

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2013年8月8日(08.08.2013)



(10) 国際公開番号  
WO 2013/115240 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02P 21/00 (2006.01) H02P 27/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/052026
- (22) 国際出願日: 2013年1月30日(30.01.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2012-017212 2012年1月30日(30.01.2012) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および  
(71) 出願人(米国についてのみ): 吉本 拓史(YOSHIMOTO, Takuji) [—/JP]; 〒1008310 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 Tokyo (JP). 山下 良範(YAMASHITA,

Yoshinori) [—/JP]; 〒1008310 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

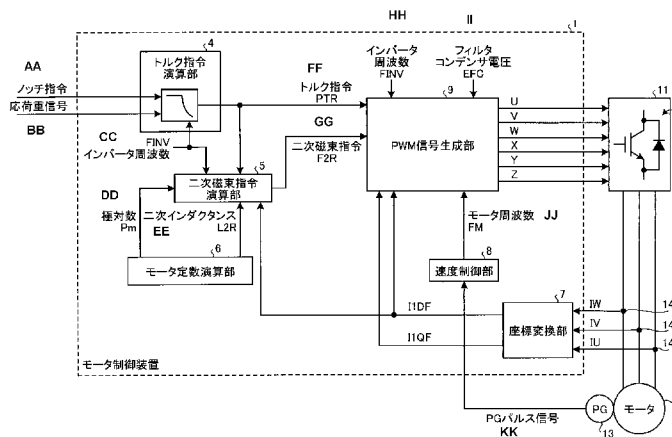
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ

[続葉有]

(54) Title: MOTOR CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: モータ制御装置



- 1 Motor control device
- 4 Torque signal computation unit
- 5 Secondary magnetic flux command computation unit
- 6 Motor constant computation unit
- 7 Coordinate conversion unit
- 8 Speed control unit
- 9 PWM signal generation unit
- 12 Motor
- AA Notch command
- BB Load weighting signal
- CC Inverter frequency
- DD Number of pole pairs
- EE Secondary inductance
- FF Torque command
- GG Secondary magnetic flux command
- HH Inverter frequency
- II Filter capacitor voltage
- JJ Motor frequency
- KK PG pulse signal

(57) Abstract: A motor control device is provided with: a secondary magnetic flux command computation unit (5) having a minimum current secondary magnetic flux command computation unit for calculating a secondary magnetic flux command (F2R) which minimizes an effective current value obtained from a torque current and an excitation current; and a PWM signal generation unit (9) which generates a torque current command for outputting a desired torque command (PTR) and an excitation current command for outputting a secondary magnetic flux command (F2R), performs a vector control so that a q-axis current (I1QF) which is a detection value for a torque current, and a d-axis current (I1DF) which is a detection value for an excitation current are respectively equal to the torque current command and excitation current command, and generates control signals (U, V, W, X, Y, Z) which turn on and off a switching element (16) provided on an inverter (11).

(57) 要約: トルク電流と励磁電流とによる電流実効値を最小とする二次磁束指令F2Rを演算する最小電流二次磁束指令演算部を有する二次磁束指令演算部5と、所望のトルク指令PTRを出力するためのトルク電流指令および二次磁束指令F2Rを出力するための励磁電流指令を生成し、トルク電流の検出値であるq軸電流I1QFおよび励磁電流の検出値であるd軸電流I1DFがそれぞれトルク電流指令および励磁電流指令に一致するようにベクトル制御を行い、インバータ11に具備されるスイッチング素子16をオン/オフさせる制御信号U, V, W, X, Y, Zを生成するPWM信号生成部9と、を備える。

WO 2013/115240 A1

ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ  
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,  
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,  
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI  
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,  
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

**発明の名称**：モータ制御装置

**技術分野**

[0001] 本発明は、モータ制御装置に関する。

**背景技術**

[0002] 従来、誘導電動機（モータ）内で発生する全損失が最小となるような励磁電流指令値を表す数式を解析的に導出し、導出した励磁電流指令値を用いた電流制御により誘電モータを制御する方法が開示されている（例えば、下記特許文献1）。

**先行技術文献**

**特許文献**

[0003] 特許文献1：特開平9-191700号公報（「0043」、（数16）式）

**発明の概要**

**発明が解決しようとする課題**

[0004] しかしながら、上記特許文献1にて導出される数式には、平方根の計算式内に平方根同士の除算や、三角関数の乗算および巾乗計算が含まれており、制御計算を簡易に行うことができないという問題点がある。

[0005] また、モータ制御装置において、制御対象であるモータの回転速度を制御する場合、例えば起動から低速域または中速域までは電圧・周波数比を一定にするV/F一定制御を行うことが一般的である。一方、上記従来技術では、起動から高速域にわたる全速度領域において上記の数式を用いた演算処理を行うこととしており、必ずしも制御態様に応じた効果的な制御が行われていないという問題点があった。

[0006] また、V/F一定制御方式では、負荷に応じた値ではなくモータの回転速度指令に応じて電圧・周波数比が決定され、定格時に最適な特性が得られるように出力電圧特性が与えられることになる。このため、低速域または軽負荷の駆動領域では、過剰な電圧がモータに印加され、モータ損失が最適値よ

りも大きくなって必ずしも高効率な運転が行われていないという問題点があった。

[0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、 $V/F$ 一定制御方式を用いるモータ制御装置において、特に、低速または軽負荷の駆動領域におけるモータ損失を低減して更なる効率の向上を可能とするモータ制御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

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するため、本発明に係るモータ制御装置は、インバータによって駆動されるモータに流出入する電流をトルク電流と励磁電流に分けてそれぞれを個別に制御するモータ制御装置であって、トルク電流と励磁電流とによる電流実効値を最小とする二次磁束指令を演算する第1の演算部を有する二次磁束指令演算部と、所望のトルク指令を出力するためのトルク電流指令および前記二次磁束指令を出力するための励磁電流指令を生成し、前記トルク電流の検出値および前記励磁電流の検出値がそれぞれ前記トルク電流指令および前記励磁電流指令に一致するようにベクトル制御を行い、前記インバータに具備されるスイッチング素子をオン／オフさせる制御信号を生成するPWM信号生成部と、を備えたことを特徴とする。

### 発明の効果

[0009] 本発明によれば、 $V/F$ 一定制御方式を用いるモータ制御装置において、特に、低速域または軽負荷の駆動領域におけるモータ損失を更に低減してより高効率な運転が可能になるという効果を奏する。

### 図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、実施の形態1に係るモータ制御装置の一構成例を示すブロック図である。

[図2]図2は、モータ定数と $d$   $q$ 各軸電流との関係を説明する図である。

[図3]図3は、 $d$   $q$ 各軸電流とトルクとの関係を説明する図である。

[図4]図4は、実施の形態1に係る二次磁束指令演算部の一構成例を示すブロック図である。

[図5]図5は、二次磁束指令に対する損失曲線を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0011] 以下、添付図面を参照し、本発明の実施の形態に係るモータ制御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。

[0012] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1に係るモータ制御装置の一構成例を示すブロック図である。実施の形態1に係るモータ制御装置1は、インバータ11によって駆動されるモータ12に流出入する電流（1次電流）をトルク電流と励磁電流に分けてそれぞれを個別に制御するベクトル制御方式による制御装置であり、図示のように、トルク指令演算部4、二次磁束指令演算部5、モータ定数演算部6、座標変換部7、速度制御部8および、電圧指令としてのPWM信号を生成するPWM信号生成部9を備えて構成される。

[0013] モータ制御装置1には、図示しない外部の制御装置から出力されるノッチ指令および応荷重信号、インバータ11と電動機（モータ）12との間に設けられた電流検出器14（14U，14V，14W）によって検出される各相（U相、V相、W相）モータ電流 $I_U$ ， $I_V$ ， $I_W$ ならびに、モータ12に設けられたパルスジェネレータ（PG）13によって検出されるPGパルス信号などが入力される。モータ制御装置1は、これらノッチ指令、応荷重信号、モータ電流 $I_U$ ， $I_V$ ， $I_W$ およびPGパルス信号に基づき、最終段に位置するPWM信号生成部9によってインバータ11を制御する電圧指令としてのPWM信号（U，V，W，X，Y，Z）を生成する。

[0014] つぎに、実施の形態1に係るモータ制御装置1の動作について説明する。まず、トルク指令演算部4には、ノッチ指令および応荷重信号ならびに、内部的に生成されたインバータ周波数 $F_{INV}$ が入力される。トルク指令演算部4は、図示のような速度が閾値以下ではトルクを一定とし閾値を超えるとトルクを減少させるトルク指令のパターン（トルクパターン）を有しており、ノッチ指令、応荷重信号およびインバータ周波数 $F_{INV}$ に応ずるトルク

指令PTRを生成して、二次磁束指令演算部5およびPWM信号生成部9に出力する。なお、インバータ周波数FINVは、外部からの入力信号としてもよい。

[0015] モータ定数演算部6は、モータ12を等価回路モデルで表したときのモータ定数を演算する。モータ定数としては、一次抵抗、二次抵抗、一次インダクタンス、二次インダクタンス、相互インダクタンス、極対数などが代表的なものであるが、実施の形態1では、少なくとも二次インダクタンスL2Rおよび極対数Pmの値を二次磁束指令演算部5に出力する。なお、極対数Pmであるが、モータ12が極対数Pmを変更できない構造の場合、二次磁束指令演算部5に出力する極対数Pmは固定値である。一方、極対数Pmの変更が可能なモータ12の場合、その変化に応じた値が二次磁束指令演算部5に出力される。

[0016] 電流検出器14（14U，14V，14W）が検出した各相モータ電流IU，IV，IWは、座標変換部7に入力される。座標変換部7は、3相座標系の電流検出値である各相モータ電流IU，IV，IWをdq軸座標系の電流検出値に変換したd軸電流I1DFおよびq軸電流I1QFを生成する。これらの電流のうち、d軸電流I1DFは、PWM信号生成部9および二次磁束指令演算部5の双方に入力され、q軸電流I1QFは、PWM信号生成部9に入力される。なお、図1では、各相モータ電流IU，IV，IWの全てを座標変換部7に入力する構成としているが、各相モータ電流IU，IV，IWのうちの何れか2つの情報があればd軸電流I1DFおよびq軸電流I1QFの算出が可能である。

[0017] インバータ周波数FINV、トルク指令PTR、二次インダクタンスL2R、極対数Pmおよびd軸電流I1DFは、二次磁束指令演算部5に入力される。二次磁束指令演算部5は、これらインバータ周波数FINV、トルク指令PTR、二次インダクタンスL2R、極対数Pmおよびd軸電流I1DFに基づき、二次磁束指令F2Rを生成してPWM信号生成部9に出力する。なお、二次磁束指令演算部5の内部構成および更に詳細な動作については

後述する。

[0018] パルスジェネレータ (PG) 13 が検出した PG パルス信号は、速度制御部 8 に入力される。速度制御部 8 は、PG パルス信号の周期や PG パルス信号に含まれる 1 周期あたりのパルス数などの情報に基づき、モータ 12 の回転周波数であるモータ周波数 FM を生成して PWM 信号生成部 9 に出力する。

[0019] このようにして、PWM 信号生成部 9 には、トルク指令 PTR、二次磁束指令 F2R、d 軸電流 I1DF、q 軸電流 I1QF、モータ周波数 FM が入力される。これらの信号 (情報) に加え、PWM 信号生成部 9 には、インバータ周波数 FINV および、インバータ 11 の直流部側に設けられる図示しないフィルタコンデンサの電圧であるフィルタコンデンサ電圧 EFC も入力される。PWM 信号生成部 9 は、内部的にトルク指令 PTR を出力するためのトルク電流指令および二次磁束指令 F2R を出力するための励磁電流指令を生成し、トルク電流の検出値である q 軸電流 I1QF および励磁電流の検出値である d 軸電流 I1DF がそれぞれトルク指令および励磁電流指令に一致するようにベクトル制御を行い、インバータ 11 内に具備されるスイッチング素子 16 をオン/オフ制御するための PWM 信号 U, V, W, X, Y, Z を生成してインバータ 11 に出力する。なお、PWM 信号 U, V, W, X, Y, Z は、インバータ 11 が 3 相インバータである場合の一例であり、上アームを構成するスイッチング素子に対するスイッチング信号が U, V, W に対応し、下アームを構成するスイッチング素子に対するスイッチング信号が X, Y, Z に対応する。

[0020] つぎに、実施の形態 1 のモータ制御装置 1 に適用する演算式について、図 2 および図 3 の図面などを参照して説明する。図 2 は、モータ定数と dq 各軸電流との関係を説明する図であり、図 3 は、dq 平面における dq 各軸電流とトルクとの関係を説明する図である。

[0021] まず、ベクトル制御を行う制御装置において一般的に用いられるトルク電流指令 I1QR および励磁電流指令 I1DR は、図 2 にも示しているように

、トルク指令PTR、二次インダクタンスL2R、二次磁束指令F2R、極対数Pm、相互インダクタンスMRおよび二次抵抗R2Rを用いて、次式および次々式のように表すことができる。

$$[0022] \quad I1QR = (PTR / F2R) \times (1 / Pm) \times (L2R / MR) \quad \dots (1)$$

$$I1DR = (F2R / MR) + (L2R / MR) \times (1 / R2R) \times d(F2R) / dt \quad \dots (2)$$

[0023] ここで、V/F一定制御領域では、トルク指令PTRは略一定値に制御される。したがって、二次磁束指令F2Rの時間変化を表す(2)式の第2項は零と置くことができ、二次磁束指令F2Rは、励磁電流指令I1DRを用いて次式で表すことができる。

$$[0024] \quad F2R = I1DR \times MR \quad \dots (3)$$

[0025] この(3)式を上記(1)式に代入すると、次式が得られる。

$$[0026] \quad PTR = (Pm / L2R) \times MR^2 \times I1QR \times I1DR \quad \dots (4)$$

[0027] 上記(4)式において、“(Pm/L2R)×MR<sup>2</sup>”は、モータ定数で決まる値であるため定数と考えることができる。したがって、トルク指令PTRは、トルク電流指令I1QRと励磁電流指令I1DRとの積、即ち図3にハッチングで示した長方形の部分の面積に比例する大きさとなる。このため、トルク指令PTRが与えられたとき、I1QR×I1DR=一定という条件(面積一定(即ちトルク一定)の条件)を満足する任意の値のI1QRおよびI1DRを選択することができる。一方、任意の値のI1QRおよびI1DRのうち、電流実効値I1=√(I1DR<sup>2</sup>+I1QR<sup>2</sup>)/√3を最小にするのはI1QR=I1DRのとき、即ち図4に示すハッチング部が正方形になるときである。

[0028] 実施の形態1のモータ制御装置では、上記の考え方を利用する。I1QR=I1DRの条件と(3)式の条件とを(4)式に適用すると、励磁電流指令I1DRは、トルク指令PTRを用いて次式のように表すことができる。

$$[0029] \quad I1DR = \sqrt{\{(Pm / L2R) \times PTR\}} / MR \quad \dots (5)$$

[0030] また、この（５）式を上記（３）式に代入すれば、二次磁束指令  $F_{2R}$  は、次式のように表される。

$$[0031] \quad F_{2R} = \sqrt{\{ (P_m / L_{2R}) \times P_{TR} \}} \quad \dots (6)$$

[0032] この（６）式によれば、二次磁束指令  $F_{2R}$  は、トルク指令  $P_{TR}$ 、二次インダクタンス  $L_{2R}$  および極対数  $P_m$  により求めることができる。そこで、図１に示した二次磁束指令演算部５を図４のように構成する。図４は、実施の形態１に係る二次磁束指令演算部５の一構成例を示すブロック図である。図示のように、二次磁束指令演算部５は、第１の演算部としての最小電流二次磁束指令演算部２１、第２の演算部としての磁束指令補償演算部２２、乗算器２３および減算器２４を備えて構成される。

[0033] この二次磁束指令演算部５において、最小電流二次磁束指令演算部２１には、トルク指令  $P_{TR}$ 、二次インダクタンス  $L_{2R}$  および極対数  $P_m$  が入力される。最小電流二次磁束指令演算部２１は、トルク指令  $P_{TR}$ 、二次インダクタンス  $L_{2R}$  および極対数  $P_m$  に基づき、（６）式に示す演算処理を行い、その演算結果を最小電流二次磁束指令  $F_{2R1}$  として出力する。

[0034] このように、最小電流二次磁束指令演算部２１にて最小電流二次磁束指令  $F_{2R1}$  を生成する場合、トルク電流指令  $I_{1QR} = \text{励磁電流指令 } I_{1DR}$  の電流調整が行われ、同一のトルクを発生するのに必要な電流を最小にすることができる。モータ１２での銅損は、電流の大きさに依存しており、電流が大きくなるほど損失も大きくなるから、電流を小さくすることにより、銅損も小さくなる。また、インバータ１１のスイッチング素子１６における損失も電流の大きさに依存するため、電流を最小とする制御により、インバータ１１での損失も低減することができる。

[0035] つぎに、磁束指令補償演算部２２を設けた意義について説明する。図５は、二次磁束指令  $F_{2R}$  に対する損失曲線を示す図である。図５において、実線は銅損を表し、破線は鉄損を表している。モータで発生する損失は銅損と鉄損が支配的であるため、銅損と鉄損の和を最小にできれば、モータ損失をほぼ最小とすることができる。

- [0036] ところが、最小電流二次磁束指令演算部 2 1 にて最小電流二次磁束指令  $F_{2R1}$  を生成する場合、上記のように  $I_{1QR} = I_{1DR}$  の電流調整を行って銅損を最小とする調整を行う。しかし、銅損が最小になる最小電流二次磁束指令値  $F_{2R1}$  は、鉄損も考慮すると、損失最小の磁束条件にはならない。インバータ周波数  $F_{INV}$  が小さく、モータに印加される電圧  $V$  が小さい場合は、鉄損が小さく、鉄損を無視しても問題ない。
- [0037] 一方、インバータ周波数  $F_{INV}$  が大きくなり、モータに印加される電圧  $V$  が大きくなると、鉄損が無視できない大きさになる。その場合には、図 5 から分かるように、最小電流二次磁束指令値  $F_{2R1}$  から二次磁束指令値  $F_{2R}$  を僅かに減少させると、銅損の増加分よりも鉄損の減少分の方が大きく、銅損と鉄損の合計損失も減少する。つまり、銅損と鉄損の合計損失を最小にする二次磁束指令値  $F_{2R}$  は、 $F_{2R1}$  よりも小さくなる。そこで、実施の形態 1 の二次磁束指令演算部 5 では、図示のようにモータの周波数に基づいてモータの銅損と鉄損の合計損失が最小となる二次磁束指令値の最小電流二次磁束指令  $F_{2R1}$  からの補償分を求めるための磁束指令補償演算部 2 2 を設けると共に、乗算器 2 3 にて磁束指令補償演算部 2 2 の出力と d 軸電流  $I_{1DF}$  とを乗算し、その乗算値を最小電流二次磁束指令演算部 2 1 の出力から減算するようにしている。
- [0038] 磁束指令補償演算部 2 2 には、あらかじめ設計時のモータ特性より鉄損を演算する鉄損分考慮テーブルが備えられ、入力されたインバータ周波数  $F_{INV}$  に基づき、d 軸電流  $I_{1DF}$  に対して鉄損による損失を低減するような最適な補償係数を生成して、乗算器 2 3 に出力する。
- [0039] ここで、乗算器 2 3 の出力が零ではない場合、最小電流二次磁束指令  $F_{2R1}$  に乗算器 2 3 の出力である鉄損を考慮した補償分を減算したものが最終的な二次磁束指令  $F_{2R}$  として生成され、PWM 信号生成部 9 に出力される。
- [0040] なお、乗算器 2 3 の出力が零もしくは最小電流二次磁束指令  $F_{2R1}$  に比して小さい場合（例えば d 軸電流  $I_{1DF}$  が小さい場合または、磁束指令補

償演算部 22 が出力する補償係数が零もしくは小さい場合)、最小電流二次磁束指令演算部 21 が生成する最小電流二次磁束指令  $F_{2R1}$  がそのまま二次磁束指令  $F_{2R}$  として、前述した PWM 信号生成部 9 に出力される。

[0041] 以上説明したように、実施の形態 1 のモータ制御装置によれば、電圧・周波数比を一定にし、且つ、トルク一定にて駆動する駆動領域でのトルク電流と励磁電流とによる電流実効値を最小とする二次磁束指令を演算し、トルク電流の検出値および励磁電流の検出値がそれぞれトルク指令を出力するためのトルク電流指令および二次磁束指令を出力するための励磁電流指令に一致するようにベクトル制御を行うこととしたので、銅損および鉄損も含めたモータ損失を低減することができ、より高効率な運転制御を可能とするモータ制御装置を実現することができる。

[0042] 実施の形態 2.

実施の形態 2 では、インバータ 11 に具備されるスイッチング素子 16 について説明する。インバータ 11 に用いられるスイッチング素子 16 としては、珪素 (Si) を素材とする半導体スイッチング素子 (IGBT、MOSFET など、以下「Si-SW」と略記) が一般的である。上記実施の形態 1 で説明した技術は、この一般的な Si-SW を用いて構成することができる。

[0043] 一方、上記実施の形態 1 の技術は、この Si-SW に限定されるものではない。この珪素 (Si) に代え、近年注目されている炭化珪素 (SiC) を素材とする半導体スイッチング素子 (以下「SiC-SW」と略記) を上述したスイッチング素子 16 として用いることも無論可能である。

[0044] ここで、インバータ 11 における損失としては、スイッチング素子 16 のスイッチング損失および導通損失が主となる。特に、SiC-SW を MOSFET 構造とすれば、スイッチング損失を大幅に低減できることが期待される。また、SiC-SW を MOSFET 構造とする場合、MOSFET の導通損失は電流の 2 乗に比例して増加するので、SiC-SW に流れる電流値を小さくすることにより、導通損失の低減が可能となる。

- [0045] 実施の形態1のモータ制御装置では、同一のトルクを発生するための電流を最小化することができるので、実施の形態1のインバータ11に具備されるスイッチング素子16をSiC-SWとすることにより、導通損失を大幅に低減することができる。これにより、インバータ11での損失を低減することができ、より高効率なモータ制御を可能とするモータ制御装置を実現することが可能となる。
- [0046] また、従来より、電気車などの大容量の電動機を駆動する場合、インバータ11の出力周波数を多パルスモード、1パルスモードの複数の制御モードを順次切り替えて制御していたが、SiCなどのワイドバンドギャップ半導体によるスイッチング素子16では、全制御領域において非同期PWM制御が可能となる。そのため、本実施の形態のモータ制御装置による損失低減効果も全領域にわたり、全領域で高効率なモータ制御が可能となる。特に、全領域非同期PWM制御とするために電流値を高く設定した場合の、モータに対する損失低減効果は非常に大きい。
- [0047] なお、SiCは、Siよりもバンドギャップが大きいという特性を捉えて、ワイドバンドギャップ半導体と称される半導体の一例である（これに対し、Siは、ナローバンドギャップ半導体と称される）。このSiC以外にも、例えば窒化ガリウム系材料または、ダイヤモンドを用いて形成される半導体もワイドバンドギャップ半導体に属しており、それらの特性も炭化珪素に類似した点が多い。したがって、炭化珪素以外の他のワイドバンドギャップ半導体を用いる構成も、本発明の要旨を成すものである。
- [0048] また、このようなワイドバンドギャップ半導体によって形成されたスイッチング素子は、耐電圧性が高く、許容電流密度も高いため、スイッチング素子の小型化が可能であり、これら小型化されたスイッチング素子を用いることにより、これらの素子を組み込んだ半導体モジュールの小型化が可能となる。
- [0049] また、ワイドバンドギャップ半導体によって形成されたスイッチング素子は、耐熱性も高いため、ヒートシンク等の冷却機構を必要とするスイッチ

グ素子の場合、冷却機構の小型化が可能となり、スイッチング素子モジュールの更なる小型化が可能になる。

[0050] なお、以上の実施の形態 1, 2 に示した構成は、本発明の構成の一例であり、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

[0051] 以上のように、本発明は、低速域または軽負荷の駆動領域におけるモータ損失を低減することができるモータ制御装置として有用である。

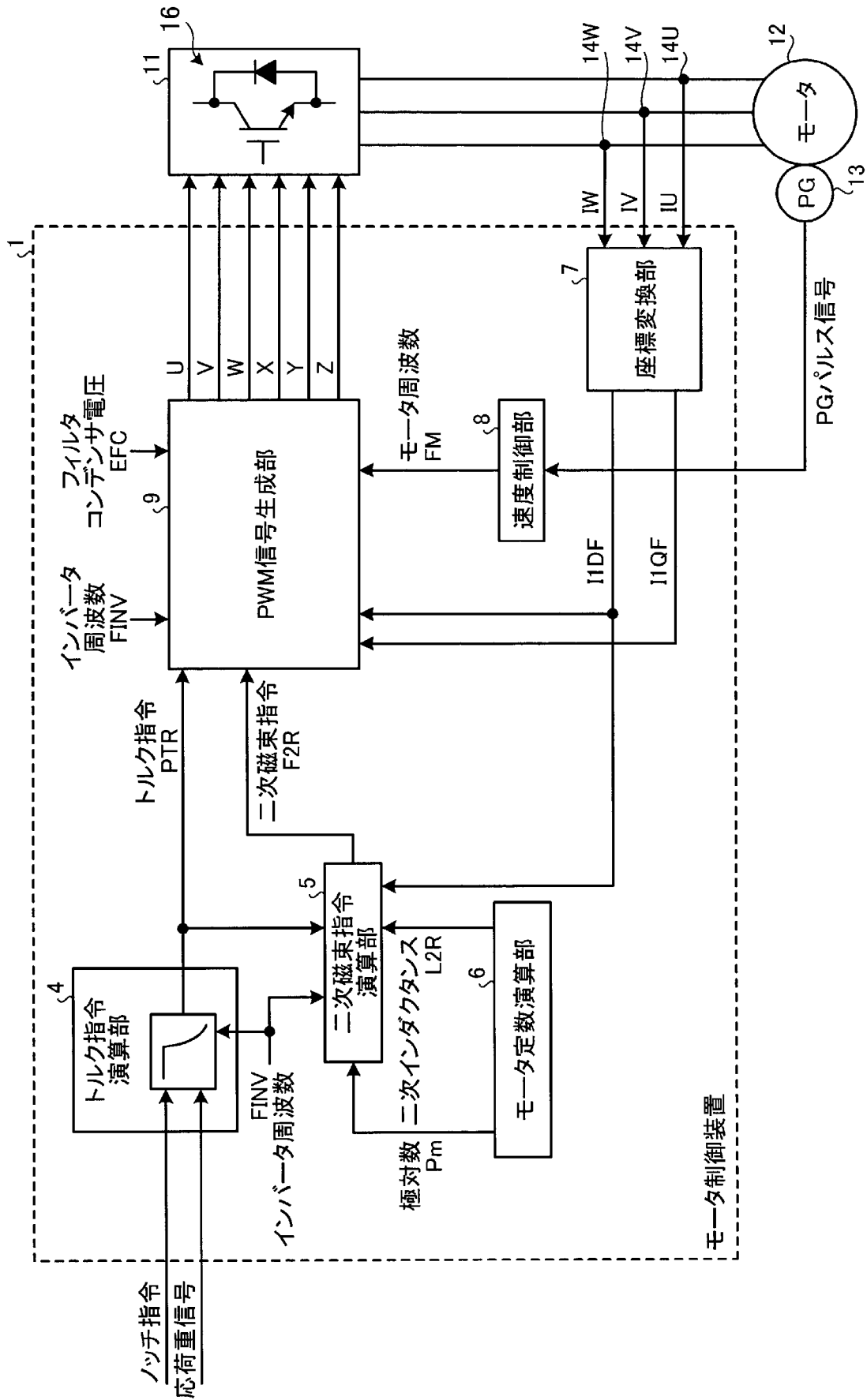
### 符号の説明

[0052] 1 モータ制御装置、4 トルク指令演算部、5 二次磁束指令演算部、6 モータ定数演算部、7 座標変換部、8 速度制御部、9 PWM信号生成部、11 インバータ、12 モータ、13 パルスジェネレータ (PG)、14 電流検出器、16 スwitching素子、21 最小電流二次磁束指令演算部、22 磁束指令補償演算部、23 乗算器、24 減算器。

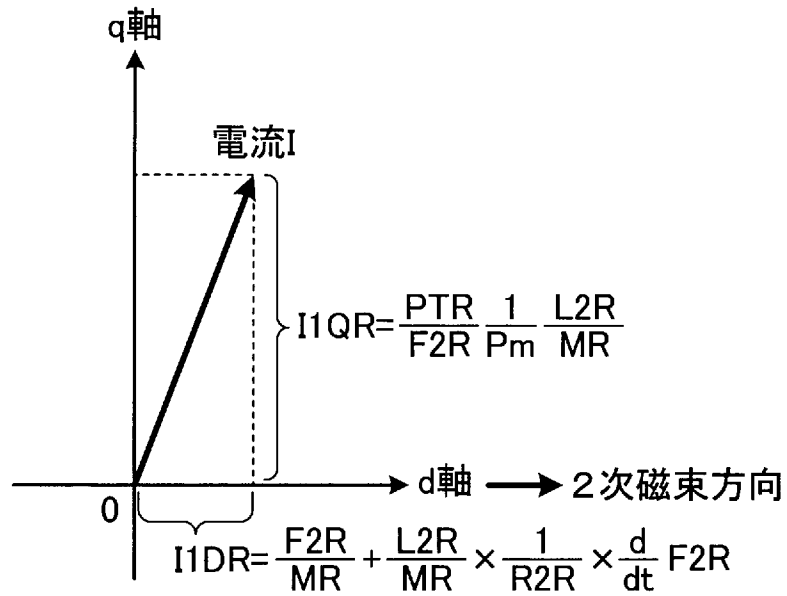
## 請求の範囲

- [請求項1] インバータによって駆動されるモータに流出入する電流をトルク電流と励磁電流に分けてそれぞれを個別に制御するモータ制御装置であって、
- トルク電流と励磁電流とによる電流実効値を最小とする最小電流二次磁束指令を演算する第1の演算部を有する二次磁束指令演算部と、
- トルク指令を出力するためのトルク電流指令および前記二次磁束指令を出力するための励磁電流指令を生成し、前記トルク電流の検出値および前記励磁電流の検出値がそれぞれ前記トルク電流指令および前記励磁電流指令に一致するようにベクトル制御を行い、前記インバータに具備されるスイッチング素子をオン／オフさせる制御信号を生成するPWM信号生成部と、
- を備えたことを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項2] 前記第1の演算部は、前記モータの二次インダクタンスおよび極対数ならびに前記トルク指令に基づいて最小電流二次磁束指令を演算することを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。
- [請求項3] 前記二次磁束指令演算部は、前記モータの周波数に基づいて前記モータの銅損と鉄損の合計損失が最小となる二次磁束指令値の前記最小電流二次磁束指令からの補償分を求める第2の演算部を有してなることを特徴とする請求項2に記載のモータ制御装置。
- [請求項4] 前記スイッチング素子は、ワイドバンドギャップ半導体にて形成されることを特徴とする請求項1～3の何れか1項に記載のモータ制御装置。
- [請求項5] 前記ワイドバンドギャップ半導体は、炭化ケイ素、窒化ガリウム系材料または、ダイヤモンドを用いた半導体であることを特徴とする請求項4に記載のモータ制御装置。

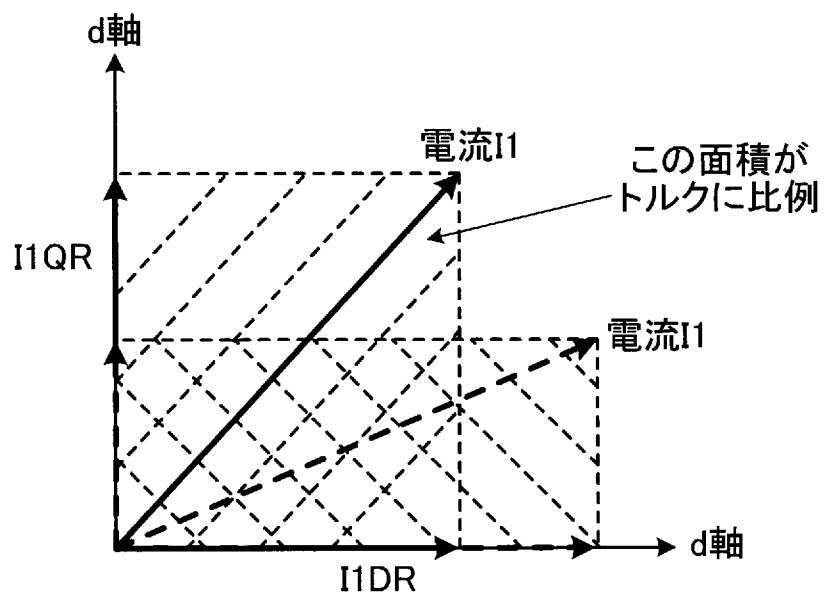
[図1]



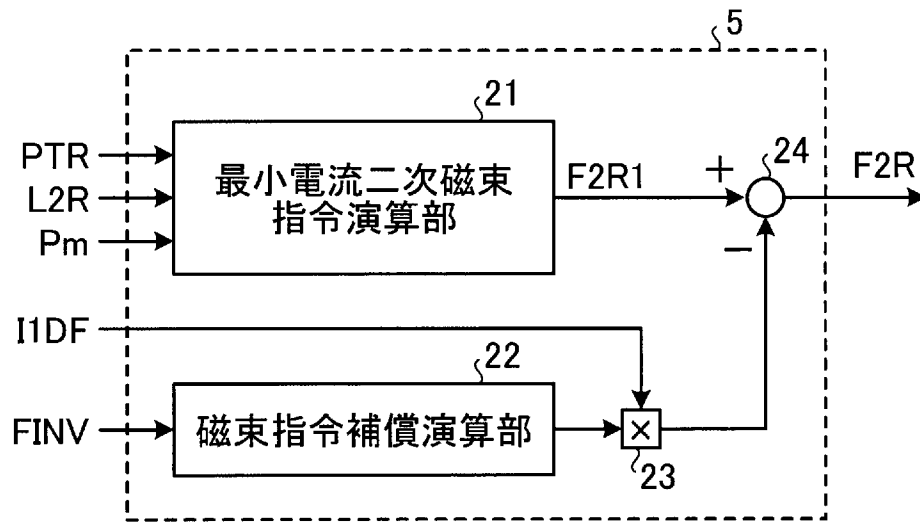
[図2]



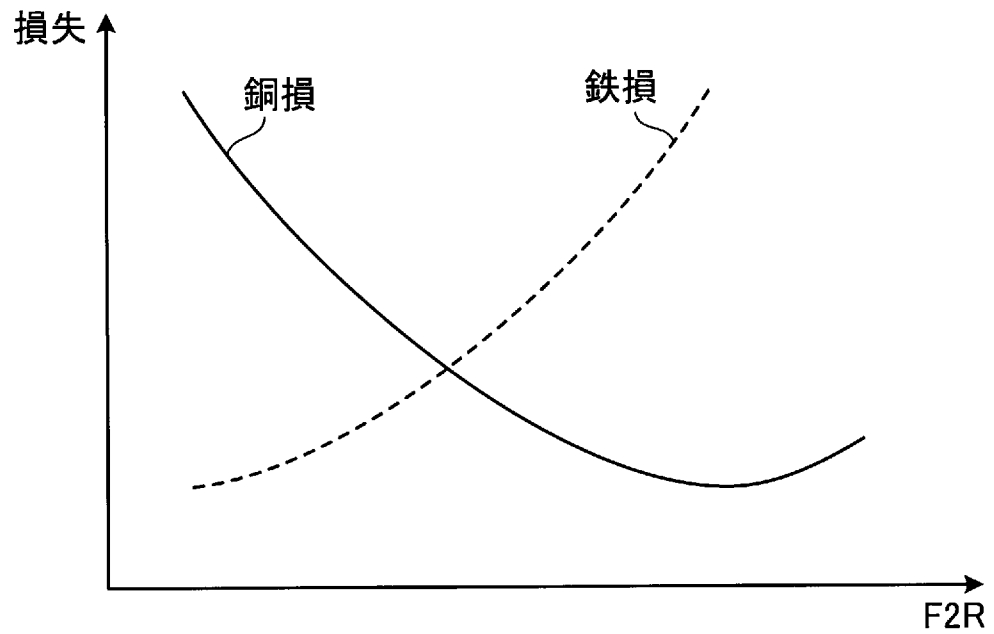
[図3]



[図4]



[図5]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2013/052026

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H02P21/00 (2006.01) i, H02P27/04 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02P21/00, H02P27/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-94646 A (Mitsubishi Electric Corp.), 06 April 2006 (06.04.2006), paragraphs [0011] to [0056]; fig. 1 to 7 & US 2008/0048607 A1 & EP 1796260 A1 & CA 2572969 A & KR 10-2007-0046862 A & HK 1102313 A	1-5
Y	JP 3-218291 A (Mitsubishi Electric Corp.), 25 September 1991 (25.09.1991), page 2, lower left column, line 5 to page 4, upper left column, line 1; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-5
Y	JP 9-262000 A (Mitsubishi Electric Corp.), 03 October 1997 (03.10.1997), paragraphs [0148] to [0164]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-5

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
22 April, 2013 (22.04.13)

Date of mailing of the international search report  
07 May, 2013 (07.05.13)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2013/052026

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-91992 A (Daikin Industries, Ltd.), 06 May 2011 (06.05.2011), paragraph [0032]; fig. 1 & US 2012/0163046 A1      & EP 2485381 A1 & AU 2010299394 A        & KR 10-2012-0043120 A & CN 102577070 A	4-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H02P21/00(2006.01)i, H02P27/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H02P21/00, H02P27/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2013年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2013年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2006-94646 A (三菱電機株式会社) 2006.04.06, [0011] - [0056], [図1] - [図7] & US 2008/0048607 A1 & EP 1796260 A1 & CA 2572969 A & KR 10-2007-0046862 A & HK 1102313 A	1-5
Y	JP 3-218291 A (三菱電機株式会社) 1991.09.25, 第2ページ左下欄第5行-第4ページ左上欄第1行、第1図-第3図 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 9-262000 A (三菱電機株式会社) 1997.10.03, [0148] - [0	1-5

C欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 22.04.2013	国際調査報告の発送日 07.05.2013
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 塩治 雅也 電話番号 03-3581-1101 内線 3358

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	1 6 4], [図 1] - [図 7] (ファミリーなし)  JP 2011-91992 A (ダイキン工業株式会社) 2011.05.06, [0 0 3 2], [図 1] & US 2012/0163046 A1 & EP 2485381 A1 & AU 2010299394 A & KR 10-2012-0043120 A & CN 102577070 A	4-5