

(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
2018年11月1日(01.11.2018)



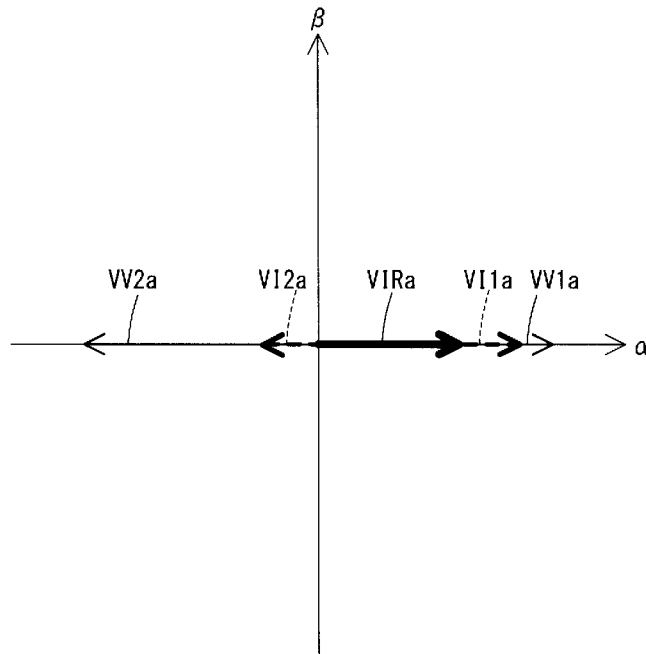
(10) 国際公開番号
WO 2018/198725 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 25/22 (2006.01) *H02P 6/182* (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/014739
- (22) 国際出願日: 2018年4月6日(06.04.2018)
- (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 2017-085239 2017年4月24日(24.04.2017) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 高橋 友哉 (TAKAHASHI Tomoya); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 明成国際特許事務所 (TOKKYO GYOMUHOJIN MEISEI INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄一丁目12番17号 Aichi (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: PHASE ANGLE ESTIMATION DEVICE

(54) 発明の名称: 位相角推定装置

図15



(57) Abstract: In the present invention, at least one of the following is satisfied: the directions of vectors (VV1a, VV2a) of N sets of a first pulse voltage are different from each other; the directions of vectors (VV1c, VV2c) of N sets of a second pulse voltage are different from each other; and the directions of vectors (VV1e, VV2e) of N sets of a third pulse voltage are different from each other. Furthermore, of the N sets of the first, second, and third pulse voltages, for the vectors having directions that are different from each other, at least some of the periods during which the voltages are applied overlap.



WO 2018/198725 A1

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,
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, 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 : N組の第1パルス電圧のベクトル (VV1 a, VV2 a) の向きがそれぞれ異なることと、N組の第2パルス電圧のベクトル (VV1 c, VV2 c) の向きがそれぞれ異なることと、N組の第3パルス電圧のベクトル (VV1 e, VV2 e) の向きがそれぞれ異なることとの少なくとも何れか1つが満たされる。さらに、N組の第1, 第2及び第3パルス電圧のうち、ベクトルの向きがそれぞれ異なるものは、電圧が印加される期間の少なくとも一部が重複する。

明 細 書

発明の名称：位相角推定装置

関連出願の相互参照

[0001] 本願は、2017年4月24日に出願された出願番号2017-085239の日本特許出願に基づく優先権を主張し、その開示の全てが参照によって本願に組み込まれる。

技術分野

[0002] 本開示は、同期モータの位相角の推定に関する。

背景技術

[0003] 特許文献1は、同期モータを対象に、パルス電圧を印加したときに発生する電流の変化量を検出し、この電流変化量から磁極位置を示す位相角の推定を行う方式を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第3687603号公報

発明の概要

[0005] 発明者らの検討の結果、上記先行技術の場合、モータを駆動するために印加する電圧に、上記のパルス電圧を重畳すると、パルス電圧が外乱となり、騒音の原因になるという課題が見出された。本開示は、上記を踏まえ、位相角の推定のためにパルス電圧を印加する場合に、騒音を抑制することを解決課題とする。

[0006] 本開示の一形態は、界磁としてのロータと、各々駆動系統が異なるN（Nは2以上の整数）組のコイルとを備えるモータを対象にして、前記ロータの位相角を推定する位相角推定装置であって、前記N組のコイルのそれぞれに、第1パルス電圧を印加し、前記第1パルス電圧を印加したタイミングとは異なるタイミングで第2パルス電圧を印加し、前記第1及び第2パルス電圧を印加したタイミングとは異なるタイミングで第3パルス電圧を印加する印

加部と、前記第1パルス電圧の印加によって前記N組のうちの少なくとも1組のコイルを流れる電流のベクトルである第1電流ベクトルと、前記第2パルス電圧の印加によって前記少なくとも1組のコイルを流れる電流のベクトルである第2電流ベクトルと、前記第3パルス電圧の印加によって前記少なくとも1組のコイルを流れる電流のベクトルである第3電流ベクトルとを取得する取得部と、前記第1、第2及び第3電流ベクトルに基づき、前記位相角を推定する推定部と、を備え、前記N組の第1パルス電圧のベクトルの向きがそれぞれ異なることと、前記N組の第2パルス電圧のベクトルの向きがそれぞれ異なることと、前記N組の第3パルス電圧のベクトルの向きがそれぞれ異なることとの少なくとも何れか1つが満たされ、前記N組の第1、第2及び第3パルス電圧のうち、前記ベクトルの向きがそれぞれ異なるものは、電圧が印加される期間の少なくとも一部が重複する位相角推定装置である。この形態によれば、第1～第3パルス電圧の印加による騒音の増大が抑制される。

図面の簡単な説明

- [0007] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
- [図1]図1は、電動パワーステアリング装置の構成図であり、
 - [図2]図2は、モータの構成図であり、
 - [図3]図3は、第1駆動回路および第2駆動回路の回路図であり、
 - [図4]図4は、位相角を推定するための機能ブロック図であり、
 - [図5]図5は、U1軸における電圧および電流の変調率の時間変化を示すグラフであり、
 - [図6]図6は、V1軸における電圧および電流の変調率の時間変化を示すグラフであり、
 - [図7]図7は、W1軸における電圧および電流の変調率の時間変化を示すグラフであり、
 - [図8]図8は、U2軸における電圧および電流の変調率の時間変化を示すグラフ

フであり、

[図9]図9は、V2軸における電圧および電流の変調率の時間変化を示すグラフであり、

[図10]図10は、W2軸における電圧および電流の変調率の時間変化を示すグラフであり、

[図11]図11は、第1駆動回路についてのd軸における電圧および電流の変調率の時間変化を示すグラフであり、

[図12]図12は、第1駆動回路についてのq軸における電圧および電流の変調率の時間変化を示すグラフであり、

[図13]図13は、第2駆動回路についてのd軸における電圧および電流の変調率の時間変化を示すグラフであり、

[図14]図14は、第2駆動回路についてのq軸における電圧および電流の変調率の時間変化を示すグラフであり、

[図15]図15は、時刻 t_a における電圧ベクトル及び電流ベクトルを示す図であり、

[図16]図16は、時刻 t_b における電圧ベクトル及び電流ベクトルを示す図であり、

[図17]図17は、時刻 t_c における電圧ベクトル及び電流ベクトルを示す図であり、

[図18]図18は、時刻 t_d における電圧ベクトル及び電流ベクトルを示す図であり、

[図19]図19は、時刻 t_e における電圧ベクトル及び電流ベクトルを示す図であり、

[図20]図20は、時刻 t_f における電圧ベクトル及び電流ベクトルを示す図であり、

[図21]図21は、第1駆動回路によって印加される電圧ベクトルを示す図であり、

[図22]図22は、第2駆動回路によって印加される電圧ベクトルを示す図で

あり、

[図23]図23は、第1駆動回路によって発生する電流ベクトルを示す図であり、

[図24]図24は、第2駆動回路によって発生する電流ベクトルを示す図であり、

[図25]図25は、U1軸における電圧および電流の変調率の時間変化を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0008] 図1に示すように、電動パワーステアリング装置5は、ステアリング機構10と、モータ20と、モータ駆動ユニット50と、ECU100とを主要部として備えている。

[0009] ステアリング機構10は、ステアリングホイール11の回転操作により左右前輪FWL, FWRを転舵するための機構である。ステアリング機構10は、ステアリングシャフト12を備える。ステアリングシャフト12は、ステアリングホイール11の回転に伴って回転する。

[0010] ステアリングシャフト12の下端には、ピニオンギヤ13が接続されている。ピニオンギヤ13は、ラックバー14に形成されたラック歯と噛み合っており、ラックバー14と共にラックアンドピニオン機構を構成する。左右前輪FWL, FWRは、ステアリングシャフト12の軸線回りの回転に伴うラックバー14の軸線方向の変位に応じて左右に操舵される。

[0011] ラックバー14には、モータ20が組み付けられている。モータ20は、ステアリング機構10に組み付けられ、アシストトルクを発生する。モータ20の出力軸は、ボールねじ機構16を介してラックバー14に動力が伝達するように接続されている。ボールねじ機構16は、減速機および回転直線変換器として機能する。ボールねじ機構16は、モータ20の回転を減速すると共に直線運動に変換してラックバー14に伝達する。

[0012] ステアリングシャフト12には、トルクセンサ17が設けられる。トルクセンサ17は、例えば、トーションバーのねじれ角度をレゾルバ等により検

出し、このねじれ角に基づいてステアリングシャフト12に働いた操舵トルク T_r を検出する。トーションバーは、ステアリングシャフト12の中間部に設けられる。なお、トーションバーは、図示されていない。

- [0013] モータ20は、永久磁石同期モータである。図2に示すように、モータ20は、ロータ21と、ステータ22とを備えている。ロータ21は、界磁である。ロータ21は、SPM型である。SPMは、Surface Permanent Magnetの頭字語である。つまり、ロータ21は、鉄心の表面に永久磁石を備える。
- [0014] ステータ22は、図3に示す第1コイル221と第2コイル222とを備える。第1コイル221及び第2コイル222は、駆動系統の異なる2組の3相コイルである。
- [0015] 第1コイル221は、図2に示すティース24に巻回される。ティース24は、ステータコア23に設けられている。第1コイル221は、図3に示すように、第1U相コイルU1、第1V相コイルV1、第1W相コイルW1を備える。
- [0016] 第1U相コイルU1は、U相コイルU11とU相コイルU12とを直列に接続して構成される。U相コイルU11及びU相コイルU12は、図2に示すように、ロータ21を挟んで向かい合うように配置されている。
- [0017] 第1V相コイルV1は、第1U相コイルU1よりも周方向に120度ずれた位置に設けられる。第1V相コイルV1は、V相コイルV11とV相コイルV12とを直列に接続して構成される。V相コイルV11及びV相コイルV12は、ロータ21を挟んで向かい合うように配置されている。
- [0018] 第1W相コイルW1は、第1U相コイルU1及び第1V相コイルV1よりも周方向に120度ずれた位置に設けられる。第1W相コイルW1は、W相コイルW11とW相コイルW12とを直列に接続して構成される。W相コイルW11及びW相コイルW12は、ロータ21を挟んで向かい合うように配置されている。第1U相コイルU1、第1V相コイルV1及び第1W相コイルW1は、それぞれ片側端にて電氣的に接続されている。この片側端とは、図3に示された中点M1のことである。

- [0019] 第2コイル222は、ティース24に巻回される。第2コイル222は、第2U相コイルU2、第2V相コイルV2、第2W相コイルW2を備える。
- [0020] 第2U相コイルU2は、第1U相コイルU1よりも周方向に30度ずれた位置に設けられる。第2U相コイルU2は、U相コイルU21とU相コイルU22とを直列に接続して構成される。U相コイルU21及びU相コイルU22は、ロータ21を挟んで向かい合うように配置されている。
- [0021] 第2V相コイルV2は、第2U相コイルU2よりも周方向に120度ずれた位置に設けられる。第2V相コイルV2は、V相コイルV21とV相コイルV22とを直列に接続して構成される。V相コイルV21及びV相コイルV22は、ロータ21を挟んで向かい合うように配置されている。
- [0022] 第2W相コイルW2は、第2U相コイルU2及び第2V相コイルV2よりも周方向に120度ずれた位置に設けられる。第2W相コイルW2は、W相コイルW21とW相コイルW22とを直列に接続して構成される。W相コイルW21及びW相コイルW22は、ロータ21を挟んで向かい合うように配置されている。第2U相コイルU2、第2V相コイルV2及び第2W相コイルW2は、それぞれ片側端にて電氣的に接続されている。この片側端とは、図3に示された中点M2のことである。
- [0023] 図1に示すように、モータ駆動ユニット50は、第1コイル221に通電するための第1駆動回路30と、第2コイル222に通電するための第2駆動回路40とを備えている。第1駆動回路30は、図3に示すように、第1電源ライン611とグラウンドライン621とを介して車載バッテリー60から給電される。第1駆動回路30は、MOS-FETからなる6個のスイッチング素子31~36により3相インバータ回路を構成したものである。MOS-FETは、Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistorの頭字語である。
- [0024] 第1駆動回路30は、次の3つの回路を並列接続した構成を有する。1つ目の回路は、第1スイッチング素子31と第2スイッチング素子32とを直列接続した回路である。2つ目の回路は、第3スイッチング素子33と第4

スイッチング素子34とを直列接続した回路である。3つ目の回路は、第5スイッチング素子35と第6スイッチング素子36とを直列接続した回路である。

[0025] 第1駆動回路30は、第1U電力供給ライン37Uと、第1V相電力供給ライン37Vと、第1W相電力供給ライン37Wとを備える。

[0026] 第1U電力供給ライン37Uは、2つのスイッチング素子31, 32間と、第1U相コイルU1とを繋ぐ。第1V相電力供給ライン37Vは、2つのスイッチング素子33, 34間と、第1V相コイルV1とを繋ぐ。第1W相電力供給ライン37Wは、2つのスイッチング素子35, 36間と、第1W相コイルW1とを繋ぐ。

[0027] 3つの電力供給ライン37U, 37V, 37Wには、相開放リレー38U, 38V, 38Wが設けられている。相開放リレー38U, 38V, 38Wを開くことによって、第1コイル221への通電を遮断できるようになっている。

[0028] グラウンドライン621とスイッチング素子32, 34, 36との間には、シャント抵抗39U, 39V, 39Wが設けられる。図1に示す第1電流センサ71は、各相に流れる電流値を、シャント抵抗39U, 39V, 39Wの両端電圧を測定することによって測定する。

[0029] 第1駆動回路30には、図3に示すように、第1電源ライン611とグラウンドライン621とを接続する平滑用コンデンサ631が設けられる。第1電源ライン611には、電源リレー641が設けられている。

[0030] 第2駆動回路40は、第2電源ライン612と第2グラウンドライン622とを介して車載バッテリー60から給電される。第2駆動回路40は、第1駆動回路30と同様に、MOS-FETからなる6個のスイッチング素子41~46により3相インバータ回路を構成したものである。

[0031] 第2駆動回路40は、第2U電力供給ライン47U、第2V相電力供給ライン47V及び第2W相電力供給ライン47Wを備える。

[0032] 第2U電力供給ライン47Uは、2つのスイッチング素子41, 42間と

、第2 U相コイルU 2とを繋ぐ。第2 V相電力供給ライン4 7 Vは、2つのスイッチング素子4 3, 4 4間と、第2 V相コイルV 2とを繋ぐ。第2 W相電力供給ライン4 7 Wは、2つのスイッチング素子4 5, 4 6間と、第2 W相コイルW 2とを繋ぐ。

[0033] 3つの電力供給ライン4 7 U, 4 7 V, 4 7 Wには、相開放リレー4 8 U, 4 8 V, 4 8 Wが設けられている。相開放リレー4 8 U, 4 8 V, 4 8 Wを開くことによって、第2 コイル2 2 2への通電を遮断できるようになっている。第2 グラウンドライン6 2 2とスイッチング素子4 2, 4 4, 4 6との間には、シャント抵抗4 9 U, 4 9 V, 4 9 Wが設けられる。

[0034] 図1に示す第2 電流センサ7 2は、各相に流れる電流値を、シャント抵抗4 9 U, 4 9 V, 4 9 Wの両端電圧を測定することによって測定する。

[0035] 第2 駆動回路4 0には、第2 電源ライン6 1 2と第2 グラウンドライン6 2 2とを接続する平滑用コンデンサ6 3 2が設けられている。第2 電源ライン6 1 2には、電源リレー6 4 2が設けられている。

[0036] 車載バッテリー6 0は、正極に主電源ライン6 1が接続される。主電源ライン6 1は、第1 電源ライン6 1 1と第2 電源ライン6 1 2とに分岐している。車載バッテリー6 0の負極には、主グラウンドライン6 2が接続される。主グラウンドライン6 2は、第1 グラウンドライン6 2 1と第2 グラウンドライン6 2 2とに分岐している。主電源ライン6 1には、平滑用コイル6 3が設けられている。

[0037] ECU 1 0 0は、平滑用コンデンサ6 3 1, 6 3 2の電圧値の入力を受けることによって、車載バッテリー6 0の電圧を検出する。ECU 1 0 0は、検出した車載バッテリー6 0の電圧を、変調率の計算に利用する。

[0038] 第1 電流センサ7 1によって検出される第1 コイル2 2 1の第1 U相コイルU 1に流れる電流をコイル電流 i_{u1} と呼び、第1 V相コイルV 1に流れる電流をコイル電流 i_{v1} と呼び、第1 W相コイルW 1に流れる電流をコイル電流 i_{w1} と呼ぶ。同様に、第2 電流センサ7 2によって検出される第2 コイル2 2 2の第2 U相コイルU 2に流れる電流をコイル電流 i_{u2} と呼び、第2 V相コイル

V2に流れる電流をコイル電流 i_{v2} と呼び、第2W相コイルW2に流れる電流をコイル電流 i_{w2} と呼ぶ。ECU100は、各相の端子電位を電流フィードバックから計算する。

[0039] 第1駆動回路30の各スイッチング素子31~36、および、第2駆動回路40の各スイッチング素子41~46は、それぞれゲートがECU100に接続され、ECU100から出力されるPWM制御信号によりデューティ比が制御される。これによりモータ20の駆動電圧が目標電圧に調整される。ECU100は、2つのコイル221, 222に通電した状態でモータ20が目標アシストトルクを出力するようにPWM制御信号を生成する。

[0040] 図2に示すように、第1コイル221と第2コイル222とがステータ22の周方向に30度ずらして2組設けられているため、本実施形態では、U相コイルU11とU相コイルU21との中間位置を α 軸として定義する。

[0041] α 軸からみたU相コイルU11方向をオフセット角 $\theta 1$ 、 α 軸からみたU相コイルU21方向をオフセット角 $\theta 2$ と定義する。本実施形態では、オフセット角 $\theta 1$ は15度、オフセット角 $\theta 2$ は-15度である。第1コイル221、第2コイル222に流れる電流は、オフセット角 $\theta 1$ 、オフセット角 $\theta 2$ だけ位相が調整される。

[0042] ECU100は、トルクセンサ17、電流センサ71, 72、および、車速を検出する車速センサ19の測定値、並びに、操舵トルク T_r 、コイル電流 i_{u1} , i_{v1} , i_{w1} , i_{u2} , i_{v2} , i_{w2} 、車速 V_x を表す信号を取得する。ECU100は、取得した信号に基づいて、運転者の操舵に応じた最適なアシストトルクが得られるように、モータ20の各コイル221, 222に流す指令電流を演算し、その指令電流が流れるように各駆動回路30, 40の各スイッチング素子31~36, 41~46のデューティ比を制御する。

[0043] ECU100は、電源リレー641, 642に対して開閉制御信号を送信することによって、各駆動回路30, 40への電源供給状態を制御できるようになっている。

[0044] ECU100が行うモータ20の制御について説明する。ECU100は

、図2に示すように、 $d-q$ 座標系を用いた電流ベクトル制御によってモータ20の回転を制御する。 d 軸は、ロータ21に設けられた永久磁石の磁界が貫く方向である。N極の向きが、 d 軸の正の向きである。 q 軸は、 d 軸に対して電氣的に90度だけ進んだ方向である。ロータの磁極位置を表す位相角 θ_e は、 α 軸と d 軸とのなす角で表される。

[0045] $d-q$ 座標系における電流ベクトルの d 軸成分を d 軸電流と呼び、 q 軸成分を q 軸電流と呼ぶ。 q 軸電流は、 q 軸方向に磁界が発生するように作用する。従って、 q 軸電流は、トルクを発生させる。一方、 d 軸電流は、 d 軸方向に磁界を発生させるため、モータトルクを発生させず、弱め界磁制御に使用される。ECU100は、最大のモータトルク効率を得るために、電流ベクトルが q 軸上を移動するように電流位相を制御する。ECU100は、こうした電流ベクトル制御のために、位相角 θ_e を推定する。

[0046] 図4に示すように、ECU100は、位相角 θ_e を推定するために、印加部110、取得部120及び推定部130としての機能を実現する。ECU100は、これらの機能を、ECU100に記憶されているプログラムを実行することによって実現する。

[0047] 印加部110は、図5～図10に示すように、1セットとして6回、パルス電圧を、第1駆動回路30及び第2駆動回路40のそれぞれに印加する。印加部110は、上記パルス電圧を、ロータ21にトルクを発生させるための電圧に重畳する。これら6回のパルス電圧を印加するのに要する時間は、上記したモータトルクを発生させるための電流ベクトルが1回転する時間よりも十分に短い。本実施形態におけるパルス電圧の波形は、矩形波である。パルス電圧の振幅は、モータトルクを発生させるための電圧の振幅よりも十分に小さい。

[0048] 第1駆動回路30及び第2駆動回路40のそれぞれに1回目に印加されるパルス電圧は、同期間に印加される。つまり、時刻 t_a から印加が開始され、時間 T の後、変調率の符号が反転し、さらに時間 T の後、印加が終了する。反転前後で、電圧振幅の絶対値は同じである。2回目～6回目に印加され

るパルス電圧についても同様である。このように時間 $2T$ に亘って印加される電圧のことを、本実施形態では、パルス電圧と呼ぶ。

[0049] 取得部 120 は、第 1 駆動回路 30 及び第 2 駆動回路 40 のそれぞれから、パルス電流の入力を受ける。取得部 120 は、電圧ベクトル $VV1a \sim VV1f$ 、 $VV2a \sim VV2f$ それぞれに対応する電流ベクトル $Vl1a \sim Vl1f$ 、 $Vl2a \sim Vl2f$ を、入力されたパルス電流に基づき取得する。

[0050] 以下では、位相角 θ_e がゼロ度、つまり α 軸と d 軸とが一致している場合を例にとって説明する。このため $d-q$ 座標系による図示の方が分かりやすいため、以下では、図 5 ~ 図 10 の代わりに図 11 ~ 図 14 を参照されたい。

[0051] 印加部 110 は、図 15 に示された電圧ベクトル $VV1a$ 及び電圧ベクトル $VV2a$ が同期間に発生するように、時刻 t_a からパルス電圧を印加する。なお、本来、印加できる電圧ベクトルの向きは、6 方向に限られる。6 方向とは、第 1 駆動回路 30 の場合であれば、 $U1$ 軸方向、 $V1$ 軸方向および $W1$ 軸方向、並びに、 $U1$ 軸方向及び $V1$ 軸方向の中間の方向、 $V1$ 軸方向及び $W1$ 軸方向の中間の方向、 $W1$ 軸方向及び $U1$ 軸方向の中間の方向である。但し、PWM 制御信号によるデューティ比の制御によって、実質的には任意の向きの電圧ベクトルを印加することができる。

[0052] 同様に、印加部 110 は、図 16 に示された電圧ベクトル $VV1b$ 及び電圧ベクトル $VV2b$ が同期間に発生するように、時刻 t_b からパルス電圧を印加する。印加部 110 は、図 17 に示された電圧ベクトル $VV1c$ 及び電圧ベクトル $VV2c$ が同期間に発生するように、時刻 t_c からパルス電圧を印加する。印加部 110 は、図 18 に示された電圧ベクトル $VV1d$ 及び電圧ベクトル $VV2d$ が同期間に発生するように、時刻 t_d からパルス電圧を印加する。印加部 110 は、図 19 に示された電圧ベクトル $VV1e$ 及び電圧ベクトル $VV1e$ 同期間に発生するように、時刻 t_e からパルス電圧を印加する。印加部 110 は、図 20 に示された電圧ベクトル $VV1f$ 及び電圧ベクトル $VV1f$ が同期間に発生するように、時刻 t_f からパルス電圧を印

加する。

[0053] 電圧ベクトル $VV1a$ 及び電圧ベクトル $VV2a$ は、位相角が 180 度、異なる。電圧ベクトルの位相角、つまり電圧ベクトルの向きは、各時刻についての 1 回目の時間 T において印加される電圧によって決定される。例えば、第 1 駆動回路 30 によって時刻 t_a から印加されるパルス電圧の場合、 1 回目の時間 T において印加される電圧の変調率は、図 11 に示すように d 軸については正值であり、図 12 に示すように q 軸についてはゼロである。このため、上記パルス電圧による電圧ベクトルの位相角は、ゼロ度である。

[0054] 電圧ベクトル $VV1a$ 及び電圧ベクトル $VV2a$ の絶対値は同じである。このため、電圧ベクトル $VV1a$ 及び電圧ベクトル $VV2a$ は、 180 度対称の性質を有する。電圧ベクトル $VV1b\sim VV1f$ 及び電圧ベクトル $VV2b\sim VV2f$ の各々の組み合わせにおいても、 180 度対称の性質を有する。

[0055] 図 21 に示すように、電圧ベクトル $VV1a\sim VV1f$ は、絶対値が等しい。このため、図 21 に示すように、電圧ベクトル $VV1a\sim VV1f$ は、 60 度対称の性質を有する。電圧ベクトル $VV2a\sim VV2f$ も同様に、図 22 に示すように、絶対値が等しいため、 60 度対称の性質を有する。このような回転対称の性質によって、電流ベクトルが 60 度間隔で観測される。なお、電流ベクトルは、絶対値が全て等しくなる訳ではないので、狭義の 60 度対称の性質は有さない。

[0056] ロータ 21 の中心から径方向外側に向かう半直線に沿った透磁率は、図 2 に示したSPM型としての構造上、位相角 θ_e に依存しない。このため、電流ベクトル $Vl1a\sim Vl1f$ の絶対値は、磁気飽和が発生していない場合、理想的には全て等しくなる。但し、本実施形態では、磁気飽和が発生するようにパルス電圧の電圧振幅が定められているため、電流ベクトル $Vl1a\sim Vl1f$ の絶対値は、位相角 θ_e に依存する。このため、位相角 θ_e の推定が可能である。

[0057] 推定部 130 は、取得部 120 から、電流ベクトル $Vl1a\sim Vl1f$,

$V_{12a} \sim V_{12f}$ の入力を受ける。推定部130は、電流ベクトル $V_{11a} \sim V_{11f}$ 、 $V_{12a} \sim V_{12f}$ の合成ベクトルを算出し、算出した合成ベクトルと α 軸とのなす角度が位相角 θ_e であると推定する。上記の合成ベクトルは、電流ベクトル V_{11R} 及び電流ベクトル V_{12R} の合成ベクトルに等しい。

[0058] 電流ベクトル $V_{11a} \sim V_{11f}$ の合成ベクトルである電流ベクトル V_{11R} は、図23に示すように、 α 軸に一致している。同様に、電流ベクトル $V_{12a} \sim V_{12f}$ の合成ベクトルである電流ベクトル V_{12R} は、図24に示すように、 α 軸に一致している。これらは何れも、 α 軸とd軸とが一致していること、及び磁気飽和が発生していることによってもたらされる。

[0059] 電流ベクトル V_{11R} 及び電流ベクトル V_{12R} は、理想的には一致するものの、実際には多少のずれが生じる。推定部130は、電流ベクトル V_{11R} 及び電流ベクトル V_{12R} の合成ベクトルを求めることによって、より高い精度で位相角 θ_e を推定できる。

[0060] 以上に説明した実施形態によれば、少なくとも以下の効果を得ることができる。

[0061] (1) 位相角を推定するために外乱となるパルス電圧を印加しても、静音化が実現される。図15に示すように、時刻 t_a から始まる期間において実質的に外乱電流として作用するのは、電流ベクトル V_{1Ra} である。電流ベクトル V_{1Ra} は、電流ベクトル V_{11a} 、 V_{12a} の合成ベクトルである。電流ベクトル V_{11a} と電流ベクトル V_{12a} とが概ね逆向きに発生するようにパルス電圧を印加するため、電流ベクトル V_{1Ra} の絶対値は、電流ベクトル V_{11a} の絶対値よりも小さい。このため、磁気飽和の発生によって大きなパルス電流が発生しても、騒音が軽減される。この現象は、時刻 t_d から始まる期間においても同様である。なお、図15～図20、図23、図24においては、説明の便宜上、図5～図14に比べて、磁気飽和による影響が誇張して示されている。

[0062] 時刻 t_b 、 t_c 、 t_e 、 t_f から始まる期間においても、合成された電流

ベクトルの絶対値は、少なくとも、大きい方の電流ベクトルの絶対値に比べて小さい。このため、騒音が軽減される。大きい方の電流ベクトルは、d軸の正の向きに成分を持つ電流ベクトルが該当する。

- [0063] (2) 電圧ベクトル $VV1a \sim VV1f$ と電圧ベクトル $VV2a \sim VV2f$ とがそれぞれ60度対称の性質を有し、電流ベクトルが60度間隔で観測されるため、位相角 θe の推定が、簡潔な計算で、かつ正確に実施できる。
- [0064] (3) 合成ベクトルを求めるという簡易な演算によって、位相角 θe が推定できる。
- [0065] (4) 上記の合成ベクトルは、第1駆動回路30及び第2駆動回路40それぞれにおいて、観測される電流ベクトルに基づき算出されるので、位相角 θe の推定精度が良い。
- [0066] (5) 本開示の特徴によって静音化を実現するためには、少なくとも2つの駆動回路が必要である。本実施形態では、最小限の数の駆動回路を用いて静音化を実現しているため、低コストで実現でき、且つ、制御や演算が簡易になる。
- [0067] (6) 同じタイミングで印加されるパルス電圧による電圧ベクトルが、何れのタイミングの場合についても180度対称であることは、静音化に最も有利である。
- [0068] (7) パルス電圧が矩形波であることによって、パルス電圧の印加が容易になる。
- (8) ロータ21が永久磁石を備えるので、モータ20の効率の向上に貢献している。
- (9) ロータ21がSPM型であるので、小型化に貢献している。
- [0069] ECU100は位相角推定装置に、2組のコイル221, 222はN組のコイルに、6組のパルス電圧はM組のパルス電圧に、電流ベクトル $Vl1a$ は第1電流ベクトルに、電流ベクトル $Vl1c$ は第2電流ベクトルに、電流ベクトル $Vl1e$ は第3電流ベクトルに、電圧ベクトル $VV1a$, $VV2a$ はN組の第1パルス電圧のベクトルに、電圧ベクトル $VV1c$, $VV2c$ は

N組の第2パルス電圧のベクトルに、電圧ベクトル $V V 1 e$ 、 $V V 2 e$ はN組の第3パルス電圧のベクトルに、対応する。

[0070] 本開示は、本明細書の実施形態や実施例、変形例に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現できる。例えば、発明の概要の欄に記載した各形態中の技術的特徴に対応する実施形態、実施例、変形例中の技術的特徴は、先述の課題の一部又は全部を解決するために、或いは、先述の効果の一部又は全部を達成するために、適宜、差し替えや、組み合わせができる。その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除できる。例えば、以下のものが例示される。

[0071] パルス電圧の波形は、図25に示すように正弦波でもよい。なお、図25では、図5等に比べて電圧の振幅が大きく示されているが、実際には同程度の振幅である。パルス電圧が正弦波であることによって、発生する電流の変化が緩やかになり静音化に有利になる。

[0072] 第1駆動回路30及び第2駆動回路40のそれぞれに印加する電圧ベクトルは、180度対称の性質を有していなくてもよい。つまり、各期間におけるN組の電圧ベクトルの位相差は、 $(360/N)$ 度でなくてもよい。例えば、第1駆動回路30に印加される電圧ベクトルの位相と、第2駆動回路40に印加される電圧ベクトルの位相とが一致していなければよい。つまり、少なくとも1回分のパルス電圧の印加において、僅かにでも位相差があれば、従来に比べ騒音が抑制される。

[0073] 但し、各期間における電流ベクトルの合成ベクトルの絶対値は、少なくとも、最も絶対値が大きい電流ベクトルの絶対値よりも小さいことが好ましい。このため、 $N=2$ 、つまりコイルが2組であれば、位相差は90度よりも大きいことが好ましい。

[0074] 位相角 θe の推定に、第1駆動回路30及び第2駆動回路40の何れか一方のみの電流ベクトルを用いてもよい。

[0075] ロータ21は、IPM型でもよい。IPMは、Interior Permanent Magnetの頭字語である。つまり、鉄心の内部に、永久磁石が埋め込まれているタイ

プである。

- [0076] ロータ21は、永久磁石を備えなくてもよい。ロータ21は、例えば、巻線界磁型でもよい。巻線界磁型のロータは、鉄心に巻線が巻かれており、巻線に電流を流すことで、磁極を発生させる界磁である。
- [0077] N組のパルス電圧は、同期間に印加されてなくてもよい。つまり、変調率の符号が異なる期間が少なくとも一部で重複していればよい。
- [0078] N組のコイルのそれぞれに印加されるM組のパルス電圧は、(360/M)度対称の性質を有さなくてもよい。多少のずれがあっても、演算によって補償すればよい。
- [0079] 電圧ベクトルの絶対値は、全て等しくなくてもよい。例えば、一部の電圧ベクトルの場合には磁気飽和が発生し、残りの電圧ベクトルの場合には磁気飽和が発生しないようにしてもよい。
- [0080] モータ20の用途は、電動パワーステアリング装置5でなくてもよく、どのような装置に用いてもよい。
- [0081] 上記実施形態において、ソフトウェアによって実現された機能及び処理の一部又は全部は、ハードウェアによって実現されてもよい。また、ハードウェアによって実現された機能及び処理の一部又は全部は、ソフトウェアによって実現されてもよい。ハードウェアとしては、例えば、集積回路、ディスクリット回路、または、それらの回路を組み合わせた回路モジュールなど、各種回路を用いてもよい。

請求の範囲

[請求項1]

界磁としてのロータ (21) と、各々駆動系統が異なる N (N は2以上の整数) 組のコイル (221, 222) とを備えるモータ (20) を対象にして、前記ロータの位相角 (θ_e) を推定する位相角推定装置 (100) であって、

前記 N 組のコイルのそれぞれに、第1パルス電圧を印加し、前記第1パルス電圧を印加したタイミング (t_a) とは異なるタイミング (t_c) で第2パルス電圧を印加し、前記第1及び第2パルス電圧を印加したタイミングとは異なるタイミング (t_e) で第3パルス電圧を印加する印加部 (110) と、

前記第1パルス電圧の印加によって前記 N 組のうちの少なくとも1組のコイルを流れる電流のベクトルである第1電流ベクトル (V_{I1a}) と、前記第2パルス電圧の印加によって前記少なくとも1組のコイルを流れる電流のベクトルである第2電流ベクトル (V_{I1c}) と、前記第3パルス電圧の印加によって前記少なくとも1組のコイルを流れる電流のベクトルである第3電流ベクトル (V_{I1e}) とを取得する取得部 (120) と、

前記第1, 第2及び第3電流ベクトルに基づき、前記位相角を推定する推定部 (130) と、を備え、

前記 N 組の第1パルス電圧のベクトル (V_{V1a} , V_{V2a}) の向きがそれぞれ異なることと、前記 N 組の第2パルス電圧のベクトル (V_{V1c} , V_{V2c}) の向きがそれぞれ異なることと、前記 N 組の第3パルス電圧のベクトル (V_{V1e} , V_{V2e}) の向きがそれぞれ異なることとの少なくとも何れか1つが満たされ、

前記 N 組の第1, 第2及び第3パルス電圧のうち、前記ベクトルの向きがそれぞれ異なるものは、電圧が印加される期間の少なくとも一部が重複する

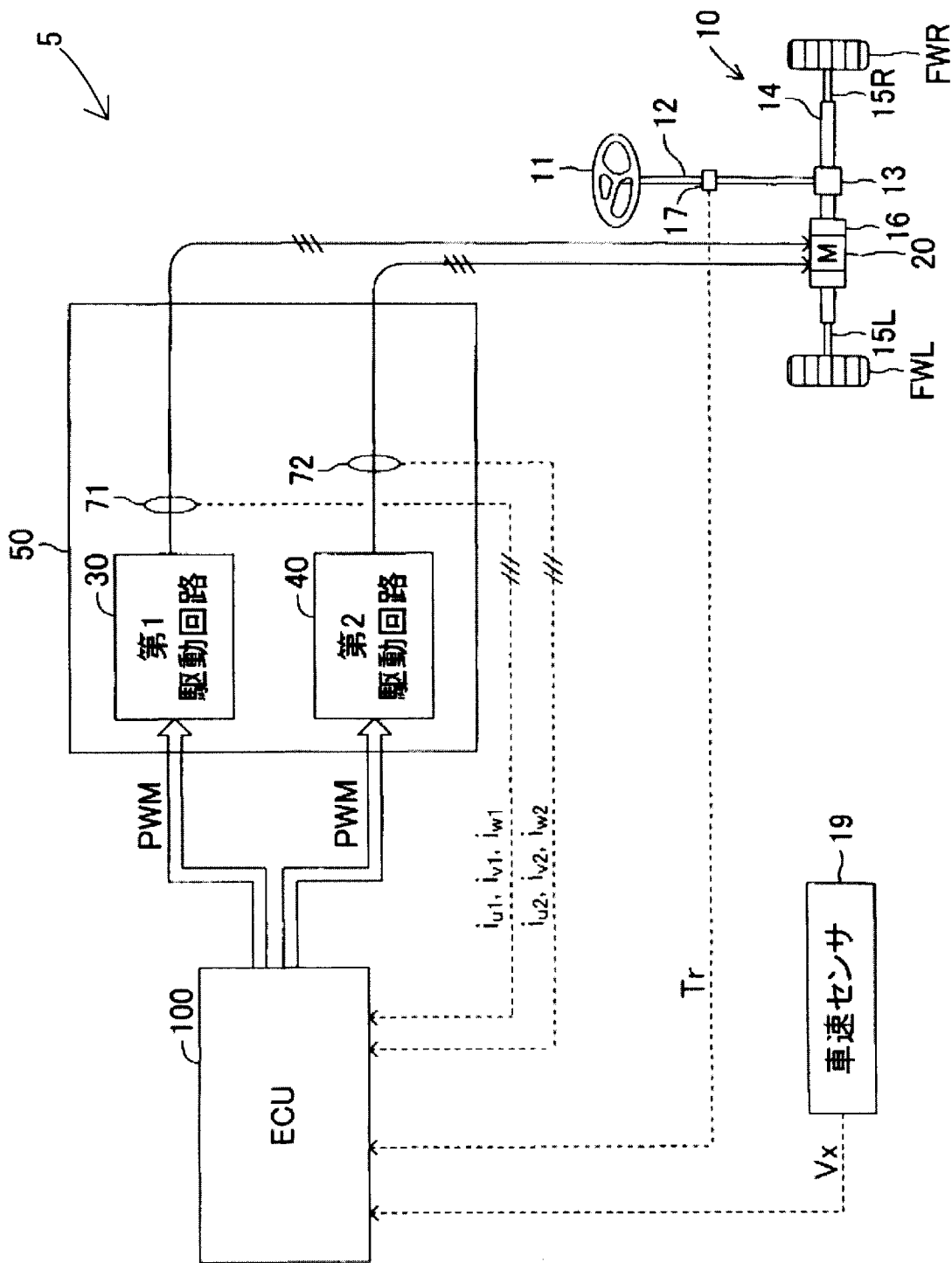
位相角推定装置。

- [請求項2] 前記印加部は、前記N組のコイルのそれぞれに、前記第1、第2及び第3パルス電圧を含むM（Mは3以上の整数）組のパルス電圧を各々異なるタイミングで印加し、
前記M組のパルス電圧は、（360／前記M）度対称の性質を有する
請求項1に記載の位相角推定装置。
- [請求項3] 前記推定部は、前記第1、第2及び第3電流ベクトルのベクトル和（ V_{I1R} ）に基づき前記位相角を推定する
請求項1又は請求項2に記載の位相角推定装置。
- [請求項4] 前記少なくとも1組のコイルは、前記N組のコイルであり、
前記取得部は、前記N組のコイルそれぞれを対象にして、前記第1、第2及び第3電流ベクトル（ V_{I1a} 、 V_{I1c} 、 V_{I1e} 、 V_{I2a} 、 V_{I2c} 、 V_{I2e} ）を取得し、
前記推定部は、前記N組の前記第1、第2及び第3電流ベクトルに基づき前記位相角を推定する
請求項1から請求項3までの何れか一項に記載の位相角推定装置。
- [請求項5] 前記Nは、2である
請求項1から請求項4までの何れか一項に記載の位相角推定装置。
- [請求項6] 前記N組の第1パルス電圧のベクトル、前記N組の第2パルス電圧のベクトル、及び前記N組の第3パルス電圧のベクトルの少なくとも何れか1つは、（360／前記N）度対称の性質を有する
請求項1から請求項5までの何れか一項に記載の位相角推定装置。
- [請求項7] 前記第1、第2及び第3パルス電圧の波形は、矩形波である
請求項1から請求項6までの何れか一項に記載の位相角推定装置。
- [請求項8] 前記第1、第2及び第3パルス電圧の波形は、正弦波である
請求項1から請求項6までの何れか一項に記載の位相角推定装置。
- [請求項9] 前記ロータは、永久磁石を備える
請求項1から請求項8までの何れか一項に記載の位相角推定装置。

[請求項10] 前記ロータは、SPM型である
請求項9に記載の位相角推定装置。

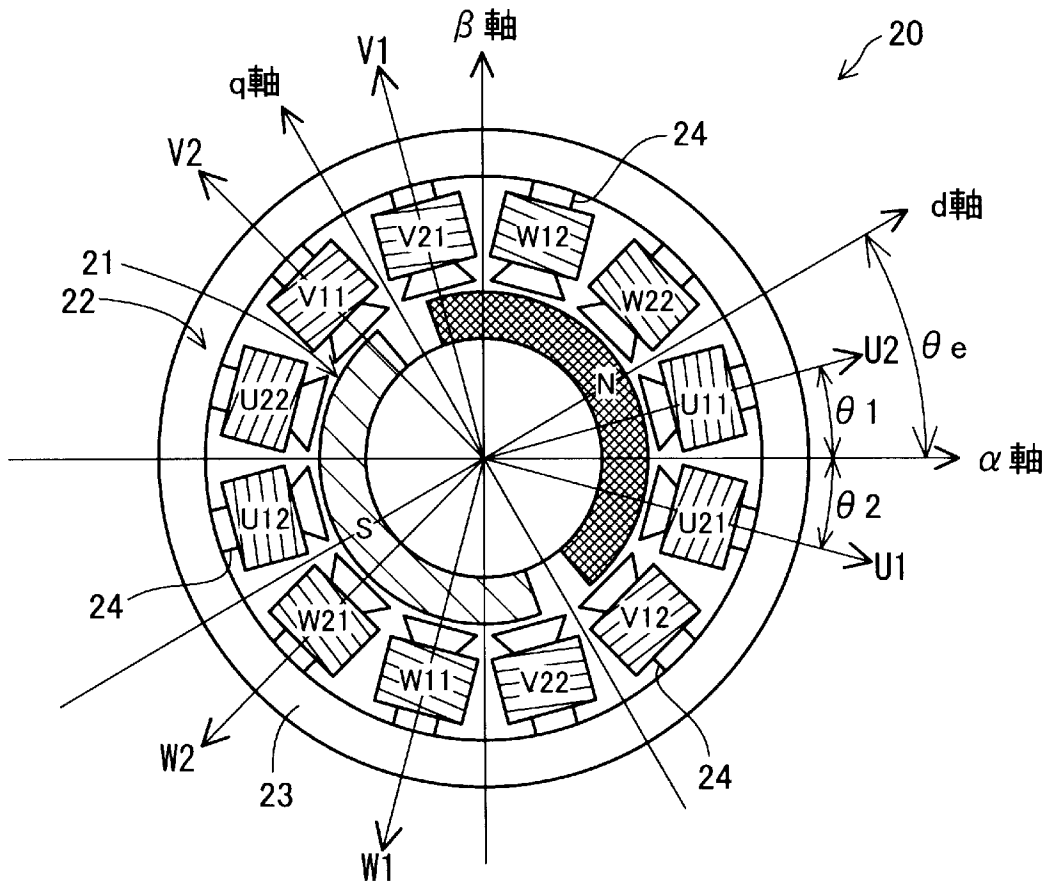
[図1]

図1

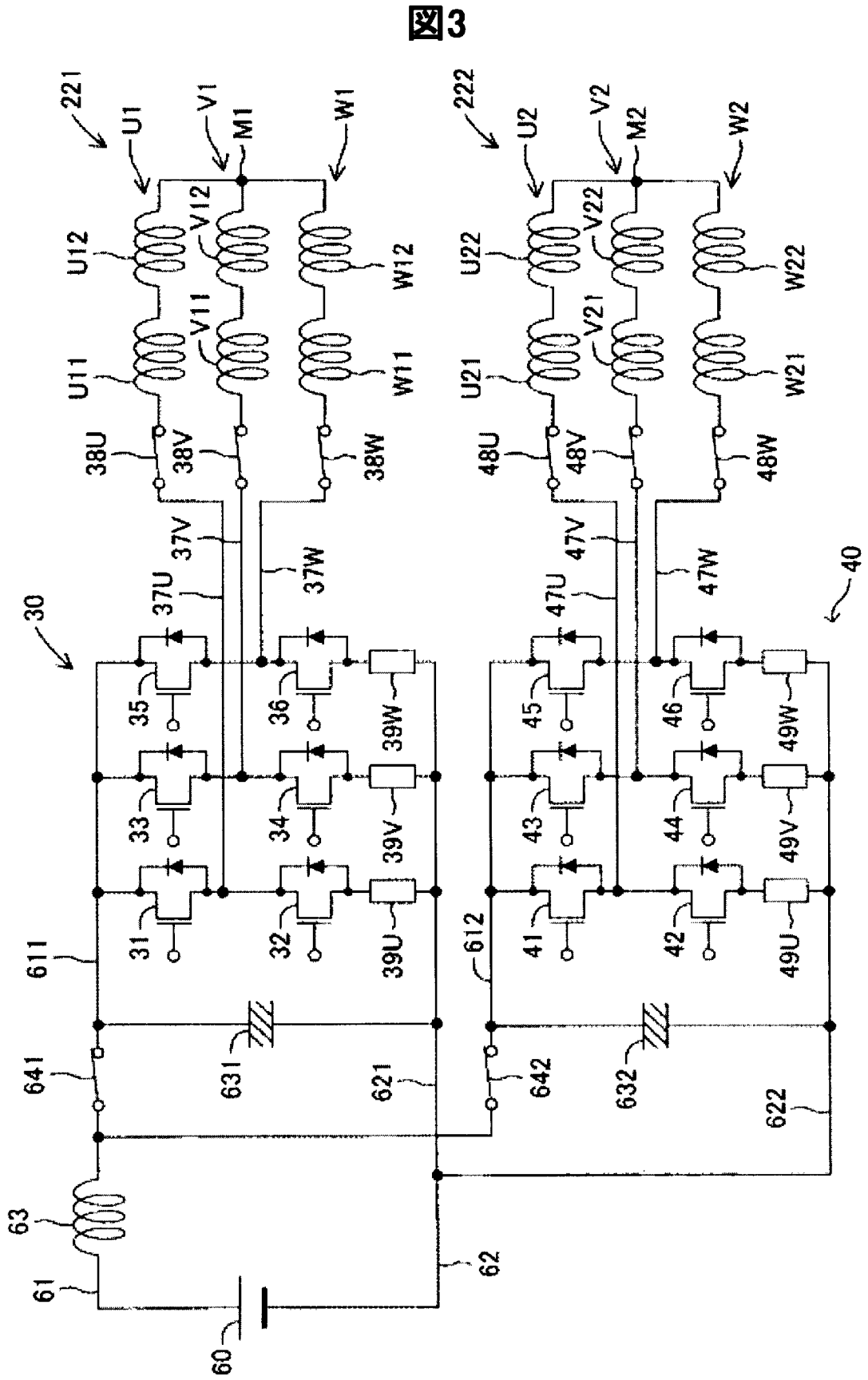


[図2]

図2

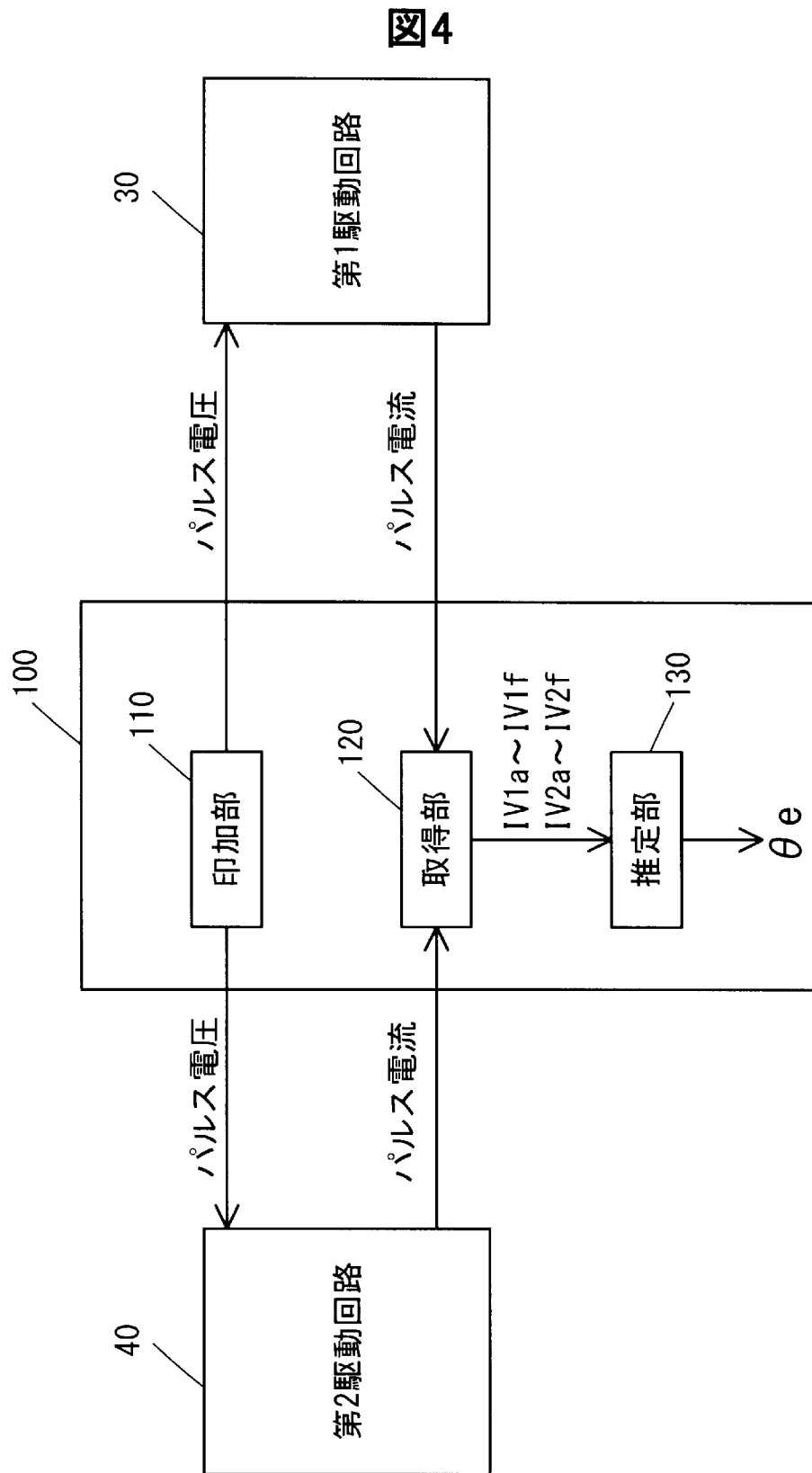


[図3]

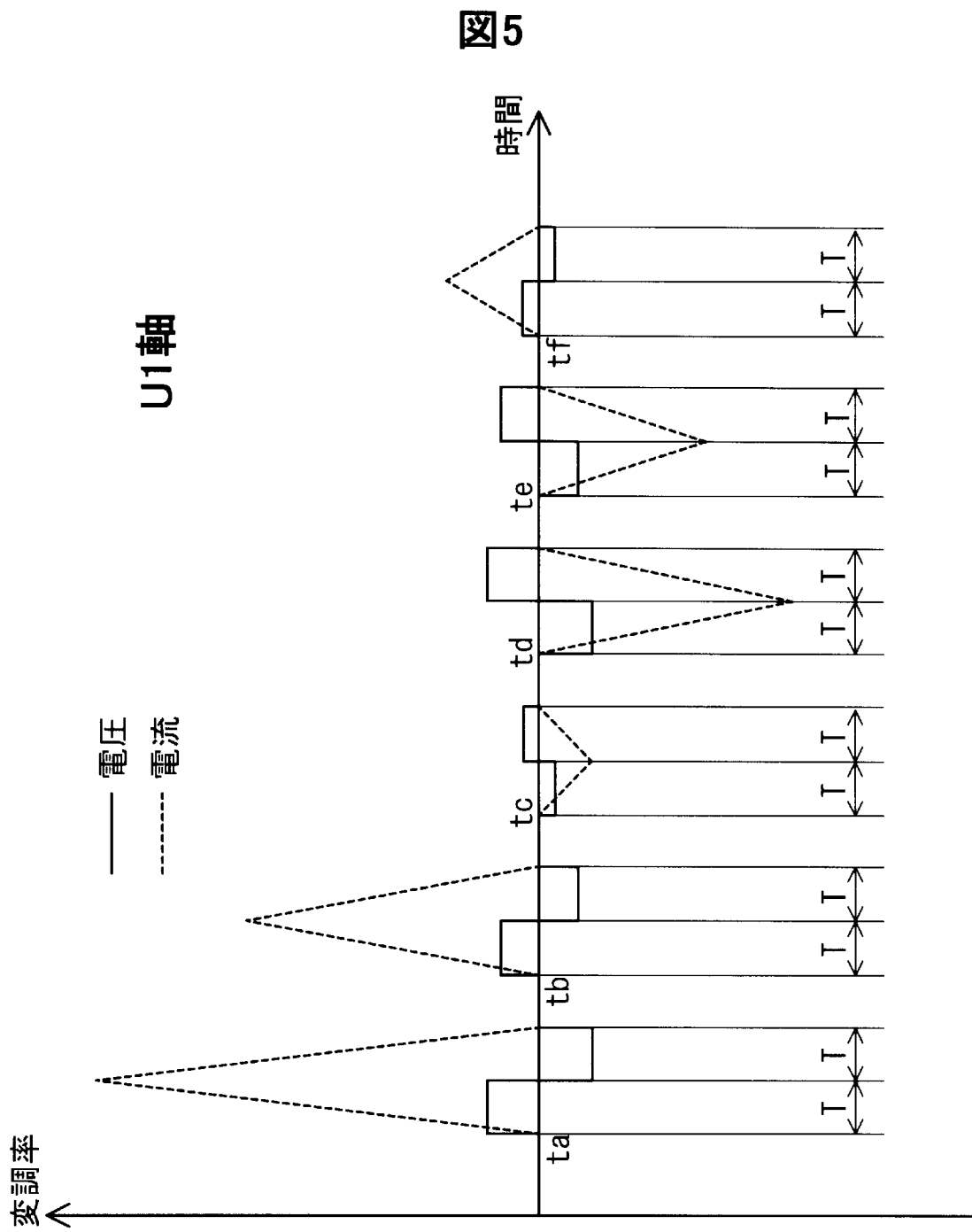


[図3]

[図4]

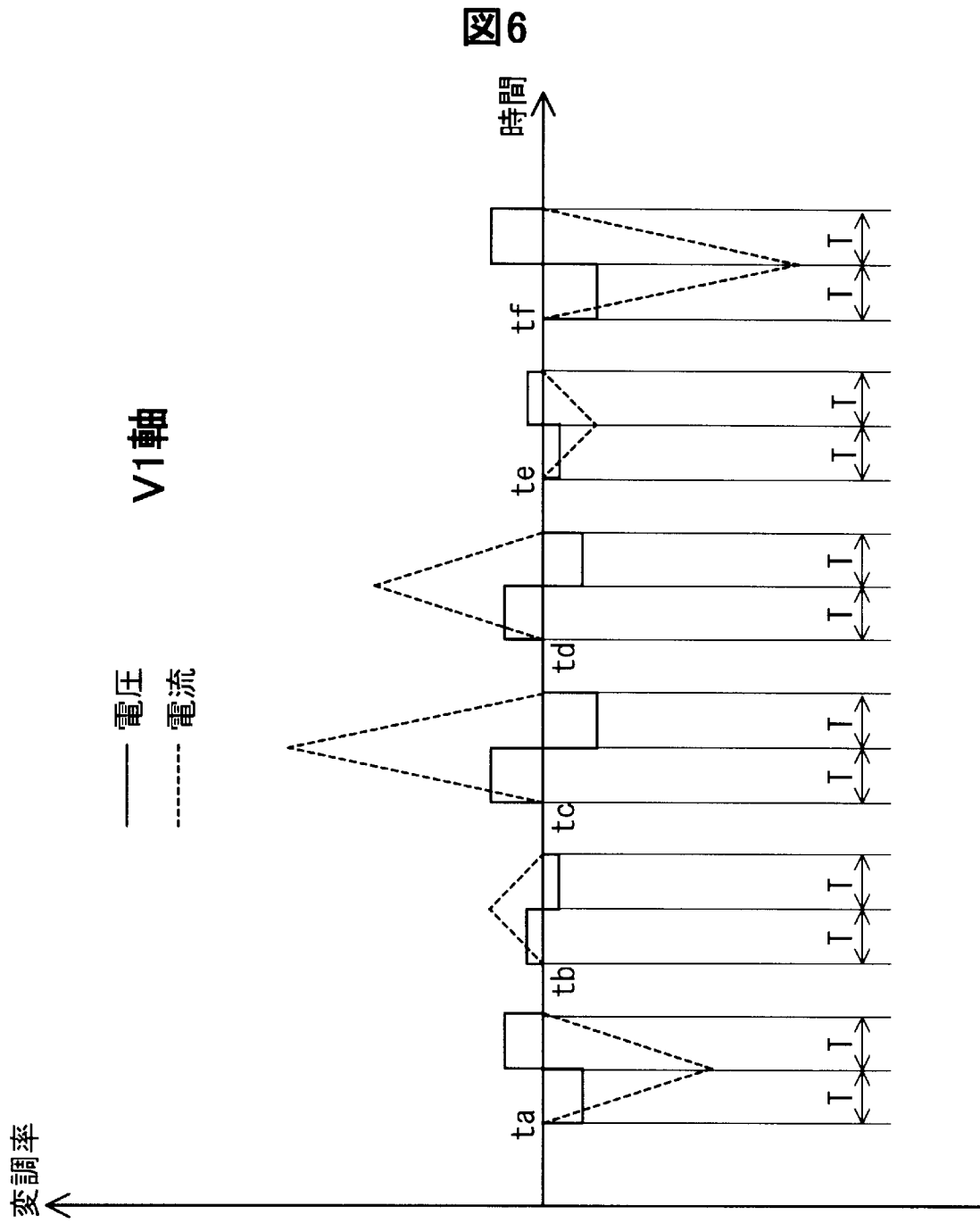


[図5]

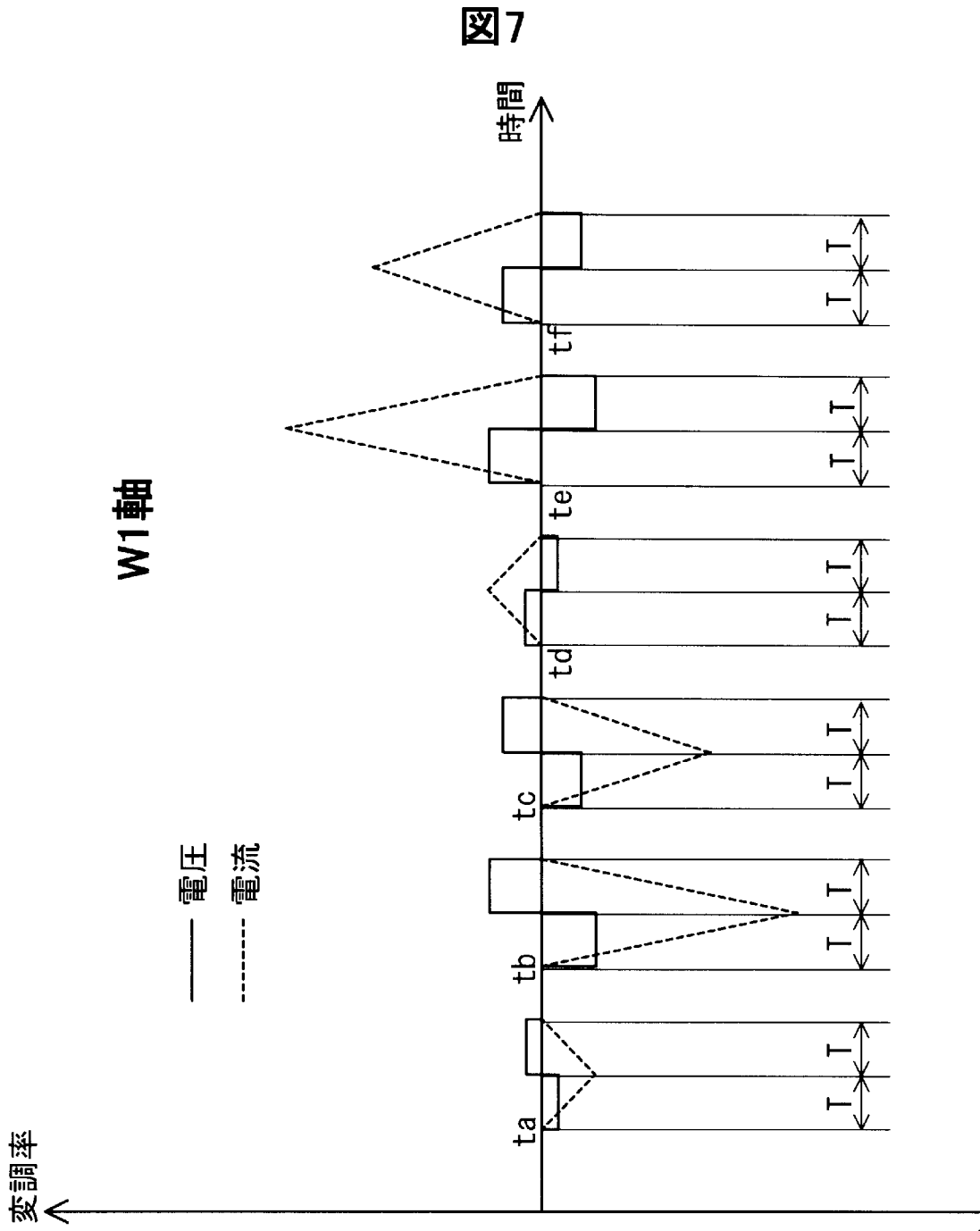


[図5]

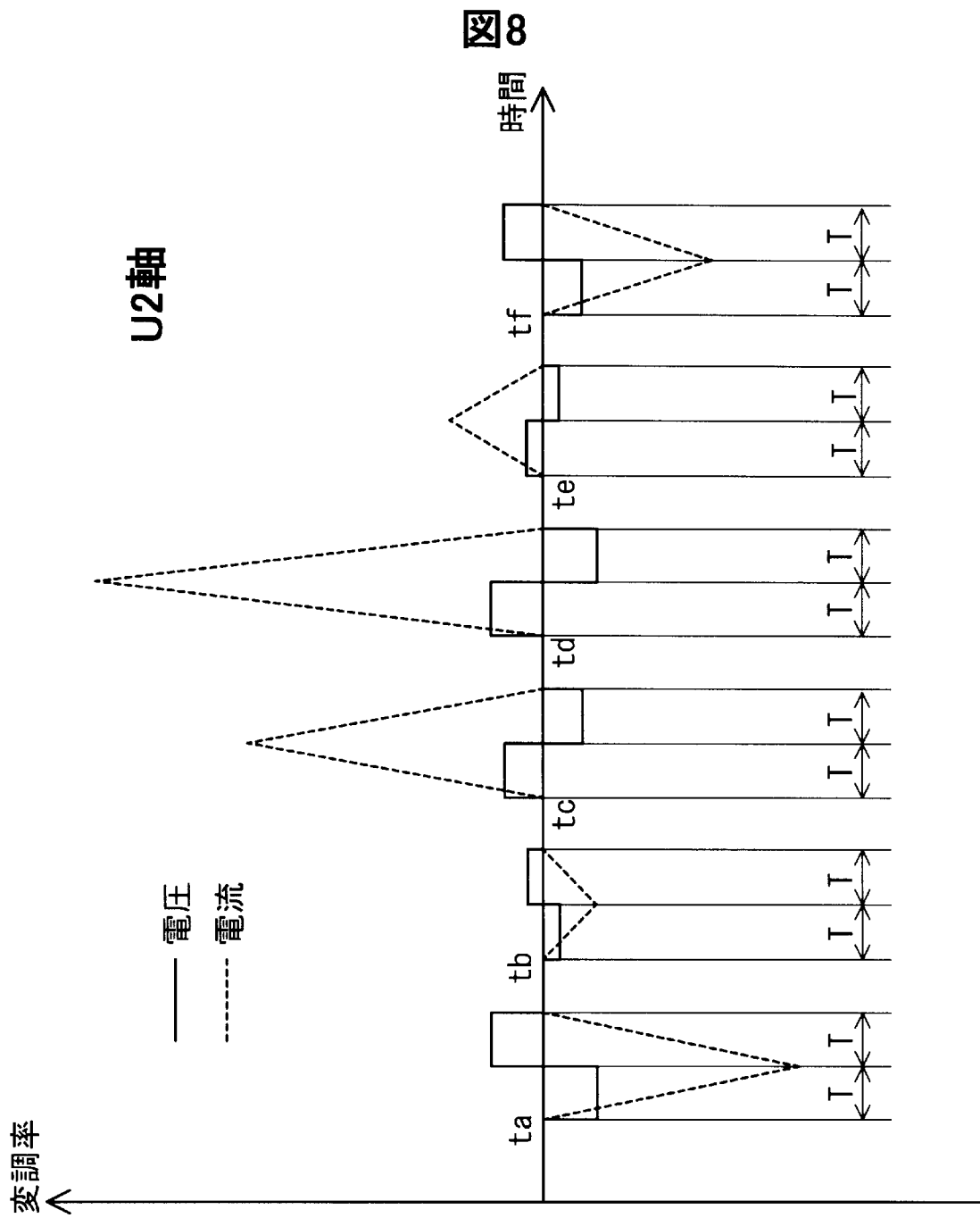
[図6]



[図7]

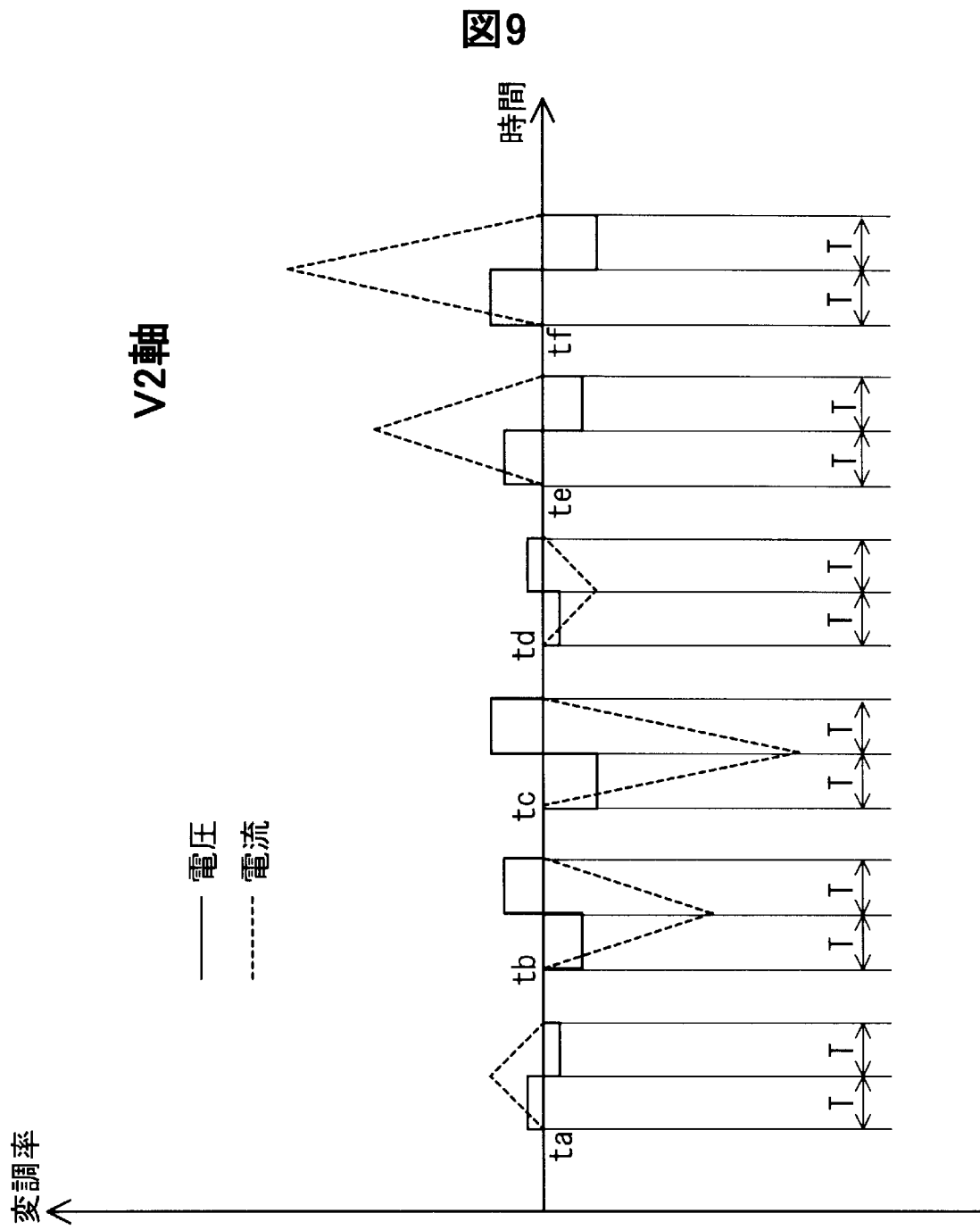


[図8]



[図8]

[図9]



[図10]

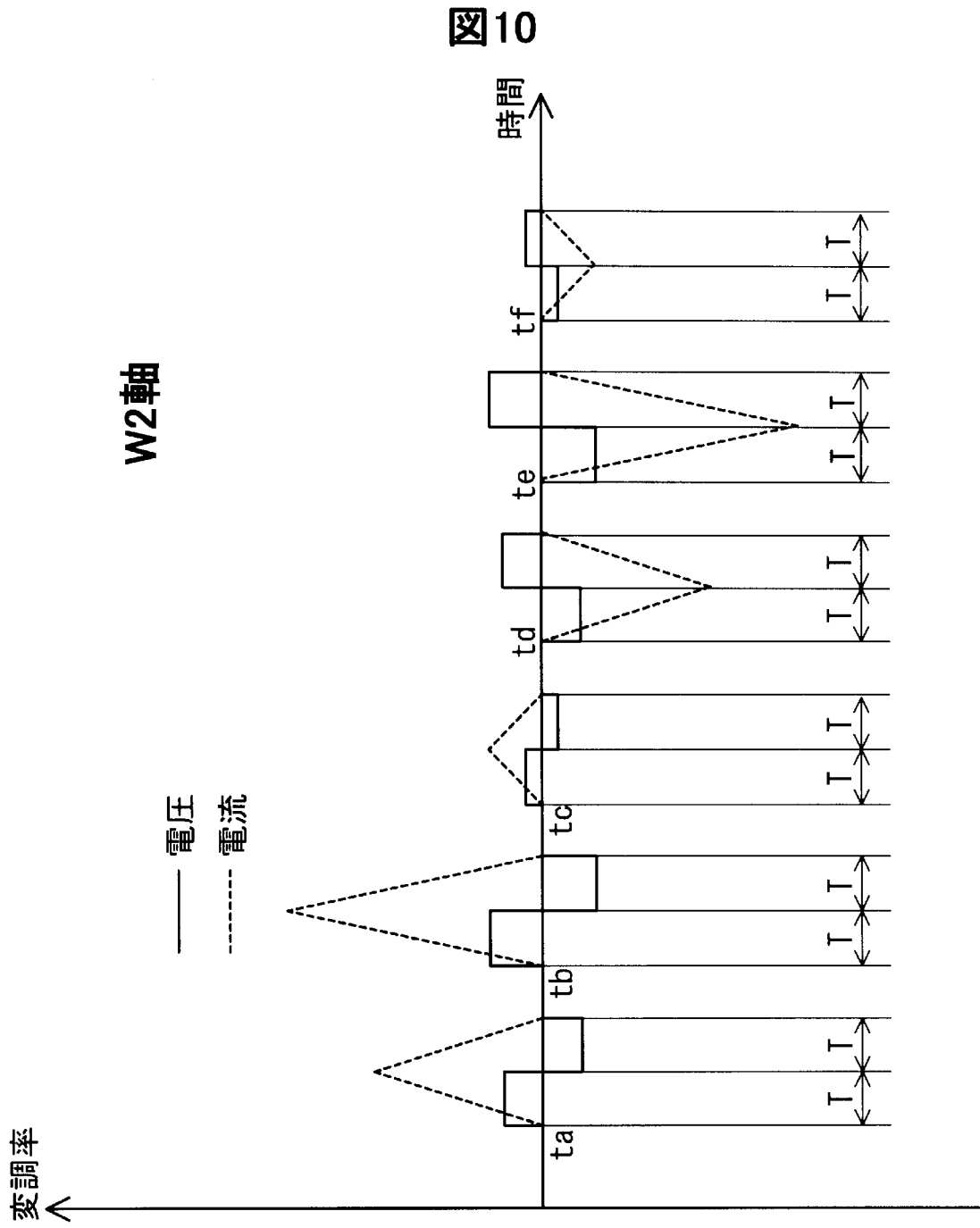
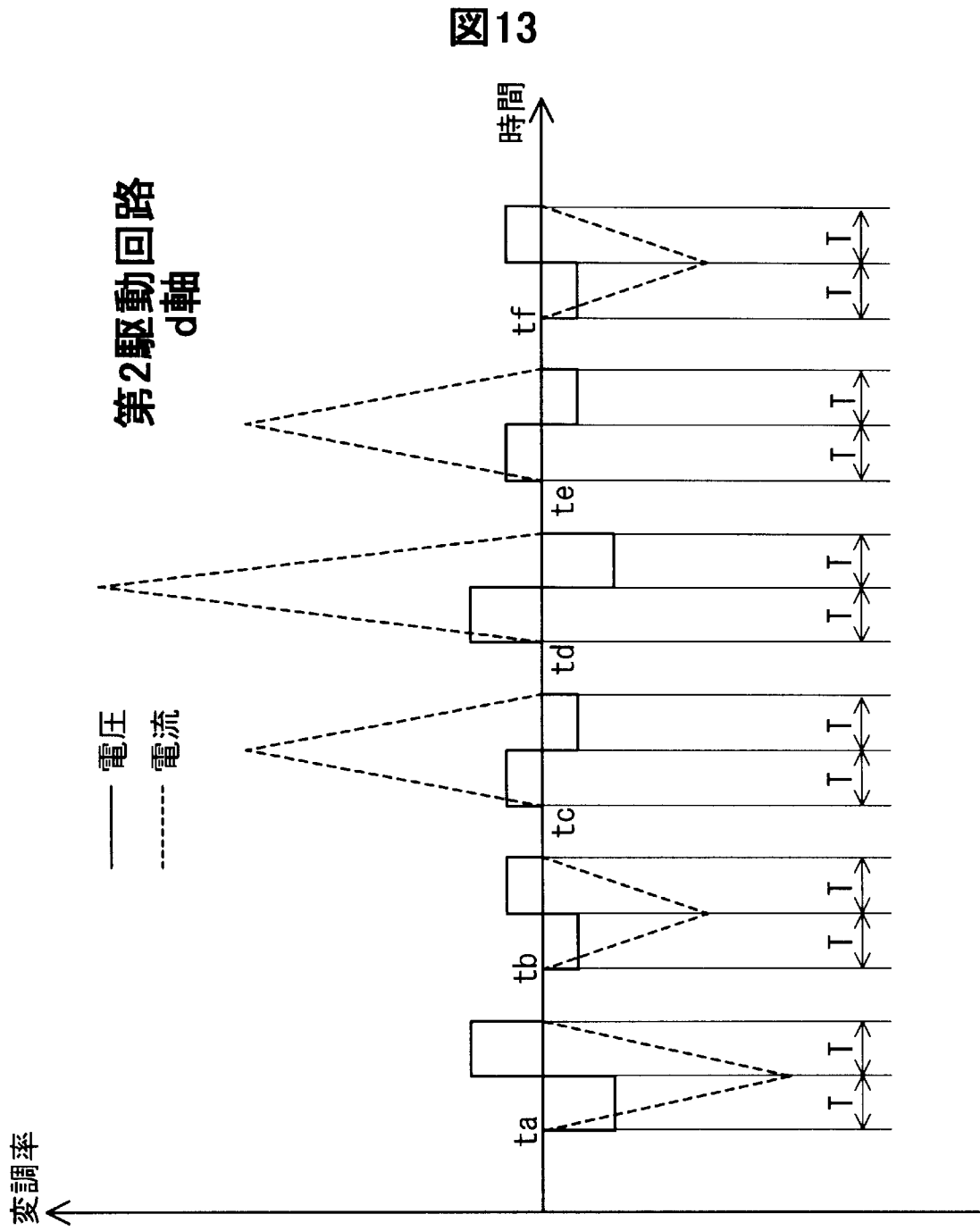
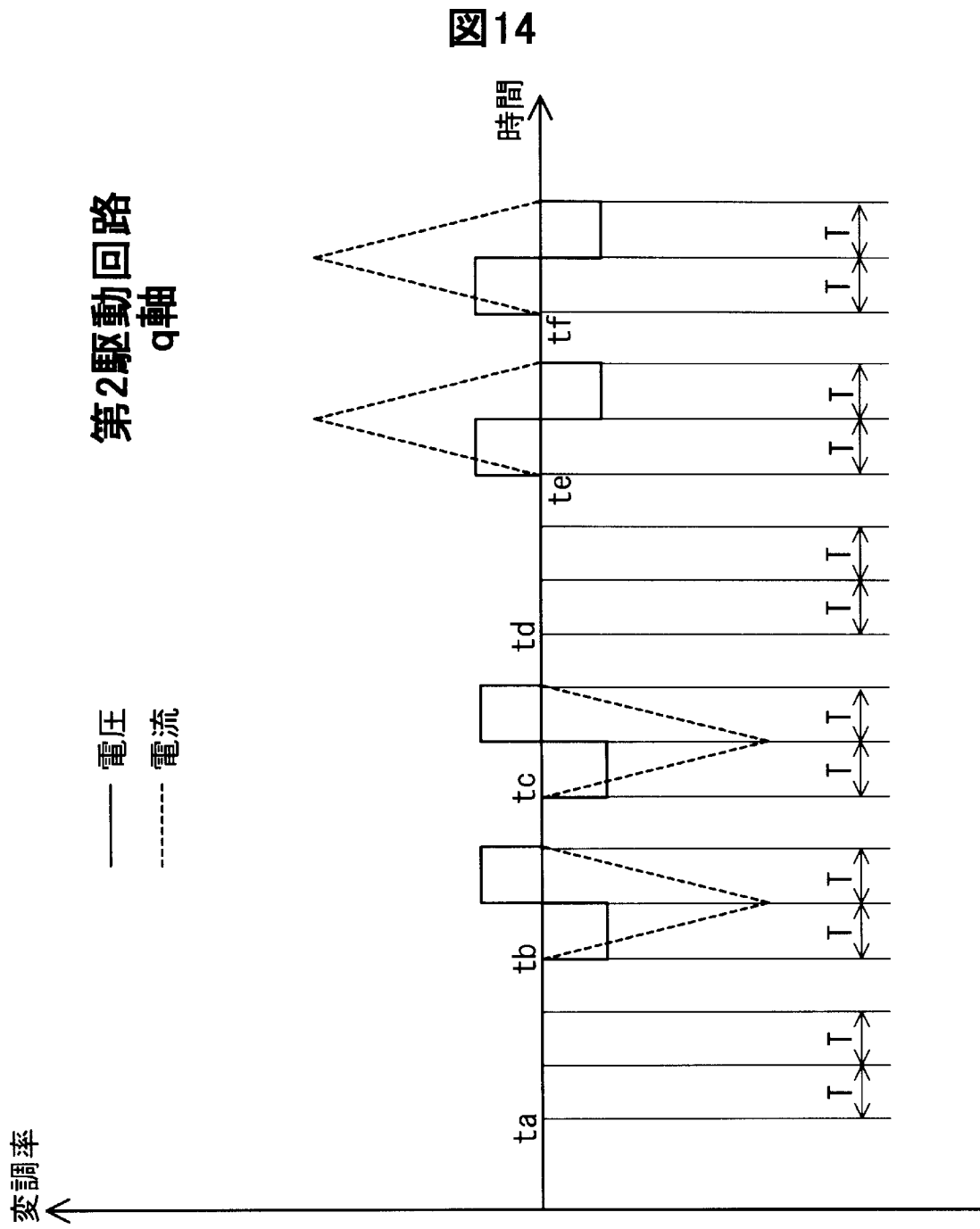


図10

[図13]

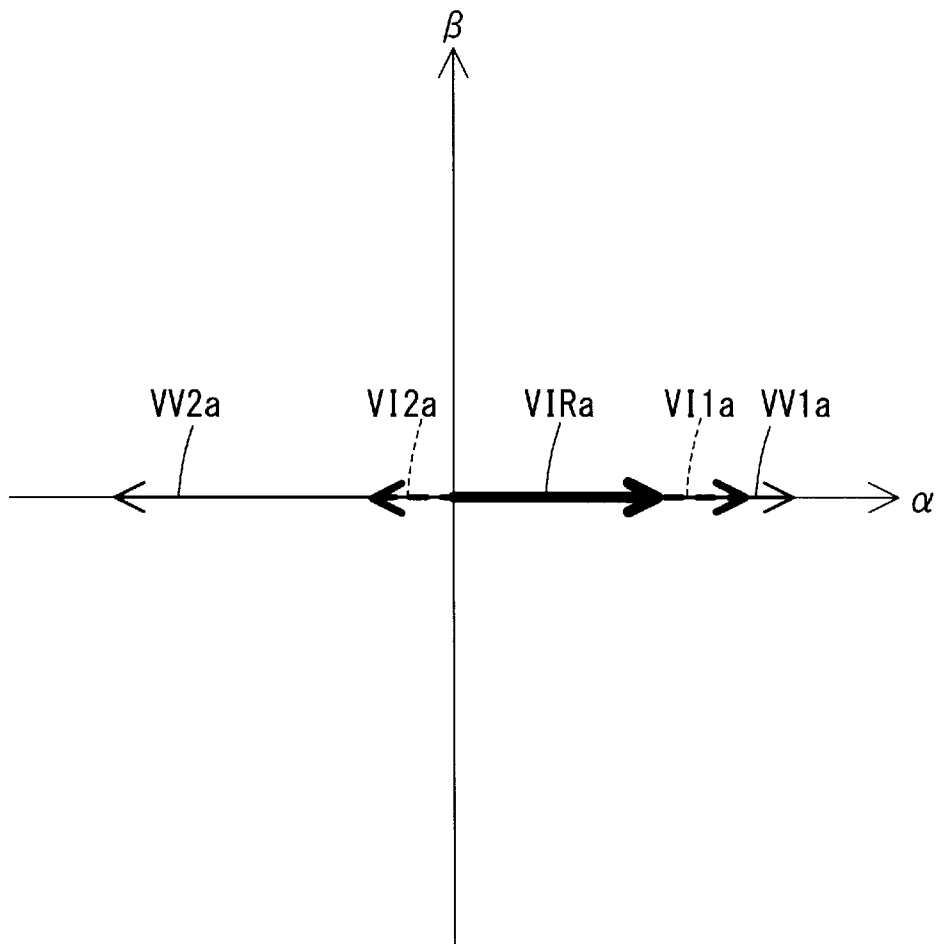


[図14]



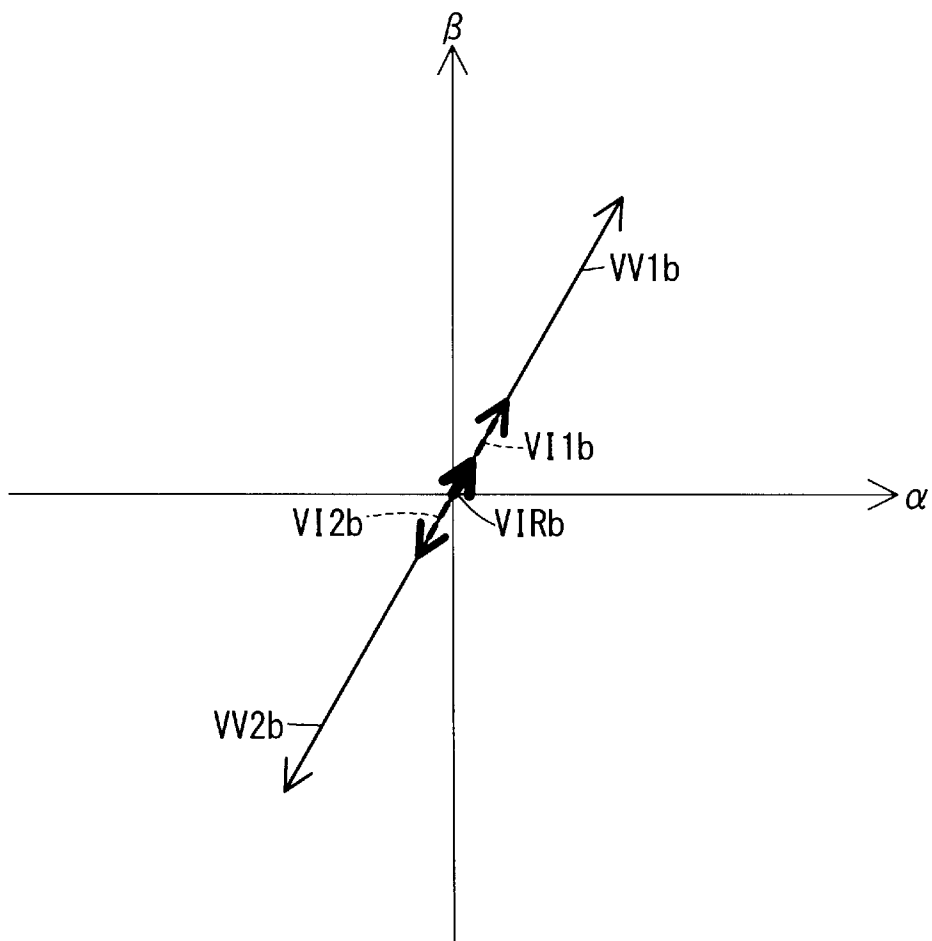
[図15]

[図15]



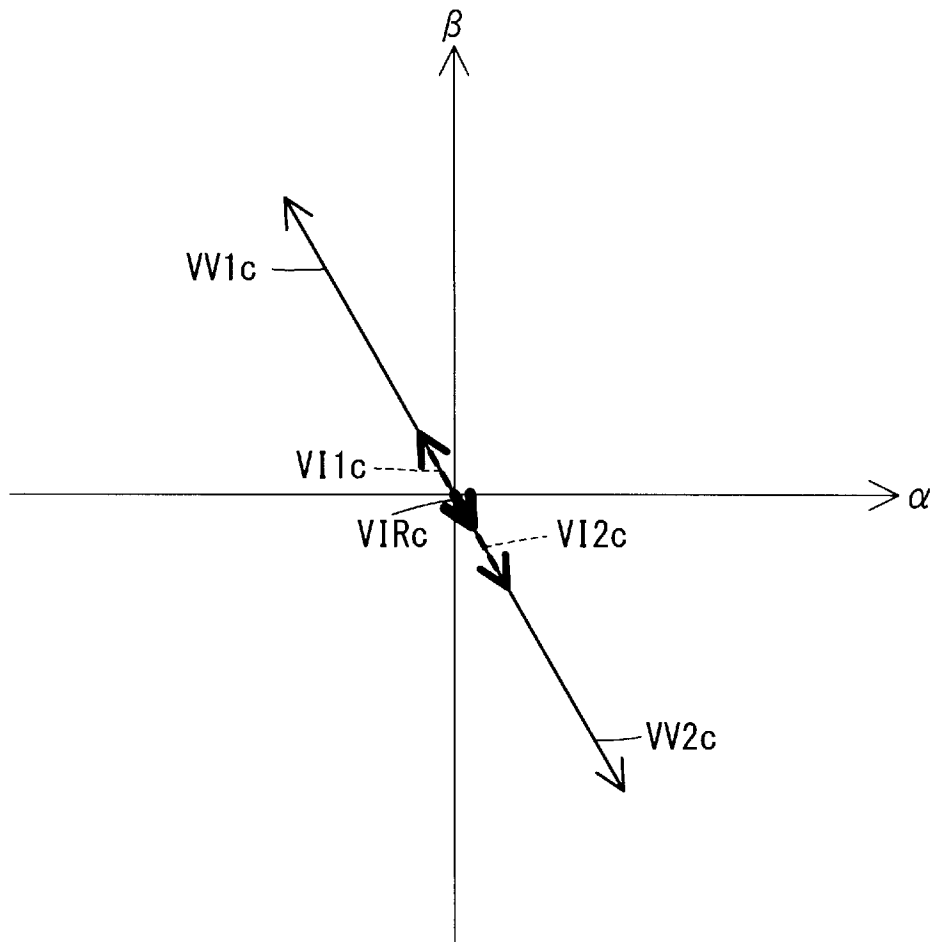
[図16]

[図16]



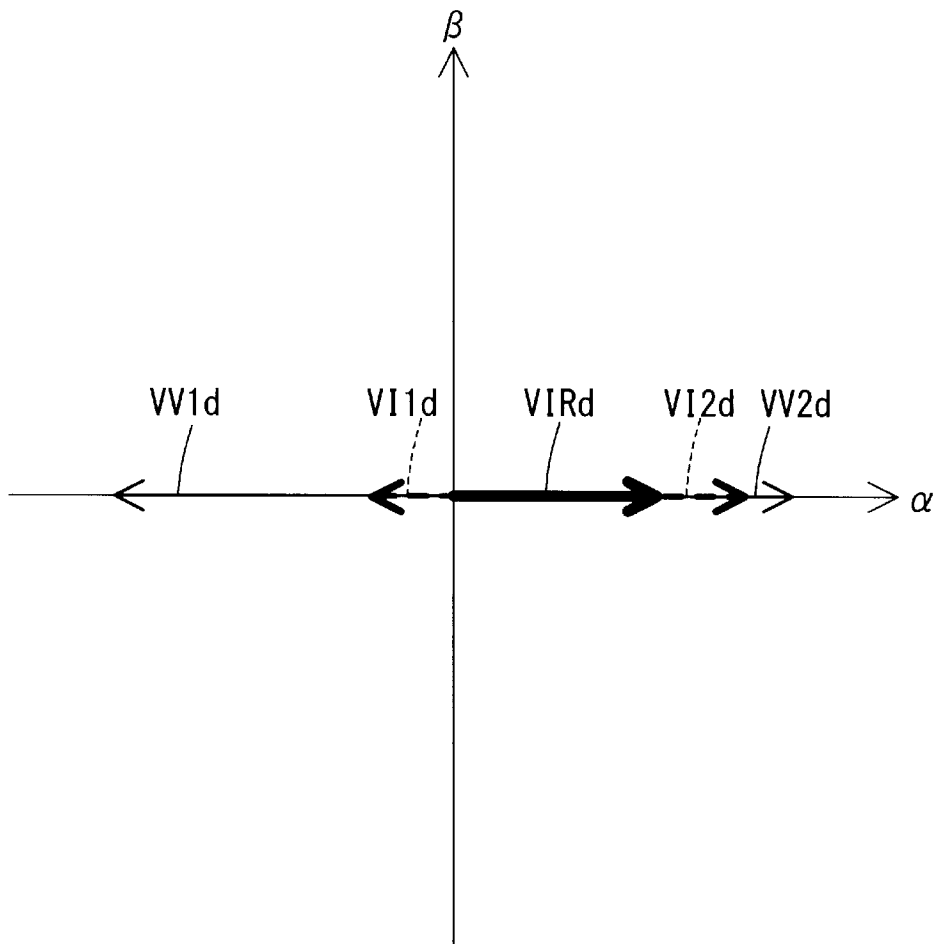
[図17]

[図17]



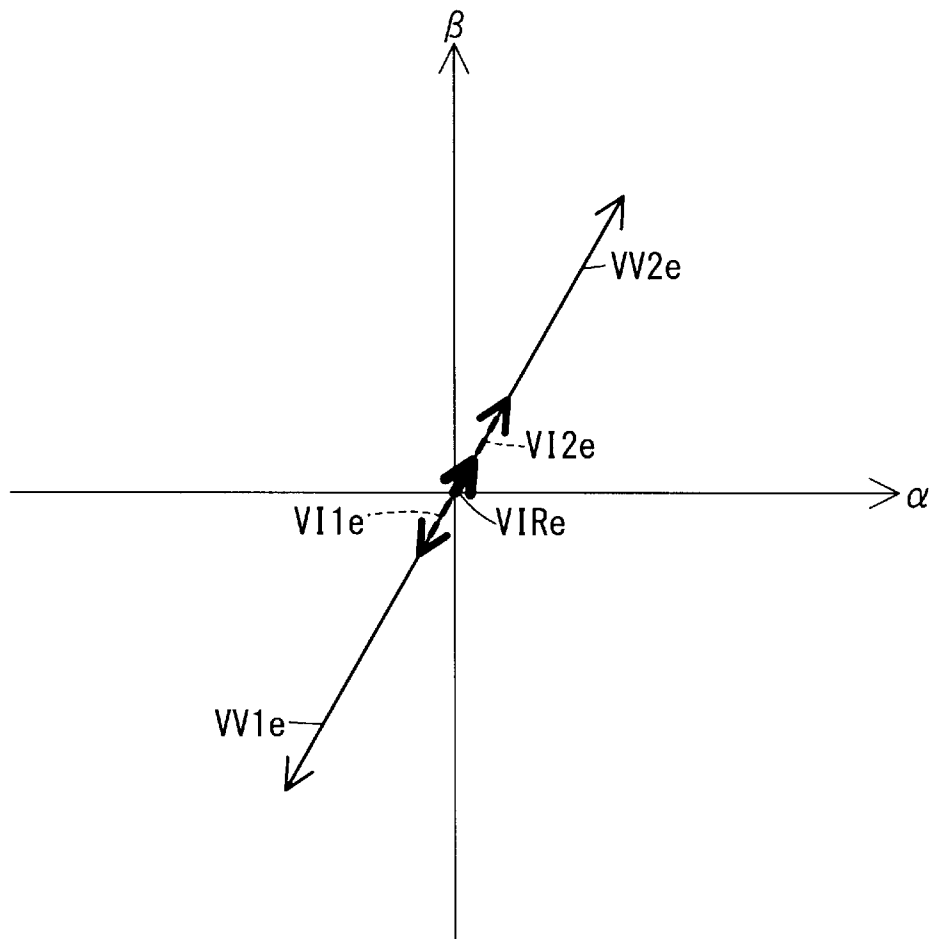
[図18]

[図18]



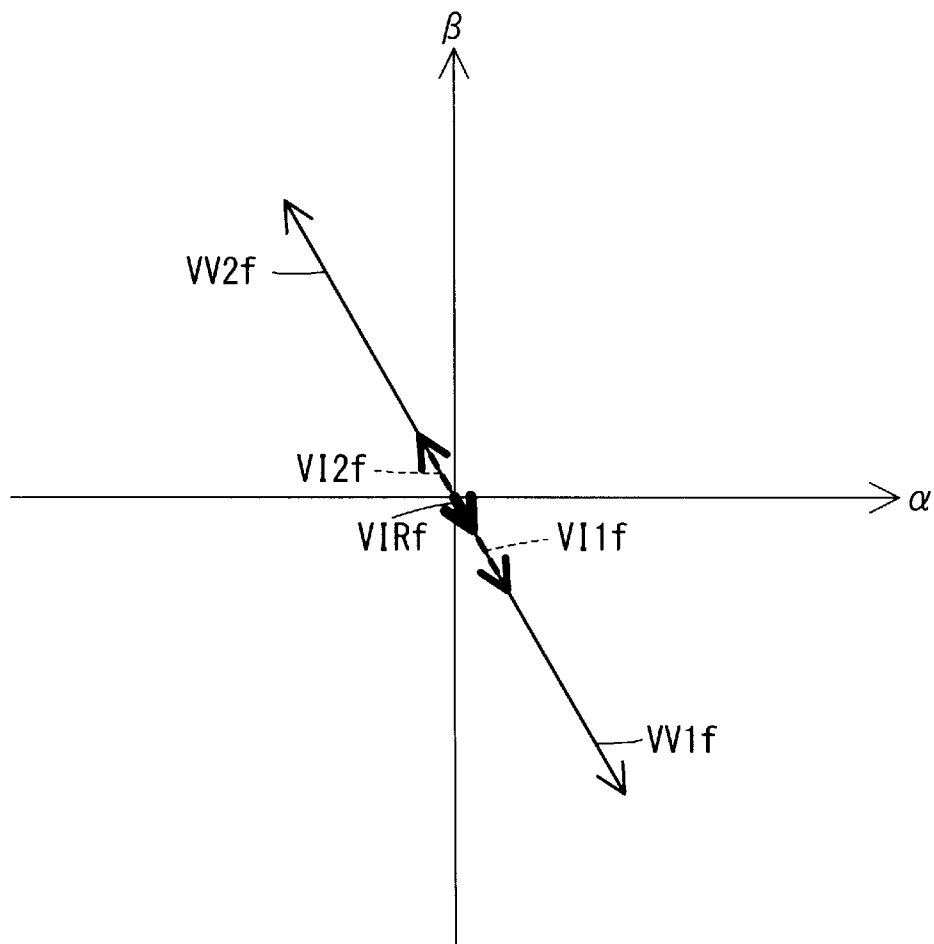
[図19]

[図19]



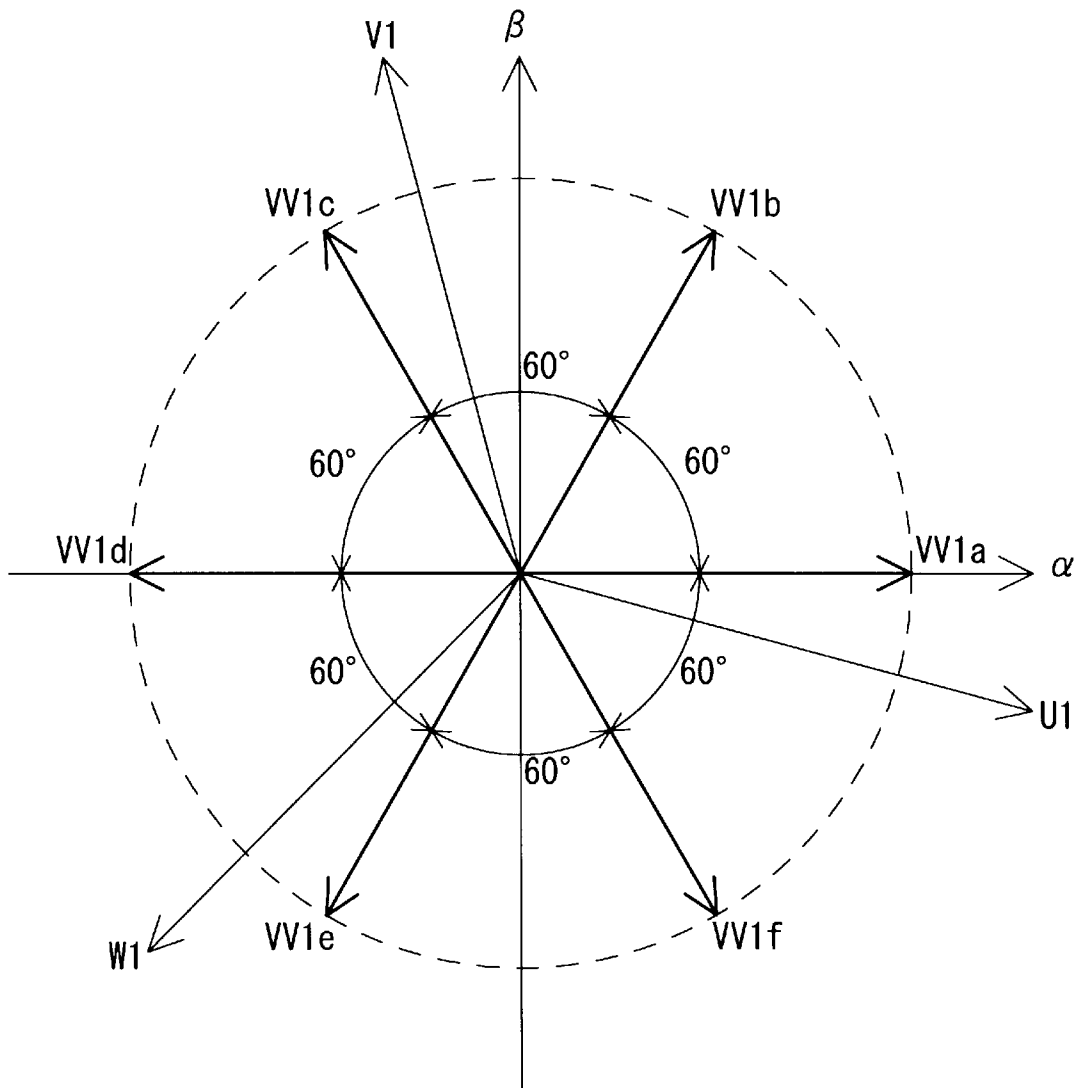
[図20]

[図20]



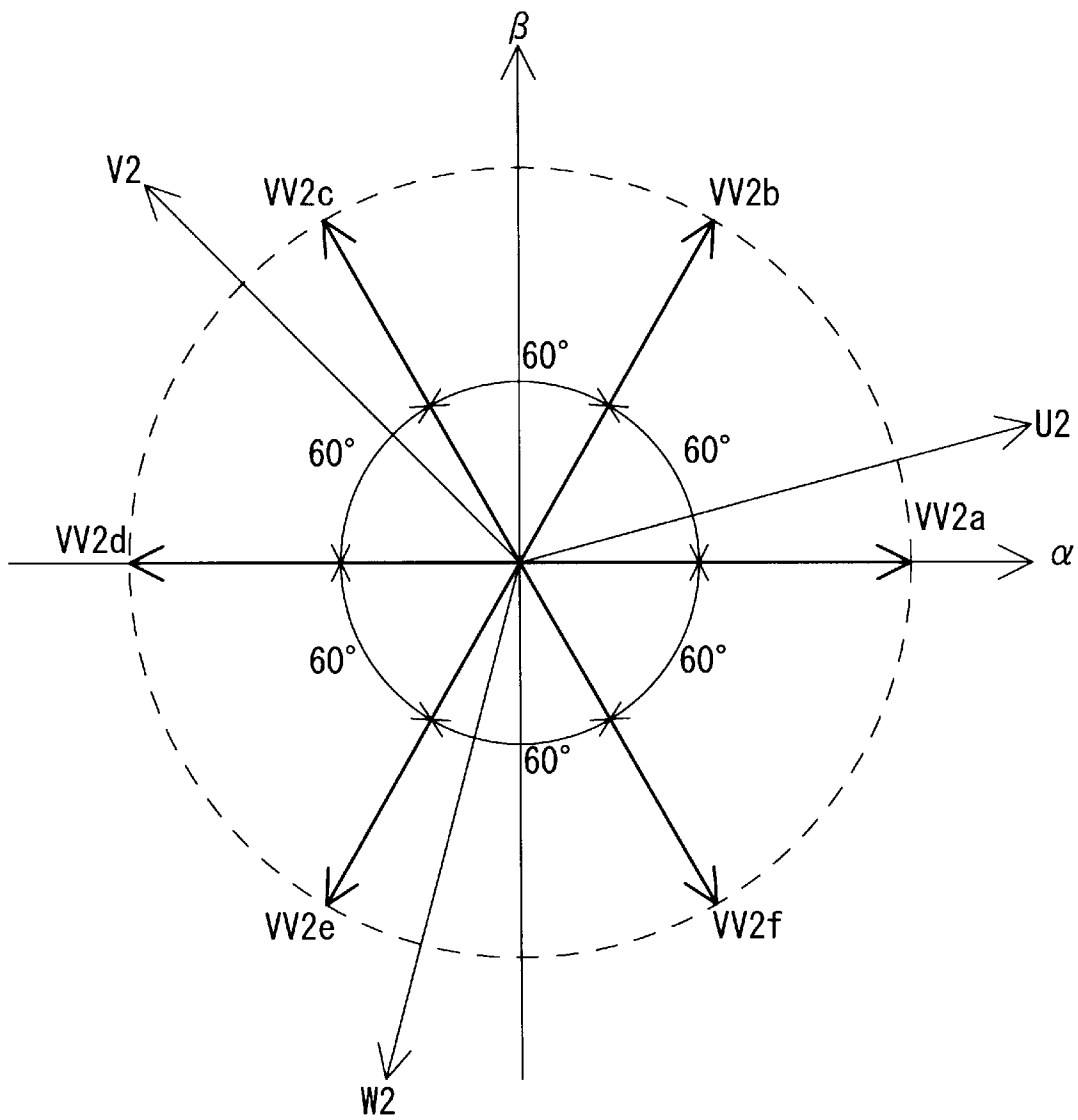
[図21]

[図21]



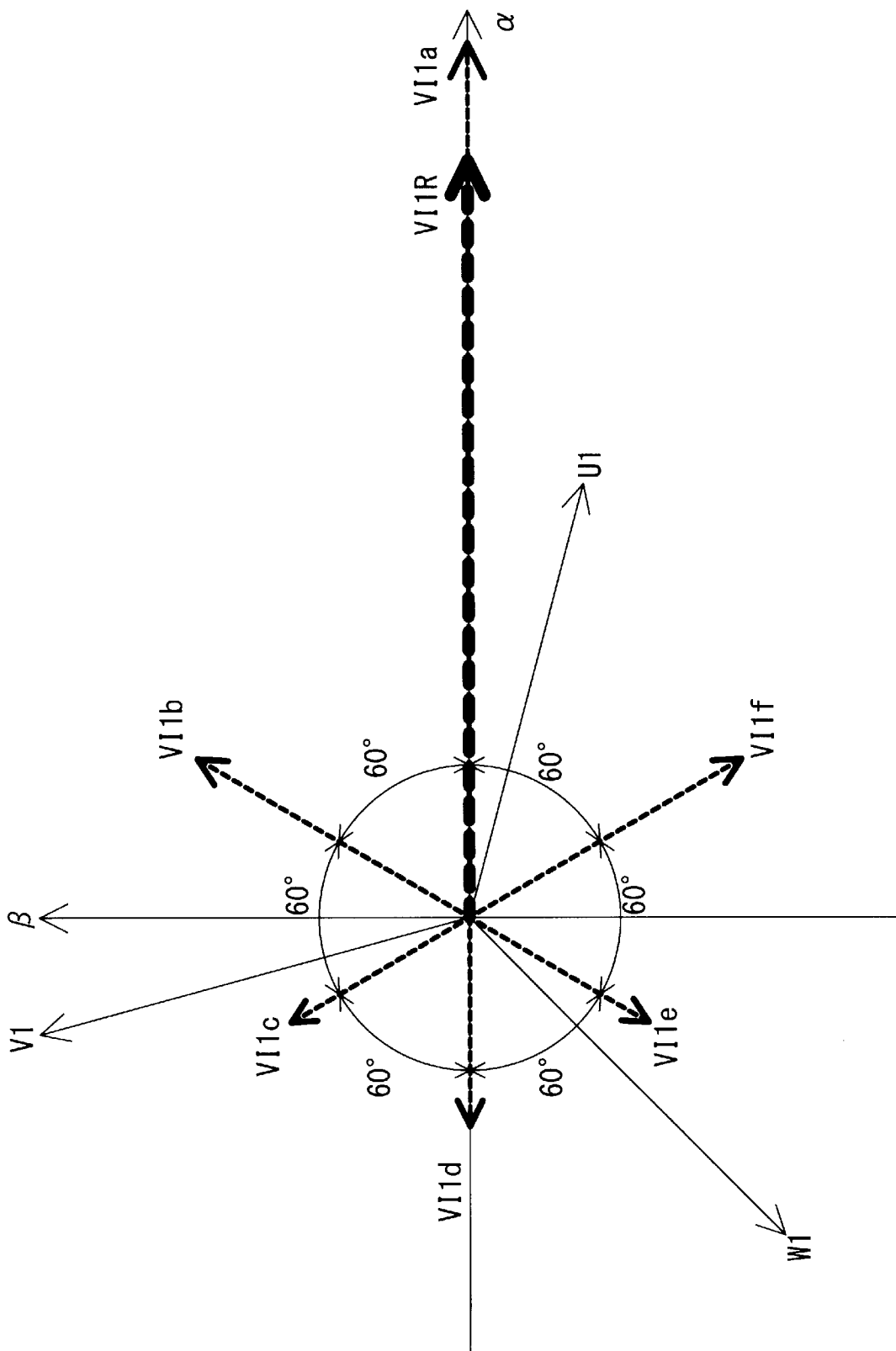
[図22]

図22

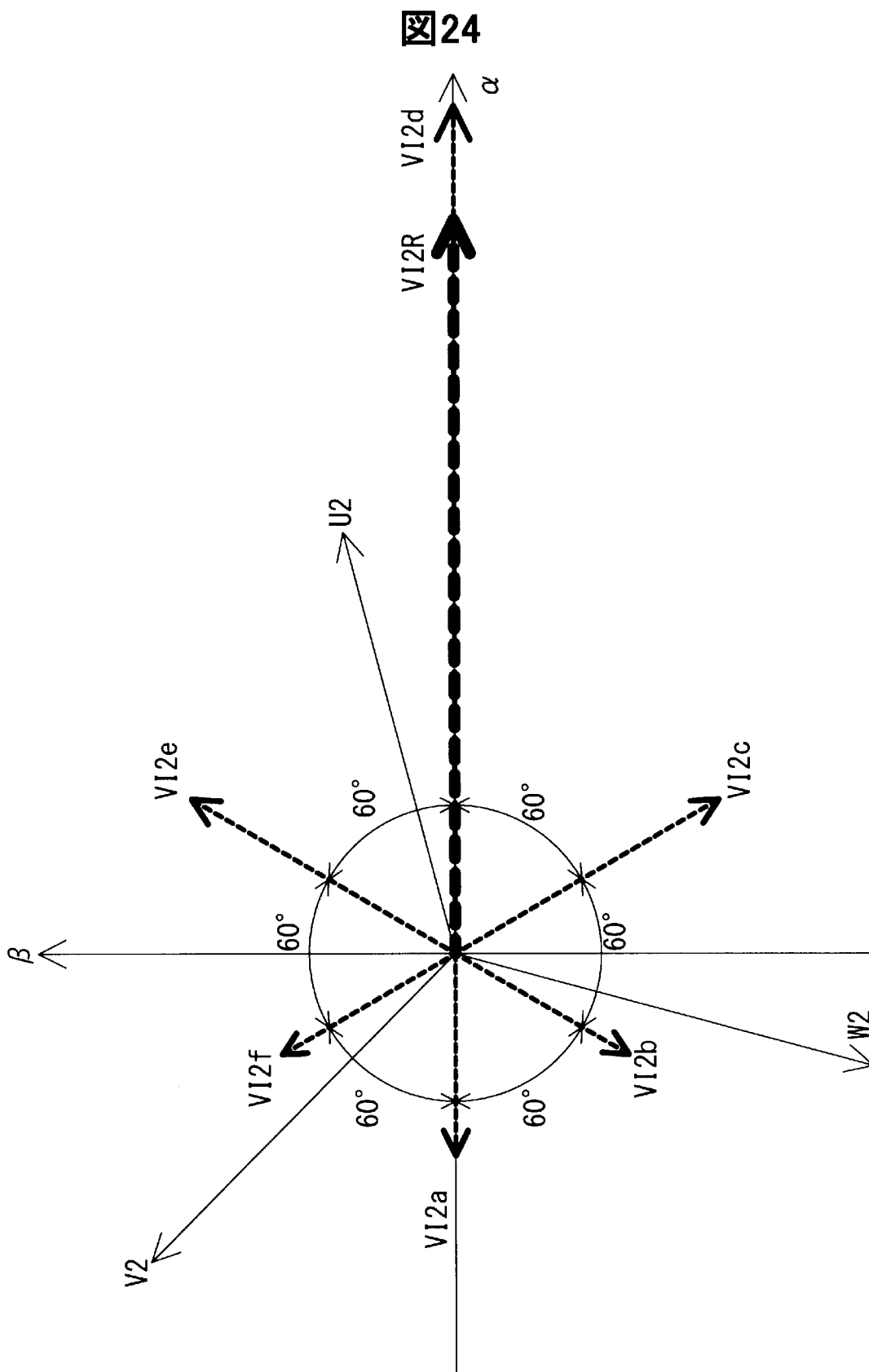


[圖23]

圖 23

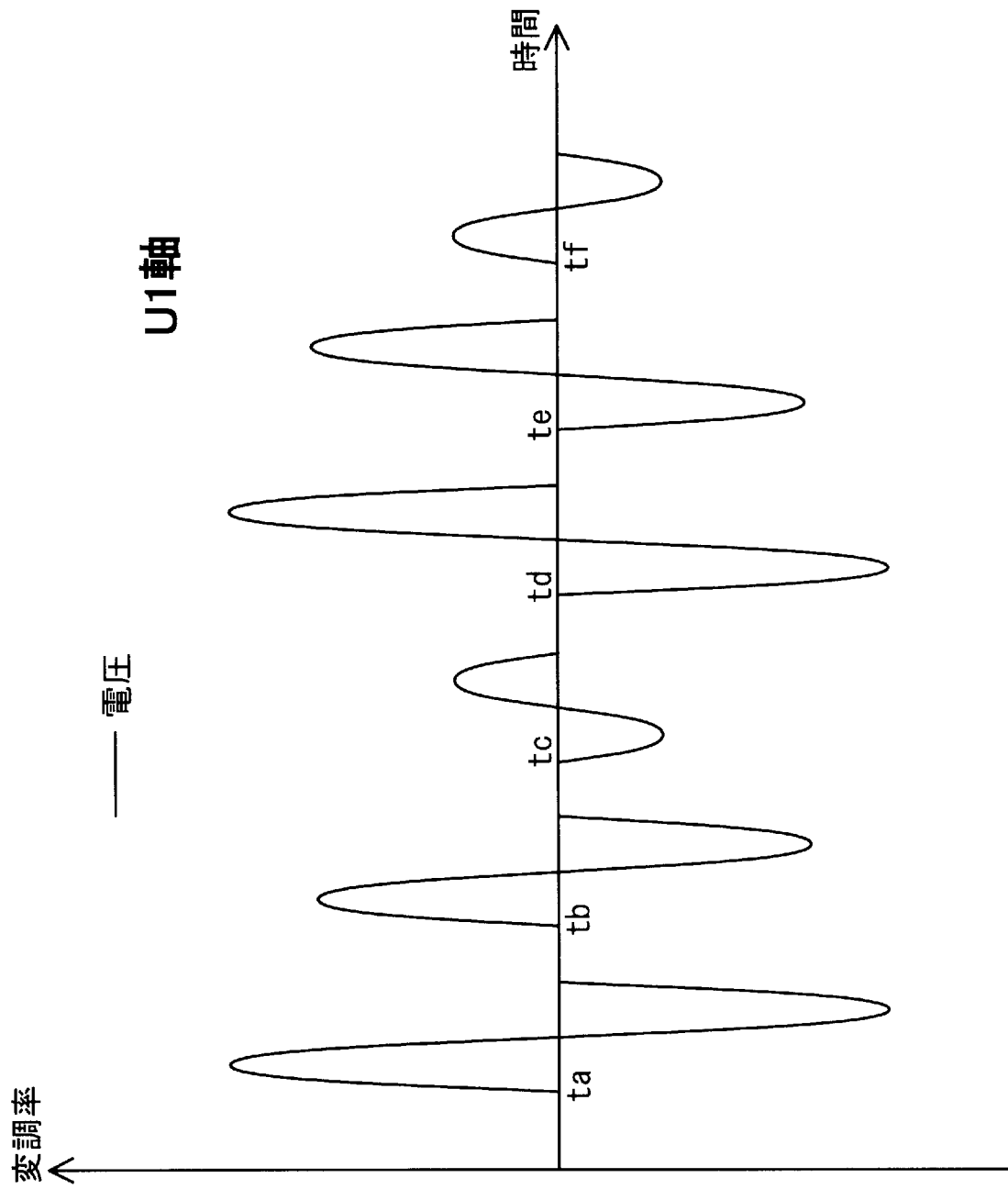


[図24]



[図25]

図25



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/014739

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl. H02P25/22 (2006.01) i, H02P6/182 (2016.01) 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)
 Int.Cl. H02P25/22, H02P6/182

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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	JP 2011-151916 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 04 August 2011, paragraphs [0003]-[0010], [0013]-[0067], fig. 1-2 (Family: none)	1-10
A	JP 2010-41881 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 18 February 2010, paragraphs [0006], [0009]-[0043] (Family: none)	1-10
A	WO 2016/189694 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 01 December 2016, entire text, all drawings (Family: none)	1-10
A	US 8766578 B2 (CANADIAN SPACE AGENCY) 01 July 2014, entire text, all drawings & US 2013/0221887 A1, entire text, all drawings	1-10
A	US 2015/0102758 A1 (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 16 April 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 14 June 2018 (14.06.2018)	Date of mailing of the international search report 26 June 2018 (26.06.2018)
--	---

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

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02P25/22(2006.01)i, H02P6/182(2016.01)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. H02P25/22, H02P6/182											
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 <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:30%;">日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2018年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2018年	日本国実用新案登録公報	1996-2018年	日本国登録実用新案公報	1994-2018年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2018年										
日本国実用新案登録公報	1996-2018年										
日本国登録実用新案公報	1994-2018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	JP 2011-151916 A (三菱電機株式会社) 2011.08.04, 段落[0003]-[0010], [0013]-[0067], 図 1-2 (ファミリーなし)	1-10									
A	JP 2010-41881 A (三菱電機株式会社) 2010.02.18, 段落[0006], [0009]-[0043] (ファミリーなし)	1-10									
A	WO 2016/189694 A1 (三菱電機株式会社) 2016.12.01, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10									
☑ 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 「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		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 14.06.2018		国際調査報告の発送日 26.06.2018									
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) 池田 貴俊	3V 9256								
		電話番号 03-3581-1101 内線	3357								

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	US 8766578 B2 (CANADIAN SPACE AGENCY) 2014.07.01, 全文, 全図 & US 2013/0221887 A1, 全文, 全図	1-10
A	US 2015/0102758 A1 (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 2015.04.16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10