

(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1日(01.08.2013)



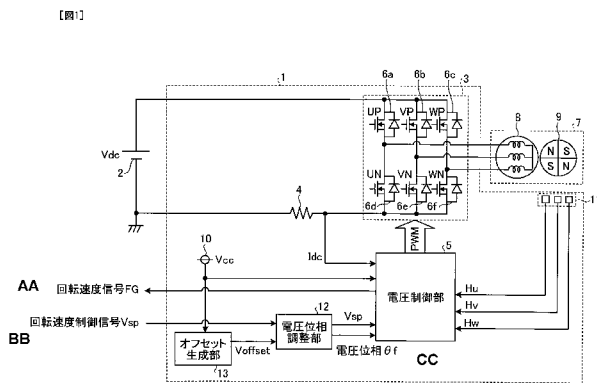
(10) 国際公開番号
WO 2013/111326 A1

- (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/JP2012/051827
- (22) 国際出願日: 2012年1月27日(27.01.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (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
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 畠山 和徳 (HATAKEYAMA, Kazunori) [—/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). 山田 倫雄 (YAMADA, Michio) [—/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). 麻生 洋樹 (ASO, Hiroki) [—/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, 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, 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), ユーロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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).

[続葉有]

(54) Title: MOTOR DRIVE CIRCUIT AND PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR

(54) 発明の名称: モータ駆動回路および永久磁石同期モータ



- AA Rotational speed signal FG
- BB Rotational speed control signal Vsp
- CC Voltage phase θ_f
- 5 Voltage control section
- 12 Voltage phase adjustment section
- 13 Offset generation section

(57) Abstract: A motor control circuit (1) according to the present invention, includes: a magnetic pole position detection section (11) which detects the rotational position of a rotor (9) of a permanent magnet synchronous motor (7); a voltage output section (3) which generates a drive voltage for the permanent magnet synchronous motor (7) by converting a direct current voltage; a voltage control section (5) which generates a modulated wave on the basis of the rotational position and a rotational speed control signal for controlling the rotational speed of the rotor (9) and controls the voltage output section (3) on the basis of the result of comparing the modulated wave and a carrier wave; a voltage phase adjustment section (12) which determines the phase of the modulated wave that the voltage control section (5) generates on the basis of the rotational speed control signal and an offset signal, and causes the voltage control section (5) to generate a modulated wave with the determined phase; and an offset generation section (13) which generates the offset signal. The voltage phase adjustment section (12) determines the phase by means of a differential amplifier circuit which receives the rotational speed control signal and the offset signal as input.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2013/111326 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明にかかるモータ制御回路 1 は、永久磁石同期モータ 7 の回転子 9 の回転位置を検出する磁極位置検出部 11 と、直流電圧を変換して永久磁石同期モータ 7 の駆動電圧を生成する電圧出力部 3 と、回転位置と、回転子 9 の回転速度を制御する回転速度制御信号とに基づいて変調波を生成し、変調波と搬送波の比較結果に基づいて、電圧出力部 3 を制御する電圧制御部 5 と、回転速度制御信号およびオフセット信号に基づいて電圧制御部 5 が生成する変調波の位相を決定し、決定した位相で電圧制御部 5 に変調波を生成させる電圧位相調整部 12 と、オフセット信号を生成するオフセット生成部 13 と、を備え、電圧位相調整部 12 は、回転速度制御信号およびオフセット信号を入力とする差動増幅回路によって位相を決定する。

明 細 書

発明の名称： モータ駆動回路および永久磁石同期モータ

技術分野

[0001] 本発明は、永久磁石同期モータを駆動するモータ駆動回路に関する。

背景技術

[0002] 従来のモータ駆動回路として、速度指令電圧の電圧値に応じて進角を3段階で出力するものがある（例えば、特許文献1参照）。

[0003] また、モータ速度に応じた最適位相角制御特性に沿う折れ線近似の位相角信号を生成するものがある（例えば、特許文献2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2011-114995号公報

特許文献2：特開2009-303287号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に示された技術では、速度指令電圧の電圧値に応じて連続ではなく、離散的に複数の段階で進角を切り替えるため、切り替わりのタイミングで急激に進角が変化する。その結果、電流増加による機器の損傷や、永久磁石同期モータの回転数変動によるモータの振動が発生し、不快な騒音等を招く恐れがある。

[0006] 特許文献2に示された技術では、速度指令電圧を分圧抵抗で分圧し、分圧した電圧に基づき位相角信号を生成するため、速度指令電圧に対して連続的に進角を制御できる。しかしながら、一般的に用いられる駆動用のIC（Integrated Circuit）では速度指令電圧が2V程度でモータが回転し始めるため、2Vの分圧で進角を生成した場合、例えば分圧比が0.5であれば、1V程度が入力され、これに基づき進角を制御する。この結果、低速回転時に本来必要のない進角量となり最適な動作点にて運転がで

きないという問題があった。

[0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、速度指令電圧に応じて連続的に、かつ低速回転時においても最適動作点で動作可能な制御を実現するモータ駆動回路を得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に、本発明にかかるモータ制御回路は、永久磁石同期モータの回転子の回転位置を検出する回転位置検出手段と、直流電圧を変換して前記永久磁石同期モータの駆動電圧を生成する電圧変換手段と、前記回転位置と、前記回転子の回転速度を制御する回転速度制御信号とに基づいて変調波を生成し、当該変調波と搬送波の比較結果に基づいて、前記電圧変換手段を制御する電圧制御手段と、前記回転速度制御信号およびオフセット信号に基づいて前記電圧制御手段が生成する変調波の位相を決定し、当該決定した位相で前記電圧制御手段に変調波を生成させる電圧位相決定手段と、前記オフセット信号を生成するオフセット生成手段と、を備え、前記電圧位相決定手段は、前記回転速度制御信号および前記オフセット信号を入力とする差動増幅回路によって前記位相を決定することを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明にかかるモータ制御回路によれば、モータの回転数が低い状態においても最適な進角でモータを制御することが可能となり、不要な電流増加を抑制することができるという効果を奏する。また、進角を連続的に変化させるので、モータの振動や騒音の発生を防止でき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のモータ駆動回路の構成例を示す図である。

[図2]図2は、電圧制御部の構成例を示す図である。

[図3]図3は、電圧制御部の入出力タイミングの一例を示す図である。

[図4]図4は、回転速度制御信号と電圧出力の関係を示す図である。

[図5]図5は、回転速度制御信号と電圧進角の関係を示す図である。

[図6]図6は、電圧進角信号生成回路の構成概要を示す図である。

[図7]図7は、電圧進角信号生成回路の動作概要を示す図である。

[図8]図8は、実施の形態1の電圧位相調整部及びオフセット生成部の回路構成例を示す図である。

[図9]図9は、IGBTとMOSFETの電流と損失の関係を示す図である。

[図10]図10は、モータ駆動回路と永久磁石同期モータを一体構成とする場合の一例を示す図である。

[図11]図11は、実施の形態2のモータ駆動回路の構成例を示す図である。

[図12]図12は、実施の形態2の電圧位相調整部の回路構成例を示す図である。

[図13]図13は、実施の形態2の磁極位置検出部の配置を示す図である。

[図14]図14は、実施の形態2の電圧制御部の入出力タイミングの一例を示す図である。

[図15]図15は、実施の形態2の回転速度制御信号と電圧進角の関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下に、本発明にかかるモータ駆動回路の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの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のモータ駆動回路の構成例を示す図である。本実施の形態のモータ駆動回路1は、直流電源2から供給される直流電圧 V_{dc} に基づいて永久磁石同期モータ7の駆動電圧を生成する回路である。モータ駆動回路1は、主たる構成として、電圧変換手段として動作する電圧出力部3と、電圧制御部5と、回転位置検出手段として動作する磁極位置検出部11と、電圧位相決定手段として動作する電圧位相調整部12と、オフセット生成部13とを備えている。

[0013] 電圧出力部3は、シャント抵抗4を介して直流電源2と電氣的に接続され

、電圧制御部5から送られるPWM (Pulse Width Modulation) 信号に基づいて、環流ダイオードとスイッチング素子が並列に接続された開閉部6 a～6 fを駆動し、永久磁石同期モータ7を構成するステータ8に印加する電圧を生成する。すなわち、ステータ(固定子)8の巻線に電圧を印加することで回転磁界を生成し、ロータ(回転子)9を回転駆動させる。

[0014] 電圧制御部5は、制御電源10により駆動し、磁極位置検出部11の出力 H_u 、 H_v 、 H_w と、電圧位相調整部12の出力 θ_f と、シャント抵抗4により検出された直流電流 I_{dc} とに基づいて、電圧出力部3の開閉部6 a～6 fを駆動するためのPWM信号及び回転速度信号FGを生成・出力する。なお、磁極位置検出部11の出力 H_u 、 H_v 、 H_w は永久磁石同期モータ7のロータ9の位置(磁極位置)に応じて変動する信号である。磁極位置検出部11は、例えば磁気センサーにより構成されており、磁界の測定結果に応じて各出力値(H_u 、 H_v 、 H_w)を変化させる。なお、磁極位置検出部11の詳細については特に規定しない。公知の如何なる構成、磁極位置検出方法を適用しても構わない。

[0015] 電圧位相調整部12は、回転速度制御信号 V_{sp} とオフセット生成部13の出力 V_{offset} とに基づいて電圧位相(電圧進角) θ_f を生成・出力する。

[0016] 図2は、電圧制御部5の構成例を示す図である。電圧制御部5は、磁極位置検出部11の出力 H_u 、 H_v 、 H_w に基づいて磁極位置を推定するとともに回転速度信号FGを生成する位置推定部14と、位置推定部14による推定結果である推定位置、回転速度制御信号 V_{sp} および電圧位相 θ_f に基づいて、U相、V相、W相それぞれ対応する波形出力 V_{u*} 、 V_{v*} 、 V_{w*} を変調波として生成する波形生成部15と、三角波を搬送波として生成する三角波生成部16と、波形生成部15で生成された波形出力 V_{u*} 、 V_{v*} 、 V_{w*} と三角波生成部16で生成された三角波を比較してUVW相それぞれに対応するHighまたはLowの信号を出力する比較部17と、比較部

17から出力された信号を受け取り、受け取った各信号のHighとLowを反転させた信号（反転信号）を生成して、比較部17から受け取った各信号（非反転信号）とともに出力する反転部18と、非反転信号および反転信号を入力とし、入力された信号（初期PWM信号）に対し、電圧出力部3内の開閉部6a～6fの上下（6aと6d、6bと6e、6cと6f）が同時にON状態とならないようにデッドタイムを設定するデッドタイム設定部19と、を備える。この電圧制御部5は、デッドタイム設定部19でデッドタイムを設定した後の信号を、電圧出力部3（電圧出力部3を形成している各開閉部）を制御するためのPWM信号（UP、VP、WP、UN、VN、WN）として出力し、電圧出力部3の開閉部6a～6fを動作させることで、永久磁石同期モータ7を駆動させる。

[0017] 図3は、電圧制御部5の入出力タイミングの一例を示す図である。永久磁石同期モータ7のロータ9が回転することにより磁極位置検出部11でUVW相の位置信号Hu、Hv、Hwが発生する。電圧制御部5においては、例えばHuの立下りエッジを基準として電圧位相 θ 分の位相が進んだ位置に略正弦波状のU相波形出力Vu*の立ち上がりゼロクロスが来るようにし、U相に対して $\pm 120^\circ$ の位相差を持つV相及びW相の波形出力Vv*およびVw*を生成する。生成された波形出力Vu*、Vv*、Vw*は三角波（三角波生成部16で生成された三角波）と比較され、例えばVu*が三角波より大きい場合には、UPはHigh、UNはLowを出力する。V相及びW相も同様に求める。

[0018] なお、U、V、W各相の上下の開閉部（UPとUN、VPとVN、WPとWN）が同時にON状態となり短絡すると過大電流が駆動回路に流れる。そのため、過大電流による駆動回路の破壊を防止するため、短絡防止時間であるデッドタイムを設けノンオーバーラップ状の信号とすることが一般的である。また、本実施の形態では波形出力Vu*、Vv*、Vw*は略正弦波としたが、三次高調波重畳による方法や、空間ベクトル変調、二相変調などのモータ制御に一般的に用いられる方法を用いてもなんら問題ないことは言う

までもない。

[0019] ここで、電圧制御部5は、回転速度制御信号 V_{sp} 、電圧進角 θ_f および位置信号 H_u 、 H_v 、 H_w に基づいて動作するが、永久磁石同期モータ7の駆動有無に関しては V_{sp} のみで行われ、その電圧出力は図4に示すようになる。図4において<1>の区間(0から V_{sp0})は停止状態であり、<1>の区間と<2>の区間(V_{sp0} から V_{sp1})の境界まで V_{sp} を増加させると($V_{sp} = V_{sp0}$ となると)電圧出力部3からの電圧出力が開始となり、永久磁石同期モータ7が駆動状態となる。すなわち、モータ駆動回路1が動作を開始して V_{sp} の値が上昇を始めた後、永久磁石同期モータ7が実際に駆動を開始するまでには V_{sp0} 分のオフセットが発生する。 V_{sp} が V_{sp0} を超えると永久磁石同期モータ7のロータ9が回転を開始し、位置推定部14から出力される回転速度信号FGの値が変動する。 V_{sp} を生成する回路(図示は省略している)は、回転速度信号FGに基づきロータ9の回転数を算出し、算出した回転数と目標回転数の差分に応じて V_{sp} を増減させるよう制御することで、回転数を目標値回転数近傍で安定して動作させることができる。

[0020] 続いて、回転数に応じて負荷が増加する機器における、回転速度制御信号 V_{sp} と電圧進角 θ_f の最適な関係を図5に示す。図示したように、ロータ9が回転を始める $V_{sp} = V_{sp0}$ から θ_f が増加し、電圧出力100%となる $V_{sp} = V_{sp1}$ にて θ_f が最大(θ_{f_max})となるのが最適な関係である。そのため、モータ駆動回路1において、電圧位相調整部12は、 V_{sp} に対して図5の関係となるような電圧進角 θ_f を生成して電圧制御部5へ出力する。これにより、最も高効率かつ低騒音でのモータ駆動が可能となる。

[0021] 図6、図7は、従来および本実施の形態の電圧位相調整部12(説明の便宜上、ここでは「電圧進角信号生成回路」と呼ぶ)の構成概要および動作概要を示す図である。図6において(a)は従来の電圧進角信号生成回路の概要、(b)は本実施の形態の電圧進角信号生成回路(電圧位相調整部12)

の概要を示している。図7は電圧進角信号(θf)の生成動作を示しており、(a)が従来の動作、(b)が本実施の形態の動作である。

[0022] 図6(a)に示した従来の手法(例えば特許文献2の手法)を適用した場合、回転速度制御信号 V_{sp} が増幅回路にて増幅され、 θf として出力される。そのため、例えば $V_{sp}=0$ [V]の場合には $\theta f=0^\circ$ となるが、実際に永久磁石同期モータ7が駆動を開始するのは V_{sp} が V_{sp0} を超えてからである。よって、図7の(a)のように V_{sp0} の時には $\theta f=0^\circ$ とならず、電圧進角が大きく進んでしまうため、回転数が低い場合に効率の悪化および騒音の増加を招く。

[0023] これに対して、本実施の形態の手法では、 V_{sp} から電圧出力を開始する V_{sp0} 分のオフセット V_{offset} を減じてから増幅回路にて増幅するため、 V_{sp0} の時に $\theta f=0^\circ$ とすることが可能となり、回転数が低い場合の効率悪化および騒音増加を抑制することができる。また、電圧進角 θf は連続的に変化させることが可能であるため、特許文献1のように段階的に電圧進角が変化した場合の電流変化による機器の損傷や回転数変動による不快な騒音が発生する恐れが低減され、信頼性を向上させた動作が可能となる。

[0024] 図8は、実施の形態1の電圧位相調整部12及びオフセット生成部13の回路構成例を示す図である。電圧位相調整部12は、オペアンプOP1と抵抗 $R1\sim R4$ 、コンデンサ $C1$ および $C2$ による作動増幅回路を備えた構成となっている。また、この差動増幅回路の2つの入力端子(V_{in+} , V_{in-})にはオペアンプOP2とOP3による電圧フォロワ回路をそれぞれ接続し、接続先のインピーダンスによる影響を低減するようにしている。 V_{in+} 端子にはOP3による電圧フォロア回路を介して V_{sp} が入力されている。オフセット生成部13はOP2による電圧フォロア回路を介して V_{in-} 端子に接続されている。電圧位相調整部12の作動増幅回路は、 V_{in+} 端子と V_{in-} 端子の差分を抵抗 $R1\sim R4$ の抵抗値により決定される倍率により増幅し、電圧進角 θf として出力する。オフセット生成部13につい

ては、制御電源10 (Vcc) を抵抗R5及びR6で分圧して出力する構成としており、必要最小限の構成にて安価にオフセットを生成することができる。高精度に電圧進角 θ_f を制御したい場合にはオフセットの精度が要求されるため、シャントレギュレータ等の機器を用いてオフセットを生成するようにしてもよい。

[0025] なお、オペアンプOP1の飽和電圧により V_{in+} と V_{in-} の差分が例えば0付近でも θ_f が約1V以下で出力される場合がある。その場合には、飽和電圧を考慮してオフセット生成部13にてオフセットVoffsetを選定しておくことで、飽和電圧の影響を除去することが可能である。

[0026] また、図8に示した電圧位相調整部12ではインピーダンスの影響を低減するためにオペアンプOP2とOP3による電圧フォロフを用いているが、インピーダンスの影響が小さい場合にはこれらを省略してコスト削減を図るようにしてもよい。コンデンサC1及びC2については、ノイズの影響により θ_f が脈動し回転数が安定しない恐れがあるため、並列に接続されるR3とR4によるローパスフィルタのカットオフ周波数を永久磁石同期モータの周波数以下に設定することで回転数の安定化を図るために設けている。

[0027] ここで、例えば電圧位相調整部12が動作不良に陥った場合、電圧位相 θ_f の値が定まらず最大効率運転ができなくなる。このとき、例えば電圧進角 θ_f を大きくしすぎると、永久磁石同期モータ7が弱め磁束運転となってしまい、回転に必要な電圧が少なくなるため回転速度制御信号Vspが小さい場合でも永久磁石同期モータ7の回転数が大きくなる。また、流れる電流も増大するため、最悪の場合、モータ駆動回路1及び永久磁石同期モータ7が破壊する恐れがある。そのため、電圧位相調整部12が出力する電圧進角 θ_f の下限および上限の一方または双方を制限する機構（図示せず）を設けるようにしてもよい。これにより、モータ駆動回路1及び永久磁石同期モータ7の破壊を防止することが可能となり、信頼性向上が図れる。

[0028] なお、前述の電圧進角 θ_f の制限については、近年ICの高性能化に伴い、電圧制御部5を構成するIC内に機能を内蔵している場合が多く、その場

合は電圧制御部5内に搭載されている機能を用いることで、外部に特別な回路を用意することなく電圧進角 θf を制限することが可能になるため、信頼性の向上だけでなく、低コスト化を図ることが可能になる。

[0029] このように、本実施の形態のモータ駆動回路において、搬送波としての三角波と、この三角波の比較対象とする波形 (V_{u*} , V_{v*} , V_{w*}) との関係指定する電圧進角 θf を生成する電圧位相調整部12は、回転速度制御信号 (V_{sp})、およびオフセット生成部13で生成されたオフセット値 (V_{offset}) に基づいて電圧進角 θf を生成することとし、オフセット生成部13は、電圧出力部3が永久磁石同期モータ7へ印加する電圧を開始するまでの間、すなわち、回転速度制御信号 (V_{sp}) の値が永久磁石同期モータ7の駆動開始点 (V_{sp0}) に達するまでの間は「 $\theta f = 0$ 」が維持されるようなオフセット値を生成することとした。これにより、永久磁石同期モータ7の回転数が低い状態においても、回転速度制御信号 V_{sp} に対して最適な電圧進角 θf を設定することが可能となり、不要な電流増加を抑制することができる。そのため、永久磁石同期モータ7を構成するステータ8の巻線の発熱を抑制することができ、近年広く用いられている高効率な希土類磁石を用いた永久磁石同期モータ7を用いた場合においても、高温による減磁の恐れが低減し、信頼性の高い永久磁石同期モータの駆動回路を提供することができる。

[0030] また、運転中の電流が低減されるため、開閉部6a~6fを構成しているスイッチング素子をIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) からMOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) に変更可能となる。図9に示すように低電流領域でMOSFETは低損失で動作するため、開閉部6a~6fをMOSFETで形成することにより省エネルギー化 (高効率化) が図れる。加えて、発熱も小さくなるため放熱フィンの小型化による機器全体の小型設計を図ることが可能となる。また、近年実用化が進んでいるSiC (Silicon Carbide)

やGaN、ダイヤモンドを材料としたワイドバンドギャップ半導体や、スーパー Junction構造のMOSFETを用いることで更なる損失改善が可能となり、前述の効果をより大きく得ることができる。開閉部6a~6fを構成している還流ダイオードをワイドバンドギャップ半導体としてもよい。なお、開閉部6a~6fの一部（少なくとも1つ）をMOSFETやワイドバンドギャップ半導体とすることにより、損失改善効果が得られる。

[0031] また、電圧位相調整部12が回転数に応じて電圧進角 θ_f を連続的に増加させるため、例えば回転数に応じて負荷の増加する送風用ファンなどに適用することで、最適な電圧進角で運転されるため低回転数時には低騒音化を図ることができる。また高速回転時には永久磁石同期モータ7及び電圧出力部3に流れる電流を小さくすることが可能となるので、前述の効果が得られるだけでなく、電圧進角が急激に変化するのを防止できる。この結果、送風ファンの回転数を安定して制御することが可能となり、信頼性を向上させることが可能である。

[0032] さらに、図10に示したように、モータ駆動回路1と永久磁石同期モータ7をモールド樹脂20でモールドすることにより、砂塵や水の影響を受けにくくなり信頼性が向上するとともに、永久磁石同期モータ7の絶縁耐力が向上する。また、シャフト21に重い負荷が接続された場合にはモータ駆動回路1及び永久磁石同期モータ7には大きな電流が流れるため発熱が厳しいが、モールドした場合はモールド樹脂20を介して放熱されるだけでなく、熱容量が大きくなるため発熱しにくく、発熱によるモータ駆動回路1の熱破壊を防止することが可能となる。

[0033] 実施の形態2.

図11は、実施の形態2のモータ駆動回路の構成例を示す図である。本実施の形態のモータ駆動回路1aは、実施の形態1のモータ駆動回路1からオフセット生成部13を削除するとともに、電圧位相調整部12を電圧位相調整部12aに置き換えたものである。これらの構成要素以外については実施の形態1と同様であるため、同一の符号を付して説明を省略する。

[0034] 図12は、実施の形態2の電圧位相調整部12aの回路構成例を示す図である。電圧位相調整部12aは、オペアンプOP4および抵抗R7、R8により構成されており、外部回路から発せられる回転速度制御信号VspはオペアンプOP4による電圧フォロワ回路を介して、電圧制御部5と、抵抗R7及びR8からなる分圧回路とに入力される。分圧回路は、入力された回転速度制御信号Vspを $R8 / (R7 + R8)$ 倍し、その結果として得られた値を電圧進角 θf として電圧制御部5へ出力する。

[0035] ここで、分圧回路によりVspを $R8 / (R7 + R8)$ 倍することのみで電圧進角 θf を生成した場合には、図7の(a)に示した従来手法による制御と同様に、低回転数で電圧進角 θf が過大になり、電流増加による発熱や騒音の増加などが懸念される。そこで、本実施の形態では、図13に示すように磁極位置検出部11の取付け位置を、シャフト21を中心として回転させたものとする。すなわち、磁極位置検出部11を実施の形態1(図10参照)とは異なる位置に取付ける。

[0036] 磁極位置検出部11の取付け位置を回転させた場合、ロータ9の基準位置と位置信号Hu, Hv, Hwの発生タイミングが相対的に変化するため、図14に示すように θf_offset 分位置信号がシフトさせることができる。すなわち、図15に示すような回転速度制御信号 $Vsp = Vsp0$ の時に θf_offset となるように、磁極位置検出部11を取付ける(取付け位置を回転させる)ことにより、 $Vsp0$ のときに実質的な進角を0とすることができる。Vspを $Vsp0$ 以上に増加させた場合、実質的な進角を0から連続的に増加させることができるため、回転数が低い場合の効率悪化および騒音増加を抑制することが可能となる。また、電圧進角 θf を連続的に変化させることが可能であるため、特許文献1に記載された技術が有する問題点を解決できる。具体的には、段階的に電圧進角が変化した場合の電流変化による機器の損傷や回転数変動による不快な騒音が発生する恐れを低減し、信頼性を向上させた動作を実現できる。

[0037] このように、本実施の形態によれば、上述した実施の形態1と同様の効果

が得られる。また、電圧位相調整部 1 2 a の部品点数を実施の形態 1 の電圧位相調整部 1 2 よりも少なくすることができ、磁極位置検出部 1 1 は取付け位置を変更するのみであるため、モータ駆動回路を低コストにて実現することが可能となる。さらに、部品点数削減による小型化、および信頼性の確保が可能となる。

産業上の利用可能性

[0038] 以上のように、本発明にかかるモータ駆動回路は、永久磁石同期モータを駆動する場合に有用であり、特に、空気調和機やヒートポンプ給湯機の室外機及び室内機のファンモータ、換気送風用のファンモータなどを駆動するモータ駆動回路に適している。

符号の説明

- [0039] 1, 1 a モータ駆動回路
- 2 直流電源
 - 3 電圧出力部
 - 4 ショント抵抗
 - 5 電圧制御部
 - 6 a, 6 b, 6 c, 6 d, 6 e, 6 f 開閉部
 - 7 永久磁石同期モータ
 - 8 ステータ
 - 9 ロータ
 - 1 0 制御電源
 - 1 1 磁極位置検出部
 - 1 2, 1 2 a 電圧位相調整部
 - 1 3 オフセット生成部
 - 1 4 位置推定部
 - 1 5 波形出力生成部
 - 1 6 三角波生成部
 - 1 7 比較部

- 18 反転部
- 19 デットタイム設定部
- 20 モールド樹脂
- 21 シャフト

請求の範囲

- [請求項1] 永久磁石同期モータの回転子の回転位置を検出する回転位置検出手段と、
直流電圧を変換して前記永久磁石同期モータの駆動電圧を生成する電圧変換手段と、
前記回転位置と、前記回転子の回転速度を制御する回転速度制御信号とに基づいて変調波を生成し、当該変調波と搬送波の比較結果に基づいて、前記電圧変換手段を制御する電圧制御手段と、
前記回転速度制御信号およびオフセット信号に基づいて前記電圧制御手段が生成する変調波の位相を決定し、当該決定した位相で前記電圧制御手段に変調波を生成させる電圧位相決定手段と、
前記オフセット信号を生成するオフセット生成手段と、
を備え、
前記電圧位相決定手段は、前記回転速度制御信号および前記オフセット信号を入力とする差動増幅回路によって前記位相を決定することを特徴とするモータ駆動回路。
- [請求項2] 前記オフセット生成手段は、前記回転子が回転していない状態において前記位相が 0° となるオフセット値を示すオフセット信号を生成することを特徴とする請求項1に記載のモータ駆動回路。
- [請求項3] 前記オフセット信号が示すオフセット値は、前記回転子が回転を開始する際の回転速度制御信号の値であることを特徴とする請求項1または2に記載のモータ駆動回路。
- [請求項4] 前記オフセット生成手段は、少なくとも2つ以上の抵抗からなる分圧回路によって前記オフセット信号を生成することを特徴とする請求項1、2または3に記載のモータ駆動回路。
- [請求項5] 永久磁石同期モータの回転子の回転位置を検出する回転位置検出手段と、
直流電圧を変換して前記永久磁石同期モータの駆動電圧を生成する

電圧変換手段と、

前記回転位置と、前記回転子の回転速度を制御する回転速度制御信号とに基づいて変調波を生成し、当該変調波と搬送波の比較結果に基づいて、前記電圧変換手段を制御する電圧制御手段と、

前記回転速度制御信号に基づいて前記電圧制御手段が生成する変調波の位相を決定し、当該決定した位相で前記電圧制御手段に変調波を生成させる電圧位相決定手段と、

を備え、

前記回転速度制御信号は前記回転位置に基づいて算出される前記回転子の回転速度に応じて値が変化する信号であり、

前記回転位置検出手段と前記永久磁石同期モータの固定子の位置関係は、前記回転子が回転を開始する時点における前記電圧位相決定手段の決定位相が 0° となる関係であることを特徴とするモータ駆動回路。

[請求項6] 電圧位相決定手段は、決定する位相の上限および下限の少なくとも一方を設定することを特徴とする請求項1～5のいずれか一つに記載のモータ駆動回路。

[請求項7] 前記電圧変換手段を構成しているスイッチング素子のうち、少なくとも1つがMOSFETで形成されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか一つに記載のモータ駆動回路。

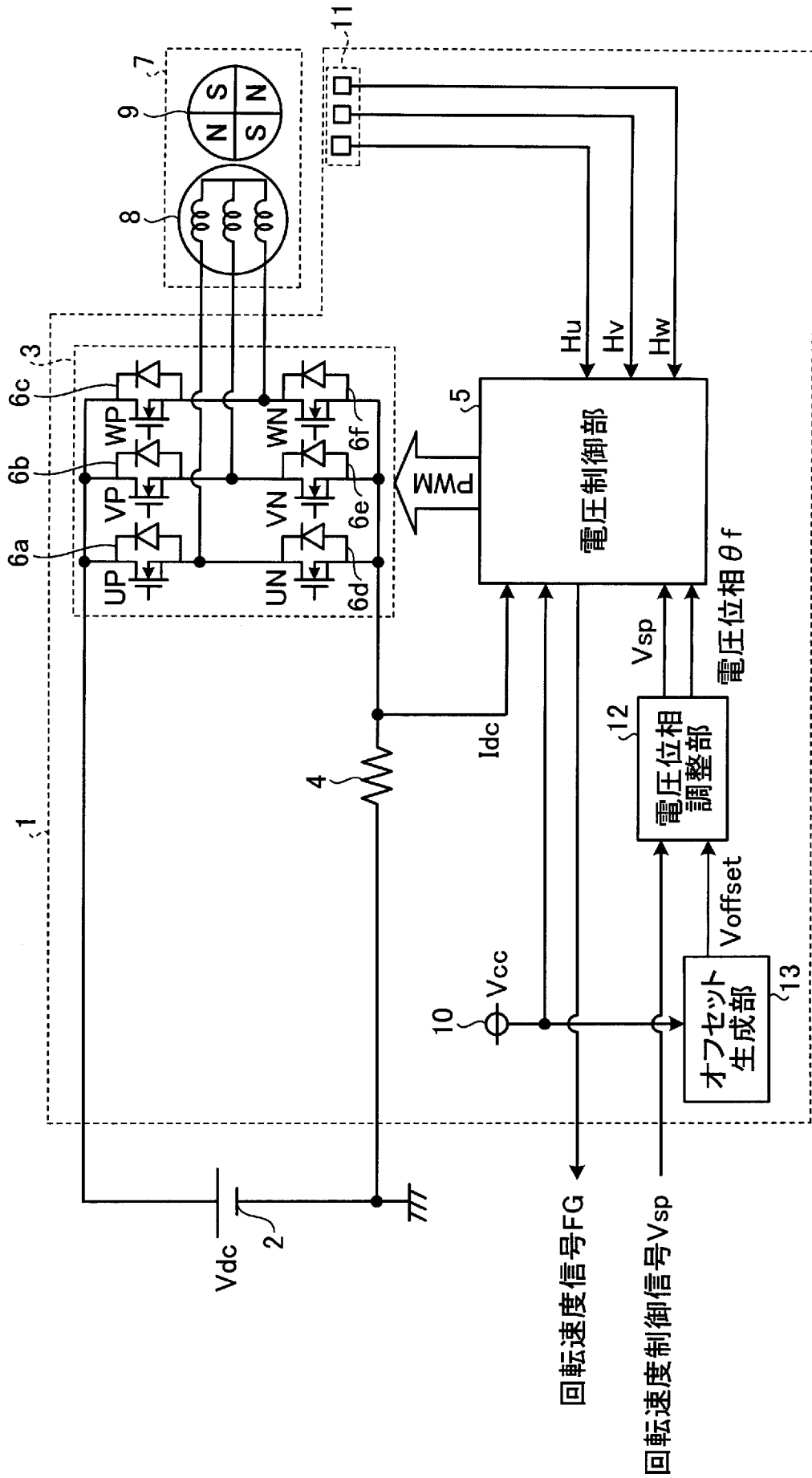
[請求項8] 前記電圧変換手段を構成しているスイッチング素子及び環流ダイオードのうち、少なくとも1つがワイドバンドギャップ半導体で形成されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか一つに記載のモータ駆動回路。

[請求項9] 前記ワイドバンドギャップ半導体は、炭化珪素、窒化ガリウム系材料又はダイヤモンドであることを特徴とする請求項8に記載のモータ駆動回路。

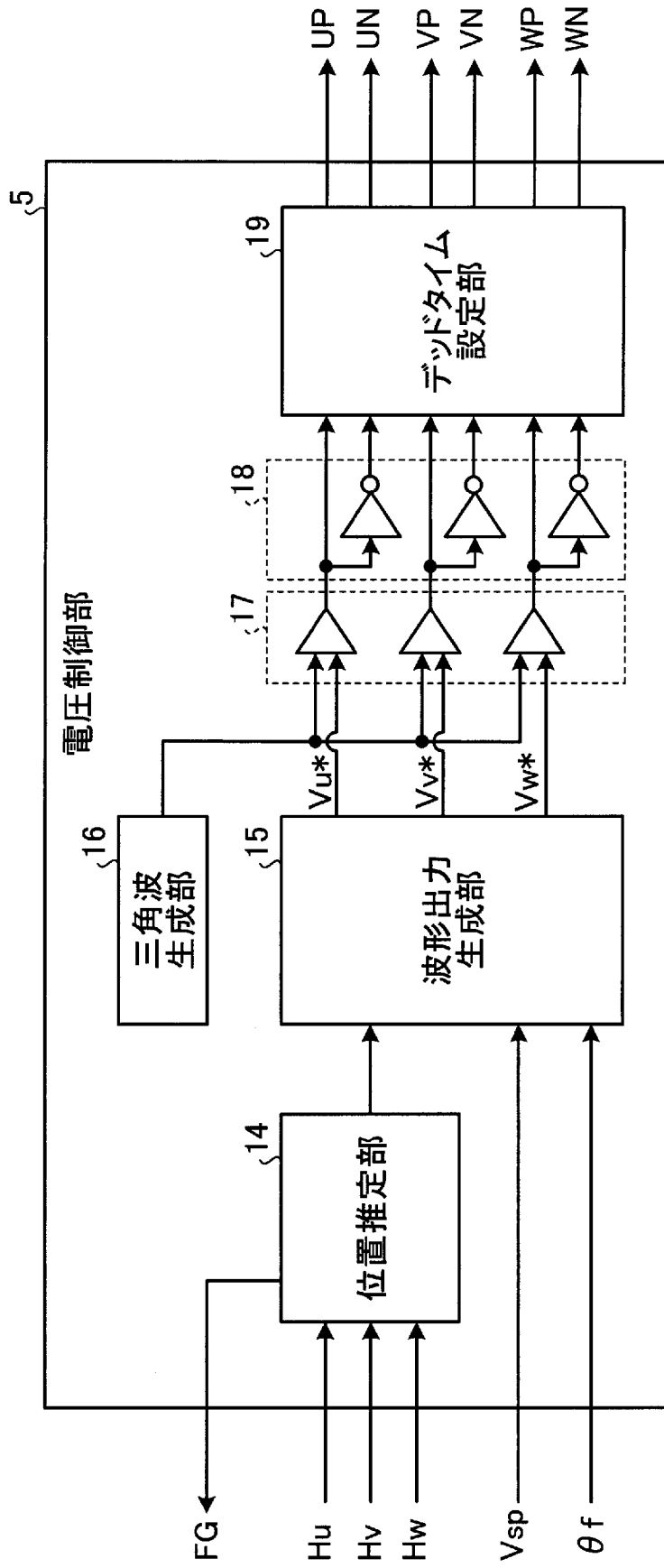
[請求項10] 請求項1～9のいずれか一つに記載のモータ駆動回路により駆動さ

れることを特徴とする永久磁石同期モータ。

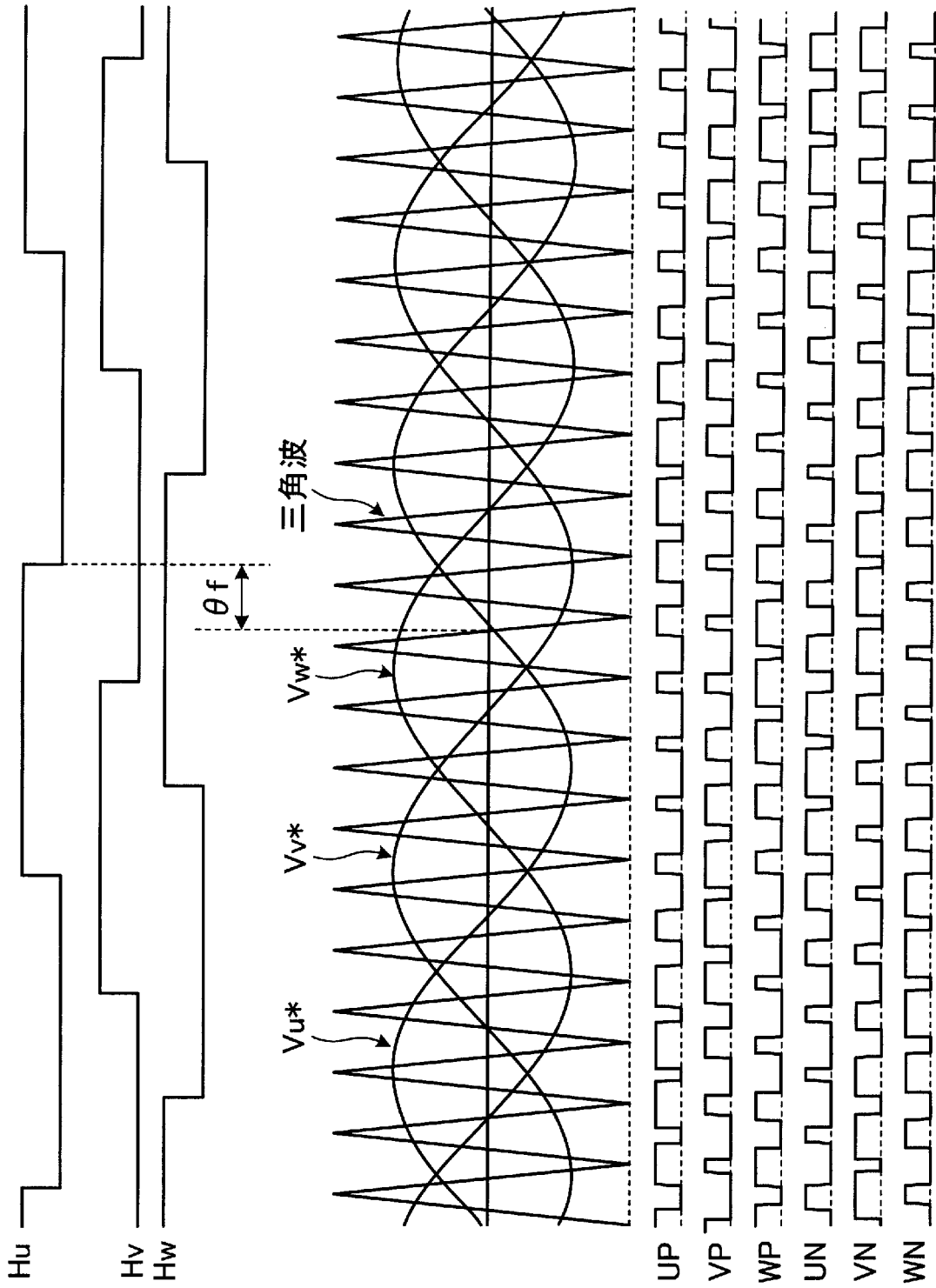
[図1]



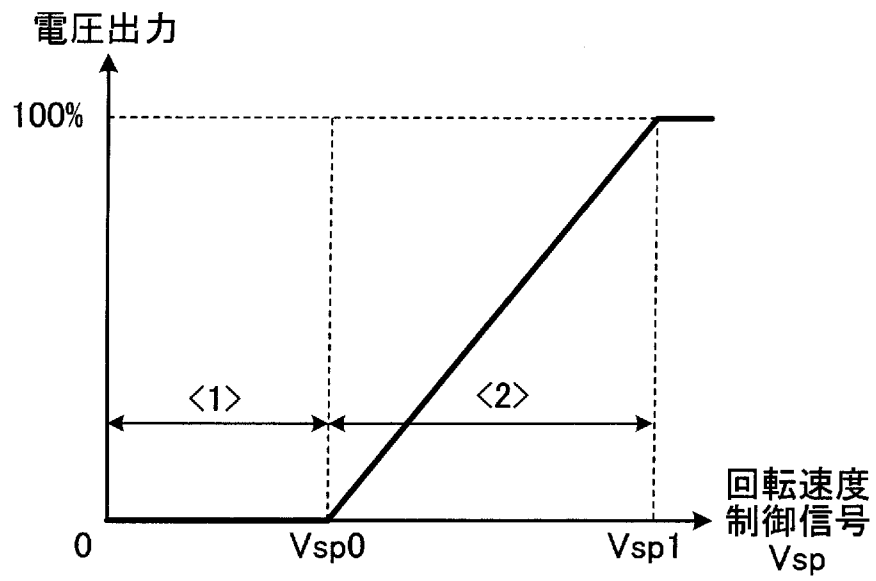
[図2]



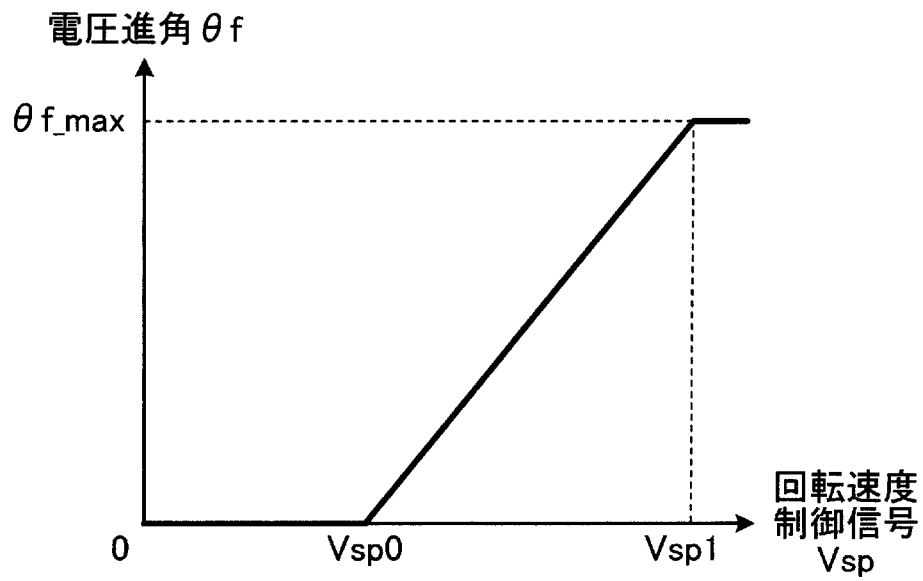
[図3]



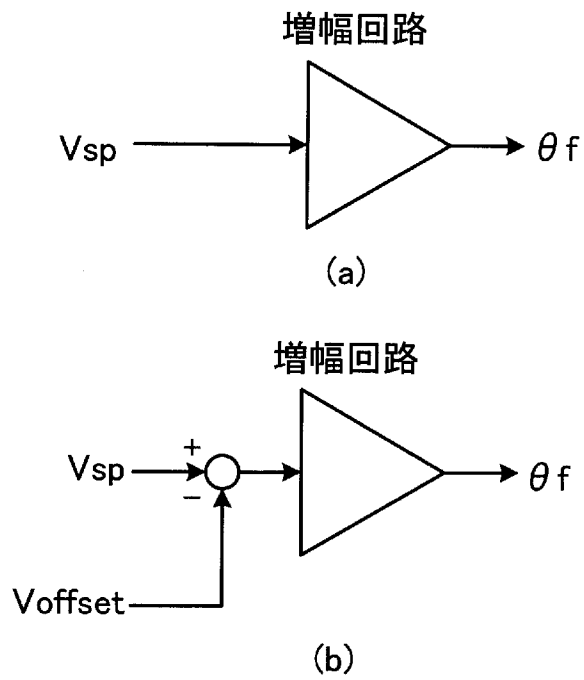
[図4]



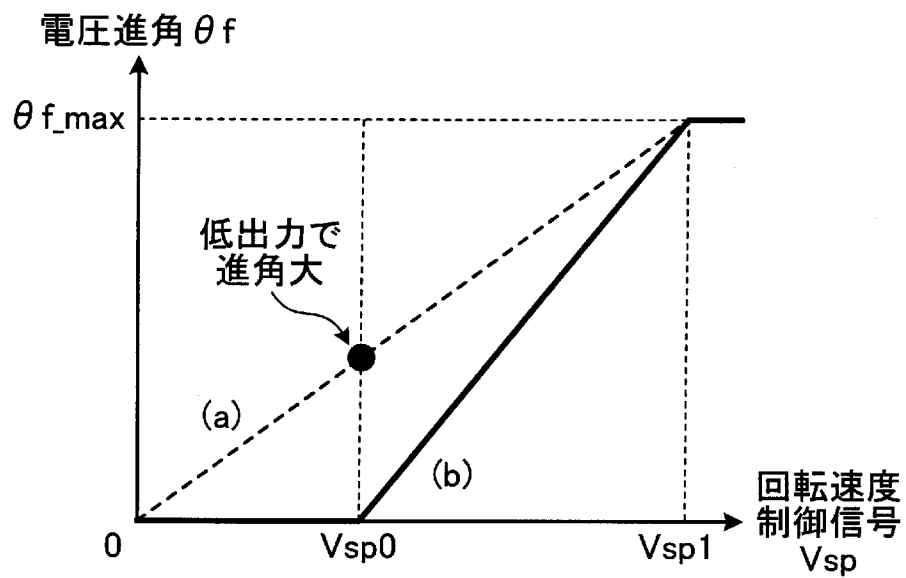
[図5]



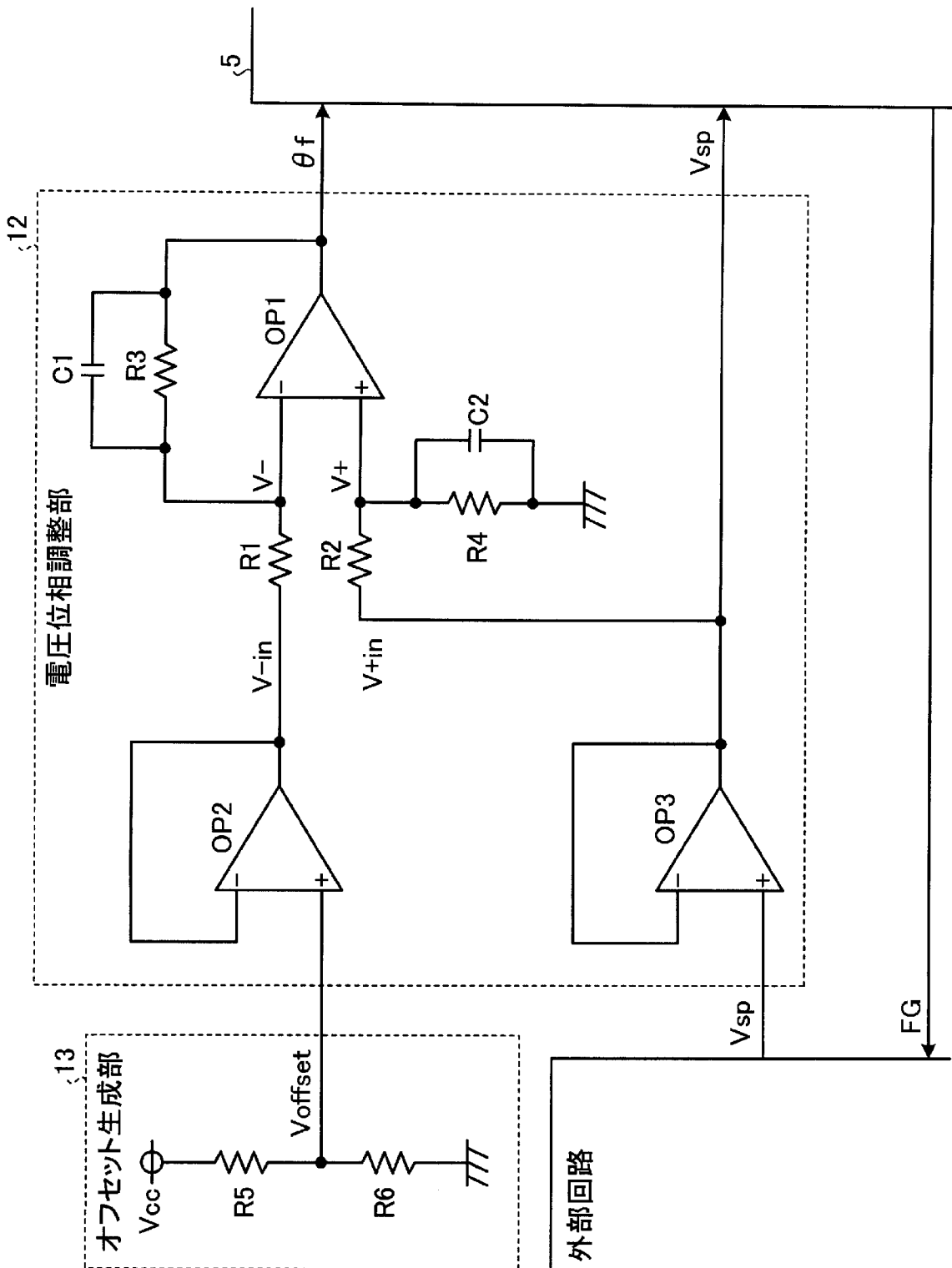
[図6]



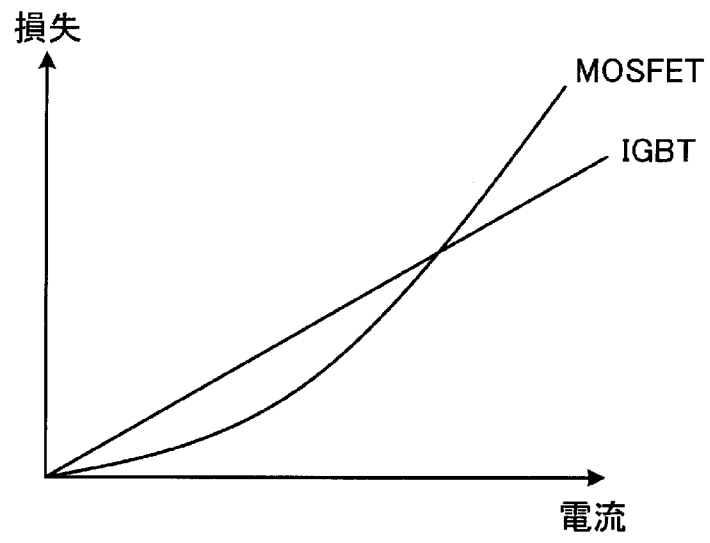
[図7]



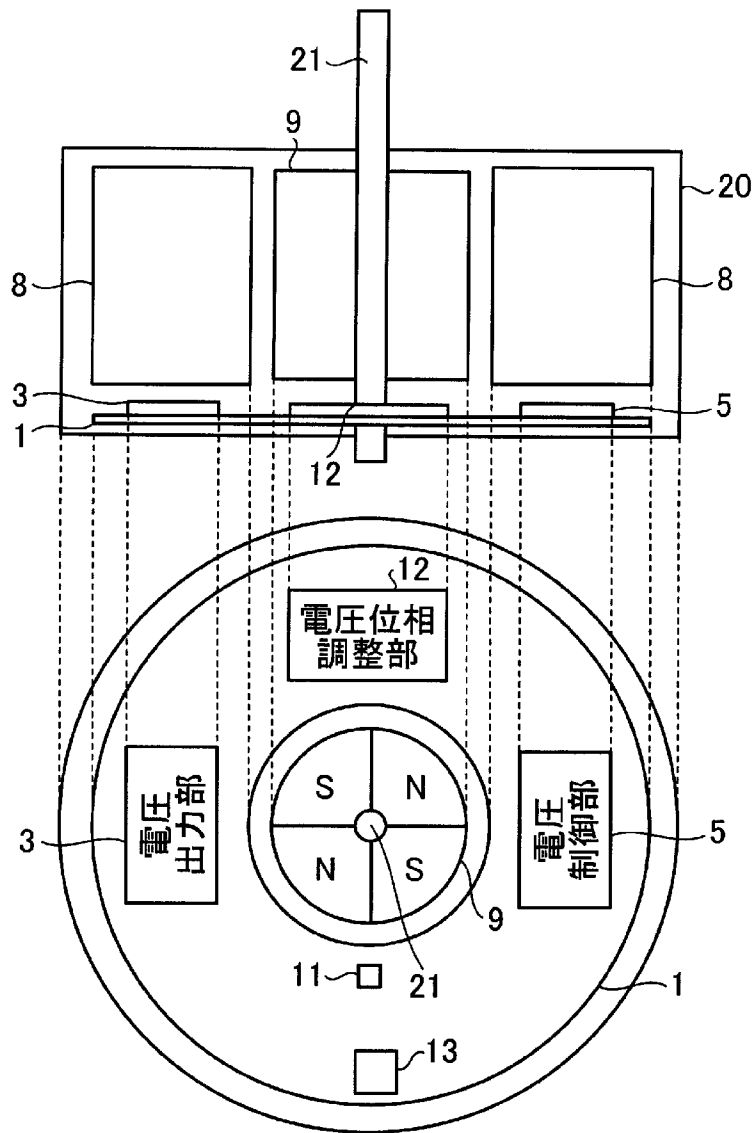
[図8]



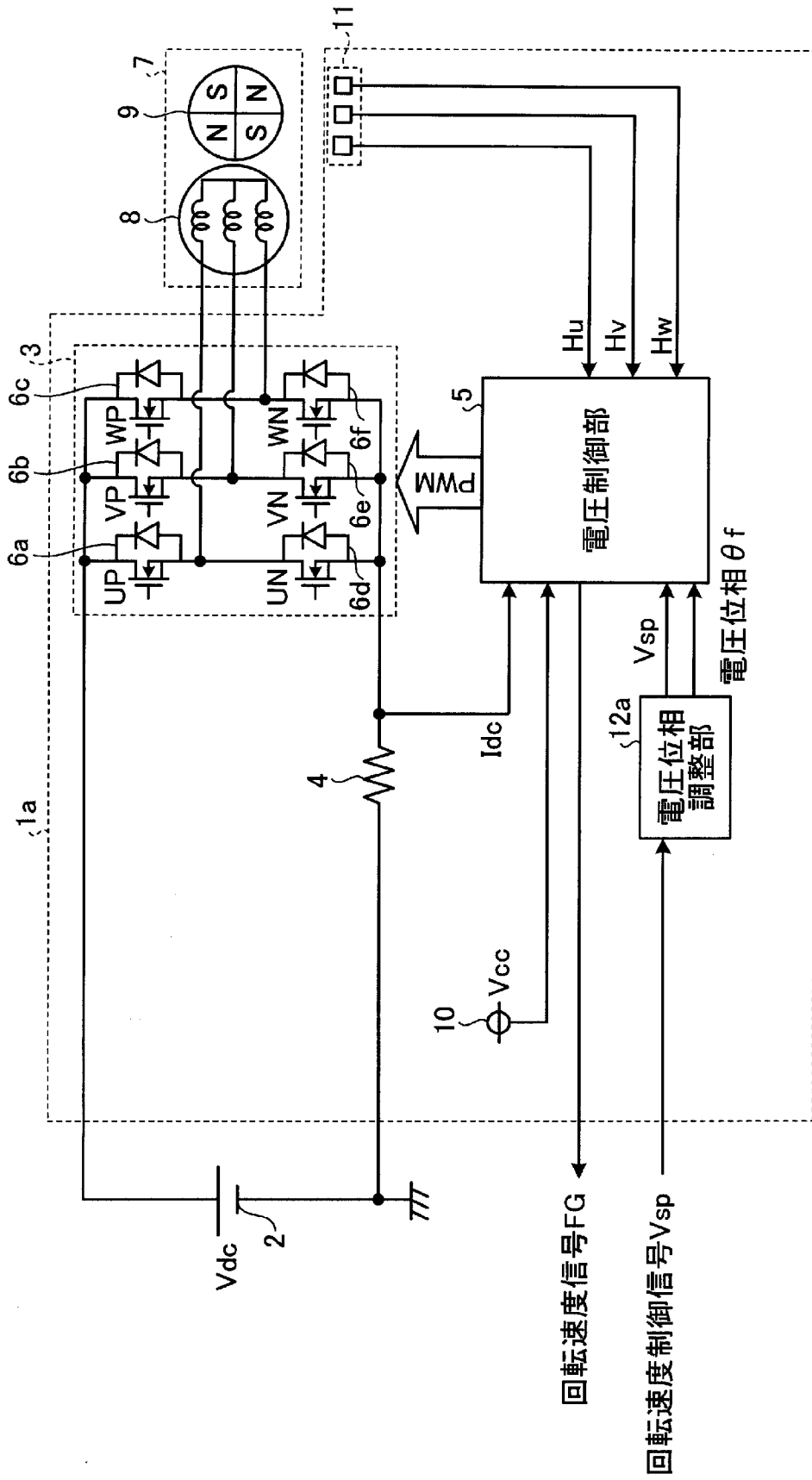
[図9]



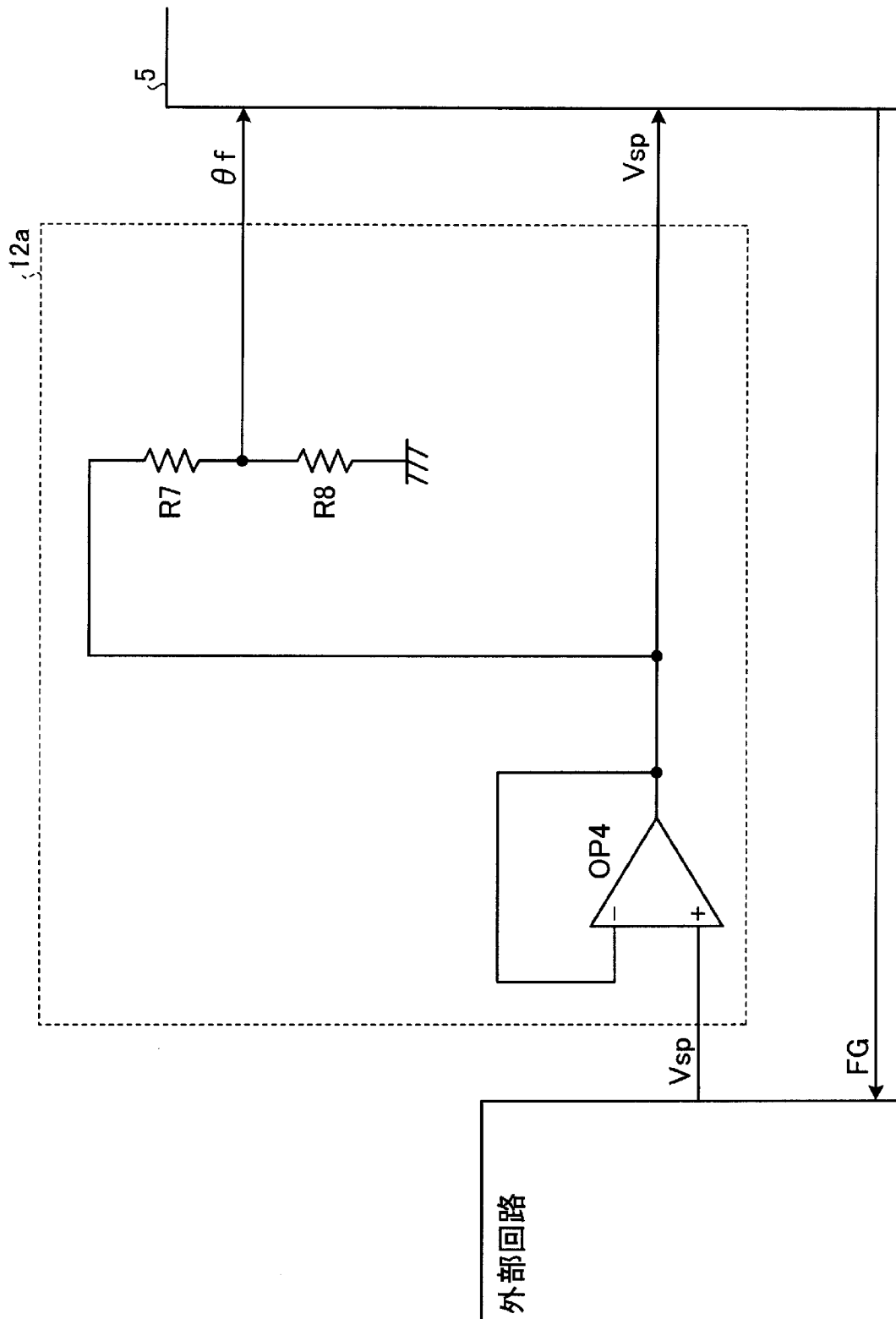
[図10]



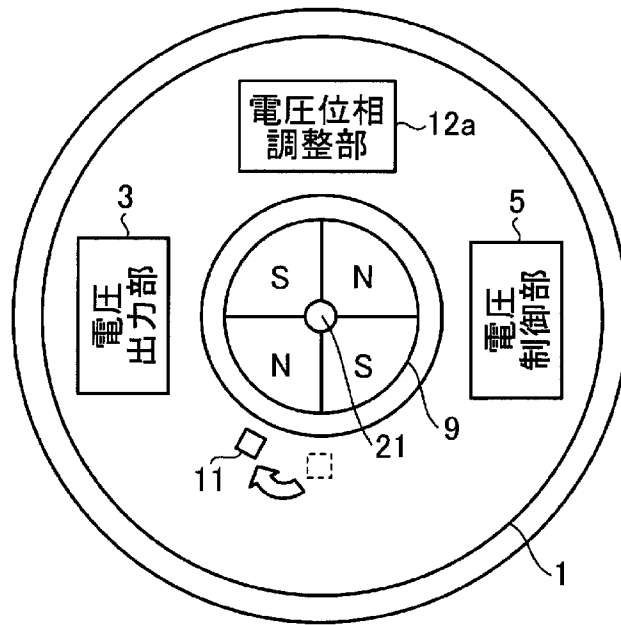
[図11]



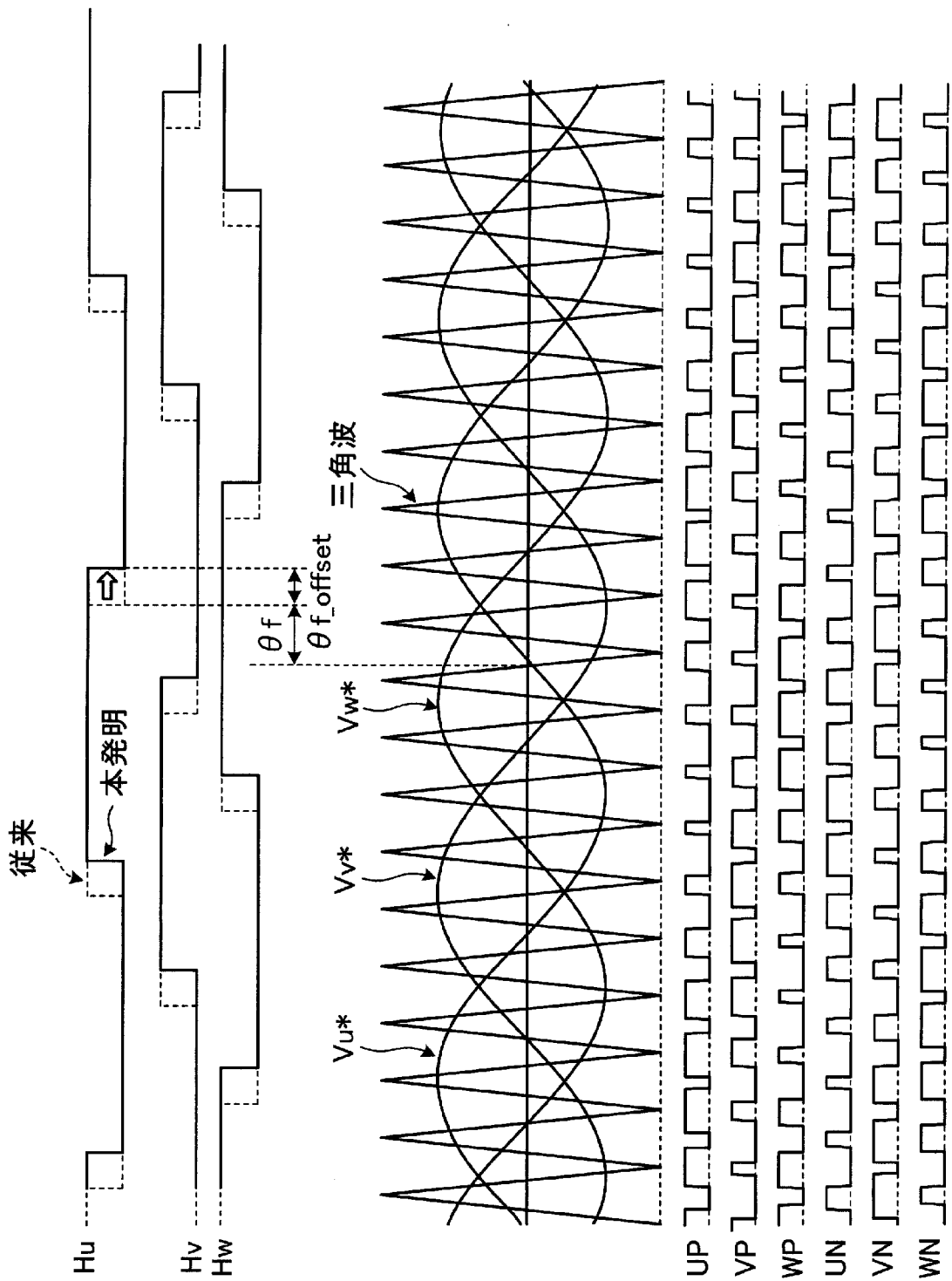
[図12]



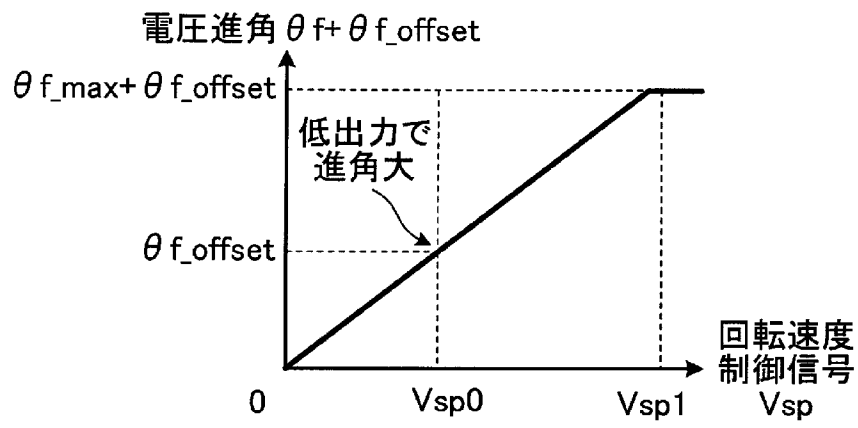
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/051827

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 1996-2012 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012		
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 2009-303287 A (NIDEC Shibaura Corp.), 24 December 2009 (24.12.2009), paragraphs [0041] to [0050]; fig. 1 to 3 & CN 101604945 A	1-10
Y	JP 2007-275827 A (Tsubaki Emerson Co.), 25 October 2007 (25.10.2007), paragraphs [0039] to [0049]; fig. 7 (Family: none)	1-10
Y	WO 2011/111262 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 15 September 2011 (15.09.2011), paragraph [0048] (Family: none)	7-9
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 09 April, 2012 (09.04.12)		Date of mailing of the international search report 17 April, 2012 (17.04.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/051827

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-114995 A (NIDEC Shibaura Corp.), 09 June 2011 (09.06.2011), entire text & CN 102082533 A & KR 10-2011-0060839 A	1-10
A	JP 2003-189666 A (NIDEC Shibaura Corp.), 04 July 2003 (04.07.2003), entire text (Family: none)	1-10

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 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012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 2009-303287 A (日本電産シバウラ株式会社) 2009.12.24, 段落【0041】から【0050】、【図1】から【図3】 & CN 101604945 A	1-10
Y	JP 2007-275827 A (株式会社ツバキエマソン) 2007.10.25, 段落【0039】から【0049】、【図7】 (ファミリーなし)	1-10
Y	WO 2011/111262 A1 (三菱電機株式会社) 2011.09.15, 段落【0048】 (ファミリーなし)	7-9
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input 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 「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 09.04.2012	国際調査報告の発送日 17.04.2012	
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) 武市 匡紘 電話番号 03-3581-1101 内線 3358	3V 4414

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
A	JP 2011-114995 A (日本電産シバウラ株式会社) 2011.06.09, 全文 & CN 102082533 A & KR 10-2011-0060839 A	1-10
A	JP 2003-189666 A (日本電産シバウラ株式会社) 2003.07.04, 全文 (ファミリーなし)	1-10