

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5151965号
(P5151965)

(45) 発行日 平成25年2月27日(2013.2.27)

(24) 登録日 平成24年12月14日(2012.12.14)

(51) Int.Cl. F I
HO2P 6/18 (2006.01) HO2P 6/02 371S
HO2P 6/16 (2006.01) HO2P 6/02 371N

請求項の数 5 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2008-327239 (P2008-327239)	(73) 特許権者	000100768
(22) 出願日	平成20年12月24日(2008.12.24)		アイシン・エイ・ダブリュ株式会社
(65) 公開番号	特開2010-154597 (P2010-154597A)		愛知県安城市藤井町高根10番地
(43) 公開日	平成22年7月8日(2010.7.8)	(74) 代理人	110000615
審査請求日	平成22年3月19日(2010.3.19)		特許業務法人 V e s t a 国際特許事務所
		(72) 発明者	陳 志謙
			愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
		(72) 発明者	西村 圭亮
			愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
		審査官	天坂 康種

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 センサレス電動機制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

突極性を有する回転子を有する電動機の磁極位置を検出するセンサを用いずに、前記電動機に高周波電流を重畳して、前記電動機の回転子の磁極位置を推定する磁極位置推定手段；を備えるセンサレス電動機制御装置において、

前記電動機のトルクまたは電流の大きさが大きいほど前記高周波電流を大きくし、前記電動機のトルクまたは電流の大きさが小さいほど前記高周波電流を小さくする高周波電流制御手段；を備えることを特徴とするセンサレス電動機制御装置。

【請求項2】

前記高周波電流制御手段は、高周波電流信号を発生する高周波発生手段、前記電動機のトルクまたは電流の各値に対応した各電流レベル指定データの集合でなるテーブル、および、現在のトルクまたは電流に対応する該テーブルにある電流レベル指定データが表すレベルに高周波電流信号を増幅して前記高周波電流を生成する手段、を含む；請求項1に記載のセンサレス電動機制御装置。

10

【請求項3】

前記テーブルの各電流レベル指定データは、振幅指定データであり；前記高周波電流制御手段は、前記高周波電流信号の振幅を前記振幅指定データが指定する振幅に増幅して前記高周波電流指令値を生成する；請求項2に記載のセンサレス電動機制御装置。

【請求項4】

前記テーブルの各電流レベル指定データは、ゲイン指定データであり；前記高周波電流

20

制御手段は、前記高周波電流信号を前記ゲイン指定データが指定するゲインで増幅して前記高周波電流指令値を生成する；請求項2に記載のセンサレス電動機制御装置。

【請求項5】

前記テーブルは、目標トルクの各値、に対応した各電流レベル指定データの集合でなる；請求項2乃至4のいずれか1つに記載のセンサレス電動機制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動機の駆動制御装置に関し、特に、電動機に流れる高周波電流および高周波電圧に基づいて回転子の位置角を算出してベクトル制御演算の位置角に用いるセンサレスベクトル制御装置に関する。本発明のセンサレス電動機制御装置は例えば、電動機で車輪を駆動する電気自動車（EV）、および、更にエンジンで駆動されてバッテリーを充電する電動機を備える電気自動車（HEV）に使用することができる。

10

【背景技術】

【0002】

特許文献1は、高調波電流発生器10が発生する高調波電流を、電動機ベクトル制御の2軸目標電流 i_d 、 i_q の一方 i_d に重畳（加算）し、電動機電圧を検出して該電圧からq軸電圧を算出し、それを微分して位置差検出器15で位置差を算出する、ギャップ磁束に着目した位置角の算出を記載している。特許文献2は、電動機ベクトル制御のd軸電圧指令、電動機のd軸電流およびq軸電流に基づいて電動機の誘起電圧を算出し、該誘起電圧に基づいて位置角を算出する位置演算が記載されている。

20

【特許文献1】特開平11-299299号公報

【特許文献2】特開2007-236015号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

高周波利用の位置角算出では、直交2軸のインダクタンス L_d 、 L_q に着目するが、電動機に注入する高周波電流、あるいは電動機電流の高調波成分、によって電動機に電力損失を生じ、ノイズが発生するため、高周波電流又は高調波電流は小さくするのが好ましいが、小さくすると L_d 、 L_q 算出のS/N比が低下し、位置角算出の誤差が大きくなる。

30

【0004】

また、車載用モータに多い小型高出力モータにおいては、高トルク（高電流）駆動になるほど磁気飽和がおこり、突極比（ L_q/L_d ）が小さくなる（1に近くなる）ため、位置角算出の精度が低下する。すなわち、高周波電流又は高調波電流に対する直交2軸インダクタンス L_d 、 L_q は、図5に示す、ステータのIノカーブの接線角度となるダイナミックインダクタンスであるが、Iノカーブの飽和域近くでは、すなわち高トルク（高電流）領域では、 L_d 、 L_q ともに0近くになり、電流Iの高低変化に対して L_d 、 L_q の変化量が小さく、高周波電流又は高調波電流と電圧に基く L_d 、 L_q 算出値のS/N比が低下し、 L_d 、 L_q をパラメータとする位置角算出の精度が低下する。

40

【0005】

本発明は、低トルク（低電流）から高トルク（高電流）にわたって位置角算出の精度を高くし低トルク（低電流）での電力損失は抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

(1) 突極性を有する回転子を有する電動機(10)の磁極位置を検出するセンサを用いずに、前記電動機に高周波電流(i_{dh}^* 、 i_{qh}^*)を重畳して、前記電動機の回転子の磁極位置を推定する磁極位置推定手段(45)；を備えるセンサレス電動機制御装置において、

前記電動機(10)のトルクまたは電流の大きさが大きいほど前記高周波電流を大きくし、前記電動機のトルクまたは電流の大きさが小さいほど前記高周波電流を小さくする、高周波電流制御手段(33)；を備えることを特徴とする、センサレス電動機制御装置(30)。

50

【0007】

なお、理解を容易にするためにカッコ内には、図面に示し後述する実施例の対応又は相当要素又は事項の符号を、例示として参考までに付記した。以下も同様である。

【発明の効果】

【0008】

電動機の電流値が大きい高トルクでは、磁気飽和によって突極比 (L_q / L_d) が小さくなるため位置角の検出精度が悪化し、逆に電動機の電流値が小さい低トルクでは、突極比 (L_q / L_d) が大きいいため位置角の検出精度を確保できる。

【0009】

このため、電動機の電流値が大きい高トルクでは、位置角算出のために用いる高周波又は高調波の電流 (i_{dh}^* , i_{qh}^*) を大きくすることによって、電力損失およびノイズが増えるが、位置角算出精度を向上させることができる。

10

【0010】

逆に、電動機の電流値が小さい低トルクでは、高周波又は高調波の電流 (i_{dh}^* , i_{qh}^*) を小さくしても位置角の検出精度を確保できるため、電力損失およびノイズを小さくすることができる。

【0011】

(2) 前記高周波電流制御手段(33A~33D)は、高周波電流信号を発生する高周波発生手段(34/55d, 55q), 前記電動機(10)のトルクまたは電流の各値に対応した各電流レベル指定データの集合でなるテーブル、および、現在のトルクまたは電流に対応する該テーブルにある電流レベル指定データが表すレベルに高周波電流信号を増幅して前記高周波電流 (i_{dh}^* , i_{qh}^*) を生成する手段、を含む；上記(1)に記載のセンサレス電動機制御装置(図2~図4)。

20

【0012】

これによれば、テーブルアクセスにより電流レベル指定データを得ることが出来、高周波電流 (i_{dh}^* , i_{qh}^*) を容易に生成することができる。

【0013】

(3) 前記テーブルの各電流レベル指定データは、振幅指定データであり；前記高周波電流制御手段(33A, 33C)は、前記高周波電流信号の振幅を前記振幅指定データが指定する振幅に増幅して前記高周波電流指令値を生成する；上記(2)に記載のセンサレス電動機制御装置(図2, 図4)。

30

【0014】

これによれば、テーブルアクセスにより電流レベル指定データを得ることが出来、高周波電流指令値 (i_{dh}^* , i_{qh}^*) を容易に生成することができる。

【0015】

(4) 前記テーブルの各電流レベル指定データは、ゲイン指定データであり；前記高周波電流制御手段(33B, 33D)は、前記高周波電流信号を前記ゲイン指定データが指定するゲインで増幅して前記高周波電流指令値を生成する；上記(2)に記載のセンサレス電動機制御装置(図3, 図5)。

【0016】

(5) 前記テーブルは、目標トルク(T^*)の各値、に対応した各電流レベル指定データの集合でなる；上記(2)乃至(4)のいずれか1つに記載のセンサレス電動機制御装置(図2)。

40

【0017】

(6) 前記テーブルは、直交2軸目標電流(i_o)の各値、に対応した各電流レベル指定データの集合でなる；上記(2)乃至(4)のいずれか1つに記載のセンサレス電動機制御装置(図3)。

【0018】

(7) 前記テーブルは、直交2軸フィードバック電流(i_f)の各値、に対応した各電流レベル指定データの集合でなる；上記(2)乃至(4)のいずれか1つに記載のセンサレス

50

電動機制御装置（図４）。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１９】

本発明の他の目的および特徴は、図面を参照した以下の実施例の説明より明らかになるう。

【実施例１】

【００２０】

図１に、本発明の第１実施例の概要を示す。制御対象電動機である電気モータ１０は、この実施例では、車両に搭載されており車輪を回転駆動するための永久磁石埋込み形同期電動機であって、ロータに永久磁石を内蔵したものであり、ステータにはＵ相、Ｖ相及びＷ相の３相コイル１１～１３がある。電気モータ１０には、電圧型インバータ１６が、車両上のバッテリー１７の電力を供給する。

10

【００２１】

車両上の蓄電池であるバッテリー１７には、車両上の電装部が電源オンのときには、１次側コンデンサ１８が接続されて、バッテリー１７と共に１次側直流電源を構成する。電圧センサ１９が、１次側コンデンサ１８の電圧（車両上バッテリー１７の電圧）を表わす電圧検出信号Ｖｄｃをモータ制御装置３０に与える。この実施例では、電圧センサ１９に、分圧抵抗を用いた。１次側直流電源の正極（＋ライン）には、コンバータ２０のリアクトル２１の一端が接続されている。

20

【００２２】

コンバータ２０には更に、該リアクトル２１の他端と１次側直流電源の負極（－ライン）の間をオン、オフする昇圧用スイッチング素子である昇圧用半導体スイッチ２２、２次側コンデンサ２７の正極と前記他端との間をオン、オフする回生用スイッチング素子である回生用半導体スイッチ２３、および、各半導体スイッチ２２、２３に並列に接続された各ダイオード２４、２５がある。

【００２３】

昇圧用半導体スイッチ２２をオン（導通）にすると１次側直流電源（１７、１８）からリアクトル２１を介してスイッチ２２に電流が流れ、これによりリアクトル２１が蓄電し、スイッチ２２がオフ（非導通）に切換るとリアクトル２１がダイオード２５を通して２次側コンデンサ２７に高圧放電する。すなわち１次側直流電源の電圧よりも高い電圧を誘起して２次側コンデンサ２７を充電する。スイッチ２２のオン、オフを繰り返すことにより、２次側コンデンサ２７の高圧充電が継続する。すなわち、高い電圧で２次側コンデンサ２７が充電される。一定周期でこのオン、オフを繰り返すと、オン期間の長さに応じてリアクトル２１が蓄積する電力が上昇するので、該一定周期の間のオン時間（オンデューティ：該一定周期に対するオン時間比）を調整することによって、すなわちＰＷＭ制御によって、１次側直流電源１７、１８からコンバータ２０を介して２次側コンデンサ２７に給電する速度（力行用の給電速度）を調整することが出来る。

30

【００２４】

回生用半導体スイッチ２３をオン（導通）にすると、２次側コンデンサ２７の蓄積電力が、スイッチ２３およびリアクトル２１を通して、１次側直流電源１７、１８に与えられる（逆給電：回生）。この場合も、一定周期の間のスイッチ２３のオン時間を調整することによって、すなわちＰＷＭ制御によって、２次側コンデンサ２７からコンバータ２０を介して１次側直流電源１７、１８に逆給電する速度（回生用の給電速度）を調整することができる。

40

【００２５】

電圧型インバータ１６は、６個のスイッチングトランジスタＴｒ１～Ｔｒ６を備え、ドライブ回路２９が並行して発生する６連の駆動信号の各連によってトランジスタＴｒ１～Ｔｒ６をオン（導通）駆動して、２次側コンデンサ２７の直流電圧（コンバータ２０の出力電圧すなわち２次電圧）を３連の、位相差が $2/3$ の交流電圧、すなわち３相交流電

50

圧に変換して、電気モータ10の3相(U相, V相, W相)のステータコイル11~13のそれぞれに印加する。これにより電気モータ10のステータコイル11~13のそれぞれに各相電流 i_U , i_V , i_W が流れ、電気モータ10のロータが回転する。PWMパルスによるトランジスタ $Tr_1 \sim Tr_6$ のオン/オフ駆動(スイッチング)に対する電力供給能力を高くしかつ電圧サージを抑制するために、インバータ16の入力ラインである、コンバータ20の2次側出力ラインには、大容量の2次側コンデンサ27が接続されている。これに対して1次側直流電源を構成する1次側コンデンサ18は、小型かつ低コストの小容量のものであり、1次側コンデンサ18の容量は、2次側コンデンサ27の容量よりもかなり小さい。電圧センサ28が、コンバータ20の2次電圧 V_{uc} を検出してモータ制御装置30に与える。電気モータ10のステータコイル11, 12に接続した給電線には、ホールICを用いた電流センサ14, 15が装着されており、それぞれ、相電流 i_V , i_W を検出し電流検出信号(アナログ電圧)を発生し、モータ制御装置30に与える。

10

【0026】

図2に、モータ制御装置30の機能構成を示す。モータ制御装置30は、本実施例では、DSP(Digital Signal Processor)を主体とする電子制御装置であり、ドライブ回路29, 電流センサ14, 15, 1次電圧センサ19および2次電圧センサ28との間の、図示しないインターフェイス(信号処理回路)を含み、さらに、前記車両上の図示しない車両走行制御システムのメインコントローラとの間の、図示しないインターフェイス(通信回路)も含む。

20

【0027】

図2を参照すると、位置演算45が、電気モータ10のロータの回転角度(磁極位置)を算出し、速度演算46が回転角度に基づいて回転速度(角速度)を算出する。なお、正確にいうと、電気モータ10のロータの回転角度と磁極位置とは同一ではないが、両者は比例関係にあり比例係数が電気モータ10の磁極数 p によって定まる。また、回転速度と角速度とは同一ではないが、両者も比例関係にあり比例係数が電気モータ10の磁極数 p によって定まる。本書においては、回転角度は磁極位置を意味する。回転速度は角速度を意味するが、回転速度を意味する場合もある。

【0028】

図示しない車両走行制御システムのメインコントローラが、モータ目標トルク T_M^* をモータ制御装置30の制御装置30に与える。なお、該メインコントローラは、前記車両の車速及びアクセル開度に基づいて車両要求トルク T_O^* を算出し、該車両要求トルク T_O^* に対応してモータ目標トルク T_M^* を発生して、制御装置30に与える。制御装置30は、電気モータ10の回転速度 ω をメインコントローラに出力する。

30

【0029】

モータ制御装置30は、トルク指令制限31によって、コンバータ20の出力電圧(2次電圧)の上限値 V_{max} および回転速度 ω に対応する制限トルク $T_M^*_{max}$ を制限トルクテーブル(ルックアップテーブル)から読み出して、目標トルク T_M^* が $T_M^*_{max}$ を超えていると、 $T_M^*_{max}$ を目標トルク T^* に定める。 $T_M^*_{max}$ 以下のときには、モータ目標トルク T_M^* を目標トルク T^* に定める。このような制限を加えて生成したモータ目標トルク T^* が、出力演算32に与えられ、また、2次目標電圧算出に用いられる。

40

【0030】

なお、制限トルクテーブルは、2次電圧の上限値 V_{max} および回転速度範囲内の電圧の各値をアドレスとし、該各値で電気モータ10に生起させることができる最大トルクを制限トルク $T_M^*_{max}$ として書込んだメモリ領域であり、本実施例では制御装置30内の図示しないRAMの1メモリ領域を意味する。制限トルク $T_M^*_{max}$ は、2次電圧の上限値 V_{max} が高いほど大きく、低いほど小さい。また、回転速度 ω が低いほど大きく、高いほど小さい。

【0031】

モータ制御装置30内には、該制限トルクテーブルのデータ $T_M^*_{max}$ を書込んだ不揮発

50

性メモリがあり、制御装置 30 に動作電圧が印加されて制御装置 30 が、自身および図 1 に示すモータ駆動システムを初期化する過程で、不揮発性メモリから読み出して RAM に書き込む。制御装置 30 にはその他の同様なルックアップテーブルが複数あり後に言及するが、これらも、制限トルクテーブルと同様に、不揮発性メモリにあった参照データが書き込まれた、RAM 上のメモリ領域を意味する。

【0032】

モータ制御装置 30 は、目標トルク T^* と回転速度 ω に基づいて「力行」か「回生」かを判定して、「力行」であると「力行」グループ内の、「回生」であると「回生」グループ内の、目標トルク T^* に割り当てられた 2 次目標電圧テーブルから、電動機 10 m の回転速度 ω に割り当てられた 2 次目標電圧 V_{uc}^* を読み出し、センサ 28 が検出する 2 次電圧が目標電圧 V_{uc}^* に合致するように、ドライブ回路 26 を解してコンバータ 20 を制御する。

10

【0033】

モータ制御装置 30 は、出力演算 32, モータ電流制御 42 および電圧変換 43 によって、電気モータ 10 のロータにおける磁極対の方向に d 軸を、該 d 軸と直角の方向に q 軸をそれぞれ採った、公知の d - q 軸モデル上のベクトル制御演算、による、モータ電流のフィードバック制御を行う。そこで制御装置 30 は、電流センサ 14, 15 の電流検出信号 i_V, i_W をデジタル変換して読み込み、電流帰還演算 49 にて、公知の固定 / 回転座標変換である 3 相 / 2 相変換を用いて、固定座標上の 3 相電流値 i_U, i_V, i_W を、回転座標上の d 軸および q 軸の 2 相電流値 i_d, i_q に変換する。なお、 $i_U + i_V + i_W = 0$ であるので、これに基づいて i_U は算出される。

20

【0034】

1 つのルックアップテーブルである第 1 高効率トルク曲線テーブル A が出力演算 32 にあり、この第 1 高効率トルク曲線テーブル A には、モータ速度 ω およびモータ目標トルク T^* に対応付けられた、各モータ速度で各目標トルク T^* を発生するための各 d 軸電流値 i_d が書き込まれている。

【0035】

d 軸電流 i_d および q 軸電流 i_q の各値に対応して電気モータの出力トルクが定まるが、1 つの回転速度値に対して、すなわち同一のモータ回転速度において、同一トルクを出力するための i_d, i_q の組合せが無数にあり、定トルクカーブ上にある。定トルクカーブ上に、最も電力使用効率が高い（最低電力消費の） i_d, i_q の組合せがあり、そこが高効率トルク点である。複数のトルクカーブ上の高効率トルク点を連ねる曲線が、高効率トルク曲線であって各回転速度に対して存在する。モータの回転速度宛ての高効率トルク曲線上の、与えられたモータ目標トルク T^* の位置の d 軸電流 i_d および q 軸電流 i_q を目標電流値として電気モータ 10 の付勢を行うことにより、目標トルク T^* を電気モータ 10 が出力し、しかもモータ付勢の電力使用効率が高い。

30

【0036】

本実施例では、高効率トルク曲線を、d 軸の値を表す第 1 高効率トルク曲線 A と、q 軸の値を表す第 2 高効率トルク曲線 B の、2 系統に分け、しかも、第 1 高効率トルク曲線 A は、力行領域に適用するものと回生領域に適用するものを対にしたものとし、いずれもモータ回転速度と目標トルクに対する d 軸目標電流を表すものである。

40

【0037】

第 1 高効率トルク曲線テーブル A は、目標トルク T^* に宛てられた、最低電力消費で目標トルクを発生するための d 軸目標電流を書込んだメモリ領域であり、力行用の力行テーブル A1 と、回生用の回生テーブル A2 をあわせた 1 対で構成されている。力行用と回生のいずれのテーブルを用いるかは、電気モータの回転速度 ω と与えられる目標トルク T^* に基づいて、力行か回生かを判定し、判定結果に従って決定する。

【0038】

制御装置 30 は、「出力演算」32 の中の d 軸電流指令の算出では、トルク指令制限によって決定した目標トルク T^* に対応して第 1 高効率トルク曲線テーブル A から読出した

50

d 軸電流値 i_d から、d 軸弱め界磁電流 i_d を減算して、d 軸目標電流 i_d^* を、 $i_d^* = -i_d - i_d$ 、と算出する。

【0039】

q 軸電流指令の算出では、出力演算 32 にある第 2 高効率トルク曲線テーブル B を用いる。第 2 高効率トルク曲線テーブル B は、高効率トルク曲線の、q 軸の値を表わす第 2 高効率トルク曲線 B を更に、d 軸弱め界磁電流 i_d と対の q 軸弱め界磁電流 i_q を減算した q 軸目標電流を表わす曲線に補正し、補正後の第 2 高効率トルク曲線 B のデータ、を格納したものである。第 2 高効率トルク曲線テーブル B は、目標トルク T^* および d 軸弱め界磁電流 i_d に宛てられた、最低電力消費で目標トルクを発生するための d 軸目標電流、すなわち、補正後の第 2 高効率トルク曲線 B の目標電流値、を書込んだメモリ領域で
10

あり、これも、力行用の力行テーブル B1 と、回生用の回生テーブル B2 をあわせた 1 対で構成されている。力行用と回生用のいずれを用いるかは、電気モータの回転速度 と目標トルク T^* に基づいて、力行か回生かを判定し、判定結果にしたがって決定する。

【0040】

q 軸電流指令の算出では、目標トルク T^* および d 軸弱め界磁電流 i_d に宛てられた q 軸目標電流 i_q^* を、第 2 高効率トルク曲線テーブル B から読み出して q 軸電流指令とする。

【0041】

モータ制御装置 30 は、モータ電流制御にて、d 軸目標電流 i_d^* と d 軸電流 i_d との電流偏差 i_d 、及び q 軸目標電流 i_q^* と q 軸電流 i_q との電流偏差 i_q を算出し、
20

各電流偏差 i_d 、 i_q に基づいて、比例制御及び積分制御（フィードバック制御の P I 演算）を行い、その出力に基づいて、電圧変換 43 にて、出力電圧としての d 軸電圧指令値 v_d^* および q 軸電圧指令値 v_q^* を算出する。

【0042】

次に、回転 / 固定座標変換である 2 相 / 3 相変換 47 にて、回転座標上の目標電圧 v_d^* 及び v_q^* を、2 相 / 3 相変換に従って固定座標上の 3 相目標電圧 V_U^* 、 V_V^* 、 V_W^* に変換して、PWM パルス発生器 48 に送る。電圧制御モードが 2 相変調であるときには、2 相目標電圧に変調して PWM パルス発生器 48 に送る。PWM パルス発生器 48 は、各相目標電圧が与えられると、それら各値の電圧を出力するための、PWM パルス M_U 、 M_V 、 M_W に変換して、図 1 に示されるドライブ回路 29 に出力する。ドライブ回路 29
30

は、PWM パルス M_U 、 M_V 、 M_W に基づいて 6 連の駆動信号を並行して発生し、各連の駆動信号で、電圧型インバータ 16 のトランジスタ $T_{r1} \sim T_{r6}$ のそれぞれをオン / オフする。これにより、電気モータ 10 のステータコイル 11 ~ 13 のそれぞれに、各相目標電圧が印加され、相電流 i_U 、 i_V および I_W が流れる。2 相変調モードの各相目標電圧が与えられると、PWM パルス発生器は、2 相は PWM パルスを発生し残りの 1 相はオン又はオフ（定電圧出力）信号とする。1 pulse 変調モードの各相目標電圧が与えられると、各相を矩形波通電とする通電区間信号を出力する。

【0043】

なお、弱め界磁電流演算では、弱め界磁制御のためのパラメータである電圧飽和指標 m を算出する。すなわち、d 軸電圧指令値 v_d^* 及び q 軸電圧指令値 v_q^* に基づいて、電圧飽和の程度を表す値として、電圧飽和算定値 V を算出し、界磁調整代を算出する。界磁調整代の算出では、 V を積算し、積算値 V が正の値を採る場合、積算値 V に比例定数を乗算して弱め界磁制御を行うための d 軸弱め界磁電流 i_d を算出し、正の値に設定し、電圧飽和算定値 V 又は積算値 V が零以下の値を採る場合、前記調整値 i_d および積算値 V を零にする。調整値 i_d は、d 軸電流指令の算出および q 軸電流指令の算出において使用する。
40

【0044】

回転子の位置角であるロータの回転角度（磁極位置）は、位置演算 45 が、モータ 10 の 3 相電流に注入（重畳）する高周波電圧 V_{dh}^* 、 V_{dqh}^* に基く、高周波対応の直交 2 軸インダクタンス L_d 、 L_q を介する位置角演算によって算出する。算出された位置
50

角 は、速度演算 4 6 においてモータ回転速度 の算出に用いられ、また、2 相 / 3 相変換 4 7 および 3 相 / 2 相変換においても相変換に用いられる。

【 0 0 4 5 】

モータ 1 0 に高周波電流を注入するために本実施例では、高周波電流制御 3 3 A で、低目標トルク（低電流値）では低レベルで、目標トルクが高くなるに連れて高レベルとなる高周波電流指令 $i d h^*$ 、 $i q h^*$ を生成して、加減算 4 1 d、4 1 q によって直交 2 軸の目標電流値 $i d^*$ 、 $i q^*$ に加算する。これにより、電圧変換 4 3 の出力には、注入した高周波電流対応の高周波電圧 $V d h^*$ 、 $V d q h^*$ が含まれている。これを、バンドパスフィルタ 4 4 が抽出する。フィルタ 4 4 が抽出した高周波電圧 $V d h^*$ 、 $V d q h^*$ （瞬時値）が位置演算 4 5 に与えられ、これらの値に対応する位置角 を位置演算 4 5 が算出し、出力する。

10

【 0 0 4 6 】

本実施例の高周波電流制御 3 3 A には、1 対の、d、q 軸宛の高周波数（本例では 5 0 0 H z）の定振幅電流信号 $i d o$ 、 $i q o$ を発生する高周波生成 3 4、ならびに、目標トルク各値をアドレスとし各目標トルクに対応付けた高周波振幅を電流レベル指定データとする高周波振幅テーブル（RAM の一領域のデータ群）3 5 a がある。テーブル 3 5 a からは、目標トルク T^* に対応付けられている高周波振幅（目標振幅）が読み出され、乗算（増幅）3 6 が、定振幅電流信号 $i d o$ 、 $i q o$ を、目標振幅に増幅して加減算 4 1 d、4 1 q に出力する。

【 0 0 4 7 】

20

高周波振幅テーブル 3 5 a には、目標トルク各値に対応して、それが高いほど高レベル、低いほど低レベルの高周波振幅を書き込んでいるので、高トルク（高電流）での位置角算出の精度が高くなり、低トルク（低電流）での電力損失が小さくなる。

【 0 0 4 8 】

なお、変形実施態様では、高周波振幅テーブル 3 5 a のデータは、高周波振幅ではなく、増幅ゲインとし、乗算（増幅）3 6 が、テーブル 3 5 a から読み出した増幅ゲインで、定振幅電流信号 $i d o$ 、 $i q o$ を増幅して加減算 4 1 d、4 1 q に出力する。後述の実施例 2 および 3 の変形実施態様でも同様である。

【 実施例 2 】

【 0 0 4 9 】

30

図 3 に、第 2 実施例のモータ制御装置 3 0 の機能構成を示す。この第 2 実施例では、モータの 3 相電流を 3 相 / 2 相変換で直交 2 軸値に変換した d 軸電流 $i d$ および q 軸電流のベクトル合成値すなわち直交 2 軸座標での目標電流値 $i o$ を、ベクトル演算 3 7 で算出する。テーブル 3 5 b には、目標トルク T^* 対応の目標電流値 $i o$ の各値をアドレスとして、電流レベル指定データである高周波振幅（目標振幅）が格納されている。テーブル 3 5 b からは、現在の目標電流値 $i o$ に対応付けられている高周波振幅（目標振幅）が読み出され、乗算（増幅）3 6 が、定振幅電流信号 $i d o$ 、 $i q o$ を、目標振幅に増幅して加減算 4 1 d、4 1 q に出力する。第 2 実施例のその他の構成および機能は、上述の第 1 実施例と同じである。

【 実施例 3 】

40

【 0 0 5 0 】

図 4 に、第 3 実施例のモータ制御装置 3 0 の機能構成を示す。この第 3 実施例では、高周波電流制御 3 3 C のテーブル 3 5 c には、モータ電流値（フィードバック値）の各値をアドレスとして、電流レベル指定データである高周波振幅（目標振幅）が格納されている。モータの 3 相電流を 3 相 / 2 相変換 4 9 で直交 2 軸値に変換した d 軸電流 $i d$ および q 軸電流のベクトル合成値すなわち直交 2 軸座標でのモータ電流値（フィードバック電流値） $i f$ を、ベクトル演算 5 0 で算出する。算出値（瞬時値）を低域フィルタ 5 1 で平滑化（DC 変換）して、テーブル 3 5 c から算出値（モータ電流値）に対応する高周波振幅（目標振幅）を読み出して、乗算（増幅）3 6 で、定振幅電流信号 $i d o$ 、 $i q o$ を目標振幅に増幅して、加減算 4 1 d、4 1 q に出力する。第 3 実施例のその他の構成および機能

50

は、上述の第1実施例と同じである。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】本発明の1実施例の車輪駆動装置の電気系統の構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示すモータ制御装置30の第1実施例の機能構成を示すブロック図である

。

【図3】図1に示すモータ制御装置30の第2実施例の機能構成を示すブロック図である

。

【図4】図1に示すモータ制御装置30の第3実施例の機能構成を示すブロック図である

。

【図5】永久磁石埋込み形同期電動機のステータの通電電流値と磁束との関係の概略を示すグラフである。

【符号の説明】

【0052】

10：電気モータ

11～13：3相のステータコイル

14, 15：電流センサ

17：車両上のバッテリー

18：1次側コンデンサ

19：1次電圧センサ

21：リアクトル

22：スイッチング素子（昇圧用）

23：スイッチング素子（降圧用）

24, 25：ダイオード

27：2次側コンデンサ

28：2次電圧センサ

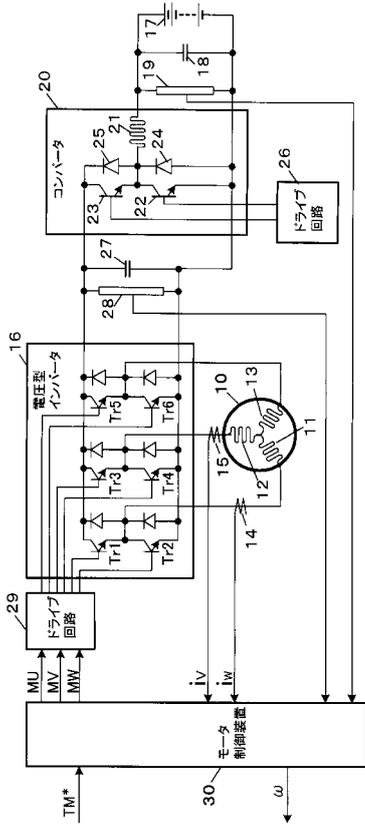
Vdc：1次電圧（バッテリー電圧）

Vuc：2次電圧（昇圧電圧）

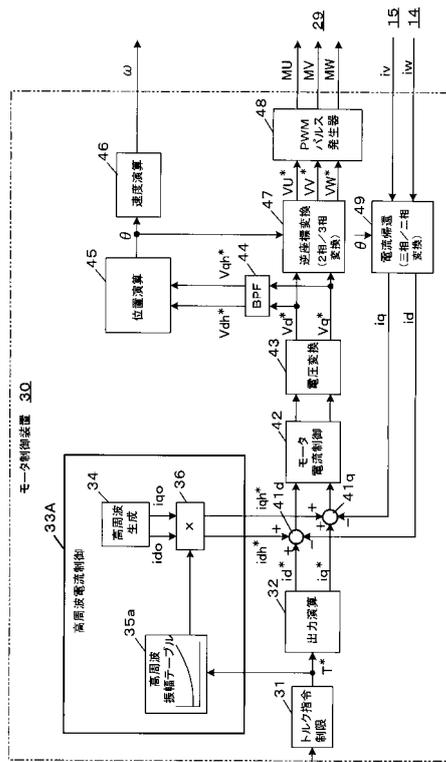
10

20

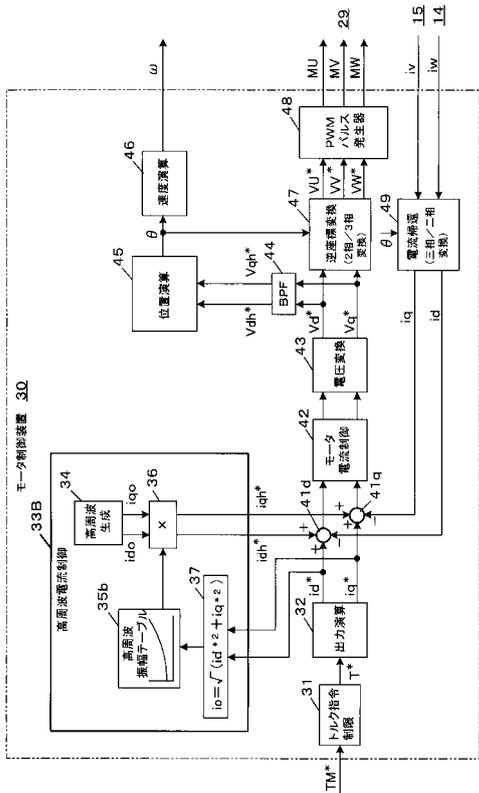
【図1】



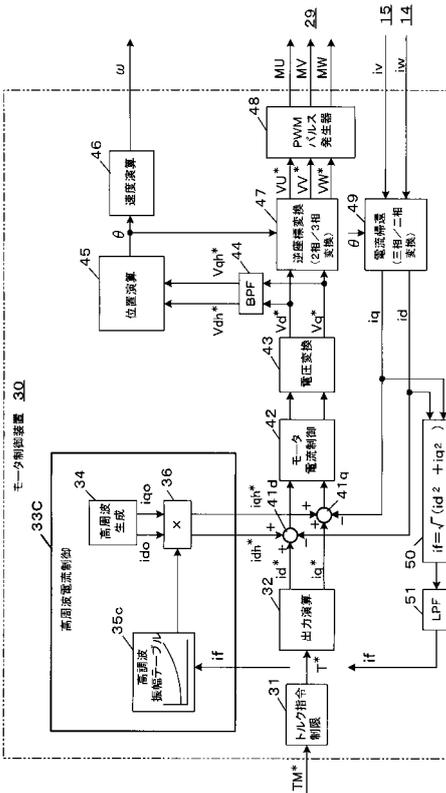
【図2】



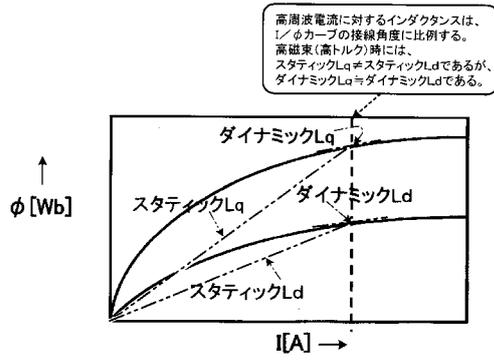
【図3】



【図4】



【 図 5 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-18881(JP,A)
特開2007-28889(JP,A)
特開2008-17608(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 6/18
H02P 6/16