(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B1)　(11)特許番号
特許第5014527号
(P5014527)
(45)発行日　平成24年8月29日(2012.8.29)　(24)登録日　平成24年6月15日(2012.6.15)

(51)Int.Cl.　　F I
H02M 7/48 (2007.01)　　H02M 7/48 E
H02P 21/00 (2006.01)　　H02P 5/408 A
H02P 27/04 (2006.01)

請求項の数 3　(全 8 頁)

(21)出願番号　特願2012-515279 (P2012-515279)
(86)(22)出願日　平成23年11月30日 (2011.11.30)
(86)国際出願番号　PCT/JP2011/077721
審査請求日　平成24年3月27日 (2012.3.27)

早期審査対象出願

(73)特許権者　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号
(74)代理人　100089118
弁理士　酒井　宏明
(72)発明者　北中　英俊
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号　三菱電機株式会社内

審査官　大山　広人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電気車用インバータ装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
接続部材を介して車輪に接続された電動機を制御するインバータ回路と、前記電動機のトルクを制御する制御部と、を有した電気車用インバータ装置において、
前記制御部は、前記電動機に対するトルク指令と前記電動機のトルクとが一致するように制御するか、あるいは、前記電動機に対する電流指令と前記電動機に流れる電流とが一致するように制御する電流制御部と、
前記トルク指令の大きさ、もしくは、前記電流指令の大きさが、予め設定された所定値以下にならないように制限するリミッタ部と、
を有したことを特徴とする電気車用インバータ装置。
【請求項２】
前記所定値は、前記トルク指令もしくは前記電流指令の大きさが小さい領域において、前記電動機が出力するトルクの極性が正負に変動しない値として設定されたことを特徴とする請求項１に記載の電気車用インバータ装置。
【請求項３】
前記電動機の速度に相当する信号に基づき、前記所定値を生成する下限値生成部を有したことを特徴とする請求項１または２に記載の電気車用インバータ装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

本発明は、電気車駆動用の電気車用インバータ装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
一般に知られているとおり、従来技術の電気車用のインバータ装置は、電動車の台車に搭載された車輪に歯車、カップリング（接続部材）等を介して連結された電動機が発生するトルクを所望に制御して駆動する構成とされるのが一般的である（例えば、下記特許文献１）。また、電動機としては、誘導電動機を用いるのが一般的である。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２０１１－１７３４４１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
このような電気車用インバータ装置で課題となるのが、トルクの小さい領域で電動機が駆動される場合であり、電動機が発生するトルクの極性が特に正負に変動する場合に、歯車やカップリングの内部構成部品が遊びにより振動し、歯車やカップリングから機械音が発生するという事象が挙げられる。このような事象は、周囲の環境騒音が小さくなる条件、すなわち電動機が低速度かつ低トルクで運転中に目立ちやすいため、何らかの改善が求められていた。
【０００５】
本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、歯車やカップリングから発生し得る不要な機械音を抑制もしくは低減することができる電気車用インバータ装置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】
【０００６】
上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、接続部材を介して車輪に接続された電動機を制御するインバータ回路と、前記電動機のトルクを制御する制御部と、を有した電気車用インバータ装置において、前記制御部は、前記電動機に対するトルク指令と前記電動機のトルクとが一致するように制御するか、あるいは、前記電動機に対する電流指令と前記電動機に流れる電流とが一致するように制御する電流制御部と、前記トルク指令の大きさ、もしくは、前記電流指令の大きさが、予め設定された所定値以下にならないように制限するリミッタ部と、を有したことを特徴とする。
【発明の効果】
【０００７】
この発明によれば、歯車やカップリングから発生し得る不要な機械音を抑制もしくは低減することができるという効果を奏する。
【図面の簡単な説明】
【０００８】
【図１】図１は、本実施の形態における電気車用インバータ装置の構成例を示す図である。
【図２】図２は、本実施の形態におけるリミッタ部および下限値生成部の構成例を示す図である。
【図３】図３は、本実施の形態におけるリミッタ部および下限値生成部の図２とは異なる他の構成例を示す図である。
【図４】図４は、本実施の形態に係る技術を適用しない場合の動作を説明する図である。
【図５】図５は、本実施の形態に係る技術を適用した場合の動作を説明する図である。
【発明を実施するための形態】
【０００９】
以下に添付図面を参照し、本発明の実施の形態に係る電気車用インバータ装置について

説明する。なお、以下に示す実施の形態により本発明が限定されるものではない。

【００１０】

（実施の形態）

図１は、本実施の形態における電気車用インバータ装置の構成例を示す図である。本実施の形態の電気車用インバータ装置は、図１に示すように、架線などの電源１から電力を受電し、回転駆動力を発生する電動機３を駆動するインバータ装置１０により構成される。

【００１１】

インバータ装置１０は、直流電力を交流電力に変換するインバータ回路２と、インバータ回路２から出力される導体の電流を計測するための電流検出器１１と、インバータ回路２を制御する制御部２０とを有して構成される。

【００１２】

インバータ回路２の出力は、電動機３に接続され、電動機３へ交流電力を供給して駆動する。電動機３は、例えば三相交流電動機である。電動機３の回転軸には、接続部材としてのカップリング４が配置され、電動機側歯車５と接続される。

【００１３】

電動機側歯車５には、車輪側歯車６が噛み合うように配置され、車輪側歯車６は、車軸７に固定されている。また、車軸７には、車輪８が接続されている。このように、電動機３の出力側には、機械出力を車軸７を経由して車輪８に伝える構成部が設けられている。また、車輪８はレール９に接しており、車輪８を回転させることで電気車を走行させる構成となっている。

【００１４】

つぎに、制御部２０の構成について説明する。制御部２０は、リミッタ部２１、下限値生成部２２および電流制御部２３を有して構成される。

【００１５】

制御部２０には、ｑ軸電流指令ｉｑ＊、ｄ軸電流指令ｉｄ＊、電動機３の速度信号ＦＭおよび、電流検出器１１が検出した電動機電流検出値ＩＭが入力される。ここで、ｑ軸電流指令ｉｑ＊は、電動機３が出力するトルクの指令（電動機３に対するトルク指令）に相当する信号であり、ｄ軸電流指令ｉｄ＊は、電動機３内部の磁束の指令に相当する信号である。電流制御部２３は、後述するリミッタ後のｑ軸電流指令（リミッタ前のｑ軸電流指令と区別するため、以下「リミッタ後ｑ軸電流指令」と称する）ｉｑ１＊と、ｄ軸電流指令ｉｄ＊を電流指令とし、電動機電流検出値ＩＭのｑ軸成分と、ｄ軸成分とがそれぞれの電流指令と一致するように制御を行う。

【００１６】

図２は、本実施の形態におけるリミッタ部および下限値生成部の構成例を示す図である。図２において、ｑ軸電流指令ｉｑ＊は、リミッタ部２１に入力され、速度信号ＦＭは、下限値生成部２２に入力される。下限値生成部２２は、速度信号ＦＭに基づき、所定値である下限値信号ＤＩを生成するように構成される。

【００１７】

リミッタ部２１には、ｑ軸電流指令ｉｑ＊および下限値信号ＤＩが入力される。下限値生成部２２は、速度信号ＦＭが小さい領域において、下限値信号ＤＩの大きさを所定の大きさとするように動作する。

【００１８】

リミッタ部２１の出力は、例えばリミッタ部２１内のグラフにて示す入出力特性によって制御される。より詳細に説明すると、リミッタ部２１では、入力されたｑ軸電流指令ｉｑ＊の大きさが上記下限値信号ＤＩ以下とならないようにリミッタ処理し、リミッタ後ｑ軸電流指令ｉｑ１＊を生成して電流制御部２３に出力する。ｑ軸電流指令ｉｑ＊の大きさが下限値信号ＤＩ以上であれば、リミッタ後ｑ軸電流指令ｉｑ１＊はｑ軸電流指令ｉｑ＊に等しい値となる。

【００１９】

このようにして生成したリミッタ後ｑ軸電流指令ｉｑ１＊に加え、ｄ軸電流指令ｉｄ＊および電動機電流検出値ＩＭが電流制御部２３に入力される。電流制御部２３は、電動機電流検出値ＩＭのｑ軸成分、ｄ軸成分が、リミッタ後ｑ軸電流指令ｉｑ１＊、ｄ軸電流指令ｉｄ＊にそれぞれ一致するように電流制御を行い、この電流制御に応じたゲート制御信号（ＰＷＭ信号）ＧＣを生成してインバータ回路２に出力する。インバータ回路２では、ゲート制御信号ＧＣにより図示しないスイッチング素子が制御され、必要な電力が電動機３に供給される。

【００２０】

以上の制御により、電動機３は、リミッタ後ｑ軸電流指令ｉｑ１＊とｄ軸電流指令ｉｄ＊とで決定される電流にて駆動される。

【００２１】

なお、図２では、下限値生成部２２が速度信号ＦＭに基づいて下限値信号ＤＩを生成するように構成したが、この構成に限定されるものではない。例えば、図３のように、リミッタ部２１におけるＤＩの値を固定値とし、ｑ軸電流指令ｉｑ＊の大きさが所定値であるｉｑ０＊以下の場合に、リミッタ部２１の出力であるリミッタ後ｑ軸電流指令ｉｑ１＊をＤＩに設定して出力するような構成であっても構わない。

【００２２】

ここで、従来のインバータ装置の構成を説明する。例えば、図１において、従来のインバータ装置では、リミッタ部２１および下限値生成部２２が存在しない。つまり、従来のインバータ装置は、ｑ軸電流指令ｉｑ＊およびｄ軸電流指令ｉｄ＊が電流制御部２３に入力され、入力されたｑ軸電流指令ｉｑ＊およびｄ軸電流指令ｉｄ＊により決定される電流で駆動される構成である。

【００２３】

つぎに、本実施の形態に係る技術を適用した場合と適用しない場合（従来の構成）の動作を説明する。図４は、本実施の形態に係る技術を適用しない場合の動作を説明する図である。

【００２４】

図４において、上段の図はｑ軸電流指令ｉｑ＊、中段の図はリミッタ後ｑ軸電流指令ｉｑ１＊（上述のとおり、従来構成では「ｑ軸電流指令ｉｑ＊」＝「リミッタ後ｑ軸電流指令ｉｑ１＊」となる）、下段の図は電動機電流ｉｑ（電動機電流検出値ＩＭのｑ軸成分、トルクに相当する）をそれぞれ表している。

【００２５】

同図の例では、ｑ軸電流指令ｉｑ＊＝１００Ａで運転中に電流指令を抑制して電動機３の発生するトルクを減少させている。また、ｑ軸電流指令ｉｑ＊は、ランプ状に減少させた後、０Ａとしている。このとき、電動機電流ｉｑは、インバータ装置の制御性能の制約（例えば、制御部２０の演算遅れなど）により、過渡変動が生じたり、制御誤差による変動が生じたりしてちょうどゼロに維持することはできず、ゼロを境に変動する。つまり、電動機３のトルクの大きさの極性が変化することになる。

【００２６】

このような状態になると、電動機３の回転軸から出力される力（トルク）の向きが変動することになるので、カップリングや歯車の構成部品において振動が発生し、上述した機械音を生じる。この機械音は、周囲環境の騒音が小さい条件、すなわち電気車が低速で運転中で電動機３の速度信号ＦＭが小さい領域で目立つことになる。

【００２７】

一方、図５は、本実施の形態に係る技術を適用した場合の動作を説明する図である。上段の図は、ｑ軸電流指令ｉｑ＊、中段の図はリミッタ後ｑ軸電流指令ｉｑ１＊、下段の図は電動機電流ｉｑ（電動機電流検出値ＩＭのｑ軸成分、トルクに相当する）をそれぞれ表している。

【００２８】

図５の例では、図４と同様に、ｑ軸電流指令ｉｑ＊＝１００Ａで運転中に電流指令を抑

制して電動機３の発生するトルクを減少させ、ｑ軸電流指令ｉｑ＊は、ランプ状に減少させた後に０Ａとしている（図５の上段部参照）。一方、下限値生成部２２とリミッタ部２１の動作により、リミッタ後ｑ軸電流指令ｉｑ１＊が０Ａまで減少した場合でも、下限値信号ＤＩ分が残り、この成分が出力される（図５の中段部参照）。

【００２９】

ここで、電動機電流ｉｑが、インバータ装置の制御性能（制御部２０の制御演算遅れなど）の制約により、過渡変動が生じたり、制御誤差による変動が生じたりすることは従来の場合と同様である。しかしながら、本実施の形態に係る技術を適用した場合には、この変動分に相当する下限値信号ＤＩが生成され、この成分に相当する電動機電流ｉｑが上乗せされるので、電動機電流ｉｑがゼロを境に変動することを回避できる（図５の下段部参照）。その結果、電動機３のトルクの大きさの極性が変化することを回避することが可能となる。

【００３０】

以上説明したように、本実施の形態の電気車用インバータ装置によれば、ｑ軸電流指令ｉｑ＊の大きさが、予め設定された所定値以下にならないように制限することとしたので、電動機３の回転軸より出力される力（トルク）の向きが変動することを回避でき、カップリングや歯車の構成部品の振動を発生させることがなく、歯車やカップリングから発生し得る不要な機械音を抑制もしくは低減することができる。

【００３１】

なお、この種の機械音は、周囲環境の騒音が小さい条件、すなわち電気車が低速で運転中で電動機３の速度信号ＦＭが小さい領域で目立つことになる。このため、下限値生成部２２では電動機の速度信号ＦＭが小さい領域のみ下限値信号ＤＩを生成するようにして、速度信号ＦＭがある程度の速度であり、上記機械音が周囲騒音に紛れて気にならない状態では下限値信号ＤＩ＝０とすることを可能としている。このようにすることで、ｑ軸電流指令ｉｑ＊に対して不要な制限を加え続けることが回避できるので、電動機３の制御性能の劣化を最小限とできる。

【００３２】

なお、下限値信号ＤＩの値としては、電動機３の最大トルク（電流）の１０％以下程度に設定するのが電気車の用途からは好ましい。１０％以下程度に設定していれば、実用上の問題はない。あまり大きくすると小さなトルクが必要な軽い加速減速の場合に不都合となる。小さくし過ぎると前述した制御誤差や制御演算遅れによる過渡変動により電動機電流ｉｑがゼロを境に変動する状態となり効果が生じない。

【００３３】

したがって、下限値信号ＤＩは、少なくとも当該制御部２０の制御誤差や制御演算遅れに起因して生じる電動機電流ｉｑの変動値（＝電動機３のトルクの変動値に相当する電動機電流の変動値）よりも大きい値として設定することが好ましい。つまり、下限値信号ＤＩは、リミッタ後ｑ軸電流指令ｉｑ１＊が電動機３の出力するトルクの極性が正負に変動しない状態を維持可能な値に設定することが好ましい。

【００３４】

なお、本実施の形態では、ｑ軸電流指令ｉｑ＊に対してリミッタ処理を実施する構成として説明したが、ｑ軸電流指令に相当するトルク指令（図示せず）に対してリミッタ処理を実施する構成としても同様の効果が得られる。つまり、電流指令に対してリミッタ処理を行う構成に代えて、トルク指令に対してリミッタ処理を行う構成としても構わない。なお、トルク指令と電流指令（ｑ軸電流指令）との換算は、当業者において公知である。

【００３５】

また、以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例であり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、一部を省略する等、変更して構成することも可能であることは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

【００３６】

以上のように、本発明は、歯車やカップリングから発生し得る不要な機械音を抑制もしくは低減することができる電気車用インバータ装置として有用である。

【符号の説明】

【００３７】

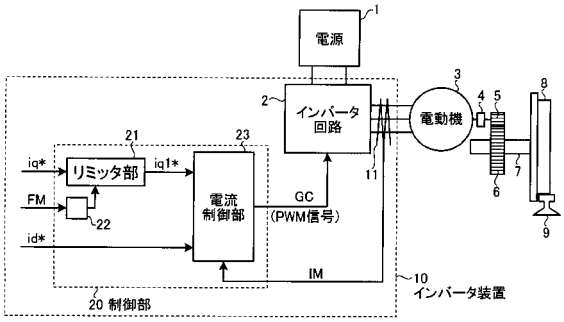
１　電源
２　インバータ回路
３　電動機
４　カップリング
５　電動機側歯車
６　車輪側歯車
７　車軸
８　車輪
９　レール
１０　インバータ装置
１１　電流検出器
２０　制御部
２１　リミッタ部
２２　下限値生成部
２３　電流制御部

【要約】

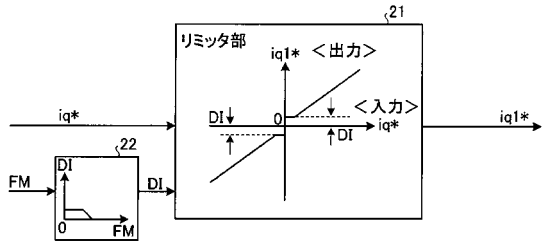
電気車用インバータ装置には、接続部材を介して車輪８に接続された電動機３を制御するインバータ回路２と、電動機３のトルクを制御する制御部２０と、が設けられる。制御部２０は、電動機３に対するｑ軸電流指令ｉｑ＊が電動機３に流れる電流に一致するように制御する電流制御部２３と、ｑ軸電流指令ｉｑ＊の大きさが、予め設定された所定値以下にならないように制限するリミッタ部２１と、を有する。

【選択図】図１

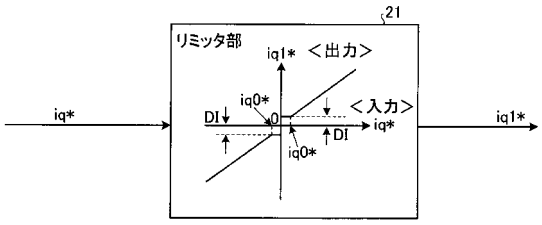
【図１】


電源
1
2
インバータ回路
3
電動機
4
5
8
9
6
7
11
21
23
iq*
リミッタ部
iq1*
FM
22
電流制御部
GC
(PWM信号)
id*
IM
10
インバータ装置
20 制御部

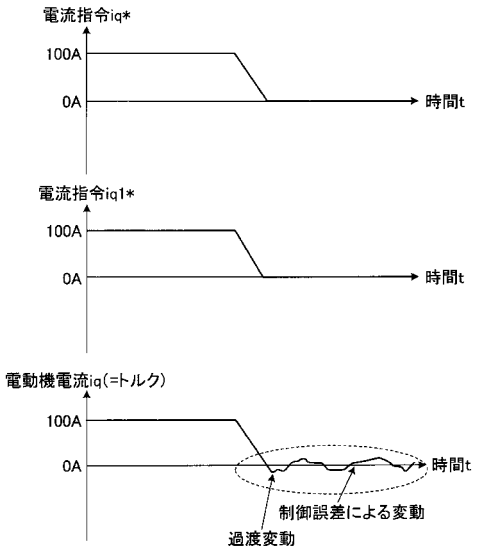
【図２】


21
リミッタ部
iq1* ＜出力＞
iq*
DI
0
＜入力＞
iq*
DI
iq1*
22
FM
DI
DI
0
FM

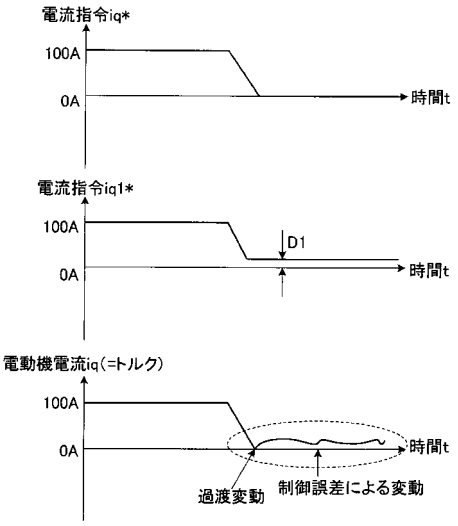
【図３】


21
リミッタ部
iq1* ＜出力＞
iq*
DI
iq0*
0
＜入力＞
iq*
DI
iq0*
iq1*

【図４】


電流指令iq*
100A
0A
時間t
電流指令iq1*
100A
0A
時間t
電動機電流iq(=トルク)
100A
0A
時間t
制御誤差による変動
過渡変動

【図５】


電流指令iq*
100A
0A
時間t
電流指令iq1*
100A
D1
0A
時間t
電動機電流iq(=トルク)
100A
0A
時間t
過渡変動
制御誤差による変動

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０１１－１７３４４１（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－１４８０７９（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１０２４５５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H02M 7/48
H02P 21/00
H02P 27/04