

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3559258号
(P3559258)

(45) 発行日 平成16年8月25日(2004.8.25)

(24) 登録日 平成16年5月28日(2004.5.28)

(51) Int. Cl.⁷

F I

B 6 2 D 6/00
B 6 2 D 5/04

B 6 2 D 6/00
B 6 2 D 5/04

請求項の数 34 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2001-229685 (P2001-229685)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成13年7月30日(2001.7.30)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2003-40128 (P2003-40128A)		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(43) 公開日	平成15年2月13日(2003.2.13)	(74) 代理人	100057874
審査請求日	平成13年7月30日(2001.7.30)		弁理士 曾我 道照
		(74) 代理人	100110423
			弁理士 曾我 道治
		(74) 代理人	100071629
			弁理士 池谷 豊
		(74) 代理人	100084010
			弁理士 古川 秀利
		(74) 代理人	100094695
			弁理士 鈴木 憲七
		(74) 代理人	100111648
			弁理士 梶並 順

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステアリング制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

モータと、該モータに対する電流指令値を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、

上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、

界磁電流の方向をd軸方向に、このd軸と直交する方向をq軸方向に持つ二相回転磁束座標系で記述され得るベクトル制御によりトルク指令に応じて上記モータのトルク制御を行うモータ制御手段をさらに備え、

上記補正手段は、q軸電流指令値とq軸電流検出値との偏差が所定値以上となった場合にd軸電流が上記モータの界磁を弱めるような所定値となるようにd軸電流指令値を補正することを特徴とするステアリング制御装置。

【請求項2】

モータと、該モータに対する電流指令値を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、

10

20

上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、

上記モータの界磁を弱めるか否か判定するための基準操舵トルクを生成する基準操舵トルク生成手段をさらに備え、

上記補正手段は、操舵トルクが上記基準操舵トルク以上となった場合に上記電流指令値を上記モータの界磁を弱めるような所定の値となるように補正し、

また、上記補正手段は、少なくとも操舵トルクと上記基準操舵トルクとの差の関数として上記電流指令値を補正することを特徴とするステアリング制御装置。

【請求項 3】

モータと、該モータに対する電流指令値を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、

上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、

上記モータの界磁を弱めるか否か判定するための基準操舵トルクを生成する基準操舵トルク生成手段をさらに備え、

上記補正手段は、操舵トルクが上記基準操舵トルク以上となった場合に上記電流指令値を上記モータの界磁を弱めるような所定の値となるように補正し、

また、上記補正手段は、少なくとも操舵トルクと上記基準操舵トルクとの差をパラメータとして予め作成したテーブルを参照することにより上記電流指令値を補正することを特徴とするステアリング制御装置。

【請求項 4】

モータと、該モータに対する電流指令値を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、

上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、

上記モータの回転速度を検出する速度検出手段をさらに備え、

上記補正手段は、上記モータの回転速度が所定値以上となった場合に該モータの界磁を弱めるような所定の値となるように上記電流指令値を補正し、

また、上記補正手段は、少なくとも上記モータの回転速度の関数として上記電流指令値を補正することを特徴とするステアリング制御装置。

【請求項 5】

モータと、該モータに対する電流指令値を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、

上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、

上記モータの回転速度を検出する速度検出手段をさらに備え、

上記補正手段は、上記モータの回転速度が所定値以上となった場合に該モータの界磁を弱めるような所定の値となるように上記電流指令値を補正し、

また、上記補正手段は、少なくとも上記モータの回転速度をパラメータとして予め作成したテーブルを参照することにより上記電流指令値を補正することを特徴とするステアリン

10

20

30

40

50

グ制御装置。

【請求項 6】

モータと、該モータに対する電流指令値を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、

上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、

界磁電流の方向を d 軸方向に、この d 軸と直交する方向を q 軸方向に持つ二相回転磁束座標系で記述され得るベクトル制御により、トルク指令に応じて上記モータのトルク制御を行うモータ制御手段と、上記モータの回転速度を検出する速度検出手段と、上記モータの印加電圧に対する電圧制限値を生成する電圧制限値生成手段とをさらに備え、

上記補正手段は、少なくとも上記モータの回転速度と q 軸電流指令値と固定子巻線抵抗と固定子巻線リアクタンスとモータ逆起電圧定数とに基づいて、電圧制限円上に動作点を設定する d 軸電流値を演算により求め、該演算により求めた d 軸電流値が d 軸電流指令値よりも界磁を弱める電流値である場合には、上記演算により求めた d 軸電流値が上記 d 軸電流指令値となるよう補正することを特徴とするステアリング制御装置。

10

【請求項 7】

モータと、該モータに対する電流指令値を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、

上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、

上記モータとして界磁巻線式モータを用い、トルク指令に応じてモータのトルク制御を行うモータ制御手段をさらに備え、

電機子電流指令値と電機子電流検出値との偏差が所定値以上となった場合に界磁巻線電流指令値を補正することを特徴とするステアリング制御装置。

20

30

【請求項 8】

上記補正手段は、少なくとも q 軸電流の偏差の関数として上記 d 軸電流指令値を補正することを特徴とする請求項 1 記載のステアリング制御装置。

【請求項 9】

上記補正手段は、少なくとも上記 q 軸電流の偏差をパラメータとして予め作成したテーブルを参照することにより上記 d 軸電流指令値を補正することを特徴とする請求項 1 記載のステアリング制御装置。

【請求項 10】

上記補正手段は、上記 q 軸電流の偏差が第 1 の所定値以上の場合には上記モータの界磁を弱める負の d 軸電流指令値を増加させ、第 2 の所定値以下の場合には上記モータの界磁を弱める負の d 軸電流指令値を減少させることを特徴とする請求項 1 記載のステアリング制御装置。

40

【請求項 11】

上記 d 軸電流指令値を予め設定した最小値に制限することを特徴とする請求項 10 記載のステアリング制御装置。

【請求項 12】

上記 d 軸電流指令値を予め設定した最大値に制限することを特徴とする請求項 10 記載のステアリング制御装置。

【請求項 13】

上記 d 軸電流指令値を予め設定された最大電流ベクトル値から q 軸電流値をベクトル減算

50

した値に制限することを特徴とする請求項 1、8～12 のいずれか 1 項に記載のステアリング制御装置。

【請求項 14】

上記 q 軸電流の偏差に代わり該 q 軸電流の偏差を積分した値を用いることを特徴とする請求項 1、8～13 のいずれか 1 項に記載のステアリング制御装置。

【請求項 15】

q 軸電流指令値から固定子の各相電流指令値を生成する固定子相電流指令値生成手段を備え、上記 q 軸電流の偏差に代わり、上記少なくとも 1 つの固定子相電流指令値と実際の固定子相電流値との偏差に基づいて上記界磁を制御するための電流指令値を補正することを特徴とする請求項 1、3～14 のいずれか 1 項に記載のステアリング制御装置。

10

【請求項 16】

上記基準操舵トルク生成手段は、上記基準操舵トルクを予め定めた一定の値として生成することを特徴とする請求項 2 または 3 記載のステアリング制御装置。

【請求項 17】

上記基準操舵トルク生成手段は、少なくとも車速の関数として上記基準操舵トルクを生成することを特徴とする請求項 2 または 3 記載のステアリング制御装置。

【請求項 18】

上記基準操舵トルク生成手段は、少なくとも車速をパラメータとして予め作成したテーブルを参照することにより上記基準操舵トルクを生成することを特徴とする請求項 2 または 3 記載のステアリング制御装置。

20

【請求項 19】

上記モータの回転速度を検出する速度検出手段をさらに備え、上記補正手段は、上記モータの回転速度が所定値以上となった場合に上記電流指令値をモータの界磁を弱めるような所定の値となるように補正することを特徴とする請求項 2、3、16～18 のいずれか 1 項に記載のステアリング制御装置。

【請求項 20】

ステアリング操舵速度を検出する操舵速度検出手段をさらに備え、上記界磁を制御する電流指令値の補正は、ステアリング操舵速度が所定値以上となった場合に上記電流指令値をモータの界磁を弱めるような所定の値となるように補正することを特徴とする請求項 2、3、16～18 のいずれか 1 項に記載のステアリング制御装置。

30

【請求項 21】

上記モータの回転速度に代わりに、ステアリング操舵速度を用いることを特徴とする請求項 4 または 5 記載のステアリング制御装置。

【請求項 22】

電源電圧を検出する電源電圧検出手段をさらに備え、上記電圧制限値生成手段は、電源電圧に所定の係数を掛けた値を電圧制限値として生成することを特徴とする請求項 6 記載のステアリング制御装置。

【請求項 23】

上記補正した d 軸電流指令値を予め設定された最大電流ベクトル値から q 軸電流値をベクトル減算した値に制限することを特徴とする請求項 6 または 22 記載のステアリング制御装置。

40

【請求項 24】

上記モータとして、永久磁石同期電動機を用いることを特徴とする請求項 6、22、23 のいずれか 1 項に記載のステアリング制御装置。

【請求項 25】

上記モータとして、誘導電動機を用いることを特徴とする請求項 6、22、23 のいずれか 1 項に記載のステアリング制御装置。

【請求項 26】

上記モータとして、界磁巻線式モータを用いることを特徴とする請求項 2～6、21 のいずれか 1 項に記載のステアリング制御装置。

50

【請求項 27】

少なくとも上記電機子電流の偏差の関数として上記界磁巻線電流指令値を補正することを特徴とする請求項 7 記載のステアリング制御装置。

【請求項 28】

少なくとも上記電機子電流の偏差をパラメータとして予め作成したテーブルを参照することにより上記界磁巻線電流指令値を補正することを特徴とする請求項 7 記載のステアリング制御装置。

【請求項 29】

上記電機子電流の偏差が第 1 の所定値以上の場合には上記界磁巻線電流指令値を減少させ、第 2 の所定値以下の場合には上記界磁巻線電流指令値を増加させるように補正することを特徴とする請求項 7 記載のステアリング制御装置。

10

【請求項 30】

上記界磁巻線電流指令値を予め設定した最小値に制限することを特徴とした請求項 29 記載のステアリング制御装置。

【請求項 31】

上記補正後の界磁巻線電流指令値の最大値を補正前の界磁巻線電流指令値に制限することを特徴とした請求項 29 記載のステアリング制御装置。

【請求項 32】

上記電機子電流の偏差に代わりに該電機子電流の偏差を積分した値を用いることを特徴とする請求項 7、27～31 のいずれか 1 項に記載のステアリング制御装置。

20

【請求項 33】

上記補正手段は、車速が所定値以上の場合のみ上記界磁を制御するための電流指令値を補正することを特徴とする請求項 1～32 のいずれか 1 項に記載のステアリング制御装置。

【請求項 34】

上記補正手段は、操舵トルクが所定値以上の場合のみ上記界磁を制御するための電流指令値を補正することを特徴とする請求項 1～32 のいずれか 1 項に記載のステアリング制御装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

30

この発明は、ステアリング制御装置に関し、特に、少なくとも操舵トルクと車速とに基づいてハンドル操舵時のアシスト力を制御する電動式パワーステアリング制御装置に関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

車速と操舵軸に作用する操舵トルクとを検出し、この検出車速および検出トルクに応じて定めた駆動電流を操舵軸にアシスト力を付与するモータに通流させ、このモータを駆動し、自動車の操舵に要する力をモータの回転力により補助し、運転者に快適な操舵感覚を提供する電動パワーステアリング装置が開発されている。

【0003】

40

従来、操舵軸にアシスト力を付与するモータとしてブラシ付き直流電動機が用いられてきた。直流電動機では界磁制御が行えないため、従来の電動式パワーステアリング制御装置では界磁を制御するための目標電流値を生成する手段を備えていなかった。

【0004】

また、操舵軸にアシスト力を付与するモータとしてブラシ付直流電動機に代わりブラシレスモータを用いたものが考えられる。このようにすれば、電動モータ内にブラシが存在しないので、モータ自身に異常が発生することはほとんどなくなるとともに、従来行えなかった界磁制御が可能となる。

【0005】

ブラシレスモータ制御装置は、指令トルクに基づく d q 軸目標電流の演算、モータの各相

50

の電流検出（例えば、u相，v相）、電流のd q変換、電流偏差演算、指令電圧値演算、d q逆変換、PWM制御パターン出力の各演算を行うようになっている。検出された各相電流がd q変換され、そのd軸成分とq軸成分とが、各軸の目標電流に等しくなるよう電流がフィードバック制御されている。電流のd軸成分は無効電流を意味し、q軸成分はモータが同期モータであり励磁磁界の大きさが一定である場合には、モータのトルクに比例する。従って、一般的に電流のフィードバック制御は、同期モータの場合には、検出された電流のd軸成分が零となり、q軸成分が出力トルクの目標値に等しくなるように制御される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

車両重量の大きい車に対してステアリング制御装置を装着する場合、大きなモータ出力トルクが必要であるが、モータ特性を高トルク低回転型の特性とした場合、急操舵時にモータ出力トルクが急激に下がるという問題がある。これにより、電動式パワーステアリング制御装置の場合には、急操舵時に急激に操舵が重くなるという問題が生じ、ステアパイワイヤの場合には、急操舵時にステアリング操舵角に実舵角が追従しないという問題が生じる。

しかしながら、モータ特性を低トルク高回転型の特性とした場合、モータ出力トルクを大きくするためにはモータ電流を大きくする必要があり、消費電力の大きい大型のモータが必要となってしまう。限られたスペースに設置するステアリング装置においては、モータの消費電力を低く抑え、モータを小型化することが重要となる。

【0007】

この発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、モータを大型化することなく高速操舵時のモータ出力トルクの低下を軽減できるステアリング制御装置を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明に係るステアリング制御装置は、モータと、該モータに対する電流指令値を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、界磁電流の方向をd軸方向に、このd軸と直交する方向をq軸方向に持つ二相回転磁束座標系で記述され得るベクトル制御によりトルク指令に応じて上記モータのトルク制御を行うモータ制御手段をさらに備え、上記補正手段は、q軸電流指令値とq軸電流検出値との偏差が所定値以上となった場合にd軸電流が上記モータの界磁を弱めるような所定値となるようにd軸電流指令値を補正するものである。

【0009】

請求項2の発明に係るステアリング制御装置は、モータと、該モータに対する電流指令値を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、上記モータの界磁を弱めるか否か判定するための基準操舵トルクを生成する基準操舵トルク生成手段をさらに備え、上記補正手段は、操舵トルクが上記基準操舵トルク以上となった場合に上記電流指令値を上記モータの界磁を弱めるような所定の値となるように補正し、また、上記補正手段は、少なくとも操舵トルクと上記基準操舵トルクとの差の関数として上記電流指令値を補正するものである。

【0010】

10

20

30

40

50

請求項3の発明に係るステアリング制御装置は、モータと、該モータに対する電流指令値を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、上記モータの界磁を弱めるか否か判定するための基準操舵トルクを生成する基準操舵トルク生成手段をさらに備え、上記補正手段は、操舵トルクが上記基準操舵トルク以上となった場合に上記電流指令値を上記モータの界磁を弱めるような所定の値となるように補正し、また、上記補正手段は、少なくとも操舵トルクと上記基準操舵トルクとの差をパラメータとして予め作成したテーブルを参照することにより上記電流指令値を補正するものである。

10

【0011】

請求項4の発明に係るステアリング制御装置は、モータと、該モータに対する電流指令値を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、上記モータの回転速度を検出する速度検出手段をさらに備え、上記補正手段は、上記モータの回転速度が所定値以上となった場合に該モータの界磁を弱めるような所定の値となるように上記電流指令値を補正し、

20

【0012】

請求項5の発明に係るステアリング制御装置は、モータと、該モータに対する電流指令値を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、上記モータの回転速度を検出する速度検出手段をさらに備え、上記補正手段は、上記モータの回転速度が所定値以上とな

30

【0013】

請求項6の発明に係るステアリング制御装置は、モータと、該モータに対する電流指令値を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、界磁電流の方向をd軸方向に、このd軸と直交する方向をq軸方向に持つ二相回転磁束座標系で記述され得るベクトル制御により、トルク指令に応じて上記モータのトルク制御を行うモータ制御手段と、上記モータの回転速度を検出する速度検出手段と、上記モータの印加電圧に対する電圧制限値を生成する電圧制限値生成手段とをさらに備え、上記補正手段は、少なくとも上記モータの回転速度とq軸電流指令値と固定子巻線抵抗と固定子巻線リアクタンスとモータ逆起電圧定数とに基づいて、電圧制限円上に動作点を設定するd軸電流値を演算により求め、該演算により求めたd軸電流値がd軸電流指令値よりも界磁を弱める電流値である場合には、上記演算により求めたd軸電流値が上記d軸電流指令値となるよう補正するものである。

40

【0014】

請求項7の発明に係るステアリング制御装置は、モータと、該モータに対する電流指令値

50

を生成するモータ電流指令値生成手段と、上記モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段とを備え、少なくとも上記モータを流れる電流と上記電流指令値とに基づいて上記モータを駆動するステアリング制御装置であって、上記モータ電流指令値生成手段は、上記モータの界磁を制御する電流指令値を補正する補正手段を有し、操舵速度が速い時に上記モータの界磁を制御するための電流指令値を補正し、上記モータとして界磁巻線式モータを用い、トルク指令に応じてモータのトルク制御を行うモータ制御手段をさらに備え、電機子電流指令値と電機子電流検出値との偏差が所定値以上となった場合に界磁巻線電流指令値を補正するものである。

【0015】

請求項8の発明に係るステアリング制御装置は、上記補正手段は、少なくともq軸電流の偏差の関数として上記d軸電流指令値を補正するものである。

10

【0016】

請求項9の発明に係るステアリング制御装置は、上記補正手段は、少なくとも上記q軸電流の偏差をパラメータとして予め作成したテーブルを参照することにより上記d軸電流指令値を補正するものである。

【0017】

請求項10の発明に係るステアリング制御装置は、上記補正手段は、上記q軸電流の偏差が第1の所定値以上の場合には上記モータの界磁を弱める負のd軸電流指令値を増加させ、第2の所定値以下の場合には上記モータの界磁を弱める負のd軸電流指令値を減少させるものである。

20

【0018】

請求項11の発明に係るステアリング制御装置は、上記d軸電流指令値を予め設定した最小値に制限するものである。

【0019】

請求項12の発明に係るステアリング制御装置は、上記d軸電流指令値を予め設定した最大値に制限するものである。

【0020】

請求項13の発明に係るステアリング制御装置は、上記d軸電流指令値を予め設定された最大電流ベクトル値からq軸電流値をベクトル減算した値に制限するものである。

【0021】

請求項14の発明に係るステアリング制御装置は、上記q軸電流の偏差に代わり該q軸電流の偏差を積分した値を用いるものである。

30

【0022】

請求項15の発明に係るステアリング制御装置は、q軸電流指令値から固定子の各相電流指令値を生成する固定子相電流指令値生成手段を備え、上記q軸電流の偏差に代わり、上記少なくとも1つの固定子相電流指令値と実際の固定子相電流値との偏差に基づいて上記界磁を制御するための電流指令値を補正するものである。

【0023】

請求項16の発明に係るステアリング制御装置は、上記基準操舵トルク生成手段は、上記基準操舵トルクを予め定めた一定の値として生成するものである。

40

【0024】

請求項17の発明に係るステアリング制御装置は、上記基準操舵トルク生成手段は、少なくとも車速の関数として上記基準操舵トルクを生成するものである。

【0025】

請求項18の発明に係るステアリング制御装置は、上記基準操舵トルク生成手段は、少なくとも車速をパラメータとして予め作成したテーブルを参照することにより上記基準操舵トルクを生成するものである。

【0026】

請求項19の発明に係るステアリング制御装置は、上記モータの回転速度を検出する速度検出手段をさらに備え、上記補正手段は、上記モータの回転速度が所定値以上となった場

50

合に上記電流指令値をモータの界磁を弱めるような所定の値となるように補正するものである。

【0027】

請求項20の発明に係るステアリング制御装置は、ステアリング操舵速度を検出する操舵速度検出手段をさらに備え、上記界磁を制御する電流指令値の補正は、ステアリング操舵速度が所定値以上となった場合に上記電流指令値をモータの界磁を弱めるような所定の値となるように補正するものである。

【0028】

請求項21の発明に係るステアリング制御装置は、上記モータの回転速度に代わりに、ステアリング操舵速度を用いるものである。

10

【0029】

請求項22の発明に係るステアリング制御装置は、電源電圧を検出する電源電圧検出手段をさらに備え、上記電圧制限値生成手段は、電源電圧に所定の係数を掛けた値を電圧制限値として生成するものである。

【0030】

請求項23の発明に係るステアリング制御装置は、上記補正したd軸電流指令値を予め設定された最大電流ベクトル値からq軸電流値をベクトル減算した値に制限するものである。

【0031】

請求項24の発明に係るステアリング制御装置は、上記モータとして、永久磁石同期電動機を用いるものである。

20

【0032】

請求項25の発明に係るステアリング制御装置は、上記モータとして、誘導電動機を用いるものである。

【0033】

請求項26の発明に係るステアリング制御装置は、上記モータとして、界磁巻線式モータを用いるものである。

【0034】

請求項27の発明に係るステアリング制御装置は、少なくとも上記電機子電流の偏差の関数として上記界磁巻線電流指令値を補正するものである。

30

【0035】

請求項28の発明に係るステアリング制御装置は、少なくとも上記電機子電流の偏差をパラメータとして予め作成したテーブルを参照することにより上記界磁巻線電流指令値を補正するものである。

【0036】

請求項29の発明に係るステアリング制御装置は、上記電機子電流の偏差が第1の所定値以上の場合には上記界磁巻線電流指令値を減少させ、第2の所定値以下の場合には上記界磁巻線電流指令値を増加させるように補正するものである。

【0037】

請求項30の発明に係るステアリング制御装置は、上記界磁巻線電流指令値を予め設定した最小値に制限するものである。

40

【0038】

請求項31の発明に係るステアリング制御装置は、上記補正後の界磁巻線電流指令値の最大値を補正前の界磁巻線電流指令値に制限するものである。

【0039】

請求項32の発明に係るステアリング制御装置は、上記電機子電流の偏差に代わりに該電機子電流の偏差を積分した値を用いるものである。

【0040】

請求項33の発明に係るステアリング制御装置は、上記補正手段は、車速が所定値以上の場合のみ上記界磁を制御するための電流指令値を補正するものである。

50

【 0 0 4 1 】

請求項 3 4 の発明に係るステアリング制御装置は、上記補正手段は、操舵トルクが所定値以上の場合のみ上記界磁を制御するための電流指令値を補正するものである。

【 0 0 4 5 】

【 発明の実施の形態 】

以下、この発明の実施の形態を、電動式パワーステアリング制御装置に適用した場合を例に取り、図面を参照しながら説明する。

実施の形態 1 .

本実施の形態は、q 軸電流の偏差の関数として d 軸目標電流を補正することにより、電圧飽和により q 軸電流の偏差が増大する高速操舵時に界磁を弱め、高速操舵時の操舵トルクの増加を軽減するものである。

10

【 0 0 4 6 】

図 1 は、この発明の実施の形態 1 に係る電動式パワーステアリング制御装置を示す構成図である。

図において、操舵アシストトルクを発生するモータ 5 は減速ギア 4 を介してステアリングシャフト 2 の一端に接続されており、ステアリングシャフト 2 の他端にはステアリングホイール 1 が接続されている。また、ステアリングシャフト 2 にはステアリングホイール 1 の操舵トルクを検出するトルクセンサ 3 が接続されている。

【 0 0 4 7 】

コントローラ 1 0 0 はトルクセンサ 3 のトルク検出値と車速センサ 6 の車速検出値とに基づいて操舵アシストトルクを決定し、モータ 5 を駆動することによりステアリングホイール 1 の操舵をアシストする。バッテリー 7 はイグニッションキー 8 とコントローラ 1 0 0 に接続される。

20

【 0 0 4 8 】

図 2 は、この発明の実施の形態 1 に係る電動式パワーステアリング制御装置の操舵アシストモータとして P M ブラシレスモータを用いた例を機能的に示している。

【 0 0 4 9 】

図中、1 0 0 は操舵補助制御を行うマイクロコンピュータであり、マイクロコンピュータ 1 0 0 内にはそのソフトウェア構成を機能ブロックで表してある。

図 2 において、マイクロコンピュータ 1 0 0 は、q 軸目標電流演算部 1 0 0 a と、補正手段としての d 軸目標電流補正部 1 0 0 b と、位置演算部 1 0 0 c と、d q 変換部 1 0 0 d と、電流制御部 1 0 0 e と、固定子相電流指令値生成手段としての d q 逆変換部 1 0 0 f と、電圧利用効率改善部 1 0 0 o と、デッドバンド補正部 1 0 0 p と、速度検出手段としての角速度演算部 1 0 0 q と、非干渉制御部 1 0 0 r と、電流検出オフセット補正部 1 0 0 s とを備える。なお、ここで、q 軸目標電流演算部 1 0 0 a と d 軸目標電流補正部 1 0 0 b はモータ電流指令値生成手段を構成する。

30

【 0 0 5 0 】

q 軸目標電流演算部 1 0 0 a は、操舵トルクを検出するトルクセンサ 3 のトルク検出信号および車速を検出する車速センサ 6 の車速検出信号とに基づき所定の演算を行って、P M ブラシレスモータ 5 を駆動するための q 軸目標電流値 (I_{q^*}) を決定し、決定した q 軸目標電流値を電流制御部 1 0 0 e に供給する。

40

【 0 0 5 1 】

位置演算部 1 0 0 c は、位置センサ 1 0 3 の位置検出信号に基づき、電気角 θ を演算により求め、この電気角 θ を角速度演算部 1 0 0 q と d q 変換部 1 0 0 d と d q 逆変換部 1 0 0 f とに供給する。

角速度演算部 1 0 0 q は、電気角 θ に基づき、モータ回転角速度 ω を演算により求め、非干渉制御部 1 0 0 r に供給する。

【 0 0 5 2 】

電流検出オフセット補正部 1 0 0 s は、電流センサ 1 0 2 a , 1 0 2 b により検出した相電流値から各相オフセット量を減算することにより各相検出電流 (I_u, I_v) を求め、

50

Td補正部100pとdq変換部100dとに供給する。

dq変換部100dは検出した相電流値(I_u, I_v)と上記電気角 θ に基づきdq変換を行い、変換後のdq軸電流(I_d, I_q)を非干渉化制御部100rと電流制御部100eとに供給する。

【0053】

図3は、d軸目標電流補正部100bで行われる処理を説明するためのフローチャートである。

ステップS1において、車速センサ6で検出した車速が所定値以上か否か判定し、所定値未満である場合にはステップS5でd軸目標電流(I_d^*)を補正後d軸目標電流(I_d^{**})として採用し、所定値以上である場合には、ステップ2の処理に進む。次に、ステップS2において、トルクセンサ3で検出した操舵トルクが所定値以上か否か判定し、所定値未満である場合にはステップS5でd軸目標電流(I_d^*)を補正後d軸目標電流(I_d^{**})として採用し、所定値以上である場合には、ステップ3の処理に進む。ステップS3では、q軸電流偏差(I_q)が所定値以上か否か判定し、所定値未満である場合にはステップS5でd軸目標電流(I_d^*)を補正後d軸目標電流(I_d^{**})として採用し、所定値以上である場合には、ステップ4の処理に進む。ステップS4において、d軸目標電流(I_d^*)からq軸電流偏差(I_q)の関数として求まる補正電流値($f(I_q)$)を減算することにより、d軸目標電流を補正し、補正後のd軸目標電流(I_d^{**})を電流制御部100eに供給する。

【0054】

電流制御部100eは、dq軸目標電流(I_d^{**}, I_q^*)と検出したdq軸電流(I_d, I_q)との偏差に基づきPI制御を行い、dq軸目標印加電圧(V_d^*, V_q^*)を生成する。

非干渉化制御部100rは、dq軸検出電流(I_d, I_q)とモータ角速度 ω に基づき非干渉化電圧を求め、dq軸目標印加電圧(V_d^*, V_q^*)を補正したdq軸目標印加電圧(V_d^{**}, V_q^{**})を生成しdq逆変換部100fに供給する。

【0055】

dq逆変換部100fは、dq軸目標印加電圧(V_d^{**}, V_q^{**})と上記電気角 θ に基づいてdq逆変換を行い、三相目標印加電圧($V_u^{*'}, V_v^{*'}, V_w^{*'}$)を電圧利用効率改善部100oに供給する。

電圧利用効率改善部100oは、電圧利用効率を改善するため、三相目標印加電圧($V_u^{*'}, V_v^{*'}, V_w^{*'}$)を空間電圧ベクトル変調し、変調後三相目標印加電圧($V_u^{*''}, V_v^{*''}, V_w^{*''}$)Td補正部100pに供給する。図4に、変調前後の波形例を示す。図4において、縦軸は三相目標印加電圧の値、横軸はモータの回転位置を表している。

【0056】

Td補正部100pは、変調後三相目標印加電圧($V_u^{*''}, V_v^{*''}, V_w^{*''}$)に対し、検出した電流値(I_u, I_v, I_w)に基づきデッドバンド補償を行い、補償後三相目標印加電圧(V_u^*, V_v^*, V_w^*)を駆動部101に供給する。

【0057】

以上の如き構成の電動式パワーステアリング制御装置では、d軸目標電流補正部100bを設けたので、電圧飽和によりq軸電流偏差が増大する高速操舵時に界磁を弱めることにより、急操舵時の操舵アシストモータの出力トルク低下を軽減することができ、急操舵時の操舵トルクの増加を軽減することができる。

【0058】

なお、本実施の形態においては、電動式パワーステアリング制御装置を例としたが、ステアパイワイヤとしてもよい。

このステアパイワイヤの場合には、d軸目標電流補正部100bを設けたので、電圧飽和によりq軸電流偏差が増大する高速操舵時に界磁を弱めることにより、急操舵時のモータ出力トルクの低下を軽減することができ、急操舵時のステアリング操舵角に対する実舵角

10

20

30

40

50

の追従性が向上する。

【0059】

実施の形態2 .

本実施の形態は、q軸電流の偏差をパラメータとして予め作成したテーブルを参照することにより得られた電流値でd軸目標電流を補正することにより、電圧飽和によりq軸電流の偏差が増大する高速操舵時に界磁を弱め、高速操舵時の操舵トルクの増加を軽減するものである。

【0060】

図5は、この発明の実施の形態2に係る電動式パワーステアリング制御装置の操舵アシストモータとして誘導電動機を用いた例を機能的に示している。図5において、図2と対応する部分には同一符号を付して説明する。

10

【0061】

図5において、100は操舵補助制御を行うマイクロコンピュータであり、マイクロコンピュータ100内にはそのソフトウェア構成を機能ブロックで表してある。マイクロコンピュータ100は、dq軸目標電流演算部100aと、d軸目標電流補正部100bと、すべり角周波数演算部100lと、すべり角周波数sと速度センサ104により検出した誘導電動機5aのモータ回転速度rとから電源角周波数を演算する電源角周波数演算部100mと、電源角周波数から角度を算出する積分器100nと、dq変換部100dと、電流制御部100eと、dq逆変換部100fとを備える。

【0062】

20

図6は、この発明の実施の形態2に係る電動式パワーステアリング制御装置のd軸目標電流補正部100bで行われる処理を説明するためのフローチャートである。

ステップS1において、車速センサ6で検出した車速が所定値以上か否か判定し、所定値未満である場合にはステップS5でd軸目標電流(I_{d*})を補正後d軸目標電流(I_{d**})として採用し、所定値以上である場合には、ステップ2の処理に進む。次に、ステップS2において、トルクセンサ3で検出した操舵トルクが所定値以上か否か判定し、所定値未満である場合にはステップS5でd軸目標電流(I_{d*})を補正後d軸目標電流(I_{d**})として採用し、所定値以上である場合には、ステップ3の処理に進む。

【0063】

ステップS3では、q軸電流偏差(I_q)が所定値以上か否か判定し、所定値未満である場合にはステップS5でd軸目標電流(I_{d*})を補正後d軸目標電流(I_{d**})として採用し、所定値以上である場合には、ステップ6の処理に進む。ステップ6において、q軸電流偏差(I_q)をパラメータとして予め作成したテーブルを参照して補正電流値(I_{da})を決定する。ステップS4において、d軸目標電流(I_{d*})から補正電流値(I_{da})を減算することにより、d軸目標電流を補正し、補正後のd軸目標電流(I_{d**})を電流制御部100eに供給する。

30

【0064】

実施の形態3 .

本実施の形態は、d軸目標電流値をq軸電流偏差の積分値が所定値1以上の場合には減少させ、所定値2以下の場合には増加させるよう補正することにより、電圧飽和によりq軸電流の偏差が増大する高速操舵時に界磁を弱め、高速操舵時の操舵トルクの増加を軽減するものである。

40

【0065】

図7は、この発明の実施の形態3に係る電動式パワーステアリング制御装置の操舵アシストモータとしてPMブラシレスモータを用いた例を機能的に示している。図7において、図2と対応する部分には同一符号を付し、その詳細説明を省略する。

【0066】

図8は、dq軸目標電流補正部100gで行われる処理を説明するためのフローチャートである。

ステップS10において、 I_q の積分処理を行い、ステップS11において、 I_q の

50

積分値が所定値 1 以上か否か判断し、所定値 1 以上の場合にはステップ S 1 2 で d 軸電流補正量 I_{da} を増加させると共に、ステップ S 1 3 にて予め定めた最大補正值 I_{da_max} に補正値を制限する。また、 I_q の積分値が所定値 1 未満の場合には、ステップ S 1 4 で I_q の積分値が所定値 2 以下か否か判断し、所定値 2 以下の場合にはステップ S 1 5 で d 軸電流補正量 I_{da} を減少させると共に、ステップ S 1 6 にて予め定めた最小補正值 I_{da_min} に補正値を制限する。ステップ S 1 7 では d 軸目標電流 (I_{d^*}) から d 軸電流補正値 (I_{da}) を減算することにより補正後 d 軸目標電流値 ($I_{d^{**}}$) を求める。

【0067】

ステップ S 2 0 で予め定めた最大電流ベクトル値 (I_a) から q 軸目標電流値 (I_{q^*}) をベクトル減算することにより、最大目標 d 軸電流 (I_{d_max}) を求める。ステップ S 2 1 で補正後 d 軸目標電流値 ($I_{d^{**}}$) が最大目標 d 軸電流 (I_{d_max}) より大きいかが否か判断し、大きい場合にはステップ S 2 2 で最大目標 d 軸電流 (I_{d_max}) を補正後 d 軸目標電流値 ($I_{d^{**}}$) として採用する。

【0068】

実施の形態 4 .

本実施の形態は、操舵トルクが所定のトルク以上となった場合、界磁を弱めるよう d 軸目標電流を補正することにより、電圧飽和により操舵アシストトルクが低下する高速操舵時に界磁を弱めて高速操舵時の操舵トルクの増加を軽減するものである。

【0069】

図 9 は、この発明の実施の形態 4 に係る電動式パワーステアリング制御装置の操舵アシストモータとして PM ブラシレスモータを用いた例を機能的に示している。図 9 において、図 2 と対応する部分には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。

【0070】

図 9 において、モータ角速度演算部 100 i は、位置演算部 100 c からの電気角に基づき、モータ回転角速度を演算により求め、d 軸目標電流補正部 100 b に供給する。

【0071】

図 10 は、この発明の実施の形態 4 に係る電動式パワーステアリング制御装置の d 軸目標電流補正部 100 b で行われる処理を説明するためのフローチャートである。

【0072】

ステップ S 3 0 において、モータ角速度が所定値以上か否か判定し、所定値未満である場合にはステップ S 3 6 で d 軸目標電流 (I_{d^*}) を補正後 d 軸目標電流 ($I_{d^{**}}$) として採用し、所定値以上である場合には、ステップ 3 1 の基準トルク T_{s_ref} 演算処理に進む。ステップ S 3 1 の基準トルク T_{s_ref} 演算処理は、車速センサ 6 の検出車速の関数として、または上記検出車速をパラメータとして予め作成したテーブルを参照して、あるいは予め定めた一定値として基準トルク T_{s_ref} を求める (基準操舵トルク生成手段)。ステップ S 3 2 ではトルクセンサ信号 (T_s) と基準トルク (T_{s_ref}) を比較し、トルクセンサ信号 (T_s) が基準トルク (T_{s_ref}) 以下である場合にはステップ S 3 6 で d 軸目標電流 (I_{d^*}) を補正後 d 軸目標電流 ($I_{d^{**}}$) として採用し、大きい場合にはステップ S 3 3 の処理に進む。

【0073】

ステップ S 3 3 ではトルクセンサ信号 (T_s) から基準トルク (T_{s_ref}) を減算した T_s を求める。ステップ S 3 4 の補正電流 I_{da} 演算処理は、上記 T_s の関数として、あるいは上記 T_s をパラメータとして予め作成したテーブルを参照して補正電流 I_{da} を演算する。ステップ S 3 5 では d 軸目標電流 (I_{d^*}) から補正電流 (I_{da}) を減算することにより補正後 d 軸目標電流 ($I_{d^{**}}$) を求め、補正後の d 軸目標電流 ($I_{d^{**}}$) を電流制御部 100 e に供給する。

【0074】

実施の形態 5

本実施の形態は、モータ回転速度が所定値以上の場合には界磁を弱めるような所定の値と

10

20

30

40

50

なるように界磁を制御する電流指令値を補正することにより、高速操舵時に界磁を弱め、高速操舵時の操舵トルクの増加を軽減するものである。

【0075】

図11は、この発明の実施の形態5に係る電動式パワーステアリング制御装置の操舵アシストモータとしてPMブラシレスモータを用いた例を機能的に示している。なお、図11において、図2および図9と対応する部分には同一符号を付し、その詳細説明を省略する。

【0076】

図12は、d軸目標電流補正部100bで行われる処理を説明するためのフローチャートである。

ステップS40において、モータ角速度 ω が所定値以上か否か判定し、所定値未満である場合にはステップS43でd軸目標電流 (I_d^*) を補正後d軸目標電流 (I_d^{**}) として採用し、所定値以上である場合には、ステップ41の補正電流 I_{da} 演算処理に進む。ステップS41の補正電流 I_{da} 演算処理は、モータ角速度 ω の関数として、あるいはモータ角速度 ω をパラメータとして予め作成したテーブルを参照して補正電流 I_{da} を演算する。ステップS42ではd軸目標電流 (I_d^*) から補正電流 (I_{da}) を減算することにより補正後d軸目標電流 (I_d^{**}) を求め、補正後のd軸目標電流 (I_d^{**}) を電流制御部100eに供給する。

【0077】

実施の形態6

本実施の形態は、ステアリング操舵速度が所定値以上の場合には界磁を弱めるような所定の値となるように、界磁を制御する電流指令値を補正することにより、高速操舵時に界磁を弱め、高速操舵時の操舵トルクの増加を軽減するものである。

【0078】

図13は、この発明の実施の形態6に係る電動式パワーステアリング制御装置の操舵アシストモータとして界磁巻線式モータを用いた例を機能的に示している。なお、図13において、図2と対応する部分には同一符号を付し、その詳細説明を省略する。

図13において、9は操舵角センサ、100jは操舵角センサ9の出力に基づいてステアリング操舵角速度 $\dot{\delta}$ を求める操舵速度検出手段としての操舵角速度演算部、100tは目標電流演算部であって、操舵トルクを検出するトルクセンサ3のトルク検出信号および車速を検出する車速センサ6の車速検出信号とに基づき所定の演算を行って、界磁巻線式モータ5bを駆動するための目標電機子電流値 (I_a^*) と目標界磁巻線電流値 (I_f^*) を決定し、決定した目標電機子電流値 (I_a^*) を電流制御部100cに供給すると共に、決定した目標界磁巻線電流値 (I_f^*) を後述の目標界磁巻線電流補正部100gに供給する。

【0079】

図14は、目標界磁巻線電流補正部100hで行われる処理を説明するためのフローチャートである。

ステップS50において、ステアリング操舵角速度 $\dot{\delta}$ が所定値以上か否か判定し、所定値未満である場合にはステップS53で目標界磁巻線電流 (I_f^*) を補正後目標界磁巻線電流 (I_f^{**}) として採用し、所定値以上である場合には、ステップ51の補正電流 I_{fa} 演算処理に進む。ステップS51の補正電流 I_{fa} 演算処理は、ステアリング操舵角速度 $\dot{\delta}$ の関数として、あるいはステアリング操舵角速度 $\dot{\delta}$ をパラメータとして予め作成したテーブルを参照して補正電流 I_{fa} を演算する。ステップS52では目標界磁巻線電流 (I_f^*) から補正電流 (I_{fa}) を減算することにより補正後目標界磁巻線電流 (I_f^{**}) を求め、この補正後の目標界磁巻線電流 (I_f^{**}) を電流制御部100eに供給する。

【0080】

実施の形態7

本実施の形態は、モータ回転速度検出値とq軸電流指令値と固定子巻線抵抗と固定子巻線

10

20

30

40

50

リアクタンスとモータ逆起電圧定数とに基づいて、電圧制限円上に動作点を設定するd軸電流値(I_{da})を演算により求め、上記演算により求めたd軸電流値(I_{da})がd軸電流指令値(I_{d*})よりも界磁を弱める電流値である場合には、上記演算により求めたd軸電流値(I_{da})がd軸電流指令値となるようd軸電流指令値を補正することにより、高速操舵時に界磁を弱め、高速操舵時の操舵トルクの増加を軽減するものである。

【0081】

図15は、この発明の実施の形態7に係る電動式パワーステアリング制御装置の操舵アシストモータとしてPMブラシレスモータ用いた例を機能的に示している。なお、図15において、図2と対応する部分には同一符号を付し、その詳細説明を省略する。

【0082】

この発明の実施の形態7に係る電動式パワーステアリング制御装置は、実質的に上記実施の形態1に加え、電源電圧検出手段としての電源電圧センサ10と電圧制限値生成手段としての電圧制限値生成部100kとモータ角速度演算部100iを備える。電圧制限値生成部100kは電源電圧センサ10により検出した電圧に所定の係数を掛けることにより電圧制限値(V_{lim})を生成し、d軸目標電流補正部100bに供給する。

【0083】

ここで、弱め界磁制御について下記の式(1)および図16を用いて簡単に説明する。

PMブラシレスモータ5の基礎式(下記の式(1))は公知である。

【0084】

$$V^2 = (R i_q - L_d i_d)^2 + (R i_d + L_q i_q)^2 \quad (1) \quad 20$$

【0085】

なお、上記式(1)において、 V はモータに供給される端子電圧を示し、 ω はモータの角速度を示し、 R は1相当りの固定子巻線抵抗を示し、 E_{no} は単位速度での無負荷誘起電圧を示し、 L_d 、 L_q はd軸、q軸の相インダクタンスを示し、 I_d はd軸電流を、 I_q はq軸電流を示している。

【0086】

図16は、d-q回転座標軸を示すベクトル図である。

PMブラシレスモータ5の回転速度 ω を上昇させると、誘起電圧が大きくなる。図16(a)に示すように、誘起電圧 E_{no} 、 $R i_q$ 、および $L_q i_q$ をベクトル加算した電圧値 V が電圧制限円に達すると、PMブラシレスモータ5は電圧値 V が電圧制限円に達した時の回転速度 ω_{lim} 以上に回転速度を上げることができなくなる。

【0087】

しかし、電動式パワーステアリング制御装置においては、PMブラシレスモータ5の回転速度 ω はステアリング操舵速度に追従しており、ステアリング高速操舵時にはPMブラシレスモータ5は自らの回転速度性能以上に高回転で回されることとなる。

【0088】

このとき、図16(b)に示すように、電圧値 V の制約上、誘起電圧 E_{no} の増加により $R i_q$ が低下する。その結果、PMブラシレスモータ5の出力トルクが低下し、操舵アシストトルク低下により操舵トルクが増加することとなる。

ここで、界磁を弱めるd軸電流を流すと、図16(c)に示すように、 $R i_d$ 、および $L_d i_d$ により電圧余裕が発生する。

【0089】

この結果、図16(d)に示すように、図16(b)と同じ回転速度で、図16(a)と同じq軸電流を流すことが可能となる。

以上説明した通り、弱め界磁制御を行うと、高回転時のモータ出力トルク低下を軽減でき、高速操舵時の操舵トルクの増加を軽減できる。

【0090】

図17は、d軸目標電流補正部100bで行われる処理を説明するためのフローチャートである。

ステップS60において、車速が所定値以上か否か判定し、所定値未満である場合にはス

10

20

30

40

50

ステップS66でd軸目標電流(I_{d*})を補正後d軸目標電流(I_{d**})として採用し、所定値以上である場合には、ステップ61の I_{da} 演算処理に進む。ステップS61の I_{da} 演算処理は、検出したモータ回転速度と、電圧制限値(V_{lim})と、q軸電流指令値と、予め与えた固定子巻線抵抗と、予め与えた固定子リアクタンスと、予め与えたモータ逆起電圧定数とに基づいて、電圧制限上に動作点を設定するd軸電流指令値(I_{da})を所定の演算式に基づき演算する。ステップS62では、予め定めた最大電流ベクトル値(I_a)からq軸検出電流値(I_q)をベクトル減算することにより、最大目標d軸電流(I_{dmax})を求める。

【0091】

ステップS63ではステップS61で算出した電圧制限上に動作点を設定するd軸電流指令値(I_{da})が最大目標d軸電流(I_{dmax})より大きいかが判断し、大きい場合にはステップS64で最大目標d軸電流(I_{dmax})を補正後d軸目標電流値(I_{d**})として採用し、小さい場合にはd軸電流指令値(I_{da})を補正後d軸目標電流値(I_{d**})として採用する。以上のステップにより求めた補正後d軸目標電流(I_{d**})を電流制御部100eに供給する。

10

【0092】

実施の形態8

本実施の形態は、電機子電流の偏差(I_a)の関数として界磁巻線電流指令値を補正することにより、電圧飽和により電機子電流の偏差が増大する高速操舵時に界磁を弱め、高速操舵時の操舵トルクの増加を軽減するものである。

20

【0093】

図18は、この発明の実施の形態8に係る電動式パワーステアリング制御装置の操舵アシストモータとして界磁巻線式モータを用いた例を機能的に示している。なお、図18において、図2および図13と対応する部分には同一符号を付し、その詳細説明を省略する。

【0094】

図18において、界磁目標電流演算部100tは、トルクセンサ3と車速センサ6の検出信号と電機子電流偏差(I_a)が所定値以上のとき、電機子電流の偏差(I_a)をパラメータとして予め作成したテーブルを参照することにより得られた電流値で界磁を弱めるよう界磁電流指令(I_{f*})を補正し、補正後の界磁電流指令値(I_{f**})を電流制御部100eに供給する。

30

【0095】

図19は、この発明の実施の形態8に係る電動式パワーステアリング制御装置の目標界磁巻線電流補正部100hで行われる処理を説明するためのフローチャートである。

ステップS60において、車速センサ6で検出した車速が所定値より大きいかが判定し、所定値より小さい場合にはステップS65で界磁電流指令値(I_{f*})を補正後界磁電流指令値(I_{f**})として採用し、所定値より大きい場合には、ステップ61の処理に進む。次に、ステップS61において、トルクセンサ3で検出した操舵トルクが所定値より大きいかが判定し、所定値より小さい場合にはステップS65で界磁電流指令値(I_{f*})を補正後界磁電流指令値(I_{f**})として採用し、所定値より大きい場合には、

40

【0096】

ステップS62では、電機子電流の偏差(I_a)が所定値より大きいかが判定し、所定値より小さい場合にはステップS65で界磁電流指令値(I_{f*})を補正後界磁電流指令値(I_{f**})として採用し、所定値より大きい場合には、ステップ63の処理に進む。ステップ63において、電機子電流の偏差(I_a)をパラメータとして予め作成したテーブルを参照して補正電流値(I_{da})を決定する。ステップS64において、界磁電流指令値(I_{f*})から補正電流値(I_{da})を減算することにより、界磁電流指令値を補正し、補正後の界磁電流指令値(I_{f**})を電流制御部100eに供給する。

【0097】

50

【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、モータの出力トルクが低下する高速操舵時に界磁を弱めるように電流が制御されるため、モータ出力トルクの低下を軽減できる。

また、電動式パワーステアリング制御装置の場合には、例えば図20に示すように高速操舵時の操舵トルクの増加を軽減できる。

また、ステアバイワイヤの場合には、高速操舵時の操舵角に対する実舵角の追従性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態1を示す構成図である。

【図2】この発明の実施の形態1を示すブロック図である。

10

【図3】この発明の実施の形態1におけるd軸目標電流補正処理のフローチャートである。

【図4】この発明の実施の形態1における変調前後の波形例を示す図である。

【図5】この発明の実施の形態2を示すブロック図である。

【図6】この発明の実施の形態2におけるd軸目標電流補正処理のフローチャートである。

【図7】この発明の実施の形態3を示すブロック図である。

【図8】この発明の実施の形態3におけるd軸目標電流補正処理のフローチャートである。

【図9】この発明の実施の形態4を示すブロック図である。

20

【図10】この発明の実施の形態4におけるd軸目標電流補正処理のフローチャートである。

【図11】この発明の実施の形態5を示すブロック図である。

【図12】この発明の実施の形態5におけるd軸目標電流補正処理のフローチャートである。

【図13】この発明の実施の形態6を示すブロック図である。

【図14】この発明の実施の形態6におけるd軸目標電流補正処理のフローチャートである。

【図15】この発明の実施の形態7を示すブロック図である。

【図16】この発明の実施の形態7における弱め磁束制御を説明するためのd-q軸ベクトル図である。

30

【図17】この発明の実施の形態7におけるd軸目標電流補正処理のフローチャートである。

【図18】この発明の実施の形態8を示すブロック図である。

【図19】この発明の実施の形態8における界磁電流指令値補正処理のフローチャートである。

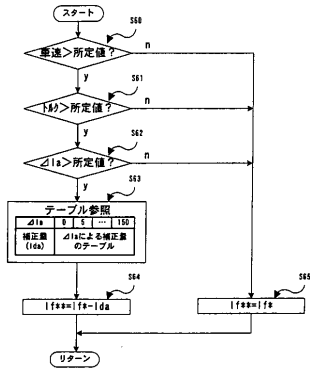
【図20】この発明の効果を示す操舵速度-操舵トルク特性図である。

【符号の説明】

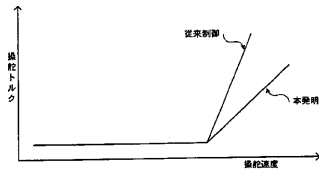
3 トルクセンサ、5 P Mブラシレスモータ、5 a 誘導電動機、5 b 界磁巻線式モータ、6 車速センサ、9 操舵角センサ、10 電源電圧センサ、100 コントローラ、100 a q軸目標電流演算部、100 b d軸目標電流補正部、100 c 位置演算部、100 d d-q変換部、100 e 電流制御部、100 f d-q逆変換部、100 h 目標界磁巻線電流補正部、100 i モータ角速度演算部、100 j 操舵角速度演算部、100 k 電圧制限値生成部、100 l すべり角周波数演算部、100 o 電圧利用効率改善部、100 p デッドバンド補正部、100 q 角速度演算部、100 r 非干渉制御部、100 s 電流検出オフセット補正部、100 t 目標電流演算部、1002 a、1002 b 電流センサ、103 位置センサ。

40

【図19】



【図20】



フロントページの続き

- (74)代理人 100109287
弁理士 白石 泰三
- (72)発明者 松下 正樹
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 喜福 隆之
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 木全 政弘
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

審査官 加藤 友也

- (56)参考文献 特開2000-184766(JP,A)
特開2002-345281(JP,A)
特開2002-145096(JP,A)
特開2000-279000(JP,A)
特開平09-023698(JP,A)
特開平10-337100(JP,A)
特開2001-171540(JP,A)
特開平08-164863(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

B62D 6/00

B62D 5/04