

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5114963号
(P5114963)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月26日(2012.10.26)

(51) Int.Cl. F 1
HO2K 1/27 (2006.01)
 HO2K 1/27 5O1M
 HO2K 1/27 5O1A
 HO2K 1/27 5O1K

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-32390 (P2007-32390)
 (22) 出願日 平成19年2月13日(2007.2.13)
 (65) 公開番号 特開2008-199790 (P2008-199790A)
 (43) 公開日 平成20年8月28日(2008.8.28)
 審査請求日 平成21年12月17日(2009.12.17)

(73) 特許権者 000002853
 ダイキン工業株式会社
 大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号
 梅田センタービル
 (74) 代理人 100088672
 弁理士 吉竹 英俊
 (74) 代理人 100088845
 弁理士 有田 貴弘
 (74) 代理人 100103229
 弁理士 福市 朋弘
 (72) 発明者 青田 桂治
 滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の
 2 ダイキン工業株式会社滋賀製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石埋め込み型ロータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

永久磁石埋め込み型ロータ(10, 20, 30, 40, 50, 60)において、
 複数の永久磁石埋設用孔(12, 22, 32, 42, 52, 62)を有する略円筒形状
 のロータコア(11, 21, 31, 41, 51, 61)と、
 前記ロータコア(11, 21, 31, 41, 51, 61)の前記複数の永久磁石埋設用
 孔(12, 22, 32, 42, 52, 62)のそれぞれに埋設された複数の永久磁石(1
 3, 23, 33, 43, 53, 63)と、
 を備え、

前記複数の永久磁石埋設用孔(12, 22, 32, 42, 52, 62)のそれぞれは、
 前記ロータコア(11, 21, 31, 41, 51, 61)の外周面に近接させた両端部(1
 2d, 12e, 22d, 22e, 32d, 32e, 42d, 42e, 52d, 52e,
 62d, 62e)を有し、前記両端部(12d, 12e, 22d, 22e, 32d, 32
 e, 42d, 42e, 52d, 52e, 62d, 62e)の周方向の幅は、回転方向前進
 側(12d, 22d, 32d, 42d, 52d, 62d)に比べて回転方向後進側(12
 e, 22e, 32e, 42e, 52e, 62e)が大きく、

前記複数の永久磁石は前記周方向において互いに向きが異なる複数の磁極を呈し、前記
 複数の磁極の各々において径方向で互いに対面しない1層構造を有することを特徴とする
 永久磁石埋め込み型ロータ(10, 20, 30, 40, 50, 60)。

【請求項2】

10

20

請求項 1 に記載の永久磁石埋め込み型ロータ (1 0) において、
前記複数の永久磁石埋設用孔 (1 2) のそれぞれは、

前記永久磁石 (1 3) を埋設するための埋設部 (1 2 a) と、

前記埋設部 (1 2 a) の周方向の両端において前記ロータコア (1 1) の外周面に近接し、前記永久磁石 (1 3) を埋設しない空隙部 (1 2 b , 1 2 c) と、
を有し、

前記永久磁石埋設用孔 (1 2) のそれぞれにおいて、回転方向後進側の前記空隙部 (1 2 c) の幅は、回転方向前進側の前記空隙部 (1 2 b) の幅よりも大きいことを特徴とする永久磁石埋め込み型ロータ (1 0) 。

【請求項 3】

10

請求項 1 に記載の永久磁石埋め込み型ロータ (2 0 , 3 0 , 4 0 , 5 0) において、
前記複数の永久磁石埋設用孔 (2 2 , 3 2 , 4 2 , 5 2) のそれぞれは、

前記永久磁石 (2 3 , 3 3 , 4 3 , 5 3) を埋設するための埋設部 (2 2 a , 3 2 a , 4 2 a , 5 2 a) と、

前記埋設部 (2 2 a , 3 2 a , 4 2 a , 5 2 a) の周方向の両端において前記ロータコア (2 1 , 3 1 , 4 1 , 5 1) の外周面に近接し、前記永久磁石 (2 3 , 3 3 , 4 3 , 5 3) を埋設しない空隙部 (2 2 b , 2 2 c , 3 2 b , 3 2 c , 4 2 b , 4 2 c , 5 2 b , 5 2 c) と、

を有し、

前記永久磁石埋設用孔 (2 2 , 3 2 , 4 2 , 5 2) のそれぞれにおいて、回転方向前進側の前記空隙部 (2 2 b , 3 2 b , 4 2 b , 5 2 b) が、前記ロータコア (2 1 , 3 1 , 4 1 , 5 1) の外周面に向けて幅が狭くなる先細り形状を有していることを特徴とする永久磁石埋め込み型ロータ (2 0 , 3 0 , 4 0 , 5 0) 。

20

【請求項 4】

請求項 3 に記載の永久磁石埋め込み型ロータ (2 0 , 4 0) において、

前記永久磁石埋設用孔 (2 2 , 4 2) のそれぞれの回転方向前進側の前記空隙部 (2 2 b , 4 2 b) は、前記空隙部 (2 2 b , 4 2 b) の回転方向前進側の面 (2 2 f , 4 2 f) を傾斜させることにより前記先細り形状を形成していることを特徴とする永久磁石埋め込み型ロータ (2 0 , 4 0) 。

【請求項 5】

30

請求項 1 に記載の永久磁石埋め込み型ロータ (5 0 , 6 0) において、

前記複数の永久磁石埋設用孔 (5 2 , 6 2) のそれぞれは、

前記永久磁石 (5 3 , 6 3) を埋設するための埋設部 (5 2 a , 6 2 a) と、

前記埋設部 (5 2 a , 6 2 a) の周方向の両端において前記ロータコア (5 1 , 6 1) の外周面付近に近接し、前記永久磁石 (5 3 , 6 3) を埋設しない空隙部 (5 2 b , 5 2 c , 6 2 b , 6 2 c) と、

を有し、

前記永久磁石埋設用孔 (5 2 , 6 2) のそれぞれにおいて、回転方向後進側の前記空隙部 (5 2 c , 6 2 c) が、前記ロータコア (5 1 , 6 1) の外周面に向けて幅が広がっていることを特徴とする永久磁石埋め込み型ロータ (5 0 , 6 0) 。

40

【請求項 6】

請求項 2 から請求項 5 までのいずれかに記載の永久磁石埋め込み型ロータ (1 0 , 3 0 , 5 0 , 6 0) において、

前記ロータコア (1 1 , 3 1 , 5 1 , 6 1) 内の隣り合う前記永久磁石埋設用孔 (1 2 , 3 2 , 5 2 , 6 2) の前記空隙部 (1 2 b , 1 2 c , 3 2 b , 3 2 c , 5 2 b , 5 2 c , 6 2 b , 6 2 c) の間に形成されるコア部 (1 1 a , 3 1 a , 5 1 a , 6 1 a) は、その周方向の幅が内周側から外周側にかけて略同一であることを特徴とする永久磁石埋め込み型ロータ (1 0 , 3 0 , 5 0 , 6 0) 。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本発明は、略円筒形状のロータコアの内部に永久磁石を埋設して構成された永久磁石埋め込み型ロータに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、ラジアルギャップ型モータの界磁子として、永久磁石埋め込み型ロータが使用されている。図11および図12は、従来の永久磁石埋め込み型ロータ110を、回転軸に対して垂直な平面で切断した断面図である。図11および図12に示したように、永久磁石埋め込み型ロータ110は、鉄などの高磁率材料からなる略円筒形状のロータコア111を有し、ロータコア111の内部に周方向に沿って複数の永久磁石113が埋設された構成となっている。

10

【0003】

このような永久磁石埋め込み型ロータ110では、径方向について磁束の通りやすい方向と磁束の通りにくい方向とがあり、このような性質を磁気的な突極性（あるいは逆突極性）という。永久磁石埋め込み型ロータ110を動作させると、永久磁石113とステータとの間の磁束により「マグネットトルク」が発生し、また、上記の突極性に起因して「リラクタンストルク」が発生する。このため、永久磁石埋め込み型ロータ110は、全体として高いトルクを得ることができる。

【0004】

このような従来の永久磁石埋め込み型ロータについては、例えば、特許文献1に開示されている。

20

【0005】

【特許文献1】特開2003-111321号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

永久磁石埋め込み型ロータ110では、図11に示したように、マグネットトルクに関する磁極中心軸としての d_m 軸と、マグネットトルクに関する磁極境界軸としての q_m 軸とが、それぞれ定義される。また、同一の永久磁石埋め込み型ロータ110において、図12に示したように、リラクタンストルクに関する磁極中心軸としての d_r 軸と、リラクタンストルクに関する磁極境界軸としての q_r 軸とが、それぞれ定義される。

30

【0007】

このような永久磁石埋め込み型ロータ110を動作させるときには、マグネットトルクとリラクタンストルクとを全体として最も効率良く得ることができるように、電流位相を制御しつつ動作させる。しかしながら、図11および図12に示したように、従来の永久磁石埋め込み型ロータ110では、通常 d_m 軸と q_r 軸とが一致し、また、 d_r 軸と q_m 軸とが一致する。このため、図13に示したように、リラクタンストルクを増加させるべく電流位相を進めると、マグネットトルクが減少し、結果としてリラクタンストルクの増加分からマグネットトルクの減少分を差し引いたトルクアップしか得ることができなかった。

40

【0008】

この点について、上記の特許文献1には、ロータコアの永久磁石埋設用孔内に永久磁石を偏在させた構成が開示されている。このように永久磁石を偏在させると、マグネットトルクとリラクタンストルクとの位相関係がずれ、マグネットトルクとリラクタンストルクとを効率よく利用できる可能性がある。しかしながら、特許文献1の構成では、永久磁石を偏在させるために永久磁石埋設用孔内の空隙部分を大きくする必要があった。このため、ロータコアに埋設される永久磁石の量が減少するという問題があった。

【0009】

本発明は、このような事情に鑑みなされたものであり、永久磁石の埋設量を減少させることなく、マグネットトルクとリラクタンストルクとを効率よく利用することができる永

50

久磁石埋め込み型ロータ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】

上記課題を解決するため、請求項1に係る発明は、永久磁石埋め込み型ロータ(10, 20, 30, 40, 50, 60)において、複数の永久磁石埋設用孔(12, 22, 32, 42, 52, 62)を有する略円筒形状のロータコア(11, 21, 31, 41, 51, 61)と、前記ロータコア(11, 21, 31, 41, 51, 61)の前記複数の永久磁石埋設用孔(12, 22, 32, 42, 52, 62)のそれぞれに埋設された複数の永久磁石(13, 23, 33, 43, 53, 63)と、を備え、前記複数の永久磁石埋設用孔(12, 22, 32, 42, 52, 62)のそれぞれは、前記ロータコア(11, 21, 31, 41, 51, 61)の外周面に近接させた両端部(12d, 12e, 22d, 22e, 32d, 32e, 42d, 42e, 52d, 52e, 62d, 62e)を有し、前記両端部(12d, 12e, 22d, 22e, 32d, 32e, 42d, 42e, 52d, 52e, 62d, 62e)の周方向の幅は、回転方向前進側(12d, 22d, 32d, 42d, 52d, 62d)に比べて回転方向後進側(12e, 22e, 32e, 42e, 52e, 62e)が大きく、前記複数の永久磁石は前記周方向において互いに向きが異なる複数の磁極を呈し、前記複数の磁極の各々において径方向で互いに対面しない1層構造を有することを特徴とする。

10

【0011】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載の永久磁石埋め込み型ロータ(10)において、前記複数の永久磁石埋設用孔(12)のそれぞれは、前記永久磁石(13)を埋設するための埋設部(12a)と、前記埋設部(12a)の周方向の両端において前記ロータコア(11)の外周面に近接し、前記永久磁石(13)を埋設しない空隙部(12b, 12c)と、を有し、前記永久磁石埋設用孔(12)のそれぞれにおいて、回転方向後進側の前記空隙部(12c)の幅は、回転方向前進側の前記空隙部(12b)の幅よりも大きいことを特徴とする。

20

【0012】

請求項3に係る発明は、請求項1に記載の永久磁石埋め込み型ロータ(20, 30, 40, 50)において、前記複数の永久磁石埋設用孔(22, 32, 42, 52)のそれぞれは、前記永久磁石(23, 33, 43, 53)を埋設するための埋設部(22a, 32a, 42a, 52a)と、前記埋設部(22a, 32a, 42a, 52a)の周方向の両端において前記ロータコア(21, 31, 41, 51)の外周面に近接し、前記永久磁石(23, 33, 43, 53)を埋設しない空隙部(22b, 22c, 32b, 32c, 42b, 42c, 52b, 52c)と、を有し、前記永久磁石埋設用孔(22, 32, 42, 52)のそれぞれにおいて、回転方向前進側の前記空隙部(22b, 32b, 42b, 52b)が、前記ロータコア(21, 31, 41, 51)の外周面に向けて幅が狭くなる先細り形状を有していることを特徴とする。

30

【0013】

請求項4に係る発明は、請求項3に記載の永久磁石埋め込み型ロータ(20, 40)において、前記永久磁石埋設用孔(22, 42)のそれぞれの回転方向前進側の前記空隙部(22b, 42b)は、前記空隙部(22b, 42b)の回転方向前進側の面(22f, 42f)を傾斜させることにより前記先細り形状を形成していることを特徴とする。

40

【0014】

請求項5に係る発明は、請求項1に記載の永久磁石埋め込み型ロータ(50, 60)において、前記複数の永久磁石埋設用孔(52, 62)のそれぞれは、前記永久磁石(53, 63)を埋設するための埋設部(52a, 62a)と、前記埋設部(52a, 62a)の周方向の両端において前記ロータコア(51, 61)の外周面付近に近接し、前記永久磁石(53, 63)を埋設しない空隙部(52b, 52c, 62b, 62c)と、を有し、前記永久磁石埋設用孔(52, 62)のそれぞれにおいて、回転方向後進側の前記空隙部(52c, 62c)が、前記ロータコア(51, 61)の外周面に向けて幅が広くなっ

50

ていることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

請求項 6 に係る発明は、請求項 2 から請求項 5 までのいずれかに記載の永久磁石埋め込み型ロータ (1 0 , 3 0 , 5 0 , 6 0) において、前記ロータコア (1 1 , 3 1 , 5 1 , 6 1) 内の隣り合う前記永久磁石埋設用孔 (1 2 , 3 2 , 5 2 , 6 2) の前記空隙部 (1 2 b , 1 2 c , 3 2 b , 3 2 c , 5 2 b , 5 2 c , 6 2 b , 6 2 c) の間に形成されるコア部 (1 1 a , 3 1 a , 5 1 a , 6 1 a) は、その周方向の幅が内周側から外周側にかけて略同一であることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 8 】

請求項 1 ~ 6 に記載の発明によれば、永久磁石埋め込み型ロータの永久磁石埋設用孔は、回転方向前進側の端部の周方向の幅よりも回転方向後進側の端部の周方向の幅が大きくなるように、その形状が規定されている。このため、マグネットトルクについての磁極境界軸 (q m 軸) とリラクタンストルクについての磁極中心軸 (d r 軸) とがずれ、これにより、永久磁石の埋設量を減少させることなく、マグネットトルクとリラクタンストルクとを効率よく利用することができる。

【 0 0 1 9 】

特に、請求項 2 に記載の発明によれば、永久磁石を埋設しない空隙部の幅を調整することにより、q m 軸と d r 軸とがずれた状態を実現することができる。

【 0 0 2 0 】

特に、請求項 3 に記載の発明によれば、回転方向前進側の空隙部を先細り形状とすることにより、q m 軸と d r 軸とがずれた状態を実現することができる。

【 0 0 2 1 】

特に、請求項 4 に記載の発明によれば、回転方向前進側の空隙部の回転方向前進側の面を傾斜させることにより、先細り形状を形成している。このため、隣り合う空隙部の間に挟まれたコア部の幅が拡大し、ステータからコア部に対して磁束が進入し易くなる。したがって、より高いリラクタンストルクを得ることができる。

【 0 0 2 2 】

特に、請求項 5 に記載の発明によれば、回転方向後進側の空隙部を外周面に向けて幅が広がるように形成することにより、q m 軸と d r 軸とがずれた状態を実現することができる。

【 0 0 2 3 】

特に、請求項 6 に記載の発明によれば、隣り合う永久磁石埋設用孔の空隙部の間に形成されるコア部の周方向の幅が、内周側から外周側にかけて略同一となる。このため、リラクタンストルクに対するコア部の飽和特性が向上し、リラクタンストルクをより効率よく得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 6 】

以下、本発明の好適な実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 2 7 】

< 1 . 第 1 実施形態 >

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係るロータ 1 0 を含むモータ 1 を、回転軸と垂直な平面で切断した断面図である。図 1 に示したように、モータ 1 は、略円筒形状のステータ 9 0 と、ステータ 9 0 の内周側に配置された略円筒形状のロータ 1 0 とを有しており、ステータ 9 0 とロータ 1 0 との間の磁束の作用により回転力 (トルク) を発生させる機能を有する。

【 0 0 2 8 】

ステータ 9 0 は、積層鋼板または圧粉磁心により構成されたステータコア 9 1 を有している。ステータコア 9 1 の内周面には、複数のティース部 9 2 が突出形成されており、各ティース部 9 2 にはコイル 9 3 が巻回されている。一方、ロータ 1 0 は、鉄などの高磁率

10

20

30

40

50

材料からなるロータコア 11 と、ロータコア 11 の内部に埋設された複数の永久磁石 13 とを有している。ロータ 10 は、回転軸に沿って延設されたシャフト 99 に嵌合固着されており、シャフト 99 とともに一体的に回転する。

【0029】

図 2 は、図 1 のロータ 10 の拡大図である。ロータ 10 のロータコア 11 には、回転軸方向に貫通する複数（本実施形態では 6 つ）の永久磁石埋設用孔 12 が形成されている。複数の永久磁石埋設用孔 12 には、それぞれ永久磁石 13 が埋設されている。複数の永久磁石埋設用孔 12 および複数の永久磁石 13 は、ロータコア 11 の周方向に沿って配置されている。そして、複数の永久磁石 13 は、その磁極の向きが周方向に沿って交互に交代するように（すなわち、隣り合う永久磁石 13 の磁極の向きが互いに逆向きとなるように）、配置されている。

10

【0030】

図 2 に示したように、各永久磁石埋設用孔 12 は、永久磁石 13 を埋設するための埋設部 12a と、埋設部 12a の周方向の両端においてロータコア 11 の外周面方向にのびるフラックスバリア部（空隙部）12b, 12c とを有している。フラックスバリア部 12b, 12c は、ロータコア 11 内において永久磁石 13 による磁束の短絡を防止する機能を有する。フラックスバリア部 12b, 12c の先端部 12d, 12e は、それぞれロータコア 11 の外周面に近接する。このように、複数の永久磁石埋設用孔 12 は、それぞれ断面視においてロータコア 11 の外周面方向に開いた略コの字形の穿孔となっている。

【0031】

20

本実施形態のロータ 10 においては、回転方向（図 2 中矢印 AR の方向）前進側のフラックスバリア部 12b の形状と、回転方向後進側のフラックスバリア部 12c の形状とが相違する。具体的には、回転方向前進側のフラックスバリア部 12b の周方向の幅よりも、回転方向後進側のフラックスバリア部 12c の周方向の幅が大きくなるように、各フラックスバリア部 12b, 12c の幅が規定されている。

【0032】

このようなモータ 1 において、ステータ 90 のコイル 93 に電流を供給してティース部 92 に磁極を発生させると、ティース部 92 の磁極とロータ 10 内の永久磁石 13 の磁極との間にマグネットトルクが発生し、ロータ 10 が回転する。また、ロータ 10 は突極性を有するため、上記のマグネットトルクに加えて、コア部 11a とティース部 92 との間

30

の磁束によって生じるリラクタンストルクを得ることができる。

【0033】

本実施形態のロータ 10 では、上記のように、回転方向前進側のフラックスバリア部 12b の周方向の幅よりも、回転方向後進側のフラックスバリア部 12c の周方向の幅が大きくなるように、各フラックスバリア部 12b, 12c の幅が規定されている。このため、図 2 に示したように、マグネットトルクについての磁極境界軸（qm 軸）とリラクタンストルクについての磁極中心軸（dr 軸）とが一致せず、qm 軸に対して dr 軸が回転方向後進側へ微小角度 θ だけずれた状態となっている。また、ロータ 10 の極対数を P_n （本実施形態では 3）とすると、この微小角度 θ のずれは、ロータ 10 全体として

40

$\theta = P_n \cdot \theta_0$ の電気角のずれとなり、ロータ 10 において発生するリラクタンストルクの波形は、電気角 θ 分だけマイナス側へずれる。

【0034】

すなわち、本実施形態のようなフラックスバリア部 12b, 12c を有するロータ 10 において発生するトルク T は、次式（数 1）で表すことができる。但し、（数 1）中の a は鎖交磁束を、 I_a は電流ベクトルの大きさを、 ϕ は電流位相を、 L_q は q 軸インダクタンスを、 L_d は d 軸インダクタンスを、それぞれ示す。また、（数 1）中の右辺第 1 項は、マグネットトルク T_m を示し、第 2 項はリラクタンストルク T_r を示す。

【0035】

$T = P_n \cdot [a \cdot I_a \cdot \cos \phi + 0.5 \cdot (L_q - L_d) \cdot I_a^2 \cdot \sin \{ 2 \cdot (\theta + \theta_0) \}] \cdot \dots$ （数 1）

50

【 0 0 3 6 】

図 3 は、本実施形態のようなフラックスバリア部 1 2 b , 1 2 c を有するロータ 1 0 における、電流位相 とマグネットトルク T_m およびリラクタンストルク T_r との関係を示したグラフである。図 3 のグラフに示されたように、このロータ 1 0 において得られるリラクタンストルク T_r の波形は、従来の波形（図 3 中の破線波形）と比べてマイナス側へ電気角 分だけずれた状態となっている。このため、マグネットトルク T_m とリラクタンストルク T_r とを合わせた合計トルク T の最大値は従来よりも高くなり、好適に電流位相 を制御しつつモータ 1 を動作させれば、従来よりも高いトルク T を得ることができる。

【 0 0 3 7 】

このように、本実施形態のロータ 1 0 では、回転方向前進側のフラックスバリア部 1 2 b の周方向の幅よりも、回転方向後進側のフラックスバリア部 1 2 c の周方向の幅が大きくなるように、各フラックスバリア部 1 2 b , 1 2 c の幅が規定されている。すなわち、永久磁石埋設用孔 1 2 のうち、永久磁石 1 3 が埋設されていない部分の形状を調整し、それにより、 q_m 軸に対して d_r 軸がずれた状態を実現している。このため、永久磁石 1 3 の埋設量を減少させることなく、マグネットトルク T_m とリラクタンストルク T_r とを効率よく利用することができる。あるいは、比較的低い電流で従来と同等のトルクを得ることができる。

【 0 0 3 8 】

特に、本実施形態のロータ 1 0 では、フラックスバリア部 1 2 b , 1 2 c の周方向の幅が、それぞれ内周側から外周側にかけて略同一となっている。このため、内周側から外周側にかけて磁束の短絡を確実に防止することができる。

【 0 0 3 9 】

また、本実施形態のロータ 1 0 では、永久磁石 1 3 は、永久磁石埋設用孔 1 2 のフラックスバリア部 1 2 b , 1 2 c にはみ出すことなく埋設部 1 2 a 内に収まっている。すなわち、永久磁石 1 3 の磁極面（径方向を向いた面）が、フラックスバリア部 1 2 b , 1 2 c の空隙内に露出していない。このため、永久磁石 1 3 の磁極方向にエアギャップが生じることはなく、永久磁石 1 3 の磁束を効率よく利用することができる。

【 0 0 4 0 】

また、本実施形態のロータ 1 0 では、隣り合うフラックスバリア部 1 2 b , 1 2 c の間に挟まれたコア部 1 1 a の周方向の幅が、内周側から外周側にかけて略同一となっている。このため、リラクタンストルクに対するコア部 1 1 a の飽和特性が向上し、リラクタンストルクをより効率よく得ることができる。

【 0 0 4 1 】

本実施形態のロータ 1 0 は、低速運転に適している。このため、例えば、空気調和機用圧縮機に本実施形態のモータを適用すれば、特に銅損比率の多い低速域で高効率かつ長時間の運転を実現することができる。

【 0 0 4 2 】

< 2 . 第 2 実施形態 >

図 4 は、本発明の第 2 実施形態に係るロータ 2 0 の構成を示した図である。第 2 実施形態のロータ 2 0 は、永久磁石埋設用孔 2 2 のフラックスバリア部 2 2 b , 2 2 c の構成が上記の第 1 実施形態と異なり、他の部分の構成は上記の第 1 実施形態と同等である。このため、以下では、フラックスバリア部 2 2 b , 2 2 c の構成を中心に説明し、他の部分については重複説明を省略する。また、本実施形態のロータ 2 0 と接続されるシャフト 9 9 やステータ 9 0 の構成も、上記の第 1 実施形態と同等であるため、重複説明を省略する。

【 0 0 4 3 】

本実施形態のロータ 2 0 においては、回転方向（図 4 中矢印 A_R の方向）前進側のフラックスバリア部 2 2 b の形状と、回転方向後進側のフラックスバリア部 2 2 c の形状とが相違する。具体的には、回転方向前進側のフラックスバリア部 2 2 b が、ロータコア 2 1 の外周面に向けて幅が狭くなる先細り形状（テーパ形状）となっている。したがって、回

10

20

30

40

50

転方向後進側のフラックスバリア部 22c の先端部 22e の幅は、回転方向前進側のフラックスバリア部 22b の先端部 22d の幅よりも大きくなっている。

【0044】

このため、本実施形態のロータ 20 も、第 1 実施形態のロータ 10 と同じように、マグネットトルクについての磁極境界軸 (qm 軸) とリラクタンストルクについての磁極中心軸 (dr 軸) とが一致せず、qm 軸に対して dr 軸が回転方向後進側へ微小角度だけずれた状態となる。したがって、ロータ 20 全体の電気角のずれを θ とすると、ロータ 20 において発生するトルク T は上記の (数 1) で表すことができる。また、本実施形態のロータ 20 において得られるリラクタンストルク T_r の波形は、上記の図 3 と同じようにマイナス側へ電気角 θ 分だけずれた状態となり、好適に電流位相 ϕ を制御すれば、従来よりも高いトルク T を得ることができる。

10

【0045】

特に、本実施形態のロータ 20 では、回転方向前進側のフラックスバリア部 22b の回転方向前進側の面 22f を空隙側へ傾斜させる (切り欠く) ことにより、フラックスバリア部 22b の先細り形状を実現している。このため、隣り合うフラックスバリア部 22b, 22c の間に挟まれたコア部 21a の幅が拡大し、ステータ 90 のティース部 92 からコア部 21a に対して磁束が進入し易くなる。これにより、ロータ 20 は、より高いリラクタンストルクを得ることができる。また、ロータコア 21 の表面付近の均一性が向上するため、コギングの発生を低減させることができる。

【0046】

20

なお、本実施形態のロータ 20 では、フラックスバリア部 22b が先細り形状になっているものの、その先端部 22d は完全に収束しているわけではなく、周方向に所定の幅が残っている。このため、フラックスバリア部 22b の磁束の短絡を防止する機能が著しく低下することはない。

【0047】

< 3 . 第 3 実施形態 >

図 5 は、本発明の第 3 実施形態に係るロータ 30 の構成を示した図である。第 3 実施形態のロータ 30 は、永久磁石埋設用孔 32 のフラックスバリア部 32b, 32c の構成が上記の第 1 実施形態と異なり、他の部分の構成は上記の第 1 実施形態と同等である。このため、以下では、フラックスバリア部 32b, 32c の構成を中心に説明し、他の部分については重複説明を省略する。また、本実施形態のロータ 30 と接続されるシャフト 99 やステータ 90 の構成も、上記の第 1 実施形態と同等であるため、重複説明を省略する。

30

【0048】

本実施形態のロータ 30 においては、回転方向 (図 5 中矢印 AR の方向) 前進側のフラックスバリア部 32b の形状と、回転方向後進側のフラックスバリア部 32c の形状とが相違する。具体的には、回転方向前進側のフラックスバリア部 32b が、ロータコア 31 の外周面に向けて幅が狭くなる先細り形状 (テーパ形状) となっている。したがって、回転方向後進側のフラックスバリア部 32c の先端部 32e の幅は、回転方向前進側のフラックスバリア部 32b の先端部 32d の幅よりも大きくなっている。

【0049】

40

このため、本実施形態のロータ 30 も、第 1 実施形態のロータ 10 と同じように、マグネットトルクについての磁極境界軸 (qm 軸) とリラクタンストルクについての磁極中心軸 (dr 軸) とが一致せず、qm 軸に対して dr 軸が回転方向後進側へ微小角度だけずれた状態となる。したがって、ロータ 30 全体の電気角のずれを θ とすると、ロータ 30 において発生するトルク T は上記の (数 1) で表すことができる。また、本実施形態のロータ 30 において得られるリラクタンストルク T_r の波形は、上記の図 3 と同じようにマイナス側へ電気角 θ 分だけずれた状態となり、好適に電流位相 ϕ を制御すれば、従来よりも高いトルク T を得ることができる。

【0050】

特に、本実施形態のロータ 30 では、回転方向前進側のフラックスバリア部 32b の回

50

転方向後進側の面 3 2 g を空隙側へ傾斜させる（切り欠く）ことにより、フラックスバリア部 3 2 b の先細り形状を実現している。このため、隣り合うフラックスバリア部 3 2 b , 3 2 c の間に挟まれたコア部 3 1 a の周方向の幅は、内周側から外周側にかけて略同一となっている。これにより、リラクタンストルクに対するコア部 3 1 a の飽和特性が向上し、リラクタンストルクをより効率よく得ることができる。また、ロータコア 3 1 の表面付近の均一性が向上するため、コギングの発生を低減させることができる。

【 0 0 5 1 】

なお、本実施形態のロータ 3 0 では、フラックスバリア部 3 2 b が先細り形状になっているものの、その先端部 3 2 d は完全に収束しているわけではなく、周方向に所定の幅が残っている。このため、フラックスバリア部 3 2 b の磁束の短絡を防止する機能が著しく低下することはない。

10

【 0 0 5 2 】

< 4 . 第 4 実施形態 >

図 6 は、本発明の第 4 実施形態に係るロータ 4 0 の構成を示した図である。第 4 実施形態のロータ 4 0 は、永久磁石埋設用孔 4 2 のフラックスバリア部 4 2 b , 4 2 c の構成が上記の第 1 実施形態と異なり、他の部分の構成は上記の第 1 実施形態と同等である。このため、以下では、フラックスバリア部 4 2 b , 4 2 c の構成を中心に説明し、他の部分については重複説明を省略する。また、本実施形態のロータ 4 0 と接続されるシャフト 9 9 やステータ 9 0 の構成も、上記の第 1 実施形態と同等であるため、重複説明を省略する。

【 0 0 5 3 】

20

本実施形態のロータ 4 0 においては、回転方向（図 6 中矢印 A R の方向）前進側のフラックスバリア部 4 2 b の形状と、回転方向後進側のフラックスバリア部 4 2 c の形状とが相違する。具体的には、回転方向前進側のフラックスバリア部 4 2 b が、ロータコア 4 1 の外周面に向けて幅が狭くなる先細り形状（テーパ形状）となっている。したがって、回転方向後進側のフラックスバリア部 4 2 c の先端部 4 2 e の幅は、回転方向前進側のフラックスバリア部 4 2 b の先端部 3 2 d の幅よりも大きくなっている。

【 0 0 5 4 】

このため、本実施形態のロータ 4 0 も、第 1 実施形態のロータ 1 0 と同じように、マグネットトルクについての磁極境界軸（q m 軸）とリラクタンストルクについての磁極中心軸（d r 軸）とが一致せず、q m 軸に対して d r 軸が回転方向後進側へ微小角度だけずれた状態となる。したがって、ロータ 4 0 全体の電気角のずれを とすると、ロータ 4 0 において発生するトルク T は上記の（数 1 ）で表すことができる。また、本実施形態のロータ 4 0 において得られるリラクタンストルク T r の波形は、上記の図 3 と同じようにマイナス側へ電気角 分だけずれた状態となり、好適に電流位相 を制御すれば、従来よりも高いトルク T を得ることができる。

30

【 0 0 5 5 】

特に、本実施形態のロータ 4 0 では、回転方向前進側のフラックスバリア部 4 2 b の回転方向前進側の面 4 2 f および回転方向後進側の面 4 2 g を、いずれも空隙側へ傾斜させる（切り欠く）ことにより、フラックスバリア部 4 2 b の先細り形状を実現している。このため、フラックスバリア部 4 2 b の先細り形状を、最適な角度で形成することができる。また、隣り合うフラックスバリア部 4 2 b , 4 2 c の間に挟まれたコア部 4 1 a の幅が拡大し、ステータ 9 0 のティース部 9 2 からコア部 4 1 a に対して磁束が進入し易くなる。これにより、ロータ 4 0 は、より高いリラクタンストルクを得ることができる。また、ロータコア 4 1 の表面付近の均一性が向上するため、コギングの発生を低減させることができる。

40

【 0 0 5 6 】

< 5 . 第 5 実施形態 >

図 7 は、本発明の第 5 実施形態に係るロータ 5 0 の構成を示した図である。第 5 実施形態のロータ 5 0 は、永久磁石埋設用孔 5 2 のフラックスバリア部 5 2 b , 5 2 c の構成が上記の第 1 実施形態と異なり、他の部分の構成は上記の第 1 実施形態と同等である。この

50

ため、以下では、フラックスバリア部 5 2 b , 5 2 c の構成を中心に説明し、他の部分については重複説明を省略する。また、本実施形態のロータ 5 0 と接続されるシャフト 9 9 やステータ 9 0 の構成も、上記の第 1 実施形態と同等であるため、重複説明を省略する。

【 0 0 5 7 】

本実施形態のロータ 5 0 においては、回転方向（図 7 中矢印 A R の方向）前進側のフラックスバリア部 5 2 b の形状と、回転方向後進側のフラックスバリア部 5 2 c の形状とが相違する。具体的には、回転方向前進側のフラックスバリア部 5 2 b が、ロータコア 5 1 の外周面に向けて幅が狭くなる先細り形状（テーパ形状）となっており、回転方向後進側のフラックスバリア部 5 2 c が、ロータコア 5 1 の外周面に向けて幅が広がる略扇形となっている。したがって、回転方向後進側のフラックスバリア部 5 2 c の先端部 5 2 e の幅は、回転方向前進側のフラックスバリア部 5 2 b の先端部 5 2 d の幅よりも大きくなっている。

10

【 0 0 5 8 】

このため、本実施形態のロータ 5 0 も、第 1 実施形態のロータ 1 0 と同じように、マグネットトルクについての磁極境界軸（ q_m 軸）とリラクタンストルクについての磁極中心軸（ d_r 軸）とが一致せず、 q_m 軸に対して d_r 軸が回転方向後進側へ微小角度だけずれた状態となる。したがって、ロータ 5 0 全体の電気角のずれを θ とすると、ロータ 5 0 において発生するトルク T は上記の（数 1）で表すことができる。また、本実施形態のロータ 5 0 において得られるリラクタンストルク T_r の波形は、上記の図 3 と同じようにマイナス側へ電気角 θ 分だけずれた状態となり、好適に電流位相 ϕ を制御すれば、従来よりも高いトルク T を得ることができる。

20

【 0 0 5 9 】

特に、本実施形態のロータ 5 0 では、回転方向前進側のフラックスバリア部 5 2 b の幅を外周面に向けて狭くするとともに、回転方向後進側のフラックスバリア部 5 2 c の幅を外周面に向けて広くしている。このため、 q_m 軸と d_r 軸とのずれ角をより大きくとることができる。

【 0 0 6 0 】

また、本実施形態のロータ 5 0 では、隣り合うフラックスバリア部 5 2 b , 5 2 c の間に挟まれたコア部 5 1 a の周方向の幅が、内周側から外周側にかけて略同一となっている。このため、リラクタンストルクに対するコア部 5 1 a の飽和特性が向上し、リラクタンストルクをより効率よく得ることができる。

30

【 0 0 6 1 】

< 6 . 第 6 実施形態 >

図 8 は、本発明の第 6 実施形態に係るロータ 6 0 の構成を示した図である。第 6 実施形態のロータ 6 0 は、4 極機であることと、永久磁石埋設用孔 6 2 のフラックスバリア部 6 2 b , 6 2 c の構成とが上記の第 1 実施形態と異なり、他の部分の構成は上記の第 1 実施形態と同等である。このため、以下では、フラックスバリア部 6 2 b , 6 2 c の構成を中心に説明し、他の部分については重複説明を省略する。また、本実施形態のロータ 6 0 と接続されるシャフト 9 9 やステータ 9 0 の構成も、上記の第 1 実施形態と同等であるため、重複説明を省略する。

40

【 0 0 6 2 】

本実施形態のロータ 6 0 においては、回転方向（図 8 中矢印 A R の方向）前進側のフラックスバリア部 6 2 b の形状と、回転方向後進側のフラックスバリア部 6 2 c の形状とが相違する。具体的には、回転方向後進側のフラックスバリア部 6 2 c が、ロータコア 6 1 の外周面に向けて幅が広がる略扇形となっている。したがって、回転方向後進側のフラックスバリア部 6 2 c の先端部 6 2 e の幅は、回転方向前進側のフラックスバリア部 6 2 b の先端部 6 2 d の幅よりも大きくなっている。

【 0 0 6 3 】

このため、本実施形態のロータ 6 0 も、第 1 実施形態のロータ 1 0 と同じように、マグネットトルクについての磁極境界軸（ q_m 軸）とリラクタンストルクについての磁極中心

50

軸（ d_r 軸）とが一致せず、 q_m 軸に対して d_r 軸が回転方向後進側へ微小角度だけずれた状態となる。したがって、ロータ60全体の電気角のずれを θ とすると、ロータ60において発生するトルク T は上記の（数1）で表すことができる。また、本実施形態のロータ60において得られるリラクタンストルク T_r の波形は、上記の図3と同じようにマイナス側へ電気角 θ 分だけずれた状態となり、好適に電流位相 ϕ を制御すれば、従来よりも高いトルク T を得ることができる。

【0064】

特に、本実施形態のロータ60では、回転方向後進側のフラックスバリア部62cの回転方向前進側の面62hを永久磁石63側へ傾斜させることにより、フラックスバリア部62cの略扇形を実現している。このため、隣り合うフラックスバリア部62b、62cの間に挟まれたコア部61aの周方向の幅は、内周側から外周側にかけて略同一となっている。これにより、リラクタンストルクに対するコア部61aの飽和特性が向上し、リラクタンストルクをより効率よく得ることができる。また、回転方向前進側のフラックスバリア部62bの周方向の幅は、内周側から外周側にかけて略同一となっている。このため、磁束の短絡を防止するために必要で最低限の形状を確保することができる。

【0065】

< 7. 第7実施形態 >

図9は、本発明の第7実施形態に係るロータ70の構成を示した図である。第7実施形態のロータ70は、4極機であることと、永久磁石埋設用孔72のフラックスバリア部72b、72cの構成と、補助孔74の構成とが上記の第1実施形態と異なり、他の部分の構成は上記の第1実施形態と同等である。このため、以下では、フラックスバリア部72b、72cおよび補助孔74の構成を中心に説明し、他の部分については重複説明を省略する。また、本実施形態のロータ70と接続されるシャフト99やステータ90の構成も、上記の第1実施形態と同等であるため、重複説明を省略する。

【0066】

本実施形態のロータ70においては、フラックスバリア部72b、72cの周方向の幅は、それぞれ内周側から外周側にかけて略同一となっている。そして、回転方向（図9中矢印ARの方向）後進側のフラックスバリア部72cの近傍には、フラックスバリア部72cと分離して形成された補助孔74が設けられている。補助孔74は、フラックスバリア部72cよりも回転方向前進側であって、かつ、永久磁石73の磁路に大きく進入しない位置に、略扇形の断面を有する貫通孔として形成されている。

【0067】

このため、本実施形態のロータ70も、第1実施形態のロータ10と同じように、マグネットトルクについての磁極境界軸（ q_m 軸）とリラクタンストルクについての磁極中心軸（ d_r 軸）とが一致せず、 q_m 軸に対して d_r 軸が回転方向後進側へ微小角度だけずれた状態となる。したがって、ロータ70全体の電気角のずれを θ とすると、ロータ70において発生するトルク T は上記の（数1）で表すことができる。また、本実施形態のロータ70において得られるリラクタンストルク T_r の波形は、上記の図3と同じようにマイナス側へ電気角 θ 分だけずれた状態となり、好適に電流位相 ϕ を制御すれば、従来よりも高いトルク T を得ることができる。

【0068】

特に、本実施形態のロータ70では、補助孔74は、フラックスバリア部72cよりも回転方向前進側に形成されている。このため、隣り合うフラックスバリア部72b、72cの間に挟まれたコア部71aの周方向の幅は、内周側から外周側にかけて略同一となっている。これにより、リラクタンストルクに対するコア部71aの飽和特性が向上し、リラクタンストルクをより効率よく得ることができる。

【0069】

また、本実施形態のロータ70では、第6実施形態のロータ60のようにフラックスバリア部62c自体を拡大するのではなく、フラックスバリア部72cとは別体の補助孔74を設けている。このため、フラックスバリア部72cと補助孔74との間にロータコア

71の薄肉部71bが形成される。これにより、ロータコア71の強度が向上するとともに、フラックスバリア部72cと補助孔74との間に微小な磁束の通路が形成されることにより磁束の空間高調波が低減される。

【0070】

< 8 . 第8実施形態 >

図10は、本発明の第8実施形態に係るロータ80の構成を示した図である。第8実施形態のロータ80は、4極機であることと、永久磁石埋設用孔82のフラックスバリア部82b, 82cの構成と、凹部81cの構成とが上記の第1実施形態と異なり、他の部分の構成は上記の第1実施形態と同等である。このため、以下では、フラックスバリア部82b, 82cおよび凹部81cの構成を中心に説明し、他の部分については重複説明を省略する。また、本実施形態のロータ80と接続されるシャフト99やステータ90の構成も、上記の第1実施形態と同等であるため、重複説明を省略する。

10

【0071】

本実施形態のロータ80においては、永久磁石埋設用孔82のフラックスバリア部82b, 82cは、それぞれロータコア81の外周面に向けて幅が広がる略扇形となっている。そして、ロータ81の外周面には、複数（本実施形態では4つ）の凹部81cが形成されている。凹部81cは、永久磁石83の磁極境界部におけるロータコア81の外周面のうち、回転方向前進側の部分に形成されている。換言すれば、凹部81cは、回転方向後進側のフラックスバリア部82cの外周部を含むロータコア81の外周面に形成されている。これにより、ロータコア81の外周面とステータ90との間のエアギャップが、凹部81cにおいて部分的に大きくなる。このような本実施形態のロータ80では、コア部81aの外周部において、回転方向前進側のエアギャップが回転方向後進側のエアギャップに比べて大きくなるため、リラクタンストルクについての磁極中心軸（dr軸）は、マグネットトルクについての磁極境界軸（qm軸）に対して実質的に回転方向後進側にずれることとなる。

20

【0072】

このため、本実施形態のロータ80も、第1実施形態のロータ10と同じように、マグネットトルクについての磁極境界軸（qm軸）とリラクタンストルクについての磁極中心軸（dr軸）とが一致せず、qm軸に対してdr軸が回転方向後進側へ微小角度だけずれた状態となる。したがって、ロータ80全体の電気角のずれを θ とすると、ロータ80において発生するトルクTは上記の（数1）で表すことができる。また、本実施形態のロータ80において得られるリラクタンストルクTrの波形は、上記の図3と同じようにマイナス側へ電気角 θ 分だけずれた状態となり、好適に電流位相 ϕ を制御すれば、従来よりも高いトルクTを得ることができる。

30

【0073】

< 9 . 変形例 >

以上、本発明の主たる実施形態について説明したが、本発明は上記の例に限定されるものではない。例えば、上記の第1～5実施形態では6極機について説明し、また、上記の第6～8実施形態では4極機について説明したが、本発明のロータの極数は上記の例に限定されるものではない。

40

【0074】

また、図1では、ステータ90の例として分布巻き式のステータ90を示したが、本発明のロータとともに使用されるステータは、分布巻き式のステータ90に限定されるものではない。例えば、集中巻き式のステータや、その他の方式のステータであってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図1】ロータを含むモータの断面図である。

【図2】第1実施形態に係るロータの断面図である。

【図3】本発明のロータにおけるマグネットトルクおよびリラクタンストルクの波形を示したグラフである。

50

【図4】第2実施形態に係るロータの断面図である。

【図5】第3実施形態に係るロータの断面図である。

【図6】第4実施形態に係るロータの断面図である。

【図7】第5実施形態に係るロータの断面図である。

【図8】第6実施形態に係るロータの断面図である。

【図9】第7実施形態に係るロータの断面図である。

【図10】第8実施形態に係るロータの断面図である。

【図11】従来の永久磁石埋め込み型ロータの断面図である。

【図12】従来の永久磁石埋め込み型ロータの断面図である。

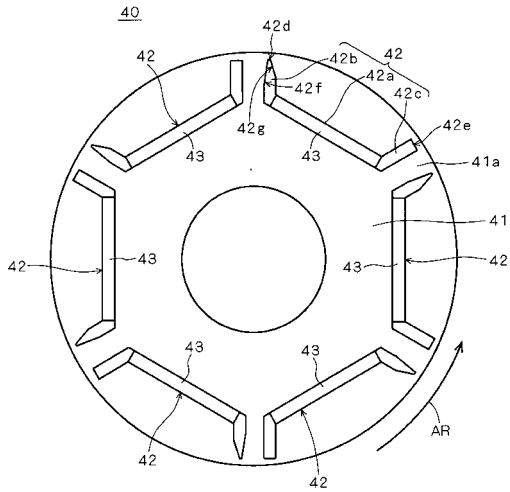
【図13】従来のロータにおけるマグネットトルクおよびリラクタンストルクの波形を示したグラフである。 10

【符号の説明】

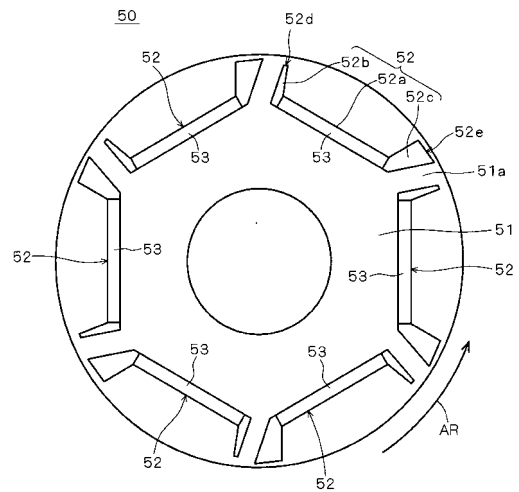
【0076】

1	モータ	
10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80	ロータ	
11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81	ロータコア	
11a, 21a, 31a, 41a, 51a, 61a, 71a, 81a	コア部	
12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82	永久磁石埋設用孔	
12a, 22a, 32a, 42a, 52a, 62a, 72a, 82a	埋設部	
12b, 12c, 22b, 22c, 32b, 32c, 42b, 42c, 52b, 52c, 62b, 62c, 72b, 72c, 82b, 82c	フラックスバリア部	20
12d, 12e, 22d, 22e, 32d, 32e, 42d, 42e, 52d, 52e, 62d, 62e	先端部	
13, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83	永久磁石	
74	補助孔	
81c	凹部	
90	ステータ	
91	ステータコア	
92	ティース部	
93	コイル	30
99	シャフト	

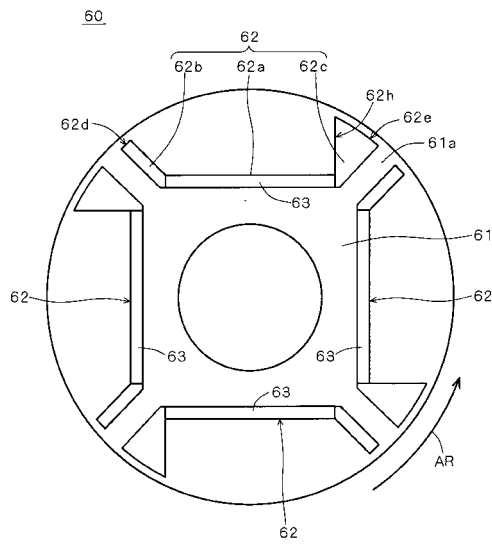
【図6】



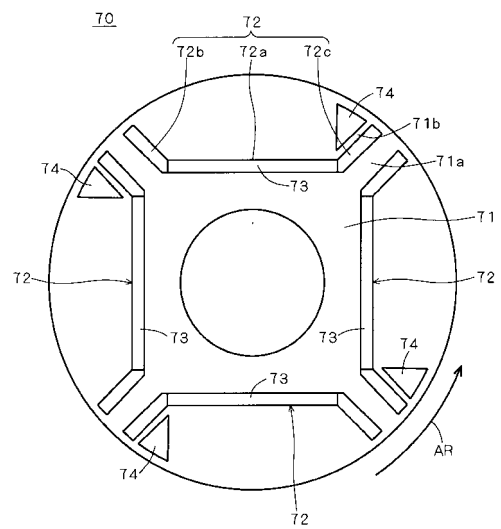
【図7】



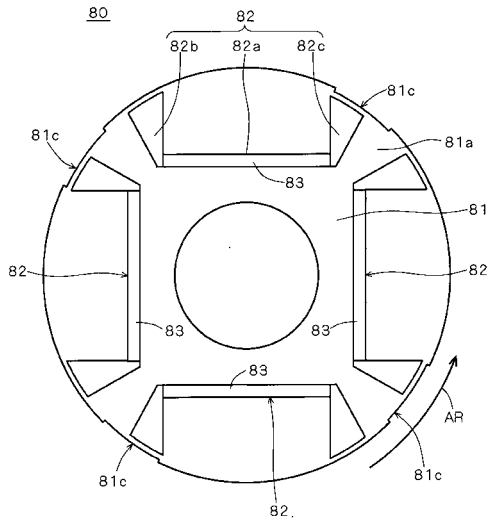
【図8】



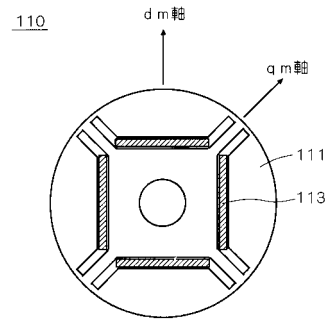
【図9】



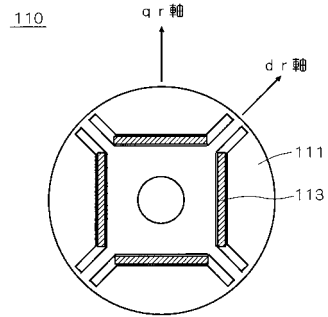
【図10】



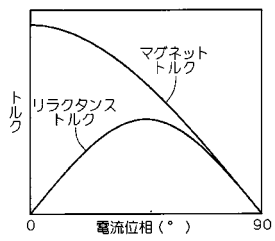
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

- (72)発明者 安田 善紀
滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2 ダイキン工業株式会社滋賀製作所内
- (72)発明者 浅野 能成
滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2 ダイキン工業株式会社滋賀製作所内

審査官 武市 匡紘

- (56)参考文献 特開2006-223052(JP,A)
特開2002-101586(JP,A)
特開平10-257733(JP,A)
特開平09-182331(JP,A)
特開2001-197694(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-----------------|
| H02K | 1/17、1/27、15/03 |
| H02K | 21/00-21/48 |