(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5355372号
(P5355372)
(45)発行日　平成25年11月27日(2013.11.27)　(24)登録日　平成25年9月6日(2013.9.6)

(51)Int.Cl.　F I
H02K 41/025 (2006.01)　H02K 41/025 A
H02K 41/025 C

請求項の数 5　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願2009-284148(P2009-284148)
(22)出願日　平成21年12月15日(2009.12.15)
(65)公開番号　特開2011-130527(P2011-130527A)
(43)公開日　平成23年6月30日(2011.6.30)
審査請求日　平成24年2月1日(2012.2.1)

(73)特許権者　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
(74)代理人　110000062
特許業務法人第一国際特許事務所
(72)発明者　野崎　雄一郎
茨城県ひたちなか市市毛１０７０番地　株式会社　日立製作所　交通システム事業部内

審査官　田村　耕作

最終頁に続く

(54)【発明の名称】リニア誘導モータのリアクションプレート

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

車上一次方式でリニア誘導モータを駆動し、推進力を得て電気車を駆動するシステムの軌道上に設置される鉄系金属母材の架台と、

前記架台の上面に接合される厚板の鉄系金属母材と、

前記厚板の鉄系金属母材の上面に接合される平板の導電性非鉄金属からなる接合材と、

で構成されるリアクションプレートにおいて、

前記厚板の鉄系金属母材の上面の前記平板の導電性非鉄金属からなる接合材との接合面から下方に、車両進行方向に平行して少なくとも１本以上の直線状の切り込みが入っていること

を特徴とするリニア誘導モータのリアクションプレート。

【請求項２】

請求項１に記載のリニア誘導モータのリアクションプレートにおいて、

前記厚板の鉄系金属母材に入れる切り込み深さが、

リニア誘導モータの一次側に給電する車上側の可変電圧、可変周波数の交流を出力する電力変換装置の出力周波数と、

そのときのリニア誘導モータのすべりに依存するうず電流の周波数と、

前記厚板の鉄系金属母材の透磁率及び導電率によって決まる表皮厚さに基づいて設定されること

を特徴とするリニア誘導モータのリアクションプレート。

【請求項３】
請求項１または請求項２に記載のリニア誘導モータのリアクションプレートにおいて、
前記厚板の鉄系金属母材へ入れた切り込みの内部には、うず電流が流れるのを防ぐために空洞、もしくは絶縁材を充填した構造としたリアクションプレート。
【請求項４】
請求項１ないし請求項３のいずれか１項に記載のリニア誘導モータのリアクションプレートにおいて、
前記厚板の鉄系金属母材へ入れる切り込み数は、
前記切り込みを入れた前記厚板の鉄系金属母材の等価導電率が、前記切り込みを入れない鉄系金属母材の等価導電率の１０％以下となるように設定されること
を特徴とするリニア誘導モータのリアクションプレート。
【請求項５】
請求項１ないし請求項４のいずれか１項に記載のリニア誘導モータのリアクションプレートにおいて、
前記厚板の鉄系金属母材へ入れる切り込みの幅は、
前記厚板の鉄系金属母材の母材幅から前記切り込み幅の合計を引いた長さとの割合である占積率が９４％以上となるように定めること
を特徴とするリニア誘導モータのリアクションプレート。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、車上一次方式のリニア誘導モータで駆動される交通機関のリニア誘導モータの二次導体であるリアクションプレートに係り、特にリアクションプレートを構成する鉄系金属母材と導電性非鉄金属接合材の複合導体に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
厚板の鉄系金属母材（以下母材という）に導電性非鉄金属接合材（以下接合材という）を接合した構成の従来例のリアクションプレートは、特許文献１～特許文献３に記載されている。
【０００３】
図４に上記従来例に示されているリアクションプレートの構成を示す。１０１はリニア誘導モータ一次鉄心、１０２は厚板平板式リアクションプレート、１０３は導電性非鉄金属接合材、１０４は厚板の鉄系金属母材（１）、１０５は厚板の鉄系金属母材（２）（架台）（磁気的には母材の一部を兼ねる）、１０６はリアクションプレートと枕木または道床とを固定するリアクションプレート締結用ボルトを示す。
【０００４】
図４のリアクションプレートの動作原理を説明する。車上に搭載する電力変換装置から可変電圧可変周波数の交流でリニア誘導モータ一次鉄心１０１に移動磁界を発生させると、厚板平板式リアクションプレート１０２にはうず電流が発生し、このうず電流とリニア誘導モータ一次鉄心１０１が発生する移動磁界との間に作用する電磁力で、リニアモータ電車は推進力を得る。
【０００５】
図４では、厚板平板式リアクションプレート１０２は１～３枚の厚板で、リニアモータ電車駆動時の推進力となるうず電流の発生と磁路を形成する電磁的機能を有する。導電性非鉄金属接合材１０３のうず電流がリニア誘導モータの推力を発生させるため、うず電流を積極的に発生させる。しかし、厚板の鉄系金属母材（１）１０４、厚板の鉄系金属母材（２）（架台）１０５にうず電流が発生すると、うず電流損が大きくなり、効率が低下する。
【０００６】
また、厚板の鉄系金属母材（１）１０４、厚板の鉄系金属母材（２）（架台）１０５は

磁路を構成するための鉄系材料であるため、うず電流が発生すると磁気飽和によって磁気的性能が劣化するので、漏れ磁束が多くなりモータ自体の力率も悪化する。

【０００７】

特許文献４及び特許文献５は、このうず電流が厚板の鉄系金属母材（１）１０４、厚板の鉄系金属母材（２）（架台）１０５の板厚に比例して大きくなることに着目し、改善を試みた従来例である。

【０００８】

図５に、この性能を改善した従来例のリアクションプレート構造を示す。第５図において、図４と同一の構成要素には同じ記号を付してある。図５において、１１１は水平方向に積層構造とした鉄系金属母材，導電性非鉄金属締結用ボルト１１４はキャップ式導電性非鉄金属接合材１１３と積層構造の場合のリアクションプレート架台１１２を締結するボルトである。これらによって、積層方式リアクションプレート１１０を構成している。

【０００９】

図５の特徴は，図４の厚板の鉄系金属母材（１）１０４を積層構造とした鉄系金属母材１１１としたことにある。母材を積層した角材で構成し、接合面を電気的に絶縁した構造にすることによって、積層構造とした鉄系金属母材の等価的な導電率を減少させ、うず電流の発生を妨げ、磁気飽和を低減させた構成とし、リアクションプレートの磁気的性能向上を図っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１０】

【特許文献１】特開昭５９－１４４３６２号公報

【特許文献２】特開昭５９－２０１６７１号公報

【特許文献３】特開平１－２５９７０５号公報

【特許文献４】特開昭６１－２６２０６８号公報

【特許文献５】欧州特許０２００３４６Ｂ１公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１１】

リアクションプレートはリニアモータ電車を駆動する推進力を発生するが、一次側と二次側のリアクションプレート間にはその構造上，推進には寄与しない推進力よりも大きな吸引力も発生する。このため、リアクションプレートの構造は、この電磁力に耐えうるだけの堅牢性を保持した構造としなければ、リアクションプレートが損傷してしまう問題がある。

【００１２】

図４に示す厚板平板式では厚板平板式リアクションプレート１０２は爆着クラッドやカシメで接合されており、製造性がよく堅牢であるという長所を持っているが、板厚に依存してうず電流が増加し効率が悪く、低力率であるという短所を併せ持っている。また、低力率であることは車上側に搭載される、リニア誘導モータ駆動のための電力変換器容量を大きくしなければならず、システムのサイズや重量が大きくなるという欠点も有する。

【００１３】

一方、図５の積層方式ではこれらの性能は改善されるものの、積層構造とした鉄系金属母材１１１は直接固定されておらず、キャップ式導電性非鉄金属接合材１１３と積層構造の場合のリアクションプレート架台１１２が導電性非鉄金属締結用ボルト１１４によって固定されているのみであり、爆着クラッドやカシメほどの強度は得られない。また、ねじ止め箇所の増加によって締め忘れや緩みの問題もある。このように、積層式は信頼性の問題や堅牢性では平板式には及ばない。

【００１４】

本発明の目的は、図４にある母材が厚板構成のリアクションプレートに、図５の積層構造による効率と力率の改善効果を取り入れた高性能リアクションプレートを提供すること

にある。

【課題を解決するための手段】

【００１５】

本発明のリアクションプレートは、導電性非鉄金属と厚板の鉄系金属母材の複合導体で構成されているが、一次側の進行方向に対してその母材に、リアクションプレートに流れるうず電流の周波数から決まる表皮厚さ以上の切り込みを入れることで、母材を積層構成とした場合と同等の効果を与える。

【００１６】

すなわち、リニア誘導モータの二次鉄心である鉄系金属母材に切り込みを導入し、この母材で発生するうず電流を減少させることでうず電流の増加と磁気飽和を防ぎ、磁性体としての母材利用率を高めることにあり、その切り込みの深さは母材に発生するうず電流で決定される。

【００１７】

この母材に発生するうず電流の周波数は、車上側に搭載する電力変換装置がリニア誘導モータ一次側を駆動するために発生する周波数と車両が走行する速度で決まり、その周波数と母材の電磁気的性質によって決まる表皮厚さで、母材への切り込み深さを決定する。

【００１８】

一方、積層方式の従来例である特許文献５と同様に、切り込みの導入によって母材に発生するうず電流経路が増加するため、切り込みの数に比例して母材の抵抗は増加する。すなわち、母材の等価的な導電率は切り込み数に反比例して減少する。

【００１９】

従って、切り込み数は多いほど母材の等価的な導電率が減少し、うず電流減少の効果も大きくなるが、ある程度以上等価導電率を減少させても推力へ与える影響がなくなるため、それに基づき母材へ導入する切り込み本数を定める。

【００２０】

また、その切り込み幅は、接合材との接合面において母材幅と母材幅から切り込み幅の合計を引いた長さとの割合である母材の占積率が、一般の積層電磁鋼板を使用した電気機器と同等以上となるように定める。

【発明の効果】

【００２１】

本発明によれば、従来の厚板平板構造のリアクションプレートの長所である製造性、堅牢性を保持したまま、欠点であった効率、力率を向上可能なリアクションプレートを提供することが可能である。

【００２２】

また、厚板平板を使用したリアクションプレートと形状互換とすることが容易であり、現状のリニア誘導モータ電車で採用されているリアクションプレートを置き換え、高性能化を図ることも可能であるという効果も得られる。

【００２３】

また、性能の向上は車上に搭載されるリニア誘導モータを駆動する電力変換装置の小型化、軽量化が可能である。

【図面の簡単な説明】

【００２４】

【図１】図１は本発明の実施例のリアクションプレートの構造図である。

【図２】図２は本発明の切り込みの有無による母材に発生するうず電流の分布と浸透の分布を説明する図である。

【図３】図３は本発明の切り込み本数の変化による推力と母材の等価導電率の関係の例を示した図である。

【図４】図４は厚板母材を用いた従来技術でのリアクションプレート構造図である。

【図５】図５は積層鋼板の効果を取り入れた従来技術でのリアクションプレート構造図である。

【発明を実施するための形態】
【００２５】
以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。
【実施例】
【００２６】
以下、本発明の一実施例として、リニア誘導モータ駆動の地下鉄へ導入された場合の構成を、図１により説明する。図１において、図４及び図５と同一の構成要素には同じ記号を付してある。図１において１０７は電車走行用レール、１０８は枕木である。１０９は本発明である切り込みを導入した厚板の鉄系金属母材である。
【００２７】
通常、厚板平板式リアクションプレート１０２は紙面に垂直方向（ｘ軸方向）に適当な長さにユニット化され、図１に示すようにリニア誘導モータ電車の走行する電車走行用レール１０７の中央部に連続して敷設されて、リアクションプレート締結用ボルト１０６により締結されている。
【００２８】
導電性非鉄金属接合材１０３と切り込みを導入した厚板の鉄系金属母材１０９とを接合する手段は、従来例である図４で、導電性非鉄金属接合材１０３と厚板の鉄系金属母材（１）１０４を接合する手法と同様でよい。さらに、この切り込みを導入した厚板の鉄系金属母材１０９と厚板の鉄系金属母材（２）（架台）１０５の接合に関しても従来方法と同様に接合する。
【００２９】
このようにして形成された厚板平板式リアクションプレート１０２は車上リニアモータに対向した走行用の電車走行用レール１０７の枕木１０８の中央部にリアクションプレート締結用ボルト１０６で締結され、枕木１０８と厚板平板式リアクションプレート１０２を一体化している。
【００３０】
図１の動作について説明する。厚板平板式リアクションプレート１０２の導電性非鉄金属接合材１０３、厚板の鉄系金属母材（１）１０４と厚板の鉄系金属母材（２）（架台）１０５にはリニア誘導モータの推進時、リニア誘導モータ一次鉄心１０１の発生した移動磁界によってうず電流が誘導される。
【００３１】
リニアモータは導電性非鉄金属接合材１０３へ誘導されるうず電流によって、ほとんどの推力を発生するため、電気的によい性能が求められ、導電性非鉄金属接合材の材料としては、アルミや銅といった高導電率の非磁性体材料を用いる。一方、厚板の鉄系金属母材（１）１０４と厚板の鉄系金属母材（２）（架台）１０５は、リニア誘導モータ一次鉄心１０１に対応して二次側の磁気回路を構成するため、磁気的性能が要求されるため、鉄系材料で構成する。
【００３２】
図２に、図４と図１の厚板平板式リアクションプレート１０２のうち厚板の鉄系金属母材（１）１０４及び切り込みを導入した厚板の鉄系金属母材１０９を拡大し、それぞれに誘導されるうず電流を示す。図２において、１１５はリニア誘導モータ一次側が発生する磁束、１１６は磁束によって鉄系金属母材表面に発生するうず電流の方向と大きさ、１１７は磁束によって鉄系金属母材内ｙ方向に浸透するうず電流を示している。
【００３３】
母材は鉄系の磁性材料であるため、このうず電流は１枚の厚板母材の場合には、図２の従来例（切り込みなし）のように表面に集中して流れることで、表面で磁気飽和が発生して磁気的性能が低下し、うず電流損失も大きくなる。これは、表皮効果として知られている現象であり、うず電流は表皮深さｄ：

【数１】

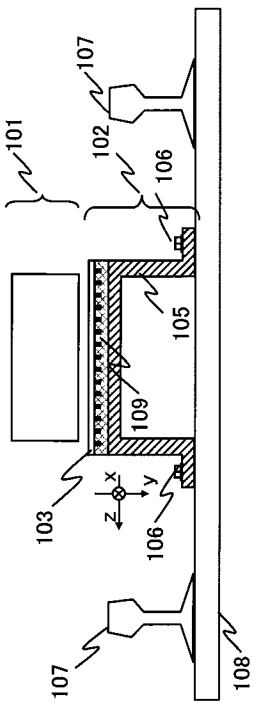
$$d=\sqrt{\frac{2}{2\pi f\mu\sigma}}$$

で与えられる深さに、ほとんどが集中する。ここで、
π：　円周率
ｆ：　うず電流の周波数
μ：　母材の透磁率
σ：　母材の導電率
である。
【００３４】
　図２の本発明（切り込みあり）では、厚板の鉄系金属母材（１）１０４に表皮深さで与えられる切り込みを導入した厚板の鉄系金属母材１０９を導入した場合のうず電流である。切り込みを表皮深さｄ以上入れることで、磁束によって鉄系金属母材表面に発生するうず電流１１６の経路が切り込み数だけ長くなることで電気抵抗を大きく、すなわち母材の等価的な導電率が減少し、母材のうず電流が流れにくくなる。
【００３５】
　これにより、図５で積層構造とした鉄系金属母材と同等の性能、つまり母材表面での磁気飽和も低減され、母材の磁気的性能向上及びうず電流損を減少させることが可能となる。
【００３６】
　図３は、積層方式の従来例である特許文献５の理論をも参照し、本発明における切り込み数に対する推力と母材等価導電率の関係を表す。母材の等価的な導電率は切り込み数に反比例して減少するが、その導電率を１０％以下としても推力の最大値との差は２％以下となるため、これを基に導入する切り込み本数を決定する。
【００３７】
　すべり周波数制御でリニア誘導モータを駆動した場合、そのすべり周波数を５Ｈｚとして制御すると、切り込みを導入した厚板の鉄系金属母材１０９での表皮厚さはおよそ６ｍｍ程度であり、切り込みの深さを最低６ｍｍとすればよい。また、本実施例では、導電性非鉄金属接合材１０３及び切り込みを導入した厚板の鉄系金属母材１０９の幅は３６０ｍｍで構成され、母材へ導入する切り込みの本数を１５本とした。
【００３８】
これらより、切り込み幅は一般的に電気機器に使用される積層鋼板の占積率９４％以上を満たすとすると最大１．４ｍｍであり、本実施例では１ｍｍとした。これは占積率９６％となる。切り込み内部は空洞とし、空気によってうず電流の絶縁が保たれている。
【００３９】
　このように、本実施例によれば平板式リアクションプレートの長所をそのままに、リニア誘導モータの推力、効率や力率といった特性を向上させる効果がある。従来の平板式リアクションプレートと互換とすることも容易であるため、リアクションプレート置換などによって従来路線の性能改善も実施可能である。
【符号の説明】
【００４０】
１０１　リニア誘導モータ一次鉄心
１０２　厚板平板式リアクションプレート

１０３　導電性非鉄金属接合材
１０４　厚板の鉄系金属母材（１）
１０５　厚板の鉄系金属母材（２）（架台）
１０６　リアクションプレート締結用ボルト
１０７　電車走行用レール
１０８　枕木
１０９　切り込みを導入した厚板の鉄系金属母材
１１０　積層方式リアクションプレート
１１１　積層構造とした鉄系金属母材
１１２　積層構造の場合のリアクションプレート架台
１１３　キャップ式導電性非鉄金属接合材
１１４　導電性非鉄金属締結用ボルト
１１５　リニア誘導モーター一次側が発生する磁束
１１６　磁束によって鉄系金属母材表面に発生するうず電流
１１７　磁束によって鉄系金属母材に浸透するうず電流

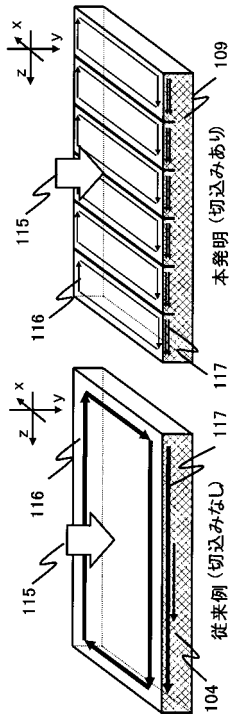
【図１】

図1



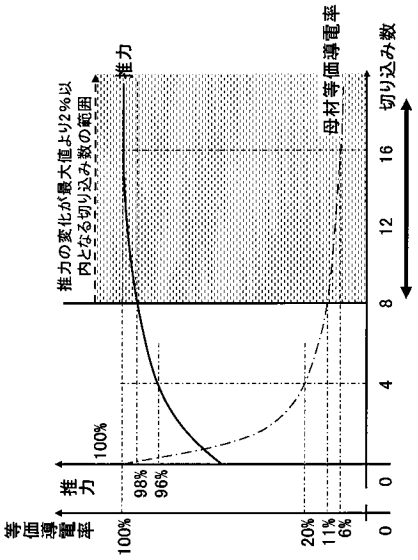
【図２】

図2



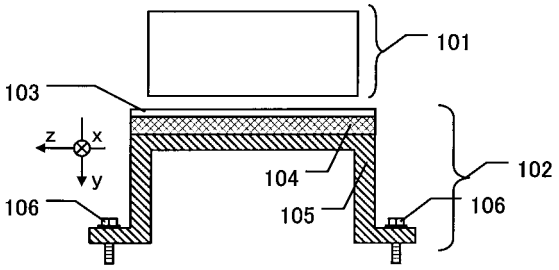
【図３】

図3



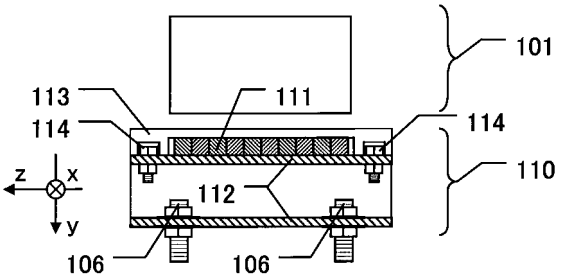
【図４】

図4



【図５】

図5



フロントページの続き

(56)参考文献　特開２０００－２９５７１９（ＪＰ，Ａ）
特開昭６４－０１２８４８（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－１８９５２９（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－０４３１３３（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－１９６５４８（ＪＰ，Ａ）
欧州特許第００２００３４６（ＥＰ，Ｂ１）
特開平０９－２３４５２９（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１１５１６８（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－２７０４１３（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－０７８４２３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｋ　４１／０２５