$ とコギング力比との関係を調べた。表3はその結果を示している。

50

【表 3】

$\alpha$ °	コギング力比
0	100
4	176
7	314
10	516
15	1098
20	1961
25	2967
30	4144

10

## 【0025】

表3より、 $\alpha$ が $10^\circ$ を上回るとコギング力を小さくできない上、コギング力のばらつきが大きくなるのが分かる。

## 【0026】

なお、本例では、磁極面構成部19に2つの貫通孔23A, 23Bを形成し、2つの貫通孔23A, 23Bの内部に2つの磁性体25A, 25Bをそれぞれ配置したが、貫通孔の数及び内部に配置する磁性体の数は任意である。例えば、図3に示すように、磁極面構成部119に1つの貫通孔123のみを形成してもよい。この貫通孔123内には、図4に示すように、1つの磁性体125が配置されている。

20

## 【0027】

また、貫通孔の内部には必ずしも磁性体を配置しなくても構わない。即ち、磁極面構成部に貫通孔のみを形成する構造であっても構わない。

## 【0028】

また、上記例では、孔または空洞として横断面が円形の貫通孔を形成したが、磁極面構成部に形成する孔または空洞の形状は任意である。

## 【0029】

また、上記例では、固定子が磁極列を備え、可動子が電機子を備えたりニアモータの例を示したが、固定子が電機子を備え、可動子が磁極列を備えたりニアモータにも本発明を適用できるのは勿論である。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0030】

【図1】本発明を実施するための最良の形態の一例のリニアモータの構造を説明するために用いる模式図である。

【図2】図1に示すリニアモータに用いる可動子の一部の斜視図である。

【図3】本発明の第2の形態のリニアモータの構造を説明するために用いる模式図である。

【図4】図3に示すリニアモータに用いる可動子の一部の斜視図である。

## 【符号の説明】

## 【0031】

- 1 固定子
- 3 可動子
- 7 磁極列
- 9 コア
- 10 鋼板
- 11 励磁巻線
- 13 ヨーク
- 15 極歯
- 19 a 磁極面
- 19 b 湾曲面

40

50





---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭55-068870(JP,A)  
実開平04-034838(JP,U)  
特開昭60-174050(JP,A)  
特開平09-074733(JP,A)  
特開2002-209371(JP,A)  
特開平02-065656(JP,A)  
米国特許第04638192(US,A)  
特開2003-299342(JP,A)  
米国特許第05910691(US,A)  
国際公開第00/001059(WO,A1)  
特開昭60-223461(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 41/00 - 41/06