

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-304441

(P2006-304441A)

(43) 公開日 平成18年11月2日(2006.11.2)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)
HO2P 21/00	(2006.01)	HO2P 5/408	D	5H505
HO2P 27/04	(2006.01)	HO2P 5/41	3O3Z	
HO2P 27/06	(2006.01)	HO2P 5/408	C	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2005-120475 (P2005-120475)
 (22) 出願日 平成17年4月19日 (2005. 4. 19)

(71) 出願人 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 100100310
 弁理士 井上 学
 (72) 発明者 澤田 建文
 茨城県ひたちなか市大字高場2520番地
 株式会社日立製作所
 オートモティブシステムグループ内
 (72) 発明者 松井 大和
 茨城県ひたちなか市大字高場2520番地
 株式会社日立製作所
 オートモティブシステムグループ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 同期モータ制御装置

(57) 【要約】

【課題】

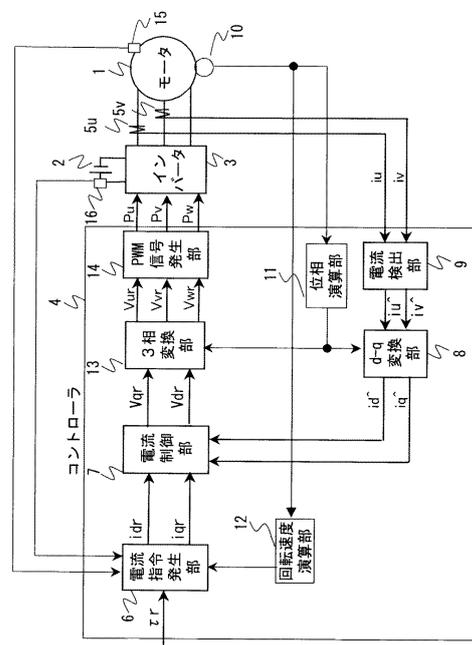
バッテリー電圧の変動により電流量を変化させるとともに、モータ温度の変化により電流を変化させ、トルク変動の抑制や効率向上を図った同期モータ制御装置を提供する。

【解決手段】

バッテリー電圧とモータ温度からバッテリー電圧換算値を演算し、モータ温度による同期モータの誘起電圧の変化をバッテリー電圧の変化に見立てて、d, q 軸電流指令を補正することにより、バッテリー電圧の変化とモータ温度の変化を同時に補正することができ、効率向上とトルク変動の抑制を行うことができる。

【選択図】 図 1

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

同期モータと、
 前記同期モータのモータ温度を検出するモータ温度検出器と、
 モータ電流を用いて前記同期モータを駆動する電力変換装置と、
 前記電力変換器に電力を供給するバッテリーと、
 前記バッテリーの電圧を検出する電圧検出器と、
 前記同期モータを制御する制御装置とを有する同期モータ制御装置であって、
 前記制御装置は、前記モータ温度に応じて前記モータ電流を変化させることを特徴とする同期モータ制御装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の同期モータ制御装置において、
 前記制御装置は、前記バッテリーの電圧に応じて前記モータ電流を変化させる電圧補正手段を備え、
 前記電圧補正手段は、前記モータ温度の変化を前記バッテリーの電圧の変化に換算し、換算した該バッテリーの電圧の変化に応じて、前記モータ電流を変化させることを特徴とする同期モータ制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の同期モータ制御装置において、
 前記制御装置は、異なるモータ温度に対応した複数の d 軸電流指令テーブルまたは複数の q 軸電流指令テーブルの少なくとも一方を有し、
 前記制御装置は、前記モータ温度の検出値を用いて補間することにより、d 軸電流指令または q 軸電流指令の少なくとも一方を生成することを特徴とする同期モータ制御装置。

20

【請求項 4】

請求項 2 記載の同期モータ制御装置において、
 前記制御装置は、使用可能なバッテリー電圧間で少なくとも 2 つ以上の値の違う前記バッテリーの電圧に対応した d 軸電流指令テーブル及び q 軸電流指令テーブルの少なくとも一方と、
 前記モータ温度に応じて少なくとも 2 つ以上の d 軸電流指令テーブル及び q 軸電流指令テーブルの少なくとも一方とを有し、
 前記制御装置は、前記バッテリーの電圧及び前記モータ温度の検出値を用いて、補間により d 軸電流指令または q 軸電流指令の少なくとも一方を生成することを特徴とする同期モータ制御装置。

30

【請求項 5】

請求項 2 に記載の同期モータ制御装置において、
 前記制御装置は、使用可能なモータ温度間で少なくとも 2 つ以上の値の違う前記モータ温度に対応した d 軸電流指令テーブル及び q 軸電流指令テーブルの少なくとも一方と、
 前記バッテリーの電圧に応じて、少なくとも 2 つ以上の d 軸電流指令テーブルまたは q 軸電流指令テーブルの少なくとも一方とを有し、
 前記制御装置は、前記モータ温度及び前記バッテリーの電圧の検出値を用いて、補間により d 軸電流指令または q 軸電流指令の少なくとも一方を生成することを特徴とする同期モータ制御装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータ制御装置に係り、特に、バッテリーを利用したモータ駆動システムに用いられ、トルク指令に従い電動機を制御する同期モータ制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、同期モータの制御では、バッテリーの電圧の変化に応じて弱め界磁電流を変えて制

50

御する方法が用いられてきた。同期モータは回転数に応じて誘起電圧が発生する。その誘起電圧のピーク値がバッテリー電圧よりも高くなると、電流が同期モータからバッテリーに逆流するため、モータの端子電圧を抑える必要がある。そのため、弱め界磁電流が必要になる。バッテリー電圧が高いときには、弱め界磁電流を減らし、電流を少なくして制御できるため、効率を良くすることができる。

【0003】

例えば、特許文献1（特開2000-228892号公報）には、バッテリーの電圧に応じて、弱め界磁開始の回転数を変化させる方法が開示されている。

【0004】

【特許文献1】特開2000-228892号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記方法では、バッテリー電圧の変動のみ考慮したものであり、同期モータは温度によっても誘起電圧が変化するが、温度による変動は考慮していない。温度による誘起電圧の変動があると、トルクの変動や効率の悪化が起こる。

【0006】

そこで、本発明の目的は、バッテリー電圧の変動により電流量を変化させるだけでなく、モータの温度が変化した場合にも電流量を変化させ、トルク変動の抑制や効率向上を図ることにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の代表的な同期モータ制御装置は、同期モータと、同期モータのモータ温度を検出するモータ温度検出器と、モータ電流を用いて同期モータを駆動する電力変換装置と、電力変換器に電力を供給するバッテリーと、バッテリーの電圧を検出する電圧検出器と、同期モータを制御する制御装置とを有し、制御装置は、モータ温度に応じてモータ電流を変化させるものである。

【0008】

より好ましくは、制御装置は、バッテリーの電圧に応じてモータ電流を変化させる電圧補正手段を備え、電圧補正手段は、モータ温度の変化をバッテリーの電圧の変化に換算し、換算したバッテリーの電圧の変化に応じて、モータ電流を変化させるものである。

30

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、トルク変動の抑制や効率向上を図った同期モータ制御装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。本発明では、バッテリー電圧に応じた複数のd q軸電流指令マップを用い、バッテリー電圧の変化とモータ温度の変化に応じてモータ電流を変化させることで、電圧変化時の効率向上とモータ温度変化時のトルク変動を抑えることを実現している。

40

【実施例1】

【0011】

第一の実施例につき、図1及び図2を用いて説明する。図1は、本発明の同期モータ制御装置の概要を示すブロック図である。図1において、バッテリー2の直流電圧はインバータ3（電力変換装置）により3相交流電圧に変換され、同期モータ1に印加される。この印加電圧は、コントローラ4（制御装置）において、次のような演算を行って決定される。

【0012】

まず、電流指令発生部6において、同期モータ1が発生すべきトルク指令値 r に対し

50

、d軸電流指令値 i_{dr} 、q軸電流指令値 i_{qr} が決定される。ここで、d軸は磁極位置（磁束）の方向を示し、また、q軸は電氣的にd軸に直交する方向を示している。これらは、回転座標系（d-q軸）を構成している。

【0013】

本実施例のコントローラ4は、d-q軸上での電流制御系を構成する。このため、電流制御部7にフィードバックする値は、電流センサ5u、5vにより検出されたu相電流 i_u 、v相電流 i_v をd-q変換部8にて座標変換したd軸電流検出値 i_d^{\wedge} とq軸電流検出値 i_q^{\wedge} である。

【0014】

なお、本実施例の電流検出では、3相モータ電流のU相とV相の2相を用いているが、U相、V相、W相の3相電流のうちいずれか2相の組み合わせでも、電流検出は可能である。また、U相、V相、W相の3相電流の全てを検出して電流検出を行うこともできる。

10

【0015】

電流指令発生部6の詳細図を図2に示す。電流指令発生部6では、モータ電流の変化とバッテリー電圧の変化の両方を考慮している。d軸電流指令 i_{dr} 及びq軸電流指令 i_{qr} は、トルク指令 r 及び同期モータ1のモータ回転数から決定されるテーブルを備えている。このテーブルは、バッテリー電圧に応じて、少なくとも2つの複数個存在する。本実施例では、バッテリー電圧が低・中・高の場合の3つのテーブルを備えている場合を説明する。

20

【0016】

バッテリー電圧検出部（バッテリー電圧センサ16）により検出されたバッテリー電圧値と、モータ温度検出部（モータ温度センサ15）により検出されたモータ温度を用いて、例えば、下記（式1）の数式に示される換算式によりバッテリー電圧換算値を計算する。

（式1）

$$V_{bc} = V_b \cdot K \cdot T_{25} / (T_m (1 - e(-at)))$$

ここで、 V_b はバッテリー電圧、 K は定数、 T_{25} は25の温度、 T_m はモータ温度、 a は時定数、であり、これらからバッテリー電圧換算値 V_{bc} を計算する。通常、同期モータの固定子に接続されているモータ温度検出器から回転子にあるマグネット温度を推定する方式を採用するため、モータ温度 T_m に所定の時定数 a を掛けている。

30

【0017】

このバッテリー電圧換算値 V_{bc} を基準として、バッテリー電圧換算値 V_{bc} が低電圧 V_{bl} よりも低い場合には、図2のSW1及びSW2は1に接続され、VB低用の電流指令テーブルが用いられる。

【0018】

また、バッテリー電圧換算値 V_{bc} が低電圧 V_{bl} と中電圧 V_{bm} の間、 $V_{bl} < V_{bc} < V_{bm}$ の場合には、図2のSW1及びSW2は2に接続され、VB低用とVB中用の電流指令テーブルからd軸電流指令 i_{dr} 及びq軸電流指令 i_{qr} を検索する。この場合は、バッテリー電圧換算値 V_{bc} により補完し、電流指令が決定される。

【0019】

また、バッテリー電圧換算値 V_{bc} が中電圧 V_{bm} と高電圧 V_{bh} の間、 $V_{bm} < V_{bc} < V_{bh}$ の場合には図2のSW1及びSW2は4に接続され、VB中用とVB高用の電流指令テーブルからd軸電流指令 i_{dr} 及びq軸電流指令 i_{qr} を検索する。この場合は、バッテリー電圧換算値 V_{bc} により補完し、電流指令が決定される。

40

【0020】

また、バッテリー電圧換算値 V_{bc} がバッテリー電圧高値よりも高い場合には、図2のSW1及びSW2は5に接続され、バッテリー電圧高用の電流指令テーブルからd軸電流指令 i_{dr} 及びq軸電流指令 i_{qr} が決定される。

【0021】

このように、バッテリー電圧換算値 V_{bc} を用いることにより、バッテリー電圧とモータ温

50

度の変化をバッテリー電圧の変化に換算される。バッテリー電圧換算値 V_{bc} に応じた電流指令テーブルを検索して電流指令を求めることにより、バッテリー電圧とモータ温度の変化が同時に補正される。このため、効率よく制御でき、トルク変動も抑制することができる。

【0022】

なお、本実施例では、バッテリー電圧換算値 V_{bc} に応じた電流指令テーブルを3つ用意した場合を説明したが、3つには限定されず、必要に応じて2つでも4つでも可能である。電流指令テーブルは、それが複数であれば問題なく適用できる。

【実施例2】

【0023】

第二の実施例につき、図3を用いて説明する。図3は、モータ温度に応じて電流指令の補正を行う電流指令生成部の簡易図である。第二の実施例は、モータ温度の変化によって変化する電流指令を検索する方法に関する。

10

【0024】

走行補助・アシスト用のモータと発電用のモータを備えたハイブリッド電気自動車等の場合、バッテリー電圧は、バッテリーコントローラによりそれほど変化せずに発電用モータで発電しながら駆動する場合がある。このような場合には、バッテリー電圧による補正はあまり必要ではない。

【0025】

また、モータの特性により、使用範囲のモータ回転数領域で弱め界磁電流を必要とせずに駆動できるモータも存在する。この場合にも、バッテリー電圧により弱め界磁電流を変化させる補正は必要ない。モータのトルク変動を抑制し、効率を向上させるには、モータ温度による同期モータの誘起電圧の変化のみを考慮すればよい。

20

【0026】

本実施例では、このような場合の、モータ温度の変化のみを考慮したものとなっている。モータ温度に応じて、あらかじめ、d軸電流指令テーブルとq軸電流指令テーブルを備えておく。d軸電流指令テーブル及びq軸電流指令テーブルは、モータ回転数とトルク指令から構成される。

【0027】

ここで、モータ温度 T_m がモータ温度低値 T_{ml} より低い場合には、モータ温度低用の電流指令テーブルに基づいて、d軸電流指令及びq軸電流指令を決定する。

30

【0028】

また、モータ温度 T_m が、モータ温度低値 T_{ml} とモータ温度中値 T_{mm} の間 ($T_{ml} < T_m < T_{mm}$) にある場合には、モータ温度低用とモータ温度中用のマップから電流指令の仮値を検索し、モータ温度 T_m により補完してd軸電流指令及びq軸電流指令を決定する。

【0029】

モータ温度 T_m がモータ温度中値 T_{mm} とモータ温度高値 T_{mh} の間 ($T_{mm} < T_m < T_{mh}$) にある場合には、モータ温度中用とモータ温度高用のマップから電流指令の仮値を検索し、モータ温度 T_m により補完してd軸電流指令及びq軸電流指令を決定する。モータ温度 T_m がモータ温度高 T_{mh} より高い場合には、モータ温度高用の電流指令テーブルからd軸電流指令及びq軸電流指令を決定する。

40

【0030】

このようにして、モータ温度の変化に応じて最適な電流指令を求めることができ、モータ温度の変化によるトルクの変動が抑制され、効率を向上させることも可能となる。なお、本実施例についても、モータ温度に応じた電流指令テーブルを3つ用意した場合を説明したが、3つとは特に限定されず、2つでも4つでも、複数存在するのであれば問題ない。

【実施例3】

【0031】

第三の実施例につき、図4を用いて説明する。図4は、バッテリー電圧とモータ温度から

50

バッテリー電圧換算値を用いて補正を行う電流指令発生部 6 の構成図である。第三の実施例はバッテリー電圧の補正後にモータ温度でも補正する方法に関する。

【0032】

電流指令発生部 6 は、始めに、バッテリー電圧 V_b による補正を行う。このとき、モータ温度 T_m がモータ温度低値 T_{ml} よりも低い場合には、図 4 の $SW5$ 及び $SW6$ は 1 に接続され、モータ温度低側の電流指令テーブルからバッテリー電圧補正を行いながら電流指令を検索する。

【0033】

モータ温度 T_m がモータ温度低値 T_{ml} とモータ温度高値 T_{mh} の間 ($T_{ml} < T_m < T_{mh}$) の場合には、図 4 の $SW5$ 及び $SW6$ は 2 に接続され、モータ温度低側の電流指令テーブルとモータ温度高側の電流指令テーブルからそれぞれバッテリー電圧の補正を行いながら、電流指令を検索する。それぞれのモータ温度側から求めた電流指令をモータ温度によって補正し、 d 軸電流指令 I_{dr} 、 q 軸電流指令 I_{qr} とする。

10

【0034】

モータ温度 T_m がモータ温度高値 T_{mh} よりも高い場合には、図 4 の $SW5$ 及び $SW6$ は 3 に接続され、モータ温度高側の電流指令テーブルからバッテリー電圧補正を行いながら電流指令を検索する。

【0035】

このような構成により、バッテリー電圧による補正とモータ温度による補正とを同時に行うことができる。このため、バッテリー電圧の変動による効率の向上とともに、モータ温度によるトルク変動の抑制を同時に行うことができる。

20

【0036】

なお、本実施例では、バッテリー電圧による電流指令テーブルを 2 つ、モータ温度に応じて 2 つの計 4 つの電流指令テーブルを用いて説明した。ただし、それぞれのテーブルは 2 つと 3 つや、3 つと 2 つなど組み合わせが異なってもよい。また 2 つや 3 つには限定されず、電流指令テーブルを複数個備えていればよい。

【0037】

電気自動車やハイブリッド車では、電圧可変周波数、可変電圧となるため、電圧の変動や、高速での連続走行や高トルクでのモータ温度上昇が挙げられる。このため、本発明の補正方法は非常に有効になり、本発明は、このような電気自動車やハイブリッド車に特に適して用いられる。ただし、本発明は、永久磁石同期モータを対象としたモータ制御装置であれば、そのアプリケーションを問わず適用可能である。

30

【0038】

また、本実施例では、コントローラにトルク指令が入力されるトルク制御系を示しているが、トルク制御系の上に速度制御系や位置制御系を構成することもできる。

【0039】

以上、本発明の同期モータ制御装置は、バッテリー電圧の変化により効率を向上できるとともに、モータ温度の変化に応じてトルク変動を補正できるという利点がある。

【0040】

なお、本発明の構成を具体的実施例に基づいて説明したが、本発明はその具体的実施例に限定されることなく、その思想の範囲を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。例えば、本実施例では、モータ位置センサ 10 を有するモータ駆動システムを示したが、センサレスでモータを駆動制御するシステムにも適用できる。

40

【0041】

また、(式 1) では、マグネット温度を推定することを考慮し、時定数 a を用いてバッテリー電圧換算値 V_{bc} を求めたが、マグネット温度の推定方式は、モータ電流や回転数等から演算により推定する方式等、他の方式でもよい。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図 1】バッテリー電圧補正とモータ温度補正を同時に行うモータ制御装置の構成を説明し

50

た図である。

【図2】 バッテリ電圧とモータ温度からバッテリー電圧換算値を用いて補正を行う、電流指令生成部の構成図である。(実施例1)

【図3】 モータ温度に応じて電流指令の補正を行う電流指令生成部の簡易図である。(実施例2)

【図4】 バッテリ電圧とモータ温度からバッテリー電圧換算値を用いて補正を行う、電流指令生成部の構成図である。(実施例3)

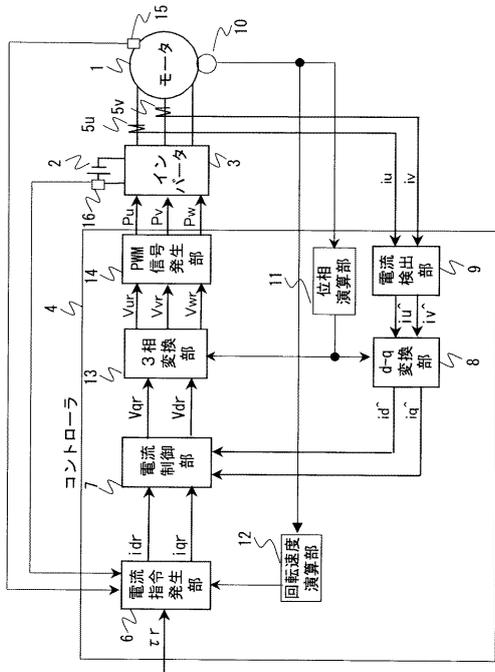
【符号の説明】

【0043】

1 ... 同期モータ、2 ... バッテリ、3 ... インバータ、4 ... モータコントローラ、5 ... 電流センサ、6 ... 電流指令発生部、7 ... 電流制御部、8 ... d-q変換部、9 ... 電流検出部、10 ... モータ位置センサ、11 ... 位相検出部、12 ... 回転速度検出部、13 ... 3相座標変換部、14 ... PWM信号発生部、15 ... モータ温度センサ、16 ... バッテリ電圧センサ。

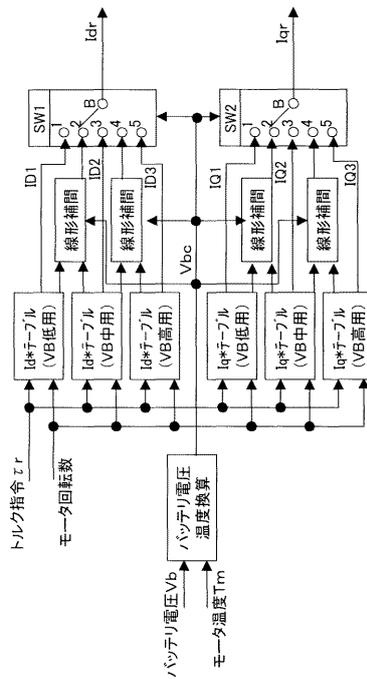
【図1】

図 1

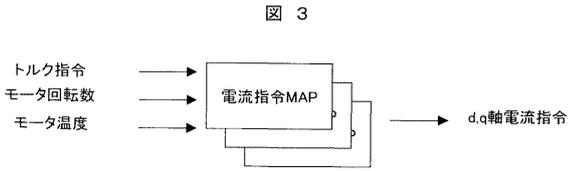


【図2】

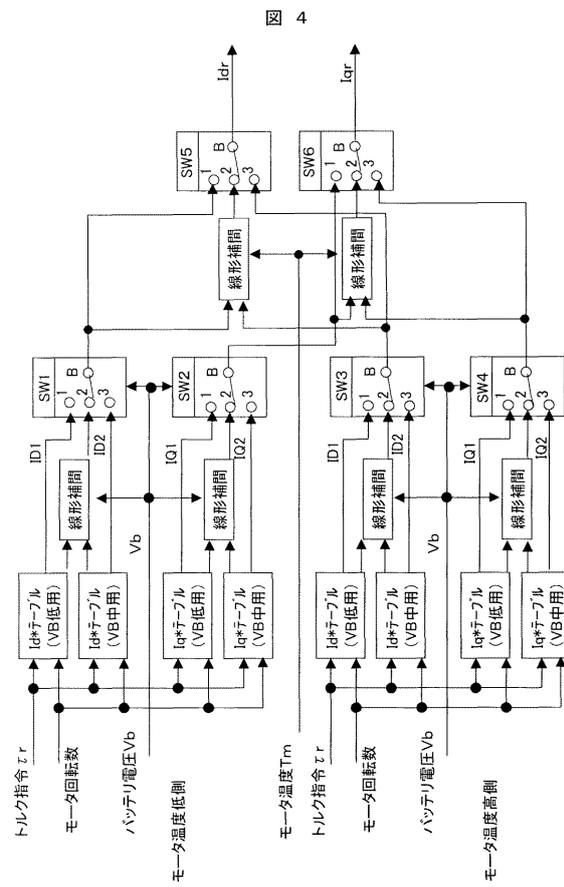
図 2



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H505 AA16 BB02 CC04 DD08 EE41 EE52 FF03 FF08 GG02 GG04
HA07 HB01 JJ03 JJ04 LL22 LL24 LL41 LL43 MM14 MM16