

(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2017-108568

(P2017-108568A)

(43) 公開日 平成29年6月15日(2017.6.15)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02P 27/06 (2006.01)	H02P 5/41 303Z	3D202
B60W 10/08 (2006.01)	B60K 6/20 320	5H505
B60W 20/00 (2016.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2015-241738 (P2015-241738)
 (22) 出願日 平成27年12月11日 (2015.12.11)

(71) 出願人 000149033
 株式会社エクセディ
 大阪府寝屋川市木田元宮1丁目1番1号
 (74) 代理人 110000202
 新樹グローバル・アイピー特許業務法人
 (72) 発明者 劉 勇
 大阪府寝屋川市木田元宮1丁目1番1号
 株式会社エクセディ内
 Fターム(参考) 3D202 BB11 CC33 DD25 DD26 DD28
 DD29
 5H505 AA16 BB02 BB03 CC04 DD03
 DD08 EE49 GG02 GG04 GG05
 HA10 HB01 JJ04 LL01 LL22
 LL25 LL43

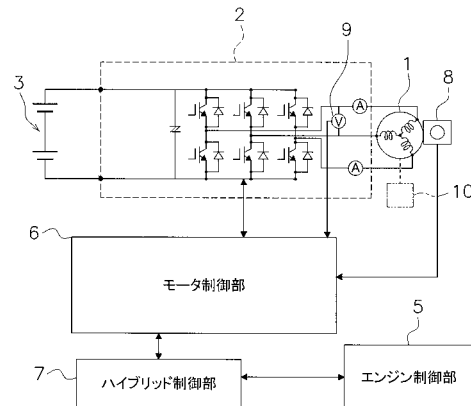
(54) 【発明の名称】 モータ制御装置及びハイブリッド式車両の駆動制御装置

(57) 【要約】

【課題】磁石の温度を正確に推定することができ、要求されるパワーに対して必要最小限のモータを用いることができるようにする。

【解決手段】このモータ制御装置は、エンジン及び永久磁石式モータを有するハイブリッド式車両に用いられる。モータ制御装置は、回転数センサ8と、電圧検出センサ9、温度演算機能及び電流制御機能を有するモータ制御部6と、を備えている。回転数センサ8はモータ1の回転数を検出する。電圧検出センサ9はモータ1に発生する誘起電圧を検出する。モータ制御部6は、回転数センサ8回転数と、電圧検出センサ9によって得られた誘起電圧と、に基づいて所定の演算式によってモータ1の磁石の温度を推定する。また、モータ制御部6は、推定された磁石温度に応じてモータ1に流す電流を制御する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

永久磁石式モータのモータ制御装置であって、
前記モータの回転速度を検出する回転速度検出手段と、
前記モータに発生する誘起電圧を検出する電圧検出手段と、
前記回転速度検出手段によって得られた回転速度と、前記電圧検出手段によって得られた誘起電圧と、に基づいて、所定の演算子によって前記モータの磁石の温度を推定する温度演算手段と、
前記温度演算手段の演算結果に応じて前記モータに流す電流を制御する電流制御手段と、
を備えたモータ制御装置。

10

【請求項 2】

前記電圧検出手段は、前記モータに対して出力停止指令が出されたタイミングで前記誘起電圧を検出する、請求項 1 に記載のモータ制御装置。

【請求項 3】

前記電圧検出手段は、誘起電圧のピーク値を検出する、請求項 1 又は 2 に記載のモータ制御装置。

【請求項 4】

前記モータの回転位置を検出する回転位置検出手段をさらに備え、
前記電圧検出手段は、前記回転位置検出手段で得られた特定の回転位置においてピーク電圧を検出する、
請求項 3 に記載のモータ制御装置。

20

【請求項 5】

前記モータは、エンジンと併用されるハイブリッド電気自動車用永久磁石式モータであり、
前記電圧検出手段は、エンジン走行または空走中に前記モータに対して出力停止指令が出されたタイミングで前記誘起電圧を計測する、請求項 1 に記載のモータ制御装置。

【請求項 6】

エンジン及び永久磁石式モータを有するハイブリッド式車両の駆動制御装置であって、
前記モータの回転速度を検出する回転速度検出手段と、
前記モータに発生する誘起電圧を検出する電圧検出手段と、
前記回転速度検出手段によって得られた回転速度と、前記電圧検出手段によって得られた誘起電圧と、に基づいて、所定の演算式によって前記モータの磁石の温度を推定する温度演算手段と、
前記温度演算手段の演算結果に応じて前記モータに流す電流を制御するとともに、前記温度演算手段によって推定された磁石温度が予め設定された温度よりも高い場合は、その後の前記モータでの車両駆動要求時に、前記モータに流す電流をそれまでの供給電流より低減する電流制御手段と、

30

前記電流制御手段が前記モータへの供給電流を低減した場合に、前記低減の程度に応じてエンジン出力を増加させるエンジン制御部と、
を備えたハイブリッド式車両の駆動制御装置。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、駆動制御装置、特に、エンジン及び永久磁石モータを有するハイブリッド式車両の駆動制御装置に関する。また、この駆動制御装置に用いられるモータ制御装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

エンジン及びモータを有するハイブリッド式車両では、駆動用モータとして永久磁石に

50

より界磁極が構成されている。この永久磁石式モータでは、ステータに電流が供給されることによって熱が発生し、また、磁石表面に発生する渦電流により、磁石の温度が上昇する。そして、磁石の温度が高温になり、かつ磁束負荷が大きい場合は、一瞬で、永久減磁と呼ばれる、磁力を失った状態となる。

【0003】

この永久減磁と言う致命的な状態を避けるために、一般的にはジスプロシウム等のレアアースと呼ばれる耐熱性の高い材料を用い、十分なマージンを用意する必要がある。しかし、レアアースは高価であり、しかも発生する頻度の低い状態に備えてマージンを大きくしておくことは経済的合理性に欠ける。さらに、ジスプロシウムを多く配合すると、残留磁束が低下するという性質があり、トルク低下をもたらす。

10

【0004】

そこで、まれに起こる高温状態に対応するため、高温の時には磁束負荷を減らす、すなわちトルクを低減させることが考えられるが、このためには磁石の温度を正確に監視する必要がある。

【0005】

しかし、ロータに埋め込まれた磁石は回転しているので、磁石の温度を直接測定することは困難であり、磁石の温度を推定することが必要になる。

【0006】

そこで、特許文献1には、モータの誘起電圧を検出し、この検出結果及び特性式を用いてモータの磁石温度を推定する方法が提案されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2007-6613号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1の温度推定方法に用いられる電動機の印加電圧 V_1 （温度測定を行う任意の運転条件による電動機の印加電圧 V_1 ）は、以下の式で求められる。

【0009】

30

$$V_1 = E_m + I_d \times R_{t1} + I_q \times j \quad L$$

E_m : 任意の回転速度 N_1 で運転時に測定された誘起電圧
 I_d : トルク発生d軸電流
 I_q : トルク発生に寄与しないq軸電流
 R_{t1} : 磁石の温度推定を行ったときの巻線抵抗測定値
 $j \quad L$: 同期リアクタンス

【0010】

しかし、以上の式においては、電流を流していないときの誘起電圧 E_m の他に、電流に依存する以下の3つの誤差要因が含まれる。

【0011】

40

(1) 例えばU相とV相の2相の電流を電流センサにより計測したものを、計算によって I_d , I_q を求めることが必要。

(2) L (インダクタンス) は大きな電流依存性があるため電流補正が必要。

(3) R_{t1} は銅の抵抗に温度依存性があるため温度補正が必要。

【0012】

以上の様に計算に用いる変数、定数が多く誤差要因が多い。また、電流センサは一般に電圧センサより高価で精度が芳しくない。しかも、そもそも磁石の温度による磁力低下はわずかであって、実際には精度の高い方法でないと磁石の温度を正確に推定することができない。

【0013】

50

本発明の課題は、磁石の温度を正確に推定することができ、これにより永久磁石を低コストで実現できるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

(1) 本発明に係るモータ制御装置は、エンジン及び永久磁石式モータを有するハイブリッド式車両に用いられる。このモータ制御装置は、回転速度検出手段と、電圧検出手段と、温度演算手段と、電流制御手段と、を備えている。回転速度検出手段はモータの回転速度を検出する。電圧検出手段はモータに発生する誘起電圧を検出する。温度演算手段は、回転速度検出手段によって得られた回転速度と、電圧検出手段によって得られた誘起電圧と、に基づいて所定の演算式によってモータの磁石の温度を推定する。電流制御手段は、温度演算手段の演算結果に応じてモータに流す電流を制御する。

10

【0015】

ここで、モータに発生する誘起電圧は、ロータに埋め込まれている磁石が発生する磁束がステータのコイルを横切る速度(すなわちモータの回転数)と、鎖交磁束密度と、に依存する。そして、鎖交磁束密度は永久磁石で作られる磁束であり、永久磁石の磁気強度が温度によって変化すれば、それに比例して鎖交磁束密度が変化する。この原理を応用すれば、誘起電圧及び回転速度を検出することによって、温度が推定できることになる。

【0016】

そこでこの装置では、モータの回転速度と誘起電圧とを検出し、その検出結果に基づいて所定の演算式によってモータの磁石の温度を推定している。そして、その磁石の推定温度に応じて、モータに最大限流することができる電流値を抽出し、この電流値によってモータを駆動している。

20

【0017】

ここでは、磁石の温度を正確に推定することができるので、永久減磁に対してのマージンを少なくできる。その結果、従来の永久磁石に対して、レアアース配合比率の少ない、安価な永久磁石を用いることができ、従来搭載されていたモータに比較してコストを抑えることができる。

【0018】

(2) 好ましくは、電圧検出手段は、モータに対して出力停止指令が出されたタイミングで(すなわち、インバータ駆動の場合はPWM停止して)誘起電圧を検出する。

30

【0019】

(3) 好ましくは、電圧検出手段は、誘起電圧のピーク値を測定する。この場合は、例えば誘起電圧の実効値を検出する場合に比較して、実効値演算をする必要がなく、ある角度範囲において多くの電圧計測値から、前後の値に比べ最も大きな値を選定する作業となる。実効値演算をしないのでCPUの負荷が少なく済む。

【0020】

(4) 好ましくは、モータの回転位置を検出する回転位置検出手段をさらに備え、電圧検出手段は、回転位置検出手段で得られた特定の回転位置においてピーク電圧を検出する。

【0021】

ここでは、1点の角度位置の計測であるから、電圧測定に要する時間が極めて短い。モータ駆動中でも短時間で電圧測定ができるため、駆動系のねじりバネ要素によってウィンドアップされている場合、ごく短時間のトルク抜けであるため、トルクがバネ要素に吸収され、運転者がショックと感じないという効果が期待できる。

40

【0022】

ここで、「ウィンドアップ」及びそれに関する本発明の作用効果について説明する。

【0023】

ハイブリッド式車両では、駆動モータからタイヤ接地点までには、シャフトやタイヤのゴム等のねじりバネ要素や、さらに大きなねじりバネ要素としてのサスペンションが存在する。そして、駆動力に応じて車両が天地に対して下がる性質があり、これがねじりバネ

50

要素と等価な効果をもたらす。この現象は、ねじりバネ要素を巻き上げという意味で、「ワインドアップ」と呼ばれる。

【0024】

駆動力が発生している場合は、これらのねじりバネ要素がねじれており、モータとタイヤ接地点は位相が少しずれていることになる。逆に、位相差が存在する場合はトルクが生じていることになる。

【0025】

以上のような状況において、モータには慣性モーメントが存在するため、トルクが一瞬なくなっても、モータとタイヤ接地点の位相差がすぐに解消されるわけではなく、巻き上げられたねじりバネ要素が巻き戻るまではトルクが発生している。この性質を利用して、ごく短時間であれば、トルクが小さくなりながらではあるが、トルクが完全に抜けてしまうことがないので、運転者がショックを感じにくくなる。

【0026】

(5)好ましくは、モータは、エンジンと併用されるハイブリッド電気自動車用永久磁石式モータである。そして、電圧検出手段は、エンジン走行または空走中にモータに対して出力停止指令が出されたタイミングで誘起電圧を計測する。

【0027】

(6)本発明に係る駆動制御装置は、エンジン及び永久磁石式モータを有するハイブリッド式車両の駆動制御装置であって、回転速度検出手段と、電圧検出手段と、温度演算手段と、電流制御手段と、エンジン制御部と、を備えている。回転速度検出手段はモータの回転速度を検出する。電圧検出手段はモータに発生する誘起電圧を検出する。温度演算手段は、回転速度検出手段によって得られた回転速度と、電圧検出手段によって得られた誘起電圧と、に基づいて、所定の演算子によってモータの磁石の温度を推定する。電流制御手段は、温度演算手段の演算結果に応じてモータに流す電流を制御するとともに、温度演算手段によって推定された磁石温度が予め設定された温度よりも高い場合は、その後のモータでの車両駆動要求時に、モータに流す電流をそれまでの供給電流より低減する。エンジン制御部は、電流制御手段がモータへの供給電流を低減した場合に、低減の程度に応じてエンジン出力を増加させる。

【発明の効果】

【0028】

以上のような本発明では、磁石の温度を正確に推定することができ、要求されるパワーに対して必要最小限のモータを用いることができる。したがって、モータのコストを抑え、またモータの小型化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の一実施形態によるモータ制御装置を有する駆動制御システムのブロック図。

【図2】電流値制限値マップを示す図。

【発明を実施するための形態】

【0030】

[システム構成]

図1は、本発明の一実施形態によるモータ制御装置を含むハイブリッド式車両の駆動制御装置のブロック図である。図1に示す駆動制御装置は、エンジン(図示せず)及び永久磁石式モータ1(以下、単に「モータ」と記す)が搭載されたハイブリッド式車両に設けられている。モータ1は永久磁石を用いたいわゆるPMモータであり、U相、V相及びW相の3つの端子を有する3相の同期式交流モータである。モータ1にはモータ駆動部としてのインバータ2が接続されている。インバータ2は車両のバッテリー3の直流電流を交流電流に変換するものである。また、インバータ2はモータ1のトルクや回転速度(回転数)を制御するために、インバータ2で発生した三相交流の電圧、電流及び周波数を変更するものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

この駆動制御装置は、エンジンを制御するエンジン制御部 5 と、インバータ 2 を制御するモータ制御部 6 と、エンジン制御部 5 及びモータ制御部 6 を制御するハイブリッド制御部 7 と、を有している。また、この装置は、モータ 1 の回転数を検出する回転速度センサ 8 と、モータ 1 の端子間電圧を検出する電圧センサ 9 と、を有している。

【 0 0 3 2 】

モータ制御部 6 は、回転速度センサ 8 からの出力信号と、電圧センサ 9 からの出力信号と、が入力される。モータ制御部 6 は、ハイブリッド制御部 7 からの指令を受けてインバータ 2 を制御し、これにより必要な電流がモータ 1 に供給される。この供給された電流によって、モータ 1 は要求されたトルクを発生する。また、後述するように、モータ制御部 6 は、各センサ 8 , 9 からの情報に基づいて、磁石の温度を推定する温度演算機能と、推定された温度に応じてモータ 1 に流す電流を制御する電流制御機能と、有している。

10

【 0 0 3 3 】

[電流制御]

以下、モータ制御部 6 における温度演算機能及び電流制御機能について説明する。ここで、モータ 1 に発生する誘起電圧は、ロータに埋め込んである磁石が発生する磁束がステータのコイルを横切る速度（すなわちモータの回転数）と、鎖交磁束密度と、に依存する。

【 0 0 3 4 】

空転時の誘起電圧 E_m 、電機子鎖交磁束、回転速度 とすると、

$$= E_m /$$

の関係がある。

20

【 0 0 3 5 】

この は永久磁石で作られる磁束であるので、永久磁石の磁気強度が温度によって変化すれば、それに比例して が変化する。

【 0 0 3 6 】

一方、磁石温度 T ()、0 の時の鎖交磁束 Φ_0 、その時の回転速度を ω_0 とすると

$$= a T + \Phi_0$$

の関係がある。ここで、 a は 1 K あたりの鎖交磁束変化 / T であり、単位は「W b / K」である。この式を変形すれば、

$$T = (\Phi - \Phi_0) / a$$

となり、 $1 / a = A$ と置きなおすと、

$$T = A (\Phi - \Phi_0) = A (E_m / \omega - E_{m0} / \omega_0) \quad \text{--- (1)}$$

となる。

30

【 0 0 3 7 】

そこで、 E_m を電圧センサ 9 で検出し、 ω を回転速度センサ 8 で検出する。また、事前に材料物性 A を調べておき、 E_{m0} 、 ω_0 を測定しておき、温度推定したいときに E_m 、 ω を計測すると上記の式にて温度 T を推測することができる。

【 0 0 3 8 】

具体的には、まずハイブリッド制御部 7 からモータ制御部 6 に対してトルク 0 (ゼロ) 指令を出力する。このような状態で、インバータ 2 によってモータ 1 に対する PWM 駆動を停止させることによって、モータ 1 が発生する誘起電圧を検出することができる。この誘起電圧を電圧センサ 9 によって検出する。なお、誘起電圧はサインカーブを描いて変化するので、そのピーク値を測定する。そして、回転速度センサ 8 及び電圧センサ 9 の検出結果に基づいて、以下の演算式を用いてモータ磁石温度 T_{mag} を推定する。

40

【 0 0 3 9 】

$$T_{mag} = A (E_{m\text{-peak}} / \omega - E_{m0\text{-peak}} / \omega_0)$$

$E_{m\text{-peak}}$: 誘起電圧のピーク値

【 0 0 4 0 】

50

以上のようにして求められたモータ磁石推定温度 T_{mag} に応じて、モータに最大限指令できるトルクをマップから読みだして抽出する。具体的には、図 2 に示すような最大電流 = g (磁石温度 T 、回転速度) のマップを用いて、電流制限をする。そして、計測後に車両を駆動する時に、この制限トルクの範囲内でモータを駆動する。

【0041】

このような実施形態では、磁石の温度を正確に推定することができるので、要求される性能に対して過剰品質とならないモータを用いることができる。このため、従来搭載されていたモータに比較して、低コストで小型のモータを用いることができる。

【0042】

また、ハイブリッド制御部 7 からモータ制御部 6 にトルク 0 (ゼロ) 指令を出力し、これによりモータ制御部 6 からインバータ 2 に PWM 駆動停止指令が出されたタイミングで誘起電圧を検出し、磁石温度を推定しているので、本制御に関連する車両の変動をなくすることができる。さらに、誘起電圧のピーク値を検出して磁石温度を推定しているので、例えば誘起電圧の実効値を検出する場合に比較して、実効値演算をする必要がなく、ある角度範囲において多くの電圧計測値から、前後の値に比べ最も大きな値を選定する作業となる。実効値演算をしないので CPU の負荷が少なく済む。

10

【0043】

[他の実施形態]

本発明は以上のような実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲を逸脱することなく種々の変形又は修正が可能である。

20

【0044】

(a) 前記実施形態では、誘起電圧のピーク値を測定する手法については特に言及していないが、図 1 の二点鎖線で示すように、モータ 1 の回転位置を検出する回転位置センサ 10 を設け、誘起電圧のピーク値を測定すればよい。すなわち、前述のように、誘起電圧はサインカーブを描いて変動するが、回転位置センサ 10 によってモータの回転角度位置を検出すれば、誘起電圧のピーク値が現れるタイミングがわかる。そこで、回転位置センサ 10 の検出結果を利用して誘起電圧のピーク値を容易に測定することができる。

【0045】

(b) 式 (1) では、誘起電圧のピーク値を使ってモータ磁石温度を演算するようにしたが、誘起電圧の実効値を用いてモータ磁石温度を演算するようにしてもよい。

30

【0046】

(c) 推定された磁石温度が予め設定された温度よりも高い場合は、その後のモータでの車両駆動要求時に、モータに流す電流をそれまでの供給電流より低減するようにしてもよい。この場合は、供給電流の低減の程度に応じてエンジン出力を増加させるのが好ましい。これにより、磁石温度の如何にかかわらず駆動力が変化しないようにすることができる。

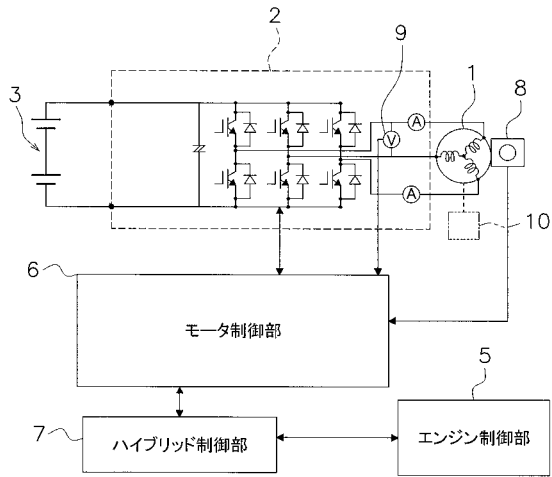
【符号の説明】

【0047】

- 1 モータ
- 2 インバータ
- 5 エンジン制御部
- 6 モータ制御部
- 7 ハイブリッド制御部
- 8 回転速度センサ
- 9 電圧センサ
- 10 回転位置センサ

40

【 図 1 】



【 図 2 】

