

(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  
2022年3月31日(31.03.2022)

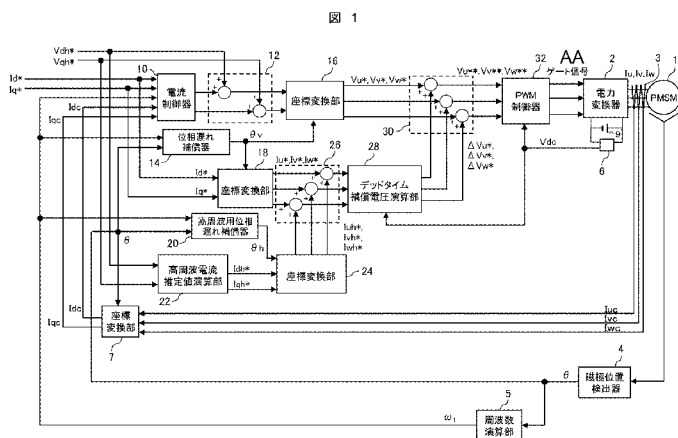


(10) 国際公開番号  
**WO 2022/064750 A1**

- (51) 国際特許分類:  
H02M 7/48 (2007.01) H02P 21/22 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/016036
- (22) 国際出願日: 2021年4月20日(20.04.2021)
- (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 2020-160381 2020年9月25日(25.09.2020) JP
- (71) 出願人: 日立Astemo株式会社(HITACHI ASTEMO, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 谷口 峻(TANIGUCHI Shun); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 松尾 健太郎(MATSUO Kentaro); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立Astemo株式会社内 Ibaraki (JP). 吉田 健一(YOSHIDA Kenichi); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立Astemo株式会社内 Ibaraki (JP). 安島 俊幸(AJIMA Toshiyuki); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: ポレール特許業務法人(POLAIRE I.P.C.); 〒1030021 東京都中央区日本橋本石町三丁目3番5号 Tokyo (JP).

(54) Title: ELECTRIC MOTOR CONTROL DEVICE, VEHICLE, AND ELECTRIC MOTOR CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 電動機制御装置および車両、電動機制御方法



- 2 Power converter
- 4 Magnetic pole position detector
- 5 Frequency calculation unit
- 7, 16, 18, 24 Coordinate conversion unit
- 10 Current controller
- 14 Phase delay compensator
- 20 High frequency phase delay compensator
- 22 High frequency current estimated value calculation unit
- 28 Dead time compensation voltage calculation unit
- 32 PWM controller
- AA Gate signal

(57) Abstract: Provided are an electric motor control device and an electric motor control method capable of noise reduction control (or sensorless control) by the superimposition of a high frequency voltage, wherein the electric motor control device and the electric motor control method are capable of inverter dead time compensation and has high reliability with a minimum necessary configuration. The electric motor control device is characterized by comprising: a high frequency voltage superimposing unit for adding a high frequency voltage command value to a fundamental wave voltage command value and outputting a voltage command value; a high frequency current estimated value calculation unit for estimating a high frequency current value from the high frequency voltage command value; a dead time compensation current estimated value calculation unit for adding a high frequency current estimated value estimated in the high frequency current estimated value calculation unit to a fundamental wave current command value; and a dead time compensation voltage calculation unit for compensating an inverter output voltage in accordance with a dead time compensation current estimated value calculated in the dead time compensation current estimated value calculation unit.

WO 2022/064750 A1

- (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

(57) 要約 : 高周波電圧の重畳による低騒音化制御 (あるいはセンサレス制御) が可能な電動機制御装置および電動機制御方法において、必要最小限の構成で、インバータのデッドタイム補償が可能な信頼性の高い電動機制御装置および電動機制御方法を提供する。基本波電圧指令値に高周波電圧指令値を加算して電圧指令値を出力する高周波電圧重畳部と、前記高周波電圧指令値から高周波電流値を推定する高周波電流推定値演算部と、前記高周波電流推定値演算部で推定した高周波電流推定値を基本波電流指令値に加算するデッドタイム補償用電流推定値演算部と、前記デッドタイム補償用電流推定値演算部で算出したデッドタイム補償用電流推定値に応じてインバータの出力電圧を補償するデッドタイム補償電圧演算部と、を備えることを特徴とする。

## 明 細 書

発明の名称：電動機制御装置および車両、電動機制御方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、モータ制御装置の構成とその制御方法に係り、特に、モータの低騒音化制御に適用して有効な技術に関する。

### 背景技術

[0002] 自動車用モータでは、静粛性を高めるために、ノイズの伝搬を抑えるための吸音材や遮音材の追加といった受動的な騒音低減技術とともに、例えばインバータから一定の電圧を重畳することによってモータに生じる逆起電圧の歪みを正弦波にして騒音を低減する能動的な騒音低減技術が検討されている。

[0003] また、産業用インバータ等の多くのアプリケーションにおいて、モータのトルクに直接寄与しない高周波電圧を重畳することで、流れる高周波電流からモータの回転角を推定するセンサレス制御が適用されている。

[0004] しかしながら、高周波電圧を重畳する制御を適用した場合、重畳した高周波電圧によって流れる高周波電流の影響によりインバータのデッドタイムを正しく補償できない可能性がある。

[0005] 本技術分野の背景技術として、例えば、特許文献1のような技術がある。特許文献1では、電流制御系と別に回転角の推定のために高周波電圧を重畳している。

[0006] 一方、インバータのデッドタイムによる電圧誤差を補償する技術として、モータの三相基本波電流指令値からデッドタイム補償量を演算する手法が用いられている。例えば、特許文献2では、高調波電流によってデッドタイム補償が適切にできなくなるのを防ぐために、低電流時にトルクに寄与しない無効電流を流している。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0007] 特許文献1：特許第5401500号公報

特許文献2：特開2015-126641号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0008] 上記特許文献1によれば、高トルク運転時でも電動機の運転を持続しつつ、回転子の回転状態を検出するためのセンサを用いずに回転子の回転状態を精度よく検出することができる。

[0009] しかしながら、高周波を重畳する影響で、デッドタイム補償を適切に行うことができず、デッドタイムに起因した騒音やトルクリプルが発生する恐れがある。

[0010] また、上記特許文献2によれば、高周波電圧を重畳した状態でもデッドタイム補償を適切に行うことが可能になるが、一方で、無効電流により電力損失が増加する。

[0011] そこで、本発明の目的は、高周波電圧の重畳による低騒音化制御（あるいはセンサレス制御）が可能な電動機制御装置および電動機制御方法において、必要最小限の構成で、インバータのデッドタイム補償が可能な信頼性の高い電動機制御装置および電動機制御方法を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0012] 上記課題を解決するために、本発明は、基本波電圧指令値に高周波電圧指令値を加算して電圧指令値を出力する高周波電圧重畳部と、前記高周波電圧指令値から高周波電流値を推定する高周波電流推定値演算部と、前記高周波電流推定値演算部で推定した高周波電流推定値を基本波電流指令値に加算するデッドタイム補償用電流推定値演算部と、前記デッドタイム補償用電流推定値演算部で算出したデッドタイム補償用電流推定値に応じてインバータの出力電圧を補償するデッドタイム補償電圧演算部と、を備えることを特徴とする。

[0013] また、本発明は、基本波電圧指令値に高周波電圧指令値を加算して電圧指令値を出力し、前記高周波電圧指令値から高周波電流値を推定し、前記推定

した高周波電流推定値を基本波電流指令値に加算し、前記加算した結果に応じてインバータの出力電圧を補償することを特徴とする。

### 発明の効果

- [0014] 本発明によれば、高周波電圧の重畳による低騒音化制御（あるいはセンサレス制御）が可能な電動機制御装置および電動機制御方法において、必要最小限の構成で、インバータのデッドタイム補償が可能な信頼性の高い電動機制御装置および電動機制御方法を実現することができる。
- [0015] これにより、モータ駆動時の騒音低減と信頼性向上が図れる。
- [0016] 上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

### 図面の簡単な説明

- [0017] [図1]本発明の実施例1に係るモータ制御装置の全体構成を示すブロック図である。
- [図2]デッドタイムの定義を示す図である。
- [図3]高周波電圧の重畳有無による電流波形の比較例を示す図である。
- [図4]高周波電流の考慮有無によるデッドタイム補償の比較例を示す図である。
- [図5]デッドタイム補償器の変形例を示す図である。（変形例1）
- [図6]図5におけるデッドタイム補償用U相電流推定値とデッドタイム補償値の関係を示す図である。
- [図7]デッドタイム補償器の別の変形例を示す図である。（変形例2）
- [図8]図7におけるデッドタイム補償用U相電流推定値とデッドタイム補償値の関係を示す図である。
- [図9]本発明の実施例2に係る車両の概略構成を示す図である。

### 発明を実施するための形態

- [0018] 以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。なお、各図面において同一の構成については同一の符号を付し、重複する部分についてはその詳細な説明は省略する。

[0019] また、以下の説明では永久磁石同期モータ（PMSM：Permanent Magnet Synchronous Motor）を対象としているが、本発明はこれに限定されるものではなく、シンクロリラクタンスモータや永久磁石同期発電機、巻線型同期機、誘導モータ、誘導発電機等、交流機であれば同様の効果が得られる。また、インバータ装置の半導体スイッチング素子はIGBTを対象としているが、本発明はこれに限定されるものではなく、MOSFETでもよいし、その他の電力用半導体素子でもよい。

### 実施例 1

[0020] 図1から図8を参照して、本発明の実施例1に係る電動機制御装置及び電動機制御方法について説明する。図1は、本実施例におけるモータ制御装置の全体構成を示すブロック図である。

[0021] 本実施例のモータ制御装置は、図1に示すように、電力変換器2と、相電流検出手段3と、磁極位置検出器4と、周波数演算部5と、直流電圧検出部6と、座標変換部7と、電流制御器10と、高周波電圧重畳部12と、位相遅れ補償器14と、座標変換部16と、座標変換部18と、高周波用位相遅れ補償器20と、高周波電流推定値演算部22と、座標変換部24と、デッドタイム補償用電流推定値演算部26と、デッドタイム補償電圧演算部（デッドタイム補償器）28と、デッドタイム補償部30と、PWM制御器32を備えて構成されている。

[0022] 電力変換器2は、直流電圧源9（例えばバッテリー）からの直流電力を後述するゲート信号に従って交流電力に変換して永久磁石同期モータ（PMSM）1を駆動する。

[0023] 相電流検出手段3は、ホールCT（Current Transformer）等から成り、電力変換器2からPMSM1に流れるU相、V相、W相の3相の電流波形 $I_{uc}$ 、 $I_{vc}$ 、 $I_{wc}$ を検出する。

[0024] 磁極位置検出器4は、レゾルバ等から成り、PMSM1の磁極位置を検出して磁極位置情報 $\theta$ を出力する。

[0025] 周波数演算部5は、磁極位置検出器4で検出された磁極位置情報 $\theta$ から、

例えば微分演算によって速度情報 $\omega_1$ を出力する。

[0026] 座標変換部7は、相電流検出手段3で検出した電流波形 $I_{uc}$ ,  $I_{vc}$ ,  $I_{wc}$ を磁極位置検出器4で検出した磁極位置情報 $\theta$ で座標変換してd q軸電流検出値 $I_{dc}$ ,  $I_{qc}$ を出力する。

[0027] 電流制御器10は、例えばPI制御器等で構成されd q軸基本波電流指令値 $I_{d*}$ ,  $I_{q*}$ とd q軸電流検出値 $I_{dc}$ ,  $I_{qc}$ が一致するようにd q軸基本波電圧指令値 $V_{d*}$ ,  $V_{q*}$ を出力する。

[0028] 高周波電圧重畳部12は、d q軸基本波電圧指令値 $V_{d*}$ ,  $V_{q*}$ にd q軸高周波電圧指令値 $V_{dh*}$ ,  $V_{qh*}$ を加算してd q軸電圧指令値 $V_{d**}$ ,  $V_{q**}$ を出力する。

[0029] 位相遅れ補償器14は、磁極位置情報 $\theta$ に対して速度情報 $\omega_1$ を用いて、制御遅れ分を補正して電圧用磁極位置 $\theta_v$ を出力する。制御遅れは磁極位置を検出してから、三相電圧に反映されるまでの時間であり、例えば、三角波比較PWMでは制御周期 $\Delta t$ に対して、式(1)に示すように制御周期1.5周期分の遅れ補償を行う。

[0030] [数1]

$$\theta_v = \theta + 1.5 * \omega_1 * \Delta t \quad \dots (1)$$

[0031] 座標変換部16は、高周波電圧重畳部12で出力したd q軸電圧指令値 $V_{d**}$ ,  $V_{q**}$ を位相遅れ補償器14で演算された電圧用磁極位置 $\theta_v$ で座標変換して三相基本波電圧指令値 $V_{u*}$ ,  $V_{v*}$ ,  $V_{w*}$ を出力する。

[0032] 座標変換部18は、d q軸基本波電流指令値 $I_{d*}$ ,  $I_{q*}$ を電圧用磁極位置 $\theta_v$ で座標変換して三相基本波電流指令値 $I_{u*}$ ,  $I_{v*}$ ,  $I_{w*}$ を出力する。

[0033] 高周波電流推定値演算部22は、d q軸高周波電圧指令値 $V_{dh*}$ ,  $V_{qh*}$ から例えば、式(2)のようにモータの逆モデルを用いて高周波電流推定値 $I_{dh*}$ ,  $I_{qh*}$ を演算する。逆モデルを用いることで簡単に演算することができる。

[0034]

[数2]

$$\begin{bmatrix} I_{dh}^* \\ I_{qh}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{R+sL_d} & 0 \\ 0 & \frac{1}{R+sL_q} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{dh}^* \\ V_{qh}^* \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

[0035] 高周波用位相遅れ補償器20は、磁極位置情報 $\theta$ に対して速度情報 $\omega_1$ を用いて、制御遅れ分を補正して高周波用磁極位置 $\theta_h$ を出力する。制御遅れは磁極位置を検出してから、三相電圧に反映されるまでの時間であり、例えば、三角波比較PWMでは制御周期に対して、制御周期1.5周期分の遅れ補償を行う。位相遅れ補償器14との違いは、高周波用位相遅れ補償器20では式(3)に示すように高周波の周波数 $\omega_h$ を考慮して遅れ補償を行う。

[0036] [数3]

$$\theta_h = \theta + \omega_h * \Delta t \quad \dots (3)$$

[0037] 座標変換部24は、高周波電流推定値演算部22で演算したd-q軸高周波電流推定値 $I_{dh}^*$ 、 $I_{qh}^*$ を高周波用位相遅れ補償器20で演算された高周波用磁極位置 $\theta_h$ で座標変換して三相高周波電流推定値 $I_{uh}^*$ 、 $I_{vh}^*$ 、 $I_{wh}^*$ を出力する。

[0038] なお、d-q軸基本波電流指令値 $I_d^*$ 、 $I_q^*$ を座標変換する座標変換部18で用いる位相と、d-q軸高周波電流推定値 $I_{dh}^*$ 、 $I_{qh}^*$ を座標変換する座標変換部24で用いる位相は、それぞれ異なる値を用いるのが望ましい。異なる値を用いることで、位相遅れを適切に補償することができる。

[0039] デッドタイム補償電流推定値演算部26は、三相基本波電流指令値 $I_u^*$ 、 $I_v^*$ 、 $I_w^*$ と三相高周波電流推定値 $I_{uh}^*$ 、 $I_{vh}^*$ 、 $I_{wh}^*$ を加算して三相電流指令値 $I_{u**}$ 、 $I_{v**}$ 、 $I_{w**}$ を出力する。

[0040] デッドタイム補償電圧演算部(デッドタイム補償器)28は、式(4)のように三相電流指令値 $I_{u**}$ 、 $I_{v**}$ 、 $I_{w**}$ の符号に応じてデッドタイム補償三相電圧指令値 $\Delta V_u^*$ 、 $\Delta V_v^*$ 、 $\Delta V_w^*$ を出力する。

[0041]

[数4]

$$\begin{bmatrix} \Delta V_u^* \\ \Delta V_v^* \\ \Delta V_w^* \end{bmatrix} = V_{dc} * T_d * f_c * \text{sign} \left( \begin{bmatrix} I_u^{**} \\ I_v^{**} \\ I_w^{**} \end{bmatrix} \right) \quad \dots (4)$$

[0042] 但し、 $V_{dc}$ はインバータ直流電圧情報、 $T_d$ はデッドタイム、 $f_c$ はPWMキャリア周波数、 $\text{Sign}$ は符号をそれぞれ表す。

[0043] デッドタイム補償部30は、三相基本波電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ にデッドタイム補償三相電圧指令値 $\Delta V_u^*$ 、 $\Delta V_v^*$ 、 $\Delta V_w^*$ を加算して三相電圧指令値 $V_u^{**}$ 、 $V_v^{**}$ 、 $V_w^{**}$ を出力する。

[0044] 直流電圧検出部6は、直流電圧源9の電圧を検出して直流電圧情報 $V_{dc}$ を出力する。

[0045] PWM制御器32は、三相電圧指令値 $V_u^{**}$ 、 $V_v^{**}$ 、 $V_w^{**}$ と直流電圧情報 $V_{dc}$ を用いて例えば三角波比較を行ってゲート信号を出力する。

[0046] 図2から図4を用いて、本発明の原理と効果を説明する。図2は、デッドタイムの定義を示す図である。図3は、高周波電圧の重畳有無による電流波形の比較例を示す図であり、図4は、高周波電流の考慮有無によるデッドタイム補償の比較例を示す図である。

[0047] インバータでは上アームと下アームを同時にONすると直流電圧 $V_{dc}$ が直接IGBTにかかり、IGBTが損傷する恐れがある。それを防ぐために、図2のように上アームと下アームが同時にONしないように両方のアームをオフする時間（デッドタイム）を設ける必要がある。

[0048] デッドタイム中の電圧はモータの電流の符号によって決まり、電流の符号が正の時、インバータ出力電圧は小さくなり、逆に電流の符号が負の時、インバータ出力電圧は大きくなる。デッドタイムによる出力電圧の誤差を補償するために、三相電流の符号に応じてインバータの出力電圧を補償する。一般的に検出電流を用いると検出電流に含まれる高調波によってデッドタイム補償が適切に行うことができないため、電流指令値を用いる。

[0049] 一方、出力電圧に余裕がある低速域において騒音低減のために高周波電圧

が重畳されることがある。この時、重畳した高周波電圧によって高周波電流が流れる。この高周波電流によって電流の符号が変化し、デッドタイム補償が適切に行えないことが問題になる。特に、基本波電流が小さい場合、図3及び図4に示すように、高周波電流によって本来は電流の符号が変化するのに対して、基本波電流指令値に応じてデッドタイム補償を行うと、デッドタイム補償がずれてしまう。

[0050] そこで、本発明では、重畳している高周波電圧からモータの逆モデルを用いて流れる高周波電流値を推定して、デッドタイム補償における電流の符号を判定する際に基本波電流指令値に対して高周波電流推定値を加算する。

[0051] これによって、デッドタイム補償に用いる電流の符号に高周波の情報を反映できる。特に、基本波電流が小さい場合に高周波電流が適切に流れず、騒音低減ができないことを防ぐことができる。

[0052] 本発明では、高周波電流の推定において、モータの逆モデルを用いて演算している。モータの逆モデルを用いることで、簡単な演算で高周波電流を推定することが可能である。

[0053] 一方、モータの逆モデルの代わりに、テーブルを参照して高周波電流を推定する方法でも同様にデッドタイム補償を適切に行うことができる。例えば、d q軸高周波電圧指令値 $V_{dh}^*$ 、 $V_{qh}^*$ は例えば、式(5)のようにd軸に高周波成分を重畳する。

[0054] [数5]

$$\begin{bmatrix} V_{dh}^* \\ V_{qh}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_h^* \sin(\omega_h t) \\ 0 \end{bmatrix} \quad \dots (5)$$

[0055] この時、d q軸高周波電流推定値 $I_{dh}^*$ 、 $I_{qh}^*$ は式(6)となる。

[0056] [数6]

$$\begin{bmatrix} I_{dh}^* \\ I_{qh}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_h^* \sin(\omega_h t + \theta_{ih}) \\ 0 \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

[0057] 振幅 $I_h^*$ と位相 $\theta_{ih}$ は高周波電圧の周波数 $\omega_h$ に応じて変化するので、高周波電圧の周波数 $\omega_h$ に対して振幅 $I_h^*$ と位相 $\theta_{ih}$ をマップとして

保持し、テーブル参照する形で構成しても本発明と同様の結果が得られる。

[0058] また、本発明で示したように、高周波電流推定値を座標変換する際には、基本波電流指令値とは別の座標変換手段を用いて、重畳している周波数 $\omega h$ に応じて磁極位置情報を遅れ補償することで、位相遅れを適切に補償することができる。これにより位相遅れによってデッドタイム補償の位相がずれることを防ぐことができる。

[0059] なお、 $d$   $q$ 軸基本波電流指令値 $I_d^*$ 、 $I_q^*$ が一定値以下の低電流時のみデッドタイム補償用電流推定値演算部26で算出した三相電流指令値 $I_u^{**}$ 、 $I_v^{**}$ 、 $I_w^{**}$ （デッドタイム補償用電流推定値）に応じてインバータの出力電圧を補償するようにしてもよい。出力電圧に余裕がある低速域において騒音低減のために高周波電圧が重畳されるため、効果的にインバータのデッドタイム補償を行うことができる。

[0060] ≪変形例1≫

図5及び図6を参照して、デッドタイム補償電圧演算部（デッドタイム補償器）28の変形例を説明する。図5は、デッドタイム補償器の変形例を示す図であり、図6は、図5のデッドタイム補償器におけるデッドタイム補償用U相電流推定値とデッドタイム補償値の関係を示す図である。

[0061] 図5に示すデッドタイム補償器（デッドタイム補償電圧演算部）28は、入力される三相電流指令値 $I_u^{**}$ 、 $I_v^{**}$ 、 $I_w^{**}$ の各相に対応する除算器41、51、61とリミッタ43、53、63と除算器45、55、65を各々有しており、三相電流指令値 $I_u^{**}$ 、 $I_v^{**}$ 、 $I_w^{**}$ に対して所定の傾きを持たせたデッドタイム補償三相電圧指令値 $\Delta V_u^*$ 、 $\Delta V_v^*$ 、 $\Delta V_w^*$ を出力する。

[0062] 上述した本実施例では、デッドタイム補償電圧演算部（デッドタイム補償器）28は三相電流指令値 $I_u^{**}$ 、 $I_v^{**}$ 、 $I_w^{**}$ の符号に応じて演算したが、デッドタイム補償電圧がゼロクロスで急激に切り替わらないようにするため、図5及び図6に示すように、デッドタイム補償電圧を三相電流指令値 $I_u^{**}$ 、 $I_v^{**}$ 、 $I_w^{**}$ に対して傾きを持たせるように設定し

てもよい。

[0063] ‹変形例 2›

図 7 及び図 8 を参照して、デッドタイム補償電圧演算部（デッドタイム補償器）28 の別の変形例を説明する。図 7 は、デッドタイム補償器の別の変形例を示す図であり、図 8 は、図 7 のデッドタイム補償器におけるデッドタイム補償用 U 相電流推定値とデッドタイム補償値の関係を示す図である。

[0064] 図 7 に示すデッドタイム補償器（デッドタイム補償電圧演算部）28 は、入力される三相電流指令値  $I_{u**}$ 、 $I_{v**}$ 、 $I_{w**}$  の各相に対応する除算器 41、51、61 と不感帯設定部 47、57、67 と除算器 45、55、65 を各々有しており、三相電流指令値  $I_{u**}$ 、 $I_{v**}$ 、 $I_{w**}$  の絶対値が所定の値よりも小さい時には 0 にする不感帯を持たせたデッドタイム補償三相電圧指令値  $\Delta V_{u*}$ 、 $\Delta V_{v*}$ 、 $\Delta V_{w*}$  を出力する。

[0065] 変形例 1 と同様に、デッドタイム補償電圧がゼロクロスで急激に切り替わらないようにするため、図 7 及び図 8 に示すように、三相電流指令値  $I_{u**}$ 、 $I_{v**}$ 、 $I_{w**}$  の絶対値が所定の値よりも小さい時には 0 にするという不感帯を持たせる方式であっても良い。

## 実施例 2

[0066] 図 9 を参照して、本発明の実施例 2 に係る車両について説明する。図 9 は、本実施例における車両の概略構成を示す図である。

[0067] 本実施例の車両は、図 9 に示すように、永久磁石同期モータ（PMSM）1 と、電力変換器（INV）2 と、直流電圧源（BAT）9 と、モータ制御装置 100 と、トランスミッション（TM）101 と、ディファシャルギア（DEF）103 と、ドライブシャフト 105 と、車輪 107 を備えて構成されている。モータ制御装置 100 には、実施例 1（図 1）で説明したモータ制御装置が用いられている。

[0068] 実施例 1 で説明したように、モータ制御装置 100 は、電力変換器（INV）2 から永久磁石同期モータ（PMSM）1 に供給する電力を制御する。例えばバッテリーなどの直流電圧源（BAT）9 は電力変換器（INV）2 に

電力を供給する。永久磁石同期モータ（PMSM）1はトランスミッション（TM）101に接続される。トランスミッション（TM）101はディファレンシャルギア（DEF）103を介してドライブシャフト105に接続され、車輪107に動力を供給する。

[0069] なお、トランスミッション（TM）101が無く、永久磁石同期モータ（PMSM）1が直接ディファレンシャルギア（DEF）103に接続される構成や、前輪、後輪それぞれに永久磁石同期モータ（PMSM）1及び電力変換器（INV）2が適用される構成でもよい。

[0070] 自動車では低速域でモータからの電磁騒音を低減するため、高周波電圧を重畳する方式が用いられることがある。また、キャリア周波数が高いためPWMの一周期に占めるデッドタイムの割合が相対的に大きく、デッドタイム補償の重要度が高いアプリケーションでもある。本発明を適用することで、自動車において電磁騒音を低減した制御の効果をデッドタイムによって阻害されるのを防ぐことができ、運転者が快適に運転できるようになる。

[0071] なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記の実施例は本発明に対する理解を助けるために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

## 符号の説明

[0072] 1：永久磁石同期モータ（PMSM）、2：電力変換器（INV）、3：相電流検出手段、4：磁極位置検出器、5：周波数演算部、6：直流電圧検出部、7、16、18、24：座標変換部、9：直流電圧源（BAT）、10：電流制御器、12：高周波電圧重畳部、14：位相遅れ補償器、20：高周波用位相遅れ補償器、22：高周波電流推定値演算部、26：デッドタイム補償用電流推定値演算部、28：デッドタイム補償電圧演算部（デッド

タイム補償器)、30:デッドタイム補償部、32:PWM制御器、39:ゲイン、41, 51, 61:除算器、43, 53, 63:リミッタ、45, 55, 65:乗算器、47, 57, 67:不感帯設定部、100:モータ制御装置、101:トランスミッション(TM)、103:ディファシャルギア(DEF)、105:ドライブシャフト、107:車輪

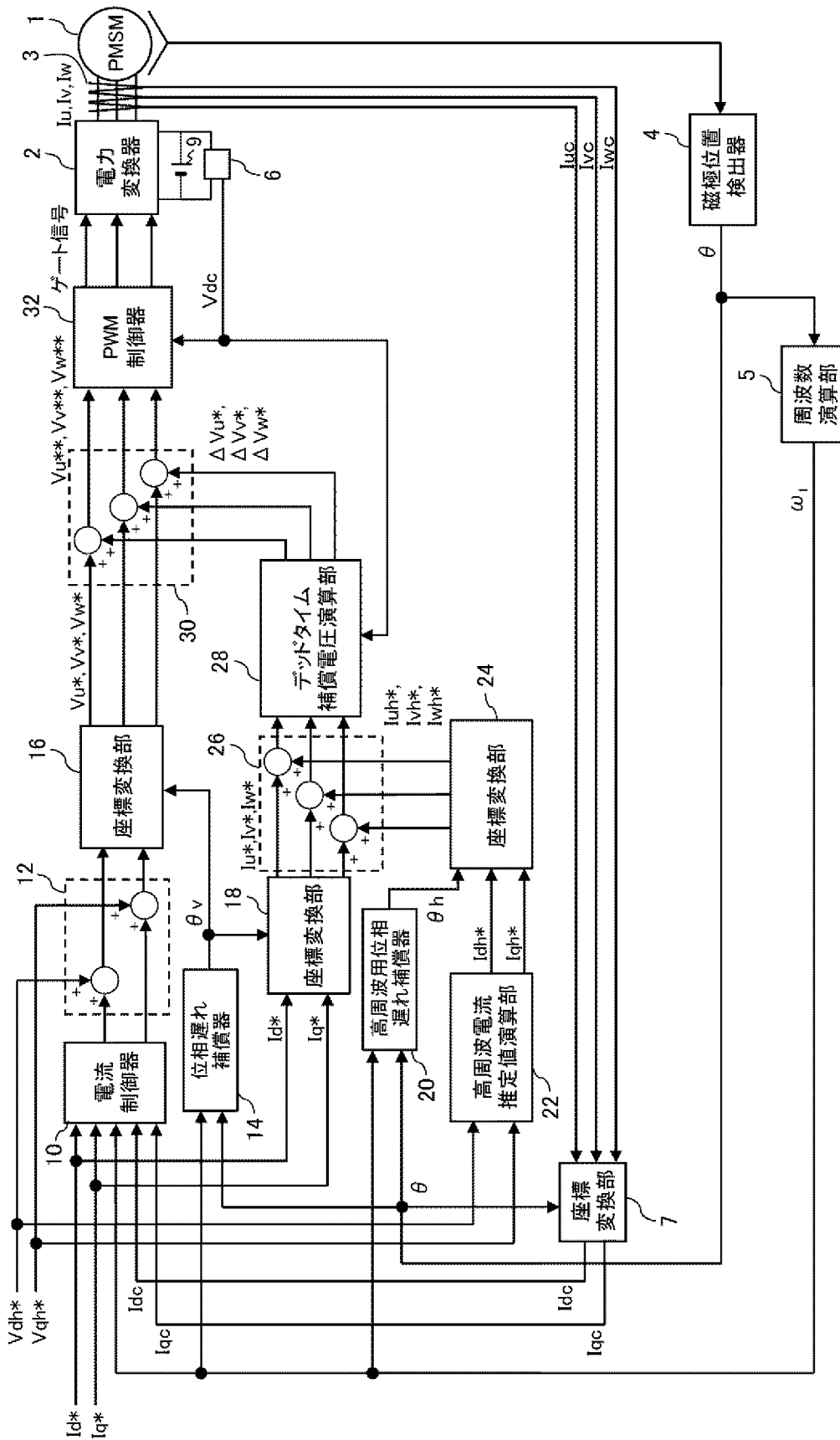
## 請求の範囲

- [請求項1]           基本波電圧指令値に高周波電圧指令値を加算して電圧指令値を出力する高周波電圧重畳部と、
- 前記高周波電圧指令値から高周波電流値を推定する高周波電流推定値演算部と、
- 前記高周波電流推定値演算部で推定した高周波電流推定値を基本波電流指令値に加算するデッドタイム補償用電流推定値演算部と、
- 前記デッドタイム補償用電流推定値演算部で算出したデッドタイム補償用電流推定値に応じてインバータの出力電圧を補償するデッドタイム補償電圧演算部と、
- を備える電動機制御装置。
- [請求項2]           請求項1に記載の電動機制御装置において、
- 前記高周波電流推定値演算部は、制御の対象となる電動機の逆モデルを用いて前記高周波電圧指令値から高周波電流推定値を算出する電動機制御装置。
- [請求項3]           請求項1または2に記載の電動機制御装置において、
- 座標変換に用いる位相を前記基本波電流指令値と前記高周波電流推定値で異なる値を用いる電動機制御装置。
- [請求項4]           請求項1に記載の電動機制御装置において、
- 前記デッドタイム補償電圧演算部は、入力される三相電流指令値の各相に対応するリミッタを各々有し、
- 前記三相電流指令値に対して所定の傾きを持たせたデッドタイム補償電圧を出力する電動機制御装置。
- [請求項5]           請求項1に記載の電動機制御装置において、
- 前記デッドタイム補償電圧演算部は、入力される三相電流指令値の各相に対応する不感帯設定部を各々有し、
- 前記三相電流指令値の絶対値が所定の値よりも小さい時には0にする不感帯を持たせたデッドタイム補償電圧を出力する電動機制御装置

- 。
- [請求項6] 請求項1に記載の電動機制御装置において、  
基本波電流が一定値以下の低電流時のみ前記デッドタイム補償用電流推定値演算部で算出したデッドタイム補償用電流推定値に応じてインバータの出力電圧を補償する電動機制御装置。
- [請求項7] 電動機を駆動する電動機制御装置を搭載する車両において、  
請求項1から6のいずれか1項に記載の電動機制御装置を用いる車両。
- [請求項8] 基本波電圧指令値に高周波電圧指令値を加算して電圧指令値を出力し、  
前記高周波電圧指令値から高周波電流値を推定し、  
前記推定した高周波電流推定値を基本波電流指令値に加算し、  
前記加算した結果に応じてインバータの出力電圧を補償する電動機制御方法。
- [請求項9] 請求項8に記載の電動機制御方法において、  
制御の対象となる電動機の逆モデルを用いて前記高周波電圧指令値から高周波電流推定値を算出する電動機制御方法。
- [請求項10] 請求項8または9に記載の電動機制御方法において、  
座標変換に用いる位相を前記基本波電流指令値と前記高周波電流推定値で異なる値を用いる電動機制御方法。
- [請求項11] 請求項8に記載の電動機制御方法において、  
三相電流指令値に対して所定の傾きを持たせたデッドタイム補償電圧を出力し、前記基本波電圧指令値に加算する電動機制御方法。
- [請求項12] 請求項8に記載の電動機制御方法において、  
三相電流指令値の絶対値が所定の値よりも小さい時には0にする不感帯を持たせたデッドタイム補償電圧を出力し、前記基本波電圧指令値に加算する電動機制御方法。
- [請求項13] 請求項8に記載の電動機制御方法において、

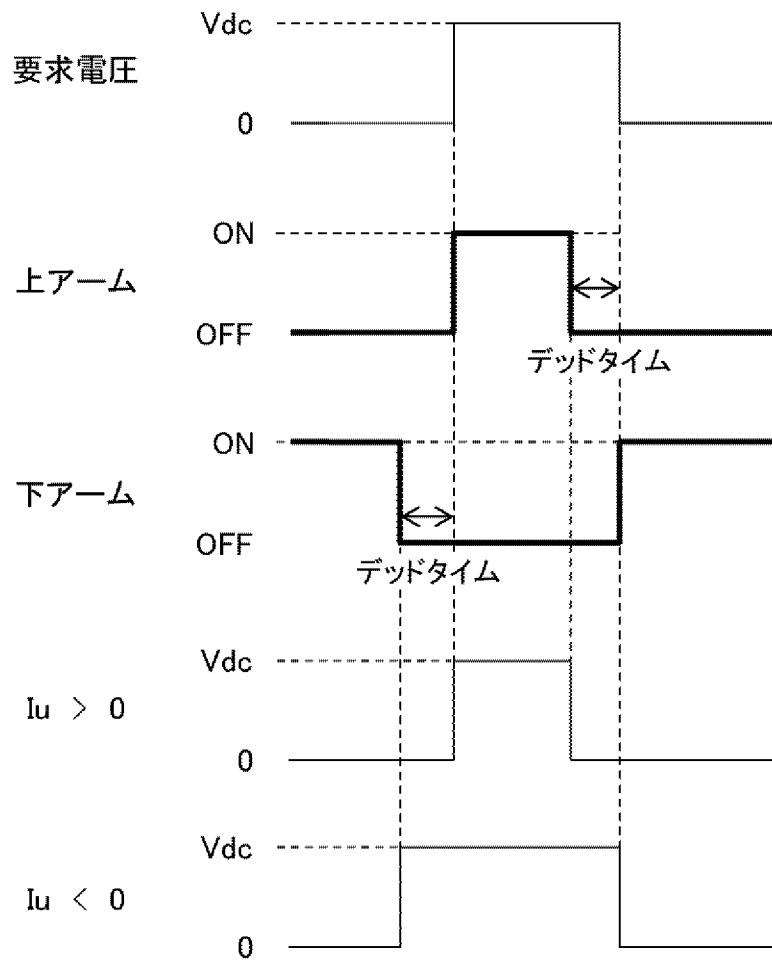
基本波電流が一定値以下の低電流時のみ前記加算した結果に応じてインバータの出力電圧を補償する電動機制御方法。

図1



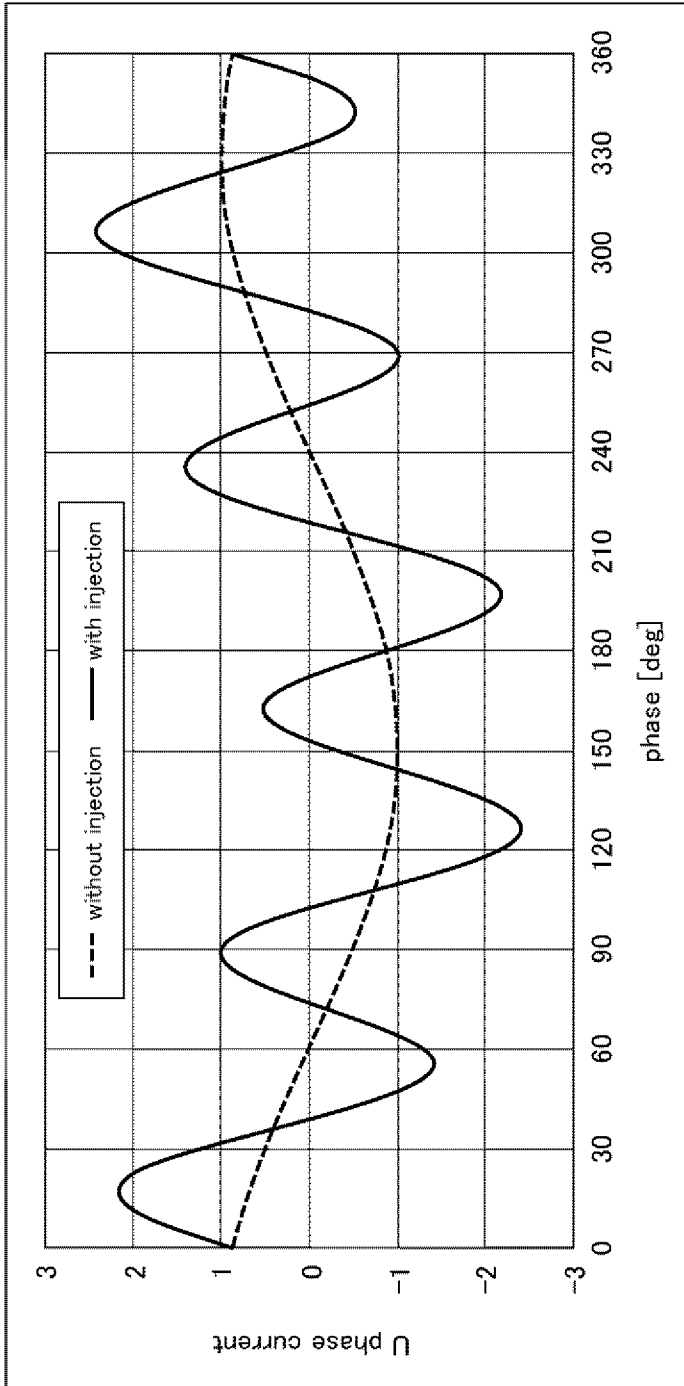
[図2]

図 2



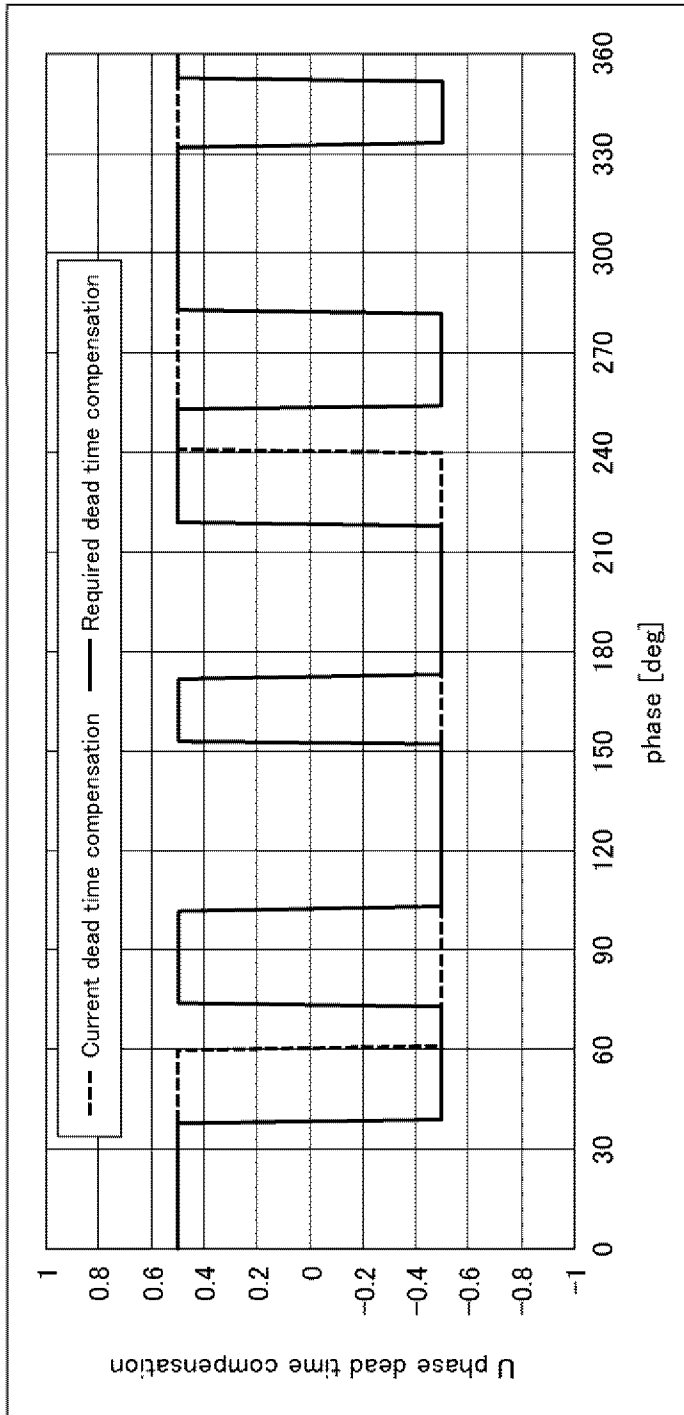
[図3]

図 3



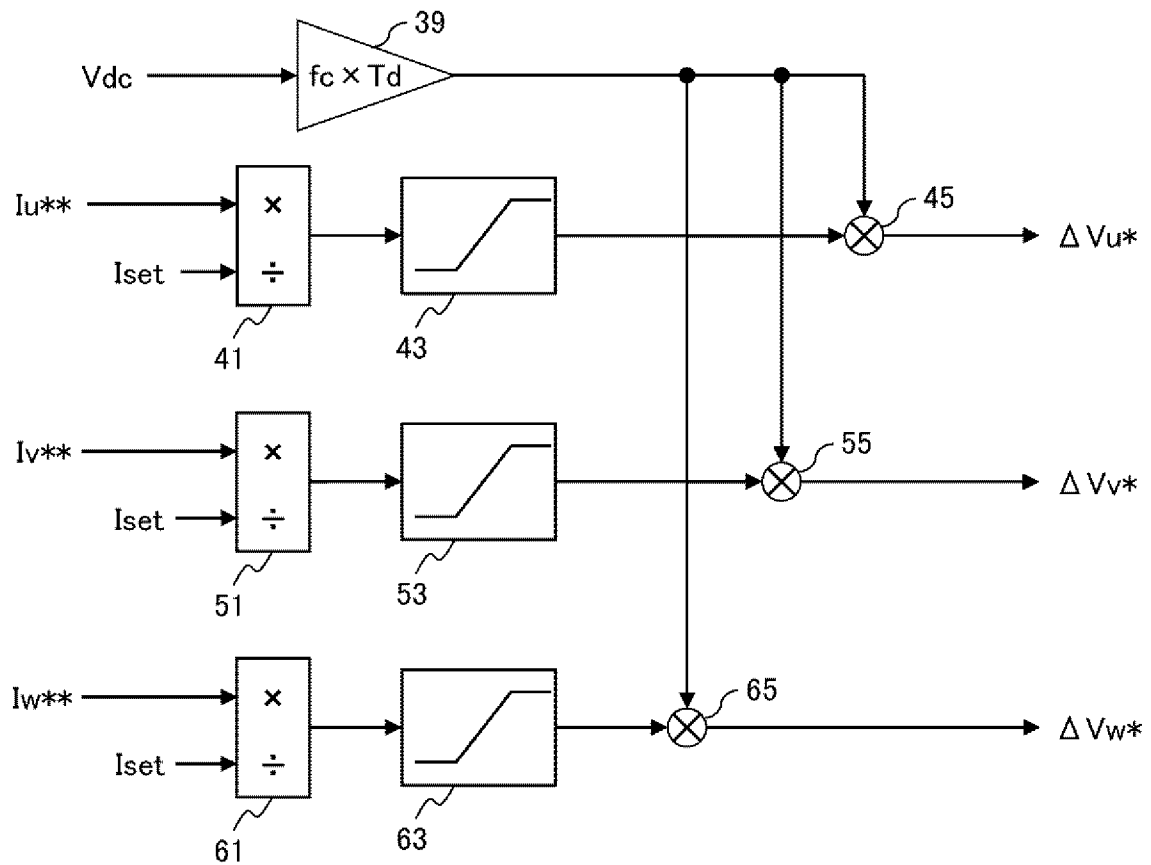
[図4]

図 4



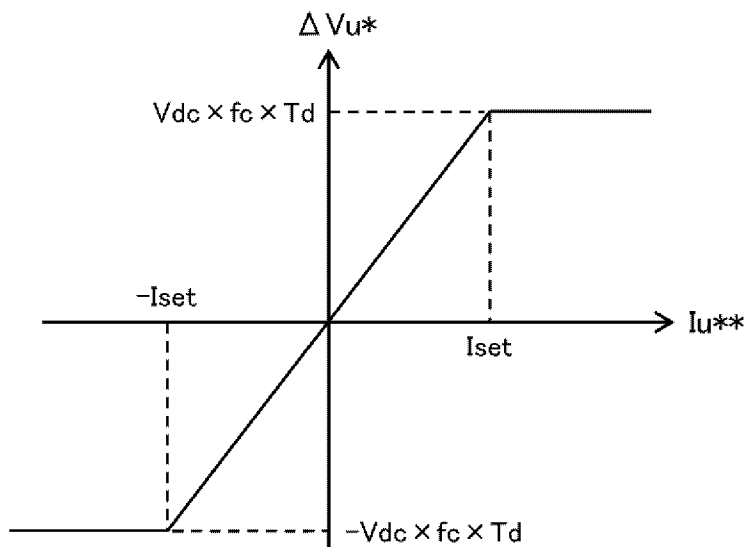
[図5]

図 5



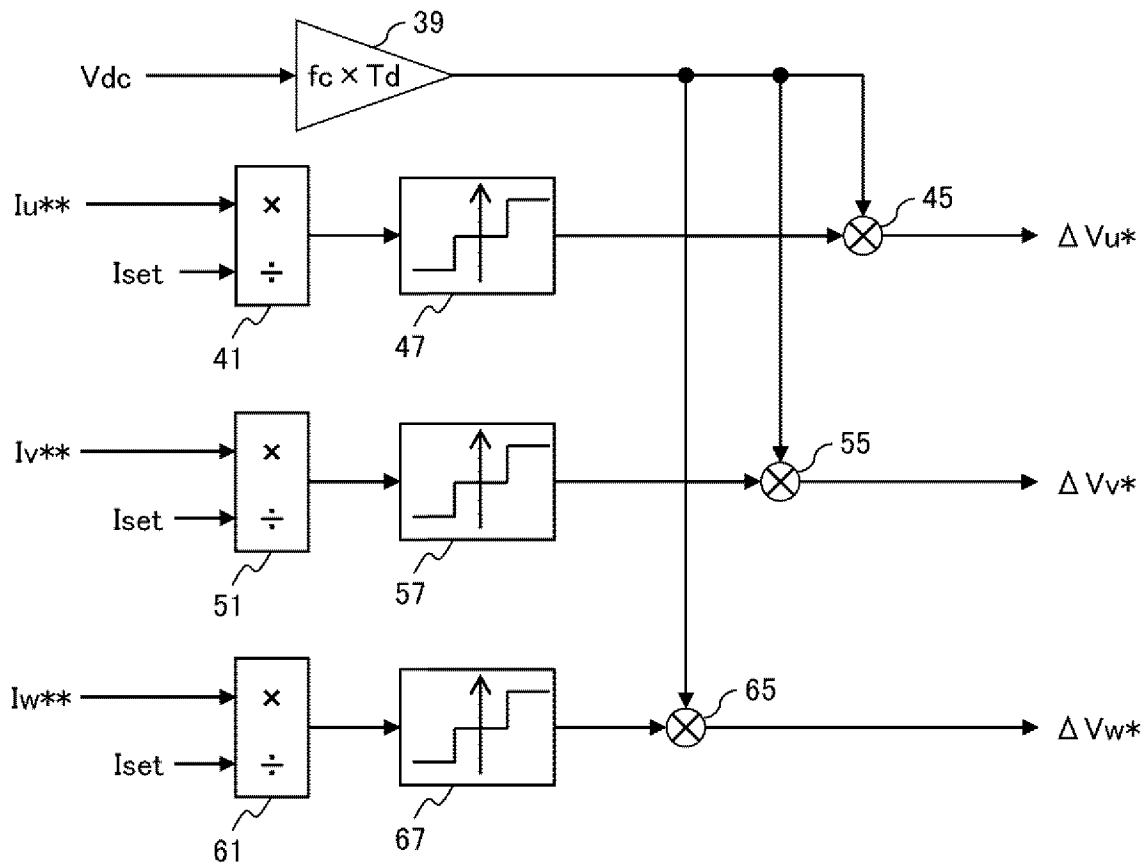
[図6]

図 6



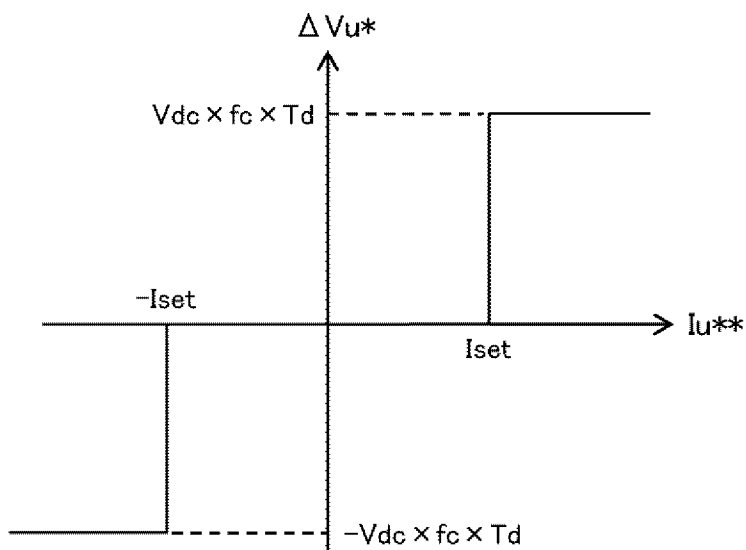
[図7]

図 7



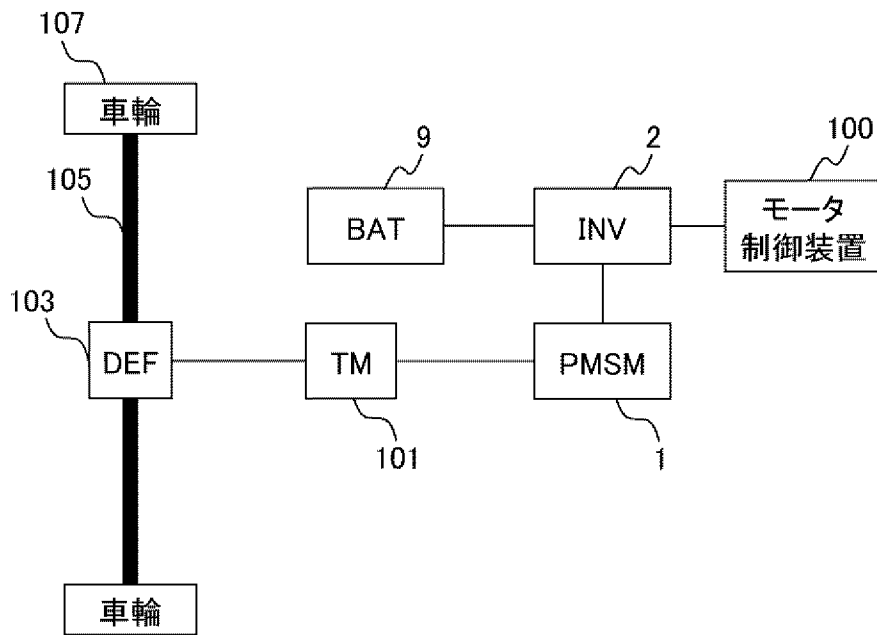
[図8]

図 8



[図9]

図 9



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2021/016036

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int. Cl. H02M7/48 (2007.01) i, H02P21/22 (2016.01) i  
 FI: H02M7/48 E, H02P21/22

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)

Int. Cl. H02M7/42-7/98, H02P21/00-27/18

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996  
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
A	WO 2018/016356 A1 (NSK LTD.) 25 January 2018 (2018-01-25), entire text, all drawings	1-13
A	WO 2018/016476 A1 (NSK LTD.) 25 January 2018 (2018-01-25), entire text, all drawings	1-13
A	JP 2012-165608 A (DENSO CORP.) 30 August 2012 (2012-08-30), entire text, all drawings	1-13

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  
 "I" 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 01.06.2021	Date of mailing of the international search report 08.06.2021
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/JP2021/016036

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2018/016356 A1	25.01.2018	US 2019/0256128 A1 entire text, all drawings EP 3460991 A1 CN 109463039 A	
WO 2018/016476 A1	25.01.2018	US 2019/0252972 A1 entire text, all drawings EP 3460986 A1 CN 109729755 A	
JP 2012-165608 A	30.08.2012	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02M 7/48(2007.01)i; H02P 21/22(2016.01)i FI: H02M7/48 E; H02P21/22		
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）） H02M7/42-7/98; H02P21/00-27/18 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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
A	WO 2018/016356 A1（日本精工株式会社）25.01.2018（2018-01-25） 全文、全図	1-13
A	WO 2018/016476 A1（日本精工株式会社）25.01.2018（2018-01-25） 全文、全図	1-13
A	JP 2012-165608 A（株式会社デンソー）30.08.2012（2012-08-30） 全文、全図	1-13
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “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 “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） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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 “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 “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 01.06.2021	国際調査報告の発送日 08.06.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 東 昌秋 5G 3139 電話番号 03-3581-1101 内線 3526	

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/016036

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2018/016356	A1	25.01.2018	US	2019/0256128	A1	
				全文, 全図			
				EP	3460991	A1	
				CN	109463039	A	
WO	2018/016476	A1	25.01.2018	US	2019/0252972	A1	
				全文, 全図			
				EP	3460986	A1	
				CN	109729755	A	
JP	2012-165608	A	30.08.2012	(ファミリーなし)			