

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3967569号

(P3967569)

(45) 発行日 平成19年8月29日(2007.8.29)

(24) 登録日 平成19年6月8日(2007.6.8)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 K 49/02 (2006.01)

H O 2 K 49/02

B

B 6 O L 7/10 (2006.01)

B 6 O L 7/10

請求項の数 9 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2001-268770 (P2001-268770)	(73) 特許権者	390021577
(22) 出願日	平成13年9月5日(2001.9.5)		東海旅客鉄道株式会社
(65) 公開番号	特開2003-88090 (P2003-88090A)		愛知県名古屋市中村区名駅1丁目1番4号
(43) 公開日	平成15年3月20日(2003.3.20)	(74) 代理人	100082500
審査請求日	平成16年6月9日(2004.6.9)		弁理士 足立 勉
		(72) 発明者	加藤 宏和
			愛知県名古屋市中村区名駅一丁目1番4号
			東海旅客鉄道株式会社内
		(72) 発明者	石川 栄
			愛知県名古屋市中村区名駅一丁目1番4号
			東海旅客鉄道株式会社内
		(72) 発明者	齋藤 勉
			愛知県名古屋市中村区名駅一丁目1番4号
			東海旅客鉄道株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回生ブレーキ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

鉄道車両の車輪の車軸に取り付けられたブレーキディスクと、
 該ブレーキディスクの盤面に対向する位置に設置されたブレーキ用の固定子とを備え、
 該固定子に設置されたコイルを励磁して前記ブレーキディスクの回転方向と同じ方向に
 前記ブレーキディスクの回転速度より遅い速度で移動する移動磁界を発生させて前記ブレ
 ーキディスクを制動し、該制動に伴って前記鉄道車両の運動エネルギーの一部を前記固定
 子を介して電源側に回生する回生ブレーキであって、

前記ブレーキディスクは、

磁束を発生させるための磁性体ディスクを、渦電流が流れやすい良導体ディスクで両側
 から挟みこんだ三層構造をしており、且つ、前記良導体ディスクに設けられた貫通孔に前
 記磁性体ディスクの凸部が嵌入することで前記盤面が良導体及び磁性体の両方で構成され
 ており、

前記良導体ディスクは、ディスク中央付近から外周部へ向かって略放射状に形成された
 略円柱状のバー部と、当該バー部のディスク外周部側の端部と接続された第1の環状部と
 、当該バー部のディスク中央付近側の端部と接続された第2の環状部とを有している電流
 の流れる経路を有すること

を特徴とする回生ブレーキ。

【請求項2】

請求項1に記載の回生ブレーキにおいて、

10

20

前記良導体ディスクのパー部は、ディスクの半径方向に沿って形成されていることを特徴とする回生ブレーキ。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の回生ブレーキにおいて、

前記良導体ディスクのパー部は、ディスクの半径方向から所定角度ずらして形成されていることを特徴とする回生ブレーキ。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の回生ブレーキにおいて、

前記良導体ディスクは、前記第 1 の環状部と第 2 の環状部との間に、前記パー部と接続された第 3 の環状部を有していることを特徴とする回生ブレーキ。

10

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の回生ブレーキにおいて、

前記ブレーキディスクの側面は全て前記良導体となるよう、前記良導体ディスクを形成したことを特徴とする回生ブレーキ。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の回生ブレーキにおいて、

前記固定子は、前記ブレーキディスクの盤面の一部を覆う大きさに形成されていることを特徴とする回生ブレーキ。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の回生ブレーキにおいて、

前記固定子は、前記ブレーキディスクの円周に沿った扇形状に形成され、前記扇形の円周方向に沿って複数の前記コイルを設置するよう形成された固定子鉄心を備えていることを特徴とする回生ブレーキ。

20

【請求項 8】

請求項 6 に記載の回生ブレーキにおいて、

前記固定子は、長尺状に形成された固定子鉄心を備え、該固定子鉄心の長手方向が前記鉄道車両の進行方向に沿うように前記固定子鉄心を配置したことを特徴とする回生ブレーキ。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の回生ブレーキにおいて、

非動力車に取り付けられていることを特徴とする回生ブレーキ。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、鉄道車両の回生ブレーキに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、例えば特開昭 61 - 266064 号公報等が開示されているような三相交流を用い電磁誘導により制動を行う渦電流ブレーキがある。この渦電流ブレーキ 100 は、図 6 に示すように、盤面 104 が車軸 106 に垂直になるように車軸 106 に取り付けられたブレーキディスク 102 と、盤面 104 に対向する位置に設けられ、励磁すると、ブレーキディスク 102 の回転方向に対し反対方向に移動する移動磁界を発生させる固定子 108 とを備えている。この渦電流ブレーキ 100 は、図 7 に示すように、すべりが 1 以上となるように移動磁界を移動させるようにされ、この移動磁界により固定子 108 を励磁して渦電流を盤面 104 に発生させると、フレミングの左手則によりブレーキディスク 102 の回転方向とは反対方向に作用する力がブレーキディスク 102 に作用するので、その力を利用して制動を行うものである。

40

【0003】

この渦電流ブレーキ 100 では、ブレーキディスク 102 を流れる渦電流により、車輪 110 の運動エネルギーの殆どが熱エネルギーに変換され、ブレーキディスク 102 が熱

50

せられる。一方、ブレーキディスク102の温度が一定温度以上に高温となることは、構造上好ましくないことが知られている。そのため、従来の渦電流ブレーキ100では、ブレーキディスク102を肉厚にして、熱容量を大きくしたり、放熱効率を良くしている他、ファン等の冷却装置を設けてブレーキディスク102を強制冷却して、ブレーキディスク102が一定温度以上に高温になるのを防止している。

【0004】

ところで、新幹線車両等の電車車両の高速化には、車両重量の軽減と、制動力の強化が必要とされる。例えば現在の新幹線車両で用いられている渦電流ブレーキは、車軸に取り付けられた鉄製のディスクと台車に取り付けられた界磁コイルによって構成されている。界磁コイルはディスクを挟んで同極となるように配置しており、励磁電源は補助回路と同様に主変圧器の3次巻線(AC440V)を混合ブリッジの整流回路で直流に変換したものを使用している。この渦電流ブレーキは機械的な摩耗部品がないのでメンテナンスの面でメリットがある。しかし、車両の運動エネルギーをディスク発熱にかえてブレーキ力を得る方式であるため、上述のように大きなブレーキ力を得ようとするとも発熱が大きくなり、車軸の温度も上昇させてしまう。したがって、その防止のため、ブレーキディスク102の肉厚をより厚くして熱容量等を大きくしたり、ファンを取り付けたりせねばならず、その分重量が増すなどの問題が生じてくる。

【0005】

この問題に鑑み本願出願人は、特願2000-176803号において、電磁誘導により制動を行うブレーキであって、渦電流ブレーキに比べ制動力が大きくしても小型軽量な回生ブレーキを開示した。当該発明は、励磁コイルに代えて交流三相巻線によって進行磁界を励磁し、直流励磁の渦電流ディスクブレーキをリニア誘導発電機にすることによって、ブレーキによる運動エネルギーの一部を電力回生し、残りをディスクで熱として消費するブレーキシステムである。ディスクは磁束を発生させるための鉄ディスクを渦電流が流れやすい良導体である銅やアルミで両側から挟みこんだ三層構造をしている。一般のリニア誘導電動機のリアクションプレートも同様な構造をしている。上記ブレーキシステムは電力を回生できる点で省エネであり、回生できるエネルギー分ディスク発熱を減らすことができディスクを小型化することができる点でメリットがある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、現在のシステムでは磁極鉄心とディスク表面とのギャップは12mmと他のリニアモータシステムより比較的大きくなっている。またディスク表面の良導体(銅やアルミ等)の比透磁率は空気とほぼ等しい。このため磁氣的ギャップはエアギャップと良導体の厚さの和となり、現状では20mmを超える値となっている。この磁氣的ギャップを小さくすることができれば磁束を増やすことができ、リニア誘導電動機の推力を向上させることができる。しかし、本システムにおけるエアギャップは走行中の輪軸の右左折案内時を考慮して設定されたものであるため、このギャップ自体を大幅に詰めることは困難である。また良導体の厚さを薄くすると抵抗が増し、渦電流が小さくなる。これに伴い電磁力が小さくなり推力の低下に至るので困難である。

【0007】

そこで、本発明は、電磁誘導により制動を行うブレーキであって、渦電流ブレーキに比べ制動力を大きくしても小型軽量であり、且つ効率よく推力を発生可能な回生ブレーキを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

上記目的を達成する本発明の回生ブレーキは、図7に示す誘導機の特性曲線を示すグラフで説明すると、従来の渦電流ブレーキのようにすべりが1以上となる範囲で制動を行うのではなく、すべりが0より小さい範囲で制動を行う。このようにすべりが0より小さい範囲で制動を行うと、制動の際、鉄道車両の運動エネルギーの一部が電源側に回生されるため、従来の技術の欄で説明した渦電流ブレーキに比べ熱エネルギーに変換されるエネルギー

10

20

30

40

50

一量が減少するので、ブレーキディスクで発生する熱量が少ない。そのため、本発明の回生ブレーキを用いると、渦電流ブレーキのようにブレーキディスクの熱容量を大きくする必要がなく、ブレーキディスクを薄肉に構成することができる。

【0009】

そしてさらに、本発明のブレーキディスク(10：この欄においては、発明への理解の容易化のため、必要に応じて実施の形態中で用いた符号を付すが、この符号によって請求の範囲を限定することを意味するものではない。)は、次のような構成を持つ。すなわち、磁束を発生させるための磁性体ディスク(162)を、渦電流が流れやすい良導体ディスク(161)で両側から挟みこんだ三層構造をしており、且つ、良導体ディスク(161)に設けられた貫通孔に磁性体ディスク(162)の凸部が嵌入することで前記盤面(12)が良導体及び磁性体の両者で構成されると共に、良導体ディスク(161)は、ディスク中央付近から外周部へ向かって電流の流れる経路を有している。なお、良導体としてはアルミ等、磁性体としては鉄等が考えられる。

10

【0010】

このように、良導体ディスク(161)の表面まで磁性体ディスク(162)の一部を露出させることにより、良導体ディスク(161)の厚さによる磁氣的ギャップを大幅に小さくすることができ、したがって、ブレーキディスク(10)の盤面(12)を全て良導体で占有していた場合に比べて発生する磁束を増加させることができる。なお、増加割合は、ブレーキディスク(10)の盤面(12)の表面積に対し、どの程度磁性体を占有させるかによる。露出割合が高いほど磁束の増加が期待できるので、なるべく多く露出させることが「磁束増加」の観点からは好ましい。

20

【0011】

一方、このようにすることで、ブレーキディスク(10)の盤面(12)を全て良導体で占有していた場合に比べ、良導体ディスク(161)に誘導された渦電流は、流れる経路が減少することによって若干減少する。しかし、本発明の回生ブレーキの場合は、ディスク中央付近から外周部へ向かって電流の流れる経路を有しているため、回転方向の電磁力を出させる電流成分の減少を抑えることができる。リニアモータの推力(ブレーキ力)は2次側の電流と2次鎖交磁束の積であるため、磁束増加による効果を電流減少による効果よりも大きくすることができ、結果として推力を向上させることができる。

【0012】

したがって、本発明の回生ブレーキによれば、従来の渦電流ブレーキに比べ制動力を大きくしても小型軽量であり、且つ効率よく推力を発生可能である。

30

【0013】

また、本発明のブレーキディスク(10)は、第1の環状部(161b)と第2の環状部(161c)とを接続するパー部(161a)に主に電流が流れる。パー部(161a)を流れる電流によって発生する磁束は電流方向と直交する。ここでパー部(161a)がディスク中央付近から外周部へ向かって略放射状に形成されているため、ブレーキディスク(10)の略接線方向に推力が発生する。したがって、効率よい推力発生が期待できる。

そして、このパー部(161a)は、略円柱状であるため、略四角柱状のものに比べて露出面積が相対的に少なくなる。つまり、略四角柱状のものを用いると、その1側面が全て露出することとなるが、略円柱状のパー部(161a)とすれば、円弧部分の一部のみを露出させることができ、露出面積が相対的に少なくなる。これは逆に言えば、盤面(12)における磁性体の占有面積が多くなっていることを意味する。上述したように、盤面(12)における磁性体の占有面積が多いほど発生する磁束を増加させることができる。

40

この場合、請求項2に示すように、パー部(161a)をディスクの半径方向に沿って形成すれば、ブレーキディスク(10)の接線方向に推力が発生する(図1(b)等参照)。

【0014】

50

一方、請求項3に示すように、バー部(161a)を、ディスクの半径方向から所定角度ずらして形成してもよい(図3(d)参照)。この所定角度ずらす方法は、回転型の誘導電動機におけるスキューに相当する。このように構成すれば、始動時における振動等の異常現象を防止することができる。

【0015】

また、請求項4に示すように、第1の環状部(161b)と第2の環状部(161c)との間に、1つ以上の第3の環状部(161d)を設けてもよい(図4(a)参照)。このようにすれば、渦電流が流れ易く、また略半径方向にも電流経路があるため、効率よい推力発生の点でも有利である。

【0016】

また、請求項5に示すように、ブレーキディスク(10)の側面は全て良導体となるよう良導体ディスク(161)を形成してもよい(図3(a)~(c)参照)。このようにすれば、ブレーキディスク(10)の側面(外周付近)の電気抵抗が相対的に小さくなり、電流が流れやすくなる。

【0017】

ところで、本発明の回生ブレーキにおける固定子は、盤面の一部を覆う大きさに形成するのが好ましい(請求項6)。このようにすると、ブレーキディスクの放熱効果が大きくなるので、ブレーキディスクをより薄く構成することができる。また冷却装置も不要となる。その結果本発明の渦電流ブレーキは、小型軽量に構成することができる。

【0018】

具体的には、固定子は、ブレーキディスクの円周に沿った扇形状に形成され、扇形の円周方向に沿って複数の前記コイルを設置するよう形成された固定子鉄心を備えていることがより好ましい(請求項7)。このように構成された固定子を用いれば、移動磁界がブレーキディスクの回転方向に沿って移動し、制動力がブレーキディスクの回転方向に沿って作用するので、制動力を効率よくブレーキディスクにかけることができるからである。

【0019】

他の具体例としては、固定子は、長尺状に形成された固定子鉄心を備え、固定子鉄心の長手方向が鉄道車両の進行方向に沿うように固定子鉄心を配置したものをを用いるとより好ましい(請求項8)。このようにすると、固定子鉄心の長手方向と列車の進行方向とが互いに沿うように配置されるので、風が効率よくブレーキディスク上を通過する。そのため、放熱効果が高く、ブレーキディスクを一層薄く構成することができるので、回生ブレーキを小型軽量に構成することができる。

【0020】

ところで、モータが取り付けられた動力車、いわゆるM車には、誘導モータが取り付けられ、この誘導モータが回生制動を行うため、敢えて本発明の回生ブレーキを取り付ける必要はない。しかし非動力車、いわゆるT車には誘導モータが取り付けられていないため、本発明の渦電流ブレーキを取り付けて回生制動を行う意義が大きい(請求項9)。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、本発明が適用された実施例について図面を用いて説明する。なお、本発明の実施の形態は、下記の実施例に何ら限定されることなく、本発明の技術的範囲に属する限り、種々の形態を採り得ることは言うまでもない。

【0022】

[第1実施例]

図1(a)は、第1実施例の回生ブレーキが取り付けられる車軸の一端側の斜視図、図1(b)はブレーキディスクの正面図、図1(c)はブレーキディスクの側面図、図1(d)は図1(b)のB-B端面図である。また、図2(a)は固定子の断面図(図1(a)のA-A断面図)、図2(b)は動作回路のブロック図である。

【0023】

本実施例の回生ブレーキ1は、図1(a)に示すように、ブレーキディスク10と、一對

10

20

30

40

50

の固定子20とを備えている。

ブレーキディスク10は、鉄道車両の台車に設置された車軸9に同軸状に固定される。このブレーキディスク10は、具体的には筒部14とディスク部16とからなっており、円筒状に形成された筒部14が、車軸9に挿通した状態でブレーキディスク10を車軸9に固定する。一方、ディスク部16は、鉄等で製作された磁性体ディスク162をアルミ等で製作された2枚の良導体ディスク161で挟んだ3層構造に形成され、筒部14の外周面上に、筒部14に対し同心状になるように一体に取り付けられる。尚、磁性体ディスク162は、鉄の他に鋼などの強度を持った磁性体であればどのような材料で構成してもよい。また、良導体ディスク161は、導電率の高い非磁性体であればどのようなものでもよい。

10

【0024】

そしてさらに、本実施例のブレーキディスク10のディスク部16は、良導体ディスク161に設けられた貫通孔に磁性体ディスク162の凸部が嵌入することで、その盤面12に良導体及び磁性体の両者が露出している。

具体的には、図1(b)に示すように、良導体ディスク161は、バー部161aと、第1の環状部161bと、第2の環状部161cとから構成されている。第2の環状部161cは筒部14の外周面側に嵌め込み可能な断面略四角のリング形状である。また、バー部161aは略四角柱状であり、第2の環状部161cに一端が固定されディスク半径方向に沿って放射状に形成されている。なお、バー部161aは本実施例では20本であり、等間隔で配置される。そして、第1の環状部161bはそのバー部161aの外周部側の端部と固定する断面略四角のリング形状にされている。これらバー部161a、第1の環状部161b及び第2の環状部161cについては、一体成形してもよいし、別個に製作して例えばロウ付けによって固定しても良い。良導体ディスク161は平板ではなくこのような形状であるため、20本のバー部161aと第1及び第2の環状部161b, 161cによって、貫通孔が20個形成されることとなる。

20

【0025】

一方、磁性体ディスク162は、円盤状の両面にそれぞれ、上記良導体ディスク161に形成された貫通孔にそれぞれ嵌入可能な凸部が20個有している。したがって、この磁性体ディスク162の凸部に上記貫通孔を嵌めるように2枚の良導体ディスク161を両側から挟んで固定することで、本実施例のディスク部16が形成される。

30

【0026】

固定子20は、ブレーキディスク10の盤面12に対向する位置かつ、車軸9の上部で、ブレーキディスク10を挟むように設置される。この固定子20は、具体的には、図2(a)に示すように、固定子鉄心22及び固定子巻線24とからなる。このうち固定子鉄心22は、鉄道車両の進行方向に沿いかつ盤面12に沿って長尺状に形成され、盤面12に対向する面側には、固定子鉄心22の長手方向に対し垂直に形成された複数のスリット22aが、長手方向に沿って等間隔に設けられている。

【0027】

一方、移動磁界をつくるため、固定子巻線24は、U相、V相、W相の三相分の各コイル24a~24cからなる。各コイル24a~24cは、ブレーキディスク10の盤面12に対向する位置に、各コイル24a~24cを構成する電導線が巻回される巻回面がブレーキディスク10の盤面12に沿いかつ、鉄道車両の進行方向に沿って並設される。そして各コイル24a~24cは、固定子鉄心22に割り当てられた各相の固定子巻線24を設置する場所に短節巻かつ集中巻でスリット22aに詰め込んで取り付けられる。また、各コイル24a~24cは、同相のコイル24a~24cが互いに対向し、かつ、互いに磁束を打ち消さないように各固定子鉄心22に取り付けられる。尚、本実施例では、一例として、極ピッチが4スロットに対し、コイルピッチが3スロットの短節巻でコイル24a~24cが取り付けられた様子を示しているが、これに限られるものではない。

40

【0028】

次に、本実施例の回生ブレーキを動作させる動作回路について説明する。

50

ここで、図2(b)は、動作回路のブロック図である。本実施例の動作回路30は、コンバータ32、インバータ34、回転速度センサ36及び制御回路38からなる。このうちコンバータ32は、架線から供給される特別高圧を降圧する主変圧器巻線のうち補助回路用に用いられる三次巻線の単相440Vの電力を直流に変換してインバータ34に出力する。なお、この補助回路は、空調器や換気装置等の車内機器に電力を供給する回路である。

【0029】

インバータ34は、コンバータ32から供給される直流電力をPWM制御により三相交流電力に変換して固定子巻線24に出力する。これらコンバータ32及びインバータ34は、IGBT (insulated gate bipolar transistor) 素子を用いて構成されている。

10

【0030】

回転速度センサ36は、ブレーキディスク10に取り付けられブレーキディスク10の回転速度を測定し、ブレーキディスク10の回転速度を表す速度信号を制御回路38に出力している。制御回路38は、回転速度センサ36から入力した速度信号に基づいてブレーキディスク10の回転速度を算出し、その算出結果に基づいて、PWM (pulse width modulation) 制御を行ってインバータ32を動作している。このPWM制御では、固定子巻線24を励磁して、制御回路38で算出したブレーキディスク10の回転速度よりも遅い速度で、同じ方向に移動する移動磁界を発生させる制御を行っている。

【0031】

またこの動作回路30には、回生制動時に固定子巻線24から供給され、インバータ34で直流に変換された電力を消費する三次回路を、コンバータ32とインバータ34との間に接続してもよい。また、この動作回路30で、補助回路の電源がすでに直流となっている場合は、コンバータ32を介さず、直接インバータ32に電力を送電してもよい。

20

【0032】

以上のように構成された回生ブレーキ1を動作回路30を用いて制御すると以下のように動作する。

まず、本実施例の回生ブレーキ1を用いて制動を開始すると、PWM制御により固定子20に設置されているコイル24a~24cに電流が流れ、ブレーキディスク10のディスク16bを貫きブレーキディスク10と同じ回転方向に、ブレーキディスク10の回転速度より遅い速度で移動する移動磁界が発生し、ブレーキディスク10上には渦電流が生じる。そのため、フレミングの左手の法則により回転方向とは逆方向に力がかかり、この力が制動力となってブレーキディスク10が制動されるのである。この制動は回生制動であり、鉄道車両の運動エネルギーの一部は電力に変換され、その電力はインバータ34がコンバータの役割をしてインバータ34で直流に変換された電源側に出力され、一部は、熱エネルギーに変換されブレーキディスク10を熱する。

30

【0033】

以上説明した回生ブレーキ1を用いると以下のような効果がある。

前述したように、すべりが0より小さい範囲で制動を行うと、制動の際、鉄道車両の運動エネルギーの一部が電源側に回生され、本実施例の回生ブレーキ1は、従来の技術の欄で説明した渦電流ブレーキに比べ、熱エネルギーに変換されるエネルギー量が減少するので、ブレーキディスク10で発生する熱量が少なくなる。そのため、本実施例の回生ブレーキ1を用いると、渦電流ブレーキのようにブレーキディスク10の熱容量を大きくする必要がないので、ブレーキディスク10を薄肉に構成することができる。

40

【0034】

そして、本実施例のブレーキディスク10のディスク部16は、良導体ディスク161の表面まで磁性体ディスク162が露出しているため、良導体ディスク161の厚さによる磁氣的ギャップを大幅に小さくすることができる。したがって、盤面12を全て良導体で占有していた場合に比べて発生する磁束を増加させることができる。どの程度増加するかについて説明する。

【0035】

50

エアギャップを g 、良導体の厚さを a とした場合の磁束について考える。真空の透磁率を μ_0 とすると、アルミ等の良導体の透磁率もほぼ μ_0 と等しい。対向している良導体の面積を A とすると磁気抵抗 R は、下記ようになる。

$$R = (g + a) / (\mu_0 \times A) \text{ と表せる。}$$

【0036】

よって磁束は、起磁力 F と磁気抵抗 R を用いて、下記ようになる。

$$= F / R = F \times \mu_0 \times A / (g + a)$$

この式より磁束はエアギャップと良導体の厚さの和 $(g + a)$ に反比例することが分かる。よって磁性体をディスク表面まで出すと $a = 0$ となるので、磁束は $(g + a) / g$ 倍となる。従来想定していた渦電流ディスクブレーキにおける具体的数値としては $g = 1.2$ mm、 $a = 10$ mm であるので、磁性体をディスク表面に全て出したと仮定すると磁束は約 1.8 倍に増加する。本実施例の場合、磁性体をディスク表面に全て出しているわけではなく、また磁束の一部は漏れ磁束となるが、それ相応の磁束増加が期待できる。

10

【0037】

なお、盤面 12 が全て良導体であった場合に比べ、本実施例の良導体ディスク 161 に誘導された渦電流は、流れる経路が減少することによって若干減少する。しかし、パー部 (161a) がディスクの半径方向に沿って形成されているため、その方向に流れる電流によってブレーキディスク 10 の接線方向に推力が発生する。そのため、回転方向の電磁力を出させる電流成分の減少を抑えることができる。リニアモータの推力 (ブレーキ力) は 2 次側の電流と 2 次鎖交磁束の積であるため、磁束増加による効果を電流減少による効果

20

【0038】

したがって、本実施例の回生ブレーキ 1 によれば、従来の渦電流ブレーキに比べ制動力を大きくしても小型軽量である。そして、上述のようなディスク部 16 を有するため、効率よく推力を発生可能である。

また、本実施例の回生ブレーキ 1 は、ブレーキディスク 10 の盤面の一部を覆う大きさに形成されており、ブレーキディスク 10 の放熱効果が大きいので、ブレーキディスク 10 をより薄く構成することができる。また冷却装置も不要となる。その結果、本実施例の回生ブレーキ 1 は、従来の渦電流ブレーキに比べ小型軽量に構成することができる。

【0039】

また、本実施例では、固定子鉄心 22 の長手方向と列車の進行方向とが互いに沿うように配置されるので、風が効率よくブレーキディスク 10 上を通過する。そのため、本実施例の回生ブレーキ 1 は、従来の渦電流ブレーキに比べ放熱効果が高く、ブレーキディスク 10 を一層薄く構成することができるので、従来の渦電流ブレーキに比べ小型軽量に構成することができる。

30

【0040】

[第2実施例]

第2実施例の回生ブレーキが第1実施例と異なるのは、ブレーキディスク 10 だけなので、その部分のみ説明する。

図3(a)は、第2実施例のブレーキディスクの正面図、図3(b)はその側面図、図3(c)は図3(a)のC-C端面図である。

40

【0041】

本実施例は、基本的な構成は第1実施例の場合と同じであるが、良導体ディスク 161 の第1の環状部 161b の構成が多少異なっている。具体的には、ディスク部 16 の側面が全て良導体となるように、第1の環状部 161b の厚さがディスク部 16 の厚さと等しくなっている。なお、磁性体ディスク 14 の外径はその分だけ小さくなっている。

【0042】

本第2実施例のようなディスク部 16 の構成にすれば、ディスク部 16 の側面 (外周付近) の電気抵抗が相対的に小さくなり、電流が流れやすくなる。その結果、推力を向上させることができる。

50

[第 3 実施例]

第 3 実施例の回生ブレーキが第 1 実施例と異なるのは、ブレーキディスク 10 だけなので、その部分のみ説明する。

【 0 0 4 3 】

図 3 (d) は、第 3 実施例のブレーキディスクの正面図、図 3 (e) はその側面図である。

本実施例は、基本的な構成は第 1 実施例の場合と同じであるが、良導体ディスク 161 のバー部 161 a の配置が多少異なっている。つまり、第 1 実施例の場合には、バー部 161 a が半径方向に沿って配置されていたが、本第 3 実施例の場合には、バー部 161 a がディスクの半径方向から所定角度ずらして配置されている。この所定角度ずらす方法は、回転型の誘導電動機におけるスキューに相当する。

10

【 0 0 4 4 】

このように構成すれば、始動時における振動等の異常現象を防止することができる。ここで、半径方向からずらす「所定角度」に関して補足する。かご型誘導電動機では一般に回転子側を 1 スロットピッチ斜めスロットになっている。これは、かご型誘導電動機の固定子と回転子にはギャップに面してスロットを有するので歯頭間の磁気抵抗が回転子の位置によって変化する。このため、回転磁界のギャップ内の磁束分布は基本波の他に多くの高調波成分を含んでしまう。この高調波成分は誘導電動機の始動時に悪影響（次同期運転又はクローリングと呼ばれる）を及ぼすので磁束分布の高調波を低減する必要がある。この対策として、固定子が回転子のいずれか一方を 1 スロット分斜めスロットにして歯頭間の磁気抵抗を均一化する方法が採られる。1 スロット分が一般的なのは、あまり斜めスロットを大きくするとトルクへの影響が大きくなるため、高調波成分とトルクへの影響を最低限に抑えることのバランスを取ったものと考えられる。本実施例のブレーキディスク 10 もリア誘導電動機の回転子に相当するため、上記現象が当てはまる。このため、1 スロット分（程度）ディスクの良導体のバーを斜めにすることが効果的であると考えられる。

20

【 0 0 4 5 】

[第 4 実施例]

第 4 実施例の回生ブレーキが第 1 実施例と異なるのは、ブレーキディスク 10 だけなので、その部分のみ説明する。

図 4 (a) は、第 4 実施例のブレーキディスクの正面図、図 4 (b) はその側面図である。

30

【 0 0 4 6 】

本実施例は、第 1 実施例の構成に対して第 3 の環状部 161 d を追加したものとなっている。この第 3 の環状部 161 d は、第 1 の環状部 (161 b) と第 2 の環状部 (161 c) との間に同心円状に 4 つ設けられている。本実施例では、第 3 の環状部 161 d 同士の間隔、第 1 の環状部 161 b と第 3 の環状部 161 d との間隔、及び第 2 の環状部 161 c と第 3 の環状部 161 d との間隔は等しくされている。

【 0 0 4 7 】

このように構成すれば渦電流が流れ易くなる。

[第 5 実施例]

40

第 5 実施例の回生ブレーキが第 1 実施例と異なるのは、ブレーキディスク 10 だけなので、その部分のみ説明する。

【 0 0 4 8 】

図 4 (c) は、第 5 実施例のブレーキディスクの正面図、図 4 (d) はその側面図である。

本実施例の良導体ディスク 161 には、所定位置に円形貫通孔 165 が形成されており、そこに磁性体ディスク 162 の両面に形成された円形凸部が嵌まっている。上述した各実施例とは異なり、本実施例の場合は、明確なバー部のような構成はないが、実質的にはバー部と同様の機能を果たすような形状にされている。つまり、円形貫通孔 165 がディスク半径方向に沿って配置されているため、逆に言えば、良導体がディスク表面に位置する

50

部分もディスク半径方向に沿って連続して配置されることとなる。

【0049】

そのため、やはり本実施例の場合においても、ディスク半径方向に沿って流れる電流によりブレーキディスク10の接線方向に推力が発生し、回転方向の電磁力を出させる電流成分の減少を抑えることができる。

【0050】

なお、円形貫通孔165としたが、円形以外にも楕円形あるいは多角形であってもよい。本実施例からも分かるように、第1～第4実施例のような整然と配置された太さが一定のバー部161aの存在が必ずしも必要ではなく、太さが変わったり非対称に配置されていてもよく、さらにバーでなくても電流が流れる経路が確保されていればよい。ディスクに回転方向の推力を与えるためには、フレミング左手の法則より磁束と直交する電流経路にディスクの半径方向成分が含まれていることが必要だからであり、その観点からすれば、半径方向への電流経路を確保できる形状や配置であれば同様に適用できるからである。

【0051】

[第6実施例]

第6実施例の回生ブレーキが第1実施例と異なるのは、ブレーキディスク10だけなので、その部分のみ説明する。

図5(a)は第6実施例のブレーキディスクの正面図、図5(b)はその側面図、図5(c)は(a)のD-D端面図である。

【0052】

本実施例は、基本的な構成は第1実施例の場合と同じであるが、良導体ディスク161のバー部161aの形状が略円柱状である点が異なっている。つまり、第1実施例の場合には、バー部161aが略四角柱状であり、その1側面が全て露出していたが、本実施例の場合には略円柱状のバー部161aであるため、露出面積が相対的に少ない。これは逆に言えば、盤面12における磁性体の占有面積が相対的に多くなっていることを意味する。上述したように、盤面12における磁性体の占有面積が多いほど発生する磁束を増加させることができるため、その観点からは好ましい。但し、電流の流れる経路確保のため完全に埋没させるのではなく、一部を露出させている。

【0053】

なお、本実施例の場合には、磁性体ディスク162の側面から半径方向に貫通孔を形成し、その中に良導体のバー部161aを挿入し、その後第2の環状部161c及び第3の環状部161dと固定するといった作業が必要となるため、製作加工の観点からすると、上述した他の実施例よりは複雑な作業となる。

【0054】

[その他]

(1) 上記第1～第4実施例では、バー部161a、第1の環状部161b及び第2の環状部161c(さらに第4実施例では第3の環状部161d)の断面を四角形としたが、それ以外の形状でも構わない。但し、第6実施例でも述べたが例えば断面円形などにすると製作加工の面では相対的に複雑な作業となるため、断面四角形状の場合は製作加工が容易になるというメリットがある。

【0055】

(2) 固定子鉄心22については、図5に示すように、ブレーキディスク10の円周に沿った扇形状に形成し、扇形の円周方向に沿ってコイル24a～24cを設置するよう形成してもよい。このようにすれば、移動磁界がブレーキディスク10の回転方向に沿って移動し、制動力がブレーキディスク10の回転方向に沿って作用するので、制動力を効率よくブレーキディスク10にかけることができるからである。

【0056】

(3) 従来の渦電流ブレーキは、回転子すなわちブレーキディスク10の回転速度が遅いと制動力が小さくなり、鉄道車両では時速70km以下になると制動ブレーキが効かなくなることが知られている。本実施例のように、固定子20で発生させる移動磁界の移動速

10

20

30

40

50

度は、回転子に相当するブレーキディスク10の回転速度に対し、図7に示すように、すべりSが、図7中で表した範囲内のうち、例えば、誘導機器を制動機として扱うときの最大トルク値(図7中で表した点)と同じトルク値を取る値(図7中で表した点)から、最大トルクが得られる値の範囲内に収まるように制御するとよい。

【0057】

このようにすると、低速でも非常に高いトルク、すなわち制動力を得られるからである。また、このようにすると、高い制動力を得られるにも関わらず、少ない一次電流で制動できるので、ブレーキディスク10で熱として発生する損失が少なく、ブレーキディスク10の厚みをより薄くすることができ、本実施例の回生ブレーキ1を軽量にすることができる。

10

【0058】

(4) 上記実施例では、回転速度センサ26を用いてブレーキディスク10の回転速度を測定しているが、列車速度とブレーキディスク10の回転速度との関係を予めテーブル化しておき、列車速度を測定すれば移動磁界の移動速度を算出できるようにすることで回転速度センサ26を省略し、列車速度から直接PWM制御を行ってもよい。

【0059】

(5) 上記実施例では、コンバータ32及びインバータ34をIGBT素子を用いて構成したが、GTOサイリスタ(gate turn-off thyristor)素子などの電力用半導体を用いてもよい。さらに、上記実施例では短節巻について説明したが、分布巻等その他のような巻き方をしてもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は第1実施例の回生ブレーキが取り付けられる車軸の一端側の斜視図、(b)はブレーキディスクの正面図、(c)はブレーキディスクの側面図、(d)は図1(b)のB-B端面図である。

【図2】(a)は固定子の断面図(図1(a)のA-A断面図)、(b)は動作回路のブロック図である。

【図3】(a)は第2実施例のブレーキディスクの正面図、(b)はその側面図、(c)は(a)のC-C端面図、(d)は第3実施例のブレーキディスクの正面図、(e)はその側面図である。

【図4】(a)は第4実施例のブレーキディスクの正面図、(b)はその側面図、(c)は第5実施例のブレーキディスクの正面図、(d)はその側面図である。

30

【図5】(a)は第6実施例のブレーキディスクの正面図、(b)はその側面図、(c)は(a)のD-D端面図、(d)は固定子鉄心の他の例を説明するためのブレーキディスクの正面図である。

【図6】従来の渦電流ブレーキの斜視図である。

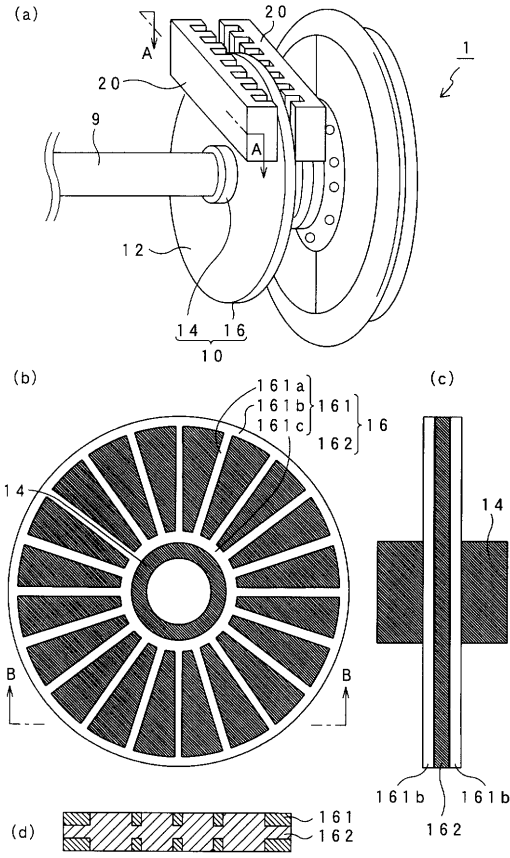
【図7】誘導機器の特性曲線を表すグラフ図である。

【符号の説明】

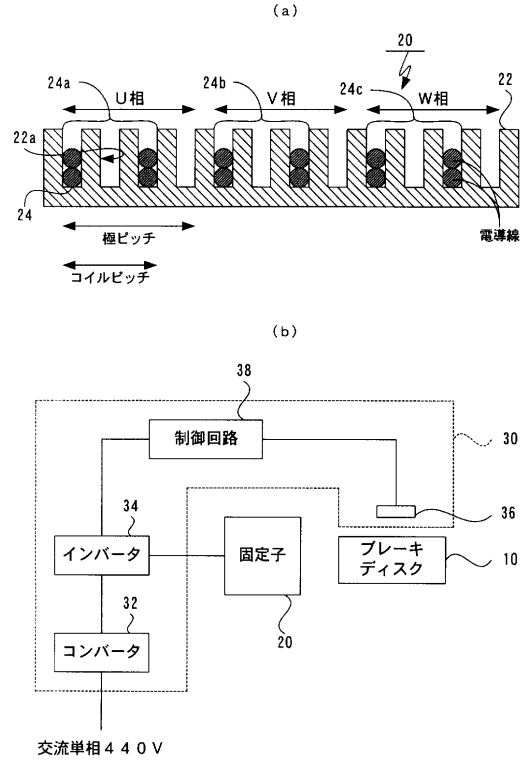
1...回生ブレーキ、9...車軸、10...ブレーキディスク、12...盤面、14...筒部、16...ディスク部、20...固定子、22...固定子鉄心、22a...スリット、24...固定子巻線、26...回転速度センサ、30...動作回路、32...コンバータ、34...インバータ、36...回転速度センサ、38...制御回路、40...三次回路、161...良導体ディスク、162...磁性体ディスク、161a...パー部、161b...第1の環状部、161c...第2の環状部、161d...第3の環状部、165...円形貫通孔

40

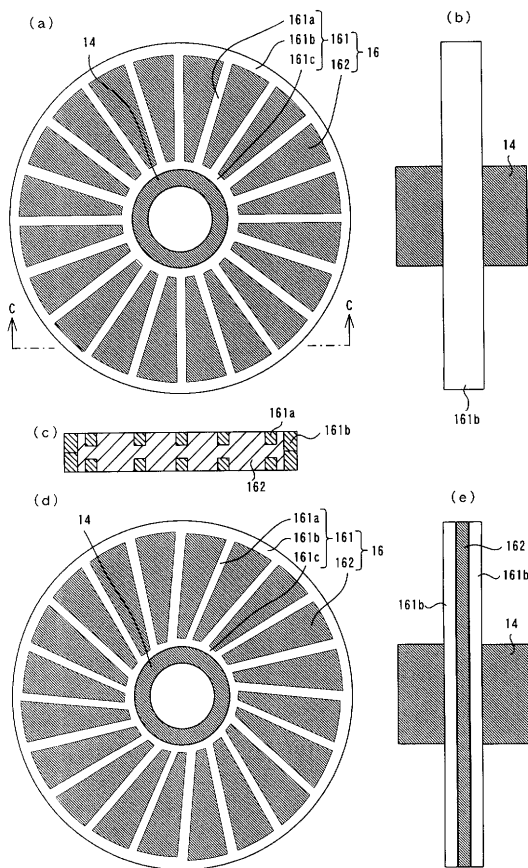
【図1】



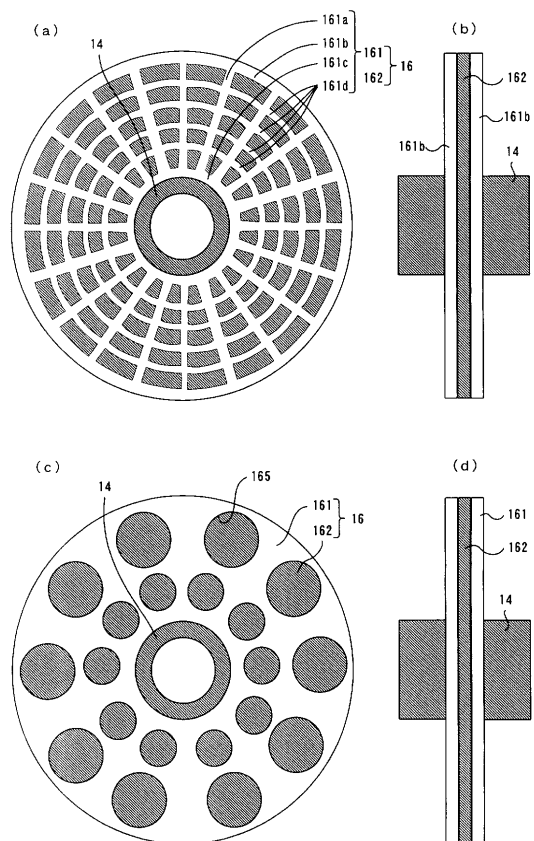
【図2】



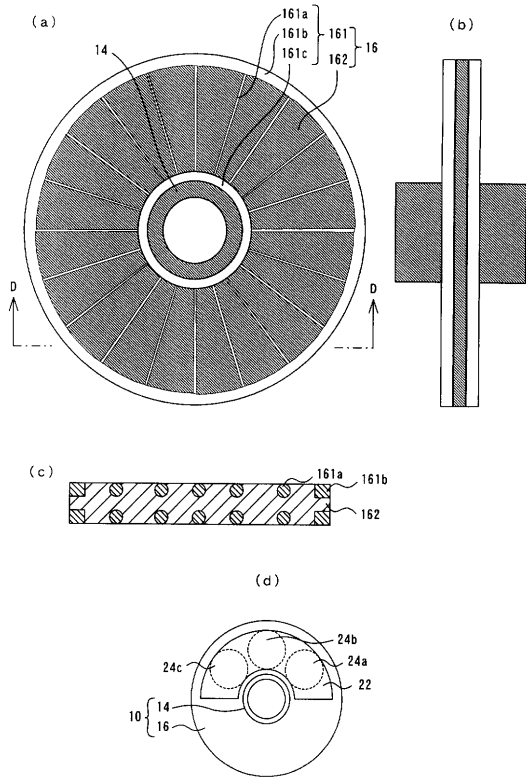
【図3】



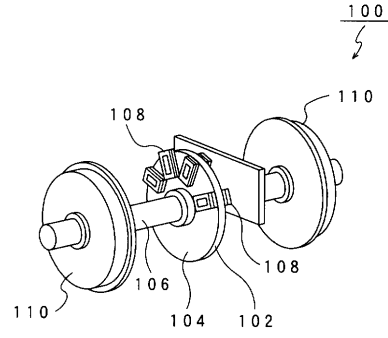
【図4】



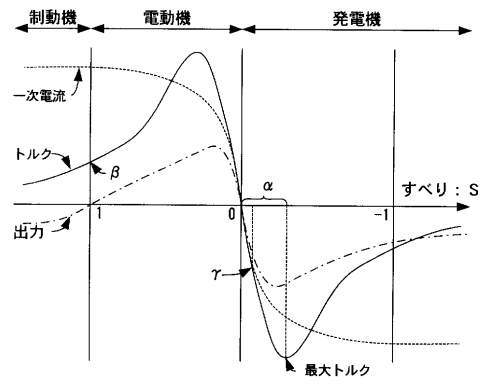
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

審査官 杉浦 貴之

- (56)参考文献 特開昭61-015564(JP,A)
特開平10-225096(JP,A)
特開昭63-314101(JP,A)
特開昭56-066160(JP,A)
特開平02-206346(JP,A)
特開昭64-030401(JP,A)
特開昭60-187256(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 49/02

B60L 7/10