

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2006-514525  
(P2006-514525A)

(43) 公表日 平成18年4月27日(2006.4.27)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO2K 1/27 (2006.01)</b>	HO2K 1/27 5O1K	5H621
<b>HO2K 21/16 (2006.01)</b>	HO2K 21/16 M	5H622
<b>HO2K 41/03 (2006.01)</b>	HO2K 41/03 A	5H641

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-568397 (P2004-568397)  
 (86) (22) 出願日 平成15年10月29日 (2003.10.29)  
 (85) 翻訳文提出日 平成17年9月22日 (2005.9.22)  
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2003/011968  
 (87) 国際公開番号 W02004/075378  
 (87) 国際公開日 平成16年9月2日 (2004.9.2)  
 (31) 優先権主張番号 03003937.4  
 (32) 優先日 平成15年2月21日 (2003.2.21)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

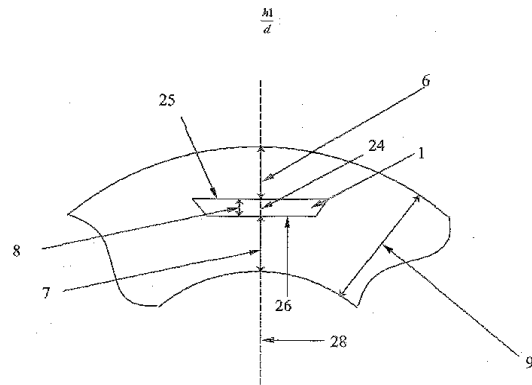
(71) 出願人 398054775  
 レクスロート インDRAMマート ゲゼルシ  
 ヤフト ミット ベシユレンクテル ハフ  
 ツング  
 R e x r o t h I n d r a m a t G m  
 b H  
 ドイツ連邦共和国 ロール アム マイン  
 ビュルガーマイスタードクトル-ネー  
 ベル-シュトラッセ 2  
 (74) 代理人 100061815  
 弁理士 矢野 敏雄  
 (74) 代理人 100094798  
 弁理士 山崎 利臣  
 (74) 代理人 100099483  
 弁理士 久野 琢也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内装永久磁石同期機

(57) 【要約】

集中巻を有する回転式の内装永久磁石AC同期機は、2次側(ロータ)の各極に少なくとも1つの内部軸方向スロット(1)が設けられ、該少なくとも1つの内部軸方向スロット(1)は、サイズh1(6)、h2(7)およびd(9)を有するように構成される。h1(6)は、スロット(1)のエアギャップ表面と2次側のエアギャップ表面との間の該2次側の半径方向の材料厚さであり、h2(7)は、2次側の内表面と少なくとも1つのスロットの内表面との間の該2次側の半径方向の厚さであり、d(9)は、2次側の厚さである。比(数式I)は、0.05~0.35の範囲にある。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

回転式の内装永久磁石 AC 同期機であって、  
集中巻線を有しており、

該内装永久磁石 AC 同期機 ( 27 ) の軸から少なくとも 1 つの内部スロット ( 1 ) の中心線 ( 24 ) を通って引かれた半径 ( 28 ) は、該スロット ( 25 ) のエアギャップ側によって形成された表面に対して実質的に垂直である形式のものにおいて、

2 次側 ( 4 ) に設けられた各極 ( 20 ) に、少なくとも 1 つの内部軸方向スロット ( 1 ) が設けられており、

有利には、前記内部軸方向スロット ( 1 ) の軸方向の少なくとも 1 つの端部は開放されており、 10

前記内部軸方向スロット ( 1 ) は、サイズ  $h_1$  ( 6 )、 $h_2$  ( 7 ) および  $d$  ( 9 ) を有しており、 $h_1$  は該 2 次側の少なくとも 1 つのスロット ( 25 ) のエアギャップ表面と 2 次側表面 ( 21 ) との間で該半径 ( 28 ) に沿って測定された材料の半径方向の厚さであり、 $h_2$  ( 7 ) は該少なくとも 1 つのスロット ( 1 ) の内表面 ( 5 ) と内側壁 ( 26 ) との間で該半径 ( 28 ) に沿って測定された 2 次側の材料の半径方向の厚さであり、 $d$  は該 2 次側の半径方向の厚さであり、

比  $h_1 / d$  は 0.05 ~ 0.35 の範囲にあることを特徴とする、内装永久磁石回転 AC 同期機。

## 【請求項 2】

比  $h_2 / d$  は、0.4 ~ 0.8 の範囲内にある、請求項 1 の内装永久磁石 AC 同期機。 20

## 【請求項 3】

回転式の内装永久磁石 AC 同期機であって、  
集中巻線を有しており、

該内装永久磁石 AC 同期機の軸 ( 27 ) から少なくとも 1 つの内部スロット ( 1 ) の中央線 ( 24 ) を通って引かれた半径 ( 28 ) は実質的に、該内部スロット ( 1 ) のエアギャップ側によって形成された表面に対して垂直である形式のものにおいて、

2 次側 ( 4 ) の各極 ( 20 ) に、少なくとも 1 つの内部軸方向スロット ( 1 ) が設けられており、

該少なくとも 1 つの内部軸方向スロット ( 1 ) の少なくとも 1 つの軸方向の端部は、有利には開放されており、 30

該少なくとも 1 つの内部軸方向スロット ( 1 ) は、サイズ  $h_1$  ( 6 )、 $h_2$  ( 7 ) および  $d$  ( 9 ) を有し、

ここでは  $h_1$  ( 6 ) は、該少なくとも 1 つのスロットのエアギャップ表面 ( 25 ) と 2 次側表面 ( 21 ) との間で該半径 ( 28 ) に沿って測定された該 2 次側の半径方向の材料厚さであり、 $h_2$  ( 7 ) は、内表面 ( 5 ) と該少なくとも 1 つの内部軸方向スロット ( 1 ) の内側の壁 ( 26 ) との間で該 2 次側の半径方向の材料厚さであり、 $d$  は、該 2 次側の半径方向の厚さであり、

比  $h_1 / d$  は、0.18 ~ 0.23 の有利な範囲にあることを特徴とする、内装永久磁石 AC 同期機。 40

## 【請求項 4】

比  $h_2 / d$  は、0.55 ~ 0.63 の有利な範囲にある、請求項 3 記載の内装永久磁石 AC 同期機。

## 【請求項 5】

1 次側の各歯 ( 3 ) のエアギャップに面した側 ( 23 ) は、歯のジオメトリと 2 次側のジオメトリとの組み合わせによって、該内装永久磁石 AC 同期機の周部に可変幅のエアギャップ ( 10 ) が形成されるように成形されている、請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項記載の内装永久磁石 AC 同期機。

## 【請求項 6】

1 次側の各歯 ( 3 ) は実質的に直方体であり、エアギャップに面する側 ( 23 ) は実質 50

的に扁平であり、2次側の湾曲された表面(21)によって可変幅のエアギャップ(10)を形成する、請求項5記載の内装永久磁石AC同期機。

【請求項7】

該少なくとも1つのスロット(1)の形状は、実質的に台形である、請求項1記載の内装永久磁石AC同期機。

【請求項8】

1次側の巻線(13)の配置および所属の相電流によって、基本周波数および該基本周波数の高調波の回転電磁束電磁界が生成され、主周波数は第1高調波である、請求項1から4までのいずれか1項記載の内装永久磁石AC同期機。

【請求項9】

リニア式の内装永久磁石AC同期機であって、  
集中巻線と磁石スロット(1)とを有しており、  
各磁石スロット(1)は実質的に、該内装永久磁石AC同期機の2次側(21)のエアギャップに面した側に対して実質的に平行に延在する形式のものにおいて、

2次側(4)の各極(20)に、少なくとも1つの内側スロット(1)が設けられており、

該少なくとも1つの内側スロット(1)の少なくとも1つの端部は、有利には開放されており、

2次側のエアギャップ表面(21)とスロットのエアギャップに面した側(25)との間で測定された該2次側の材料厚さ(6)は $h_1$ によって表され、

該2次側のベース表面(11)とスロット(1)の内表面(26)との間の該2次側の材料厚さ(7)は $h_2$ によって表され、

該2次側の厚さ(9)は $d$ によって表され、

$h_1/d$ の比は、 $0.05 \sim 0.35$ の範囲にあることを特徴とする、内装永久磁石AC同期機。

【請求項10】

比 $h_2/d$ は、 $0.4 \sim 0.8$ の範囲にある、請求項8記載の内装永久磁石AC同期機。

【請求項11】

リニア式の内装永久磁石AC同期機であって、  
集中巻線と磁石スロット(1)とを有しており、  
各磁石スロット(1)は、該内装永久磁石AC同期機の2次側のエアギャップに面した表面(21)に対して実質的に平行に延在する形式のものにおいて、

2次側(4)の各極(20)に、少なくとも1つの内部スロット(1)が設けられており、

該少なくとも1つの内部スロット(1)の少なくとも1つの端部は、有利には開放されており、

該2次側のエアギャップ表面(21)とスロット(25)のエアギャップに面した側との間で測定された該2次側の材料厚さ(6)は $h_1$ によって表され、

該2次側のベース表面(11)とスロット(1)の内表面(26)との間の該2次側の材料厚さ(7)は $h_2$ によって表され、

該2次側の厚さ(9)は $d$ によって表され、

比 $h_1/d$ は、 $0.18 \sim 0.23$ の有利な範囲にあることを特徴とする、内装永久磁石AC同期機。

【請求項12】

比 $h_2/d$ は、 $0.55 \sim 0.63$ の有利な範囲にある、請求項10記載の内装永久磁石AC同期機。

【請求項13】

1次側の巻線(13)の配置と該1次側の巻線の相電流とによって、基本周波数および該基本周波数の高調波の移動電磁束が生成され、主周波数は第1の高調波である、請求項

10

20

30

40

50

8 から 11 までのいずれか 1 項記載の内装永久磁石 AC 同期機。

【請求項 14】

1 次側 (3) のエアギャップに面した歯の側 (23) のジオメトリは、該エアギャップ (10) の幅が磁束の動きの方向に対して平行な歯 (3) の寸法にわたって変化するように構成されている、請求項 8 から 11 までのいずれか 1 項記載の内装永久磁石 AC 同期機。

【請求項 15】

a) 少なくとも 1 つの永久磁石 (1) は、磁界の強度が磁石に起因して、該磁石の幅 (29) にわたって変化するように一定でない厚さ (8) を有するか、または

b) 該少なくとも 1 つの永久磁石 (1) は、磁界の強度が磁石に起因して、該磁石幅 (29) にわたって変化するように磁化されているか、または

c) a) と b) との組み合わせを特徴とする、請求項 12 記載の内装永久磁石 AC 同期機。

10

【請求項 16】

2 次側の表面 (21) は、実質的に平滑である、請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項または請求項 8 から 11 までのいずれか 1 項記載の内装永久磁石 AC 同期機。

【請求項 17】

各スロット (1) は、実質的にスロットの大きさの永久磁石を 1 つだけ有しており、該永久磁石の幅 (29) は、磁束の第 1 高調波成分の波長より短く選択されている、請求項 7 から 13 までのいずれか 1 項記載の内装永久磁石 AC 同期機。

20

【請求項 18】

隣接する 2 つの 2 次側極 (20) 内のいずれか 2 つの隣接する 2 次側スロット (1) 間に物理的バリア (16) を形成する強磁性材料の側は、実質的に平行である、請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項または請求項 8 から 11 までのいずれか 1 項記載の内装永久磁石 AC 同期機。

【請求項 19】

1 つの 2 次側極 (20) 内のいずれか 2 つの隣接する 2 次側スロット (1) 間に物理的バリア (16) を形成する強磁性材料の側は、実質的に平行である、請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項または請求項 8 から 11 までのいずれか 1 項記載の内装永久磁石 AC 同期機。

30

【請求項 20】

バリア (15) を形成する材料は、該内装永久磁石 AC 同期モータのすべての特別な動作条件において、磁気飽和状態のままである、請求項 19 記載の内装永久磁石 AC 同期機。

【請求項 21】

集中巻の 2 次側を製造する方法において、

非磁化状態の永久磁石材料の事前成形された少なくとも 1 つのブロックを、少なくとも 1 つの 2 次側スロット (1) に挿入し、

完全な状態の 2 次側を、適切な磁化取付具で磁化し、所望の永久磁化状態が得られる、請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項または請求項 8 から 11 までのいずれか 1 項記載の内装永久磁石 AC 同期機を製造することを特徴とする方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、集中巻を有し弱め動作を行う内装永久磁石同期機または IPMSM に関する。

【0002】

内装磁石モータは文献で報告されており、内装磁石モータのトルク生成特性は周知になっている。この種類の機器の一例は、EP0823771 に開示されており、トルク生成法の技術的説明が『Brushless Permanent-Magnet and Reluctance Motor Drives』(T.J.

50

Miller, ISBN 0-19-859369-4) の第 6 章に記載されている。

【0003】

この種のモータの一般的な利点は、同期トルクモリラクタンストルクも生成でき、適切なパワーアンプを適用して、独立して制御し、該モータの本来の同期速度よりも格段に高い速度で動作させることができ、非常に広い速度範囲にわたってトルクおよびパワーを供給できることである。

【0004】

別の利点は、巻き方が効率的であるため、最大充塞率を実現することができ、かつ分布巻の構造のコイル端の損失を除去できることである。IPMSMの幅広い速度範囲は、幅広く利用される標準的な誘導モータの特徴であり、標準的な同期永久磁石モータではいかなる有効な範囲でも実現することができない特徴である。しかし同期モータは、同程度の寸法の誘導モータよりダイナミックである。すなわち回転モータの場合、トルク対ロータの慣性の比が、同期機では比較的大きく、たとえば最大速度限界に適していないスピンドルドライブ等の工作機械の適用で有用である。IPMSMは、適している能動的な電力源と組み合わせられると、この限界を克服することができる。

10

【0005】

現在入手可能なモータに関する問題は、動作速度範囲が過度に狭く、直軸インダクタンスと横軸インダクタンスとの間で必要とされる差を生成するために特別なカットアウトまたは特殊な形態または形状が必要とされるために2次側(ロータ)の構成が複雑になる傾向にあるということである。5:1より格段に大きな速度幅を有するIPMSM、すなわち最大許容速度対基底速度の比が5:1より大きいIPMSMを見つけるのは希である。同期モータの基底速度は約3000rpmになる傾向にあるので、このようなモータを、約15,000rpmより高い速度が必要とされる適用事例で使用するのは困難である。多くのスピンドルドライブが25,000rpm以上で回転し、そのためには約9:1の弱め界磁幅が必要とされる。これは、現在使用可能などの設計でも不可能である。

20

【0006】

したがって本発明の課題は、IPMSMの現行の設計の速度幅の制限および製造の複雑さを解消することである。前記課題は、請求項1に記載された構成によって解決される。

【0007】

集中巻を有する回転式の内装永久磁石AC同期機は、2次側の各極に少なくとも1つの内側軸方向スロット(1)が設けられ、該少なくとも1つの内側軸方向スロット(1)は $h_1$ 、 $h_2$ および $d$ の寸法を有するように構成される。ここでは $h_1$ は、スロットのエアギャップ表面と2次側表面との間の2次側の半径方向の材料厚さであり、 $h_2$ は少なくとも1つの内表面と該少なくとも1つのスロットの内側の壁との間の2次側の半径方向の材料厚さであり、 $d$ は2次側の厚さである。比 $h_1/d$ は、0.05~0.35の範囲にある。さらに、 $h_2/d$ の値の範囲は、0.4~0.8の範囲にある。この構成において $h_1/d$ および $h_2/d$ の比の範囲を前記のようにすることにより、永久磁石を2次側の表面に非常に近接して配置し、かつ2次側の厚さ全体を低減することができ、および/または、より薄い磁石材料を使用することができる。したがってシリンダ形のモータでは、所与のモータ直径の場合、モータ軸の直径を大きくして軸の堅牢性を増大させ、ひいてはモータの性能を改善することができる。また、永久磁石の上方および下方の鉄の寸法によって、モータを通る磁束路が決定され、飽和のレベルひいては磁束路のインダクタンスまたはリラクタンスが決定される。鉄のジオメトリと磁石のジオメトリとの組み合わせは、モータの速度範囲を拡大するために重要なことである。 $h_1/d$ および $h_2/d$ の比の可能な値の範囲は、モータの弱め界磁特性が高くなる範囲にあるが、設計および経験によって、 $h_1/d$ に対しては0.18~0.23の範囲が、 $h_2/d$ に対しては0.55~0.63の範囲が、最適な機械的安定性および電磁的な性能を提供することが明らかになった。コギングトルクを低減するという明確な利点をこのような設計で達成するためには、機器の周部のエアギャップの幅が可変であるように歯のジオメトリを選択する。このようにすると、各歯と磁極との相互作用によって生成された戻り止めトルクが同相でなくなり、

30

40

50

該機器全体で加算すると相殺されるようになる。

【0008】

最適な解決手段は、簡単な矩形の歯プロフィールを1次側の積層時に使用し、実質的に直方体の歯ひいては扁平なエアギャップ表面を形成することである。こうすることにより、機器のロータの湾曲された表面を有する可変のエアギャップが作られる。

【0009】

回転機器の構成において有利なのは、台形の2次側スロットを使用することである。このことは、隣接する2つのこのようなスロット間に形成された材料の部分が、実質的に平行な面を有することを意味する。こうすることにより、この部分における鉄材料の容量が最小になり、機器におけるヒステリシス損失が低減される。

10

【0010】

本発明を回転機器に適用する際に重要なのは、該回転機器の集中巻の構成によって、高調波を多く含む回転磁束が生成される事実である。このような構成は、エアギャップ磁束の基本周波数の2倍である次のような第1の高周波によって動作するために最適化される。すなわち、比較的短い波長を有し、該基本周波数が通れない鉄中の磁路を流れるようにできる第1の高調波によって動作するために最適化される。

【0011】

本発明の別の有利な側面は、リニア機器における適用の際に見ることができる。ここで  $h_1/d$  および  $h_2/d$  の有用な比は、それぞれ  $0.05 \sim 0.35$  および  $0.4 \sim 0.8$  であることが明らかになっている。

20

【0012】

本発明の別の最適化では、リニア機器において  $h_1/d$  の比が  $0.18 \sim 0.23$  でありかつ  $h_2/d$  の比が  $0.55 \sim 0.63$  とすることにより、最適な機械的特性および電磁的特性が得られることが明らかになった。

【0013】

本発明のリニアの構成に集中巻の構成を適用することの利点は、相電流と巻線との相互作用によって高調波を多く含む移動磁束磁界を生成し、該構成を第1高調波のために特別に、有利に最適化することによって得られる。

【0014】

本発明の別の利点は、リニアモータの構成においてコギングトルクを低減できることである。このことを達成するためには、歯面と2次側との間のエアギャップが歯の幅にわたって変化することにより、該モータの歯と永久磁場との相互作用によって該モータの長さに沿った建設的な加算から戻り止めトルクが発生するように歯のジオメトリを構成する。

30

【0015】

本発明の別の有利な形態ではリニアモータは、コギングトルクが以下のうち1つまたはすべてを使用することによって最小化されるように構成される：

- a) 可変の厚さの磁石を使用すること。
- b) 幅にわたって可変の磁束密度を有する磁石を使用すること。

【0016】

これらを両方使用すると、モータのエアギャップの可変の磁束密度が得られ、戻り止めトルクまたはコギングトルクが最小になる。

40

【0017】

この構成のさらに別の利点は、均質な2次側表面でモータを構成できることである。このことによって、機器の製造のコストが格段に低減される。

【0018】

本発明の別の利点は、スロット1個あたり1つの磁石を使用できるスロットの構成が可能になることである。磁石はそれぞれ各2次側スロットに押し込まれるだけなので、モータの構成が格段に簡略化され、製造コストが低減される。このことを達成するためには、磁石の幅が磁束磁界の所属の周波数の波長より幾らか小さくなるように選択する。こうすることにより、磁石の本体内部の循環磁束がなくなり、損失が低減される。

50

## 【0019】

本発明の別の有利な側面は、モータ形式に関係なく1つの2次側極の中でスロット間の材料の部分が可能な限り小さくなり、かつ有利には該部分の面が平行になるように構成されたスロットの構成および該スロットの分離が可能になることである。これによって、機器における鉄損が低減される。

## 【0020】

本発明の別の利点は、1つの2次側極内でスロット間の鉄の部分における材料の容量が最小になることである。このことは、磁束レベルが低くても鉄が常に磁気飽和状態にあるので、機器における鉄損がさらに低減されるという結果をもたらす。

## 【0021】

本発明の別の利点は、スロットが2次側の表面に対して近接していることにより、永久磁石材料を非磁化状態のスロットに挿入し、組み立て後に磁化できることである。このことは、すでに磁化された材料を取り扱うより格段に容易である。このことが可能であるのは、界磁束が流れるべき鉄の磁路が非常に短いので、プロセスを精確に制御できるからである。

## 【0022】

また別の実施形態では、隣接する2つの2次側極内のいずれか2つの隣接する2次側スロット間に、強磁性材料によって物理的バリアが形成されており、この強磁性材料の側は実質的に平行にされている。

## 【0023】

さらに別の実施形態では、1つの2次側極内のいずれか2つの隣接する2次側スロット間に、強磁性材料によって物理的バリアが形成されている。この強磁性材料の側は、実質的に平行にされている。

## 【0024】

本発明は、以下の図を参照するとより詳細に理解できる。

図1 本発明による回転機器の軸回りを示す図である。

図2 図1の回転機器の1つのスロットを示す軸回りの拡大図である。

図3 湾曲された歯面を有する本発明のリニアモータを示す図である。

図4 成形された磁石を有する本発明のリニアモータを示す図である。

図5 図3のリニアモータのスロットを詳細に示す図である。

図6 図4のリニアモータのスロットを詳細に示す図である。

## 【0025】

図1は、本発明の思想による回転機器の軸回りを示す図である。この回転機器には、1次側2の周部にわたって対称的に分布された複数の個別の歯3が設けられている。各歯3はそれぞれ1つの巻線13を有し、各歯3の下方の表面23は扁平になっている。これによって、必要な可変幅のエアギャップ10が形成され、該回転機器における戻り止めトルクまたはコギングトルクが低減される。2次側4は積層された鉄構造であり、磁石スロット1が打ち抜きされるか、または各個別の薄板で形成される。この薄板は一緒に積層されて、モータの2次側4が形成される。図2では、各スロット1の形状が実質的に台形になっているのが分かりやすく示されている。各スロットの中心線24は、機器の半径28上にあり、これによってスロット間の材料の部分15、16の面は平行になっており、該部分の形状は矩形になっている。矩形のスロット1によって台形の材料の部分15は大きくなり、鉄損が増大する。その理由は、鉄の部分15が比較的高い磁束レベルまでは、B-H曲線の線形動作領域に留まる傾向にあり、これによって2次側のヒステリシスおよび鉄損が上昇するからである。この部分15は、2次側を機械的に安定させて高速運転を実現するために必要である。

## 【0026】

2次側極20間の鉄の部分16は、極20内部のスロット間の鉄の部分15より幅広である。鉄の部分16は、通常運転中に飽和状態まで駆動され、機器のq軸に沿った磁路のインダクタンスを上昇させるために鉄を除去してエアポケットを磁束路に形成する必要な

10

20

30

40

50

く、該磁路のインダクタンスが上昇するように構成される。このアプローチの利点は、部分16の上方および下方の材料が飽和状態になるまで駆動されず、通常動作中に永久磁石およびコイル中の電流によって生成された必要な磁束を通すことができること、すなわち、エアギャップにおいて大きな電圧降下を発生させる機器の格段に高リラクタンスのエアギャップを超えて押し流される可能性のある運転磁束に対して、この鉄によって比較的低リラクタンスの磁路が提供されることである。永久磁石によって生成された磁束は、エアギャップを通過する比較的短い帰還路を流れることにより、エアギャップのリアクタンスを超えた電圧降下をさらに低減する。

#### 【0027】

鉄においてカットアウトまたはエアポケットを必要としないことの別の利点は、2次側4の積層を形成するために必要な工程が縮小されることである。それゆえ、工程コスト全体ひいては製造が実施可能になる容量が格段に低減される。

10

#### 【0028】

鉄およびエアギャップを通る磁束路が短くなることにより、後方の鉄7すなわちスロット1下方の鉄における磁束密度が低減される。したがって、この鉄の厚さが低減され、ひいては所与のモータサイズに対してモータ軸の直径が拡大される。それゆえ軸直径は、2次側の直径全体に対してより大きな割合をとるようになり、所与のモータトルクに対してより堅牢な軸（より小さなコンプライアンス）が実現され、機械的な共振がより高い周波数まで押し上げられる。このような周波数は、容易にフィルタリングすることができる。また磁極片を有さない集中巻線13の構成により、所与の全モータ直径に対してロータまたは2次側の直径をより大きくすることもできる。これによって、トルク出力が上昇する。

20

#### 【0029】

図3は、リニアモータの側方の縦断面図である。このリニアモータには1次側2および2次側4が設けられており、1次側の歯3は湾曲面17を有している。この湾曲面17によって、可変幅のエアギャップ10が歯3の幅にわたって形成される。このことは、図5でより明解に理解することができる。このリニア機器では、台形のスロット1を必要としない。というのも、取り扱うべき湾曲は存在せず、スロット間部分15および16の面はここでも平行であり、該スロット間部分15および16の鉄容量は低減されたままであるからだ。図6は、可変のエアギャップ磁束を生成する別の方法を示している。ここでは湾曲された磁石1が使用され、中間における磁束は磁性材料の厚さが増大しているために、縁部よりも大きくなっている。これによって、スロットの幅ひいては1次側の歯にわたって可変のエアギャップ磁束が形成される。また、矩形の磁石を磁化して、磁石によって生成される磁束が該磁石の幅にわたって可変であるようにすることも全く可能である。このようにしても、同様の結果を達成することができる。このような機器の構成によって、1次側のコイル電流のレベルにより実に著しく変化するd軸およびq軸のインダクタンスのレベルも実現される。

30

#### 【0030】

このような集中巻構造13および2次側と1次側の極20の比によって、基本周波数および該基本周波数の高調波を含む回転磁界がエアギャップ10に発生し、2次側4は該磁界の第1高調波のみと相互作用してトルクを生成するように構成される。

40

#### 【0031】

2次側を通る磁束路が既述のように最適化されると、2次側のジオメトリを簡略化することができ、2次側を通る磁束路およびLqの値を物理的に決定するのに通常使用される複雑なカットアウトが必要なくなる。このようなカットアウトはエアギャップ磁束を妨害することによって、エアギャップに磁束の不所望の高調波およびヒステリシス損失を付加的に引き起こしてしまう。したがって2次側表面を完全に平滑にし、機器の直交軸に沿って十分に連続的な鉄磁路を得ることができる。

#### 【0032】

2次側スロットの幅29は、回転電磁界の第1高調波の波長より小さくなるように選択

50



される。これによって、スロット 1 の次元内で閉鎖的な磁束路が形成されるのが阻止され、スロット 1 内部で電流が磁石を循環電流が流れるのが阻止される。通常、所与のモータの場合、2 次側 4 のサイズ 6, 7, 9 は固定されている。すなわち、モータの周囲またはモータに沿って変化することはない。このことは、このような変更を要するような付加的に最適化を行い、d 磁束路および q 磁束路を変更することによって q 軸インダクタンスおよび d 軸インダクタンスを付加的に最適化する場合でも同様である。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図 1】本発明による回転機器の軸回りを示す図である。

【図 2】図 1 の回転機器の 1 つのスロットを示す軸回りの拡大図である。

10

【図 3】湾曲された歯面を有する本発明のリニアモータを示す図である。

【図 4】成形された磁石を有する本発明のリニアモータを示す図である。

【図 5】図 3 のリニアモータのスロットを詳細に示す図である。

【図 6】図 4 のリニアモータのスロットを詳細に示す図である。

【符号の説明】

【0034】

- 1 2 次側のスロット / 磁石
- 2 1 次側
- 3 1 次側の歯
- 4 2 次側
- 5 2 次側の内表面
- 6 h 1 のサイズ
- 7 h 2 のサイズ
- 8 スロットの高さまたは磁石の厚さ
- 9 2 次側の鉄の厚さ
- 10 エアギャップ
- 11 2 次側ベース
- 12
- 13 1 次側巻線
- 14 相接続のための巻線
- 15 安定化部分
- 16 極間部分
- 17 湾曲された歯面
- 18 成形された 2 次側のスロットおよび / または磁石
- 19 扁平な歯面
- 20 2 次側極
- 21 2 次側の外表面
- 22 歯の中心線
- 23 歯の側面と隣り合うエアギャップ
- 24 スロット中心線
- 25 スロットのエアギャップ表面
- 26 スロットの内表面
- 27 機器軸
- 28 半径
- 29 スロット幅

20

30

40

【図 1】

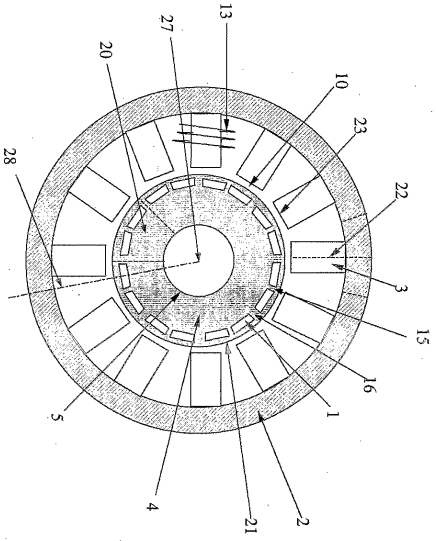


Fig. 1

【図 2】

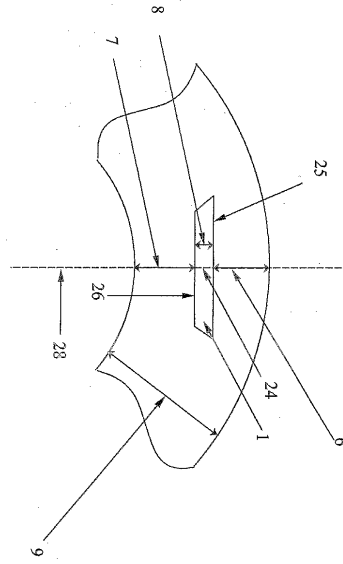


Fig. 2

【図 3】

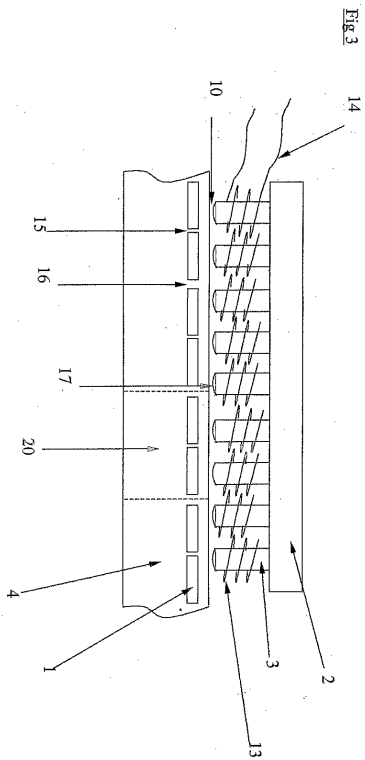


Fig. 3

【図 4】

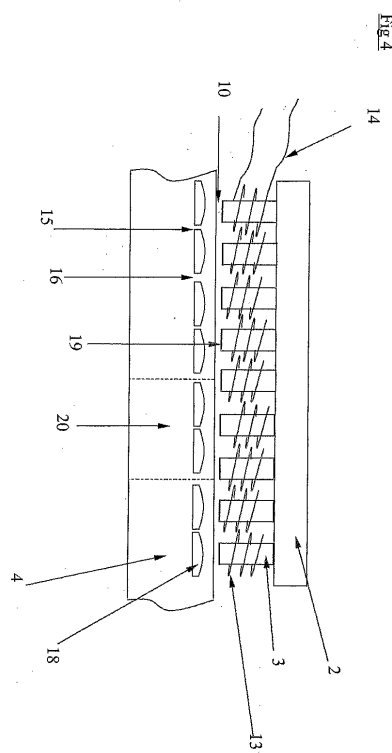
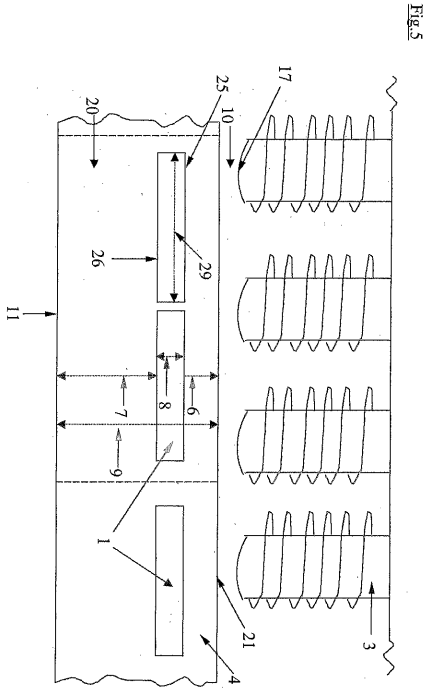
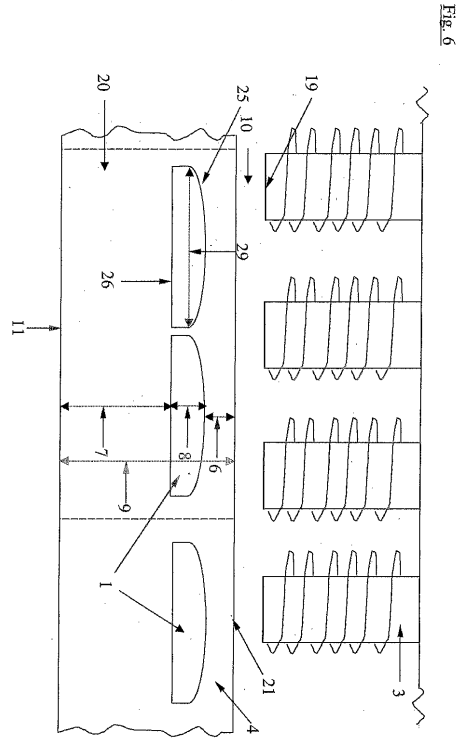


Fig. 4

【 図 5 】



【 図 6 】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/11968

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H02K21/16 H02K41/03 H02K1/27		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H02K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 823 771 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 11 February 1998 (1998-02-11) cited in the application abstract; figures ---	1,3,9,11
A	US 5 811 904 A (KAWAMATA SHOUICHI ET AL) 22 September 1998 (1998-09-22) abstract column 4, line 13 - line 20; figures 2,3 -----	1,3,9,11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  19 May 2004		Date of mailing of the international search report  28/05/2004
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Zanichelli, F

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/11968

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0823771 A	11-02-1998	EP 0823771 A1	11-02-1998
		US 6049153 A	11-04-2000
		CN 1180457 A ,B	29-04-1998
		WO 9731422 A1	28-08-1997
		JP 3417409 B2	16-06-2003
		JP 2002238193 A	23-08-2002
		JP 2002209353 A	26-07-2002
		JP 2002199639 A	12-07-2002
		JP 2002209368 A	26-07-2002
		US 6300700 B1	09-10-2001
		US 6369480 B1	09-04-2002
		US 6356001 B1	12-03-2002
		US 2002036438 A1	28-03-2002
		US 2002070619 A1	13-06-2002
US 5811904 A	22-09-1998	JP 9261901 A	03-10-1997
		JP 3347935 B2	20-11-2002
		JP 9271151 A	14-10-1997
		US 6188157 B1	13-02-2001
		US 2001017492 A1	30-08-2001

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),OA(BF, BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR, CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,L V,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG ,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100114890

弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト

(74)代理人 230100044

弁護士 ラインハルト・アインゼル

(72)発明者 インゴルフ グレニング

ドイツ連邦共和国 ローア アム マイン アム レヒテンバッハ 5

Fターム(参考) 5H621 AA02 BB07 HH01

5H622 AA02 CA02 CA07 CB05

5H641 BB06 HH01 HH16