

(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
2016 年 8 月 4 日(04.08.2016)



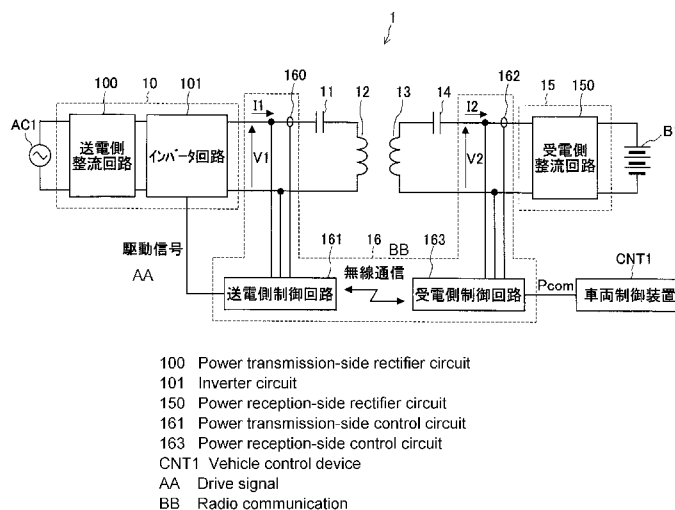
(10) 国際公開番号
WO 2016/121383 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 50/00 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/000393
- (22) 国際出願日: 2016 年 1 月 27 日(27.01.2016)
- (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 2015-017016 2015 年 1 月 30 日(30.01.2015) JP
特願 2015-229739 2015 年 11 月 25 日(25.11.2015) 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: 大林 和良(OBAYASHI, Kazuyoshi); 〒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). 神谷 旭(KAMIYA, Akira); 〒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). 高橋 英介(TAKAHASHI, Eisuke); 〒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: 金 順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦 2 丁目 1 3 番 1 9 号 瀧定ビル 6 階 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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, TW, 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).

[続葉有]

(54) Title: NON-CONTACT POWER-SUPPLY DEVICE

(54) 発明の名称: 非接触給電装置



(57) Abstract: This non-contact power-supply device is provided with: a power transmission coil (12) which generates magnetic flux by means of an alternating current; a power transmission circuit (10) which supplies the alternating current to the power transmission coil; a power transmission-side control circuit (161, 261, 361, 461, 561, 661, 761, 861, 961) which controls the power transmission circuit; a power receiving coil (13) which interlinks with the magnetic flux generated by the power transmission coil to generate an alternating current; and a power receiving circuit (15) which converts the alternating current supplied from the power receiving coil into a direct current and supplies said direct current to a power supply target. The power transmission-side control circuit obtains a voltage vector target value on the basis of a relationship between a voltage vector and a current vector, and controls the power transmission circuit in such a way that the voltage vector of the alternating current output from the power transmission circuit is the same as the voltage vector target value.

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

非接触給電装置は、交流により磁束を発生する送電コイル（１２）と、前記送電コイルに交流を供給する送電回路（１０）と、前記送電回路を制御する送電側制御回路（１６１、２６１、３６１、４６１、５６１、６６１、７６１、８６１、９６１）と、前記送電コイルに発生した磁束と鎖交することで交流を発生する受電コイル（１３）と、前記受電コイルから供給される交流を直流に変換して給電対象に供給する受電回路（１５）とを備える。前記送電側制御回路は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて電圧ベクトル目標値を求め、前記送電回路から出力される交流の電圧ベクトルが前記電圧ベクトル目標値になるように前記送電回路を制御する。

明 細 書

発明の名称：非接触給電装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2015年1月30日に出願された日本特許出願番号2015-17016号および2015年11月25日に出願された日本特許出願番号2015-229739号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、送電コイルと、送電コイルに交流を供給する送電回路と、送電回路を制御する送電側制御回路とを備えた非接触給電装置に関するものである。

背景技術

[0003] 従来、送電コイルと、送電コイルに交流を供給する送電回路と、送電回路を制御する送電側制御回路とを備えた非接触給電装置として、例えば以下に示す特許文献1に開示されている非接触給電設備がある。

[0004] この非接触給電設備は、1次導線と、インバータ部と、電圧検出装置と、電流検出装置と、位相ロックループとを備えている。1次導線及びインバータ部が送電コイル及び送電回路に相当する。電圧検出装置、電流検出装置及び位相ロックループが送電側制御回路に相当する。

[0005] インバータ部は、1次導線に接続され、1次導線に交流を供給する。電圧検出装置は、インバータ部の出力端に接続され、インバータ部から出力される交流電圧を検出する。電流検出装置は、インバータ部と1次導線を接続する配線に設けられ、インバータ部から出力される交流電流を検出する。位相ロックループは、電圧検出装置と電流検出装置によって検出されたインバータ部から出力される交流電圧と交流電流の位相差がなくなるように、インバータ部から出力される交流の周波数を調整する。これにより、損失を抑えることができる。

[0006] ところで、前述した非接触給電設備は、インバータ部から出力される交流電圧と交流電流の位相差を調整しようとする場合、まず、インバータ部から出力される交流電圧と交流電流を検出する。そして、検出した交流電圧と交流電流に基づいて交流の周波数を調整し、交流電圧と交流電流の位相差を調整する。つまり、交流の周波数を調整するという工程を介して、交流電圧と交流電流の位相差を調整する。そのため、位相差の調整に遅れが発生してしまう。その結果、1次導線から受電コイルに送電する電力を変えた場合や、1次導線と受電コイルの磁気的な結合状態が変化した場合に、応答が遅れ、過電圧が加わったり、過電流が流れたりする可能性がある。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開平10-225129号公報

発明の概要

[0008] 本開示は、制御に伴う遅れを抑え、応答性を向上させることができる非接触給電装置を提供することを目的とする。

[0009] 本開示の態様において、非接触給電装置は、交流が供給されることで磁束を発生する送電コイルと、前記送電コイルに接続され、前記送電コイルに交流を供給する送電回路と、前記送電回路に接続され、前記送電回路を制御する送電側制御回路と、前記送電コイルに発生した磁束と鎖交することで交流を発生する受電コイルと、前記受電コイル及び給電対象に接続され、前記受電コイルから供給される交流を直流に変換して前記給電対象に供給する受電回路と備える。前記送電側制御回路は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて電圧ベクトル目標値を求める。前記送電側制御回路は、前記送電回路から出力される交流の電圧ベクトルが前記電圧ベクトル目標値になるように前記送電回路を制御する。

[0010] 上記の非接触給電装置によれば、送電回路から出力される交流電圧と交流電流を直接制御することができる。そのため、制御に伴う遅れを抑え、応答性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

- [0011] 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、第1実施形態における非接触給電装置の回路図であり、
- [図2]図2は、図1に示す送電側制御回路のブロック図であり、
- [図3]図3は、図2に示す位相演算部のブロック図であり、
- [図4]図4は、図2に示す結合係数演算部のブロック図であり、
- [図5]図5は、第1実施形態における非接触給電装置の各部の電圧ベクトル及び電流ベクトルを説明するためのベクトル図であり、
- [図6]図6は、図2に示す出力電圧目標値演算部のブロック図であり、
- [図7]図7は、図2に示す出力電流目標値演算部の動作を説明するためのベクトル図であり、
- [図8]図8は、図2に示す補正值演算部のブロック図であり、
- [図9]図9は、図2に示す駆動信号生成部のブロック図であり、
- [図10]図10は、図9に示すマップを説明するための説明図であり、
- [図11]図11は、図1に示すインバータ回路の出力電圧が正弦波状波形である場合における出力電圧及び出力電流の波形図であり、
- [図12]図12は、図1に示すインバータ回路の出力電圧が180度通電制御による矩形波状波形である場合における出力電圧及び出力電流の波形図であり、
- [図13]図13は、図1に示すインバータ回路の出力電圧がPWM制御による矩形波状波形である場合における出力電圧及び出力電流の波形図であり、
- [図14]図14は、第2実施形態における送電側制御回路の出力電圧目標値演算部のブロック図であり、
- [図15]図15は、第3実施形態における送電側制御回路のブロック図であり、
- [図16]図16は、図15に示す補正演算部のブロック図であり、
- [図17]図17は、第4実施形態における送電側制御回路のブロック図であり

、

[図18]図 1 8 は、図 1 7 に示す出力電圧目標値演算部のブロック図であり、

[図19]図 1 9 は、図 1 7 に示す補正值演算部のブロック図であり、

[図20]図 2 0 は、第 5 実施形態における送電側制御回路の出力電圧目標値演算部のブロック図であり、

[図21]図 2 1 は、第 6 実施形態における送電側制御回路のブロック図であり

、

[図22]図 2 2 は、図 2 1 に示す補正演算部のブロック図であり、

[図23]図 2 3 は、第 7 実施形態における送電制御回路の結合係数演算部のブロック図であり、

[図24]図 2 4 は、第 7 実施形態における非接触給電装置の各部の電圧ベクトル及び電流ベクトルを説明するためのベクトル図であり、

[図25]図 2 5 は、第 8 実施形態における送電側制御回路のブロック図であり

、

[図26]図 2 6 は、第 8 実施形態における非接触給電装置の各部の電圧ベクトル及び電流ベクトルを説明するためのベクトル図であり、

[図27]図 2 7 は、図 2 5 における目標値演算部の動作を説明するための第 1 のベクトル図であり、

[図28]図 2 8 は、図 2 5 における目標値演算部の動作を説明するための第 2 のベクトル図であり、

[図29]図 2 9 は、図 2 5 における目標値演算部の動作を説明するための第 3 のベクトル図であり、

[図30]図 3 0 は、図 2 5 における目標値演算部の動作を説明するための第 4 のベクトル図であり、

[図31]図 3 1 は、図 2 5 における目標値演算部の動作を説明するための第 5 のベクトル図であり、

[図32]図 3 2 は、図 2 5 における目標値演算部の動作を説明するための第 6 のベクトル図であり、

[図33]図33は、図25における目標値演算部の動作を説明するための第7のベクトル図であり、

[図34]図34は、図25における目標値演算部の動作を説明するための第8のベクトル図であり、

[図35]図35は、図25における目標値演算部の動作を説明するための第9のベクトル図であり、

[図36]図36は、図25における目標値演算部の動作を説明するための位相差 θ_c と電流 I_1 の関係を示すグラフであり、

[図37]図37は、第9実施形態における送電側制御回路のブロック図であり、

[図38]図38は、第9実施形態における非接触給電装置の各部の電圧ベクトル及び電流ベクトルを説明するためのベクトル図であり、

[図39]図39は、図37における目標値演算部の動作を説明するための第1のベクトル図であり、

[図40]図40は、図37における目標値演算部の動作を説明するための第2のベクトル図であり、

[図41]図41は、図37における目標値演算部の動作を説明するための第3のベクトル図であり、

[図42]図42は、図37における目標値演算部の動作を説明するための第4のベクトル図であり、

[図43]図43は、図37における目標値演算部の動作を説明するための第5のベクトル図であり、

[図44]図44は、図37における目標値演算部の動作を説明するための第6のベクトル図であり、

[図45]図45は、図37における目標値演算部の動作を説明するための第7のベクトル図であり、

[図46]図46は、図37における目標値演算部の動作を説明するための第8のベクトル図であり、

[図47]図47は、図37における目標値演算部の動作を説明するための角周波数 ω と電流 I_1 の関係を示すグラフであり、

[図48]図48は、第10実施形態における非接触給電装置の回路図であり、

[図49]図49は、図48におけるイミタンス変換回路の回路図であり、

[図50]図50は、図48におけるイミタンス変換回路周辺の等価回路の回路図であり、

[図51]図51は、図50に示すイミタンス変換回路周辺の等価回路をさらに等価的に変形した回路図である。

発明を実施するための形態

[0012] 次に、実施形態を挙げ、本開示をより詳しく説明する。本実施形態では、本開示に係る非接触給電装置を、電気自動車やハイブリッド車に搭載された車載バッテリーに非接触で送電する非接触給電装置に適用した例を示す。

[0013] (第1実施形態)

まず、図1を参照して第1実施形態の非接触給電装置の構成について説明する。

[0014] 図1に示す非接触給電装置1は、車両外部の商用電源AC1から車両に搭載された車載バッテリーB1（給電対象）に非接触で送電し、車載バッテリーB1を充電する装置である。非接触給電装置1は、送電回路10と、送電側共振用コンデンサ11と、送電コイル12と、受電コイル13と、受電側共振用コンデンサ14と、受電回路15と、制御回路16とを備えている。

[0015] 送電回路10は、商用電源AC1から供給される交流を高周波数の交流に変換して送電コイル12に供給する回路である。送電回路10は、送電側整流回路100と、インバータ回路101とを備えている。

[0016] 送電側整流回路100は、商用電源AC1から供給される交流を整流するとともに昇圧してインバータ回路101に供給する回路である。送電側整流回路100の入力端は商用電源AC1に、出力端はインバータ回路101にそれぞれ接続されている。

[0017] インバータ回路101は、制御回路16によって制御され、送電側整流回

路 100 から供給される直流を高周波数の交流に変換して送電コイル 12 に供給する回路である。具体的には、4つのスイッチング素子によって構成される周知のHブリッジ回路である。インバータ回路 101 は、4つのスイッチング素子を所定のタイミングでスイッチングさせることで送電側整流回路 100 から供給される直流を高周波数の交流に変換して送電コイル 12 に供給する。インバータ回路 101 の入力端は送電側整流回路 100 の出力端に、出力端は送電側共振用コンデンサ 11 及び送電コイル 12 に、駆動信号入力端は制御回路 16 にそれぞれ接続されている。

[0018] 送電側共振用コンデンサ 11 は、送電コイル 12 とともに共振回路を構成する素子である。送電側共振用コンデンサ 11 の一端はインバータ回路 101 の出力端に、他端は送電コイル 12 にそれぞれ接続されている。

[0019] 送電コイル 12 は、インバータ回路 101 から交流が供給されることで交番磁束を発生する素子である。送電コイル 12 は、駐車スペースの地表面の所定位置に設けられている。送電コイル 12 の一端は送電側共振用コンデンサ 11 の他端に、他端はインバータ回路 101 の出力端にそれぞれ接続されている。

[0020] 受電コイル 13 は、送電コイル 12 の発生した交番磁束と鎖交することで電磁誘導によって交流を発生する素子である。受電コイル 13 は、駐車スペースに車両を駐車したときに、上下方向に間隔をあけて送電コイル 12 と対向するよう、車両の底部に設けられている。受電コイル 13 の一端は受電側共振用コンデンサ 14 に、他端は受電回路 15 にそれぞれ接続されている。

[0021] 受電側共振用コンデンサ 14 は、受電コイル 13 とともに共振回路を構成する素子である。受電側共振用コンデンサ 14 の一端は受電コイル 13 の一端に、他端は受電回路 15 にそれぞれ接続されている。

[0022] 受電回路 15 は、受電側共振用コンデンサ 14 の接続された受電コイル 13 から供給される交流を直流に変換して車載バッテリー B1 に供給する回路である。受電回路 15 は、受電側整流回路 150 を備えている。

[0023] 受電側整流回路 150 は、受電側共振用コンデンサ 14 の接続された受電

コイル 13 から供給される交流を整流し、直流に変換して車載バッテリー B1 に供給する回路である。受電側整流回路 150 の入力端は受電側共振用コンデンサ 14 の他端と受電コイル 13 の他端に、出力端は車載バッテリー B1 にそれぞれ接続されている。

[0024] 制御回路 16 は、車両制御装置 CNT1 から入力される出力電力目標値 P_{com} 、及び、自ら検出した検出結果に基づいて、インバータ回路 101 を制御する回路である。ここで、出力電力目標値 P_{com} は、受電側整流回路 150 の出力電力の目標値であり、受電側共振用コンデンサ 14 の接続された受電コイル 13 の出力電力の目標値でもある。制御回路 16 は、送電側電流センサ 160 と、送電側制御回路 161 と、受電側電流センサ 162 と、受電側制御回路 163 とを備えている。

[0025] 送電側電流センサ 160 は、インバータ回路 101 の出力電流 I_1 を検出し、検出結果を出力する素子である。送電側電流センサ 160 は、インバータ回路 101 と送電側共振用コンデンサ 11 を接続する配線に、配線をクランプするように設けられている。送電側電流センサ 160 の出力端は、送電側制御回路 161 に接続されている。

[0026] 送電側制御回路 161 は、無線通信によって受電側制御回路 163 から受信した受電コイル 13 及び受電側整流回路 150 に関連する情報に基づいてインバータ回路 101 を制御する回路である。具体的には、無線通信によって受電側制御回路 163 から受信した出力電力目標値 P_{com} 、受電側共振用コンデンサ 14 の接続された受電コイル 13 の出力電圧 V_2 及び出力電流 I_2 、自ら検出したインバータ回路 101 の出力電圧 V_1 、送電側電流センサ 160 の検出したインバータ回路 101 の出力電流 I_1 に基づいて、インバータ回路 101 から高周波数の交流が出力されるようにスイッチング素子を制御する回路である。送電側制御回路 161 は、インバータ回路 101 から出力される交流の電圧ベクトルと電流ベクトルの位相差が位相差目標値になるような電圧ベクトル目標値を求め、インバータ回路 101 から出力される交流の電圧ベクトルが電圧ベクトル目標値になるようにインバータ回路 1

01を制御する。送電側制御回路161の電圧検出端はインバータ回路101の出力端に、電流信号入力端は送電側電流センサ160の出力端に、駆動信号出力端はインバータ回路101の駆動信号入力端にそれぞれ接続されている。

[0027] 受電側電流センサ162は、受電側整流回路150の出力電流に相当する受電側共振用コンデンサ14の接続された受電コイル13の出力電流 I_2 を検出し、検出結果を出力する素子である。受電側電流センサ162は、受電側共振用コンデンサ14と受電側整流回路150を接続する配線に、配線をクランプするように設けられている。受電側電流センサ162の出力端は、受電側制御回路163に接続されている。

[0028] 受電側制御回路163は、受電コイル13及び受電側整流回路150に関連する情報であって、インバータ回路101の制御に必要な情報を無線通信によって送電側制御回路161に送信する回路である。具体的には、車両制御装置CNT1から入力された出力電力目標値 P_{com} 、自ら検出した受電側整流回路150の出力電圧に相当する受電側共振用コンデンサ14の接続された受電コイル13の出力電圧 V_2 、受電側電流センサ162の検出した受電側共振用コンデンサ14の接続された受電コイル13の出力電流 I_2 を無線通信によって送電側制御回路161に送信する回路である。受電側制御回路163は、送電側制御回路161からの要求に応じて、出力電力目標値 P_{com} 、受電側整流回路150の出力電圧 V_2 及び出力電流 I_2 の情報を無線通信によって送電側制御回路161に送信する。受電側制御回路163の出力電力目標値入力端は車両制御装置CNT1に、電圧検出端は受電側整流回路150の出力端に、電流信号入力端は受電側電流センサ162の出力端にそれぞれ接続されている。

[0029] 次に、図2を参照して、送電側制御回路の構成についてより詳細に説明する。

[0030] 図2に示すように、送電側制御回路161は、位相演算部161aと、結合係数演算部161bと、位相差目標値演算部161cと、出力電圧目標値

演算部 161 d と、補正值演算部 161 e と、補正部 161 f と、駆動信号生成部 161 g とを備えている。

[0031] 位相演算部 161 a は、出力電流 I_1 に基づいて出力電流 I_1 の位相 θ_I を演算し出力するブロックである。ここで、出力電流 I_1 は、図 1 に示すインバータ回路 101 の出力電流であり、送電側電流センサ 160 によって検出したものである。出力電流の位相 θ_I は、インバータ回路 101 の出力電流 I_1 の位相である。図 3 に示すように、位相演算部 161 a は、遅延部 161 i と、演算部 161 j とを備えている。

[0032] 遅延部 161 i は、出力電流 I_1 に基づいて、 $1/4$ 周期前の出力電流 I_{1d} を出力するブロックである。

[0033] 演算部 161 j は、出力電流 I_1 、及び、遅延部 161 i の出力する $1/4$ 周期前の出力電流 I_{1d} に基づいて出力電流 I_1 の位相 θ_I を演算し出力するブロックである。演算部 161 j は、数 1 に基づいて位相 θ_I を演算し出力する。

[0034] [数 1]

$$\theta_I = \tan^{-1} \left(\frac{I_{1d}}{I_1} \right) + \frac{\pi}{2}$$

図 2 に示す結合係数演算部 161 b は、図 4 に示すように、出力電圧 V_1 、出力電流 I_1 、位相差 θ_1 、角周波数 ω 、出力電圧 V_2 、インダクタンス L_1 及び容量 C_1 、インダクタンス L_2 及び容量 C_2 に基づいて、送電コイル 12 と受電コイル 13 の結合係数 k を演算し出力するブロックである。結合係数演算部 161 b は、結合係数 k を演算する過程において送電コイル 12 と受電コイル 13 の相互インダクタンス M も演算する。ここで、出力電圧 V_1 は、図 1 に示すインバータ回路 101 の出力電圧であり、送電側制御回路 161 で検出したものである。位相差 θ_1 は、インバータ回路 101 の出力電圧 V_1 と出力電流 I_1 の位相差であり、出力電圧 V_1 と出力電流 I_1 から検出したものである。角周波数 ω は、インバータ回路 101 の出力する交

流の角周波数であり、出力電圧 V_1 又は出力電流 I_1 から検出したものである。あるいは、駆動信号から求めたものである。出力電圧 V_2 は、受電側共振用コンデンサ 14 の接続された受電コイル 13 の出力電圧であり、受電側制御回路 163 で検出したものを無線通信によって入手したものである。インダクタンス L_2 は受電コイル 13 のインダクタンス、容量 C_2 は受電側共振用コンデンサ 14 の容量であり、受電側制御回路 163 に予め設定されていたものを無線通信によって入手したものである。インダクタンス L_1 は送電コイル 12 のインダクタンス、容量 C_1 は送電側共振用コンデンサ 11 の容量であり、送電側制御回路 161 に予め設定されていたものである。

[0035] ところで、非接触給電装置 1 の各部の電圧ベクトル及び電流ベクトルは、図 5 に示すような関係を有している。図 5 に示すベクトル図は、角周波数 ω で回転する回転座標において電圧ベクトルと電流ベクトルの関係を示したものである。なお、回転座標系における電圧ベクトルと電流ベクトルの関係は、モータ制御において広く用いられている回転座標系を静止座標系に変換する公知の方法により、位相 θ_1 を用いて静止座標系へ変換することができる。ここで、電圧ベクトル V_1 はインバータ回路 101 の出力電圧を示す電圧ベクトルであり、電流ベクトル I_1 はインバータ回路 101 の出力電流を示す電流ベクトルである。位相差 θ_1 は、電圧ベクトル V_1 と電流ベクトル I_1 の位相差である。電圧ベクトル E_1 は、電圧ベクトル V_1 と、送電側共振用コンデンサ 11 の接続された送電コイル 12 において、受電コイル 13 と結合しない漏れインダクタンスと送電側共振用コンデンサ 11 の容量の合成インピーダンス X_1 によって発生する起電圧を示す電圧ベクトル X_{11} をベクトル的に合成した電圧ベクトルである。ここで、インピーダンス X_1 は、数 2 に基づいて求められる。

[0036] [数2]

$$X_1 = \omega \cdot (L_1 - M) - \frac{1}{\omega \cdot C_1}$$

電流ベクトル I_m は、電流ベクトル I_1 の励磁電流成分を示す電流ベクトルであり、電圧ベクトル E_1 との位相差が 90 deg である。電流ベクトル $I_{1'}$ は、電流ベクトル I_1 の負荷電流成分を示す電流ベクトルである。電流ベクトル I_m と電流ベクトル $I_{1'}$ のベクトル和が電流ベクトル I_1 になる。電流ベクトル I_2 は、受電側共振用コンデンサ 14 の接続された受電コイル 13 の出力電流を示す電流ベクトルであり、電流ベクトル $I_{1'}$ と同一である。電圧ベクトル E_2 は、受電側共振用コンデンサ 14 の接続された受電コイル 13 の起電圧を示す電圧ベクトルであり、電圧ベクトル E_2 は、電圧ベクトル V_2 と、受電側共振用コンデンサ 14 の接続された受電コイル 13 において、送電コイル 12 と結合しない漏れインダクタンスと受電側共振用コンデンサ 14 の容量の合成インピーダンス X_2 によって発生する起電圧を示す電圧ベクトル $X_2 I_2$ をベクトル的に合成した電圧ベクトルである。電圧ベクトル E_2 は、電圧ベクトル E_1 と大きさが同一で逆位相である。ここで、インピーダンス X_2 は、数 3 に基づいて求められる。

[0037] [数3]

$$X_2 = \omega \cdot (L_2 - M) - \frac{1}{\omega \cdot C_2}$$

電圧ベクトル V_2 は、受電側共振用コンデンサ 14 の接続された受電コイル 13 の出力電圧、つまり、接続された受電側共振用コンデンサ 14 及び受電コイル 13 の出力電圧を示す電圧ベクトルである。位相差 θ_2 は、電圧ベクトル E_2 と電圧ベクトル V_2 の位相差であり、電圧ベクトル E_1 に対する電流ベクトル I_2 の位相でもある。

[0038] 電圧ベクトル E_1 の大きさである電圧 E_1 と、電圧ベクトル E_2 の大きさである電圧 E_2 が等しくなることから、図 2 に示す結合係数演算部 161b は、数 4 及び数 5 を用いて相互インダクタンス M を演算し出力する。

[0039]

[数4]

$$E1 = \sqrt{[V1^2 + X1^2 \cdot I1^2 - 2 \cdot V1 \cdot X1 \cdot I1 \cdot \sin \theta 1]}$$

$$= \sqrt{\left[V1^2 + \left\{\omega \cdot (L1 - M) - \frac{1}{\omega \cdot C1}\right\}^2 \cdot I1^2 - 2 \cdot V1 \cdot \left\{\omega \cdot (L1 - M) - \frac{1}{\omega \cdot C1}\right\} \cdot I1 \cdot \sin \theta 1\right]}$$

[0040] [数5]

$$E2 = \sqrt{[V2^2 + X2^2 \cdot I2^2]}$$

$$= \sqrt{\left[V2^2 + \left\{\omega \cdot (L2 - M) - \frac{1}{\omega \cdot C2}\right\}^2 \cdot I2^2\right]}$$

そして、数6に基づいて結合係数kを演算し出力する。

[0041] [数6]

$$k = \frac{M}{\sqrt{L1 \cdot L2}}$$

位相差目標値演算部161cは、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係を示すベクトル図に基づいて、結合係数演算部161bの出力する結合係数kから、出力電圧V1と出力電流I1の位相差の目標値である位相差目標値 $\theta 1_com$ を演算し出力するブロックである。

[0042] 出力電圧目標値演算部161dは、図6に示すように、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係を示すベクトル図に基づいて、相互インダクタンスM、角周波数 ω 、インピーダンスX2、出力電力目標値Pcom、出力電圧V2及び位相差目標値 $\theta 1_com$ から、インバータ回路101の出力電圧を示す電圧ベクトルの大きさの目標値である出力電圧目標値 $|V1_FF|$ を演算し出力するブロックである。ここで、インピーダンスX2は、無線通信によって入手した情報に基づいて、数3を用いて求められたものである。出力電力目標値Pcomは、受電側整流回路150の出力電力の目標値であり、車両制御装置CNT1から受電側制御回路163に入力されたものを、無線通信によって入手したものである。出力電圧目標値演算部161dは、演算部

161k～161mと、ベクトル演算部161nと、演算部161oとを備えている。

[0043] 演算部161kは、出力電力目標値Pcom及び出力電圧V2に基づいて、受電側共振用コンデンサ14の接続された受電コイル13の出力電流を示す電流ベクトルの大きさの目標値である出力電流目標値 $|I2_com|$ を演算し出力するブロックである。演算部161kは、数7に基づいて出力電流目標値 $|I2_com|$ を演算し出力する。

[0044] [数7]

$$|I2_com| = \frac{Pcom}{|V2|}$$

演算部161lは、角周波数 ω 、インピーダンスX2、演算部161kの出力する出力電流目標値 $|I2_com|$ 及び出力電圧V2に基づいて、電圧E2、及び、出力電流I2の位相の目標値である位相目標値 $\theta2_com$ を演算し出力するブロックである。演算部161lは、数8及び数9に基づいて電圧E2及び位相目標値 $\theta2_com$ を演算し出力する。

[0045] [数8]

$$E2 = \sqrt{V2^2 + (X2 \cdot |I2_com|)^2}$$

[0046] [数9]

$$\theta2_com = \tan^{-1} \frac{X2 \cdot |I2_com|}{V2}$$

演算部161mは、相互インダクタンスM、角周波数 ω 、及び、演算部161lの出力する電圧E2に基づいて、送電コイル12に流れる励磁電流ベクトルの大きさの目標値である励磁電流目標値 $|Im_com|$ を演算し出力するブロックである。演算部161mは、数10に基づいて励磁電流目標値 $|Im_com|$ を演算し出力する。

[0047]

[数10]

$$|I_{m_com}| = \frac{E_2}{\omega \cdot M}$$

ベクトル演算部161nは、演算161m部の出力する励磁電流目標値 $|I_{m_com}|$ 、演算部161lの出力する位相目標値 θ_{2_com} 、演算部161kの出力する出力電流目標値 $|I_{2_com}|$ に基づいて、インバータ回路101の出力電流を示す電流ベクトルの大きさの目標値である出力電流目標値 $|I_{1_com}|$ をベクトル的に演算し出力するブロックである。ベクトル演算部161nは、図7に示すように、図5に示す電流ベクトル I_m 及び I_2 に対する目標値である電流ベクトル目標値 I_{m_com} 及び I_{2_com} をベクトル的に合成して、図5に示す電流ベクトル I_1 に対する目標値である電流ベクトル目標値 I_{1_com} を求める。具体的には、図5に示すように、電流ベクトル I_m と電圧ベクトル E_1 の位相差が 90deg であり、電圧ベクトル E_1 に対する電流ベクトル I_2 の位相が θ_2 であり、位相 θ_2 に対する目標値が図7に示すように位相目標値 θ_{2_com} であることから、励磁電流目標値 $|I_{m_com}|$ 及び出力電流目標値 $|I_{2_com}|$ に基づいて、出力電流目標値 $|I_{1_com}|$ を求める。

[0048] 図6に示す演算部161oは、ベクトル演算部161nの出力する出力電流位相差目標値 θ_{1_com} 、演算部161nの出力する出力電流目標値 $|I_{1_com}|$ 、及び、出力電力目標値 P_{com} に基づいて、インバータ回路101の出力電圧を示す電圧ベクトルの大きさの目標値である出力電圧目標値 $|V_{1_FF}|$ を演算し出力するブロックである。演算部161oは、数11に基づいて出力電圧目標値 $|V_{1_FF}|$ を演算し出力する。

[0049] [数11]

$$|V_{1_FF}| = \frac{P_{com}}{|I_{1_com}| \cdot \cos(\theta_{1_com})}$$

図2に示す補正值演算部161eは、図8に示すように、出力電力目標値

P c o m、出力電圧 V 2 及び出力電流 I 2 に基づいて、出力電圧目標値 | V 1 __ F F | を補正するための補正值 | V 1 __ F B | を演算し出力するブロックである。ここで、出力電流 I 2 は、図 1 に示す受電側整流回路 1 5 0 の出力電流であり、受電側電流センサ 1 6 2 から受電側制御回路 1 6 3 に入力されたものを、無線通信によって入手したものである。補正值演算部 1 6 1 e は、演算部 1 6 1 q、1 6 1 r と、P I 演算部 1 6 1 s とを備えている。

[0050] 図 8 に示す演算部 1 6 1 q は、出力電力目標値 P c o m 及び出力電圧 V 2 に基づいて、受電側整流回路 1 5 0 の出力電流を示す電流ベクトルの大きさ目標値である出力電流目標値 | I 2 __ c o m | を演算し出力するブロックである。演算部 1 6 1 q は、数 1 2 に基づいて出力電流目標値 | I 2 __ c o m | を演算し出力する。

[0051] [数12]

$$|I2_com| = \frac{Pcom}{|V2|}$$

演算部 1 6 1 r は、演算部 1 6 1 q の出力した出力電流目標値 | I 2 __ c o m | と出力電流 I 2 の偏差 Δ I 2 を演算し出力するブロックである。演算部 1 6 1 r は、数 1 3 に基づいて偏差 Δ I 2 を演算し出力する。

[0052] [数13]

$$\Delta I2 = |I2_com| - I2$$

P I 演算部 1 6 1 s は、演算部 1 6 1 r の出力する偏差 Δ I 2 を比例、積分演算して補正值 | V 1 __ F B | として出力するブロックである。

[0053] 図 2 に示すように、補正部 1 6 1 f は、出力電圧目標値演算部 1 6 1 d の出力する出力電圧目標値 | V 1 __ F F | に、補正值演算部 1 6 1 e の出力する補正值 | V 1 __ F B | を加算して新たな出力電圧目標値 | V 1 __ c o m | として出力するブロックである。

[0054] 駆動信号生成部 1 6 1 g は、図 9 に示すように、位相 θ 1、出力電力目標

値 P_{com} 、結合係数 k 、位相差目標値 θ_{1_com} 及び出力電圧目標値 $|V_{1_com}|$ に基づいて、インバータ回路 101 のスイッチング素子を制御するための駆動信号を生成し出力するブロックである。駆動信号生成部 161g は、補正值出力部 161u と、演算部 161v、161w と、信号生成部 161x とを備えている。

[0055] 補正值出力部 161u は、出力電力目標値 P_{com} 、結合係数 k 、及び、予め設定されているマップに基づいて、インバータ回路 101 のスイッチング素子を PWM 制御する場合に、スイッチング素子がターンオンする際に、当該スイッチング素子に流れる電流が 0 近傍の所定範囲内になるように位相差目標値 θ_{1_com} を補正するための補正值 $\Delta\theta_{com}$ を求め出力するブロックである。ここで、マップは、図 10 に示すように、出力電力目標値 P_{com} と結合係数 k に対する補正值 $\Delta\theta_{com}$ の関係を規定したものである。マップは、実験やシミュレーションによって予め求められ設定されている。

[0056] 図 9 に示すように、演算部 161v は、位相差目標値 θ_{1_com} に、補正值出力部 161u の出力する補正值 $\Delta\theta_{com}$ を加算して新たな位相差目標値として出力するブロックである。

[0057] 演算部 161w は、位相 θ_I に演算部 161v の出力を加算して、インバータ回路 101 の出力電圧を示す電圧ベクトルの位相の目標値である位相目標値 θ_V を出力するブロックである。演算部 161w は、数 14 に基づいて位相目標値 θ_V を演算し出力する。

[0058] [数14]

$$\theta_V = \theta_I + (\theta_{1_com} + \Delta\theta_{com})$$

信号生成部 161x は、電圧ベクトルの目標値である、演算部 161w の出力する位相目標値 θ_V 及び出力電圧目標値 $|V_{1_com}|$ に基づいて、インバータ回路 101 のスイッチング素子を制御するための駆動信号を生成し出力するブロックである。信号生成部 161x は、インバータ回路 101

の出力電圧を示す電圧ベクトルの位相が θV に、大きさが $|V1_com|$ になるような駆動信号を生成し出力する。

[0059] 次に、図1～図4、図6、図8、図9及び図11～図13を参照して第1実施形態の非接触給電装置の動作について説明する。

[0060] 駐車スペースに車両を駐車すると、図1に示す送電コイル12と受電コイル13が、上下方向に所定の間隔をあけて対向する。この状態で充電開始ボタン（図略）が押され、充電の開始が指示されると、非接触給電装置1は動作を開始する。

[0061] 受電側制御回路163は、送電側制御回路161からの要求に応じて、出力電力目標値 P_{com} 、出力電圧 $V2$ 及び出力電流 $I2$ の情報を無線通信によって送電側制御回路161に送信する。

[0062] 送電側整流回路100は、商用電源AC1から供給される交流を整流するとともに昇圧してインバータ回路101に供給する。

[0063] 送電側制御回路161は、無線通信によって受電側制御回路163から受信した出力電力目標値 P_{com} 、出力電圧 $V2$ 及び出力電流 $I2$ 、自ら検出した出力電圧 $V1$ 、送電側電流センサ160の検出した出力電流 $I1$ に基づいて、インバータ回路101から出力される交流の電圧ベクトルと電流ベクトルの位相差が位相差目標値になるような電圧ベクトル目標値を求め、交流の電圧ベクトルが電圧ベクトル目標値になるようにインバータ回路101を制御する。

[0064] 図2に示す位相演算部161aは、図3に示すように、出力電流 $I1$ に基づき、数1を用いて位相 $\theta1$ を演算し出力する。

[0065] 図2に示す結合係数演算部161bは、図4に示すように、出力電圧 $V1$ 、出力電流 $I1$ 、位相差 $\theta1$ 、角周波数 ω 、出力電圧 $V2$ 、インダクタンス $L1$ 及び容量 $C1$ 、インダクタンス $L2$ 及び容量 $C2$ に基づき、数2及び数3を用いて、相互インダクタンス M を演算し出力する。そして、数6を用いて結合係数 k を演算し出力する。

[0066] 図2に示す位相差目標値演算部161cは、結合係数 k に基づいて位相差

目標値 $\theta 1_com$ を演算し出力する。インバータ回路 101 から出力される交流電圧と交流電流の位相差を 0 にしようとする場合、位相差目標値演算部 161c は、位相差目標値 $\theta 1_com$ として 0 を出力する。

[0067] 出力電圧目標値演算部 161d は、図 6 に示すように、相互インダクタンス M 、角周波数 ω 、インピーダンス $X2$ 、出力電力目標値 P_{com} 、出力電圧 $V2$ 及び位相差目標値 $\theta 1_com$ に基づき、数 7～数 11 を用いて出力電圧目標値 $|V1_FF|$ を演算し出力する。

[0068] 図 2 に示す補正值演算部 161e は、図 8 に示すように、出力電力目標値 P_{com} 、出力電圧 $V2$ 及び出力電流 $I2$ に基づいて、補正值 $|V1_FB|$ を演算し出力する。そして、図 2 に示す補正部 161f は、出力電圧目標値 $|V1_FF|$ に、補正值演算部 161e の出力する補正值 $|V1_FB|$ を加算して新たな出力電圧目標値 $|V1_com|$ として出力する。

[0069] 駆動信号生成部 161g は、図 9 に示すように、駆動信号生成部 161g は、補正值出力部 161u と、演算部 161v、161w と、信号生成部 161x とを備えている。

[0070] 補正值出力部 161u は、出力電力目標値 P_{com} 、結合係数 k 及びマップに基づいて補正值 $\Delta\theta_{com}$ を求める。演算部 161v は、位相差目標値 $\theta 1_com$ に補正值 $\Delta\theta_{com}$ を加算して新たな位相差目標値とする。演算部 161w は、位相 $\theta 1$ に演算部 161v の出力を加算して位相目標値 θV を出力する。

[0071] 信号生成部 161x は、電圧ベクトルの目標値である位相目標値 θV 及び出力電圧目標値 $|V1_com|$ に基づいて、インバータ回路 101 のスイッチング素子を制御するための駆動信号を生成し出力する。

[0072] インバータ回路 101 は、4 つのスイッチング素子を駆動信号に従ってスイッチングさせることで送電側整流回路 100 から供給される直流を高周波数の交流に変換して送電コイル 12 に供給する。

[0073] その結果、図 11 に示すように、インバータ回路 101 から出力される交流電圧が正弦波状波形である場合には、正弦波状の出力電圧のピーク点と、

正弦波状の出力電流のピーク点の位相差 θ_1 が位相差目標値 θ_1_com に制御される。図 12 に示すように、インバータ回路 101 が 180 度通電制御を行い、インバータ回路 101 から出力される交流電圧が 180 度毎に振幅が変化する矩形波状波形である場合には、矩形波状の出力電圧の中心点と、正弦波状の出力電流のピーク点の位相差 θ_1 が位相差目標値 θ_1_com に制御される。図 13 に示すように、インバータ回路 101 が PWM 制御を行い、インバータ回路 101 から出力される交流電圧が幅の変化する矩形波状波形である場合、正弦波のピーク点に相当する矩形波状の出力電圧の中心点と、正弦波状の出力電流のピーク点の位相 θ_1 が位相差目標値 θ_1_com に制御される。この場合、演算部 161 v で補正值 $\Delta\theta_com$ による補正が行われ、スイッチング素子がターンオンする際に、スイッチング素子に流れる電流が 0 近傍の所定範囲内になるように制御される。

[0074] 受電コイル 13 は、送電コイル 12 の発生した交番磁束と鎖交することで電磁誘導によって交流を発生する。受電側整流回路 150 は、受電側共振用コンデンサ 14 の接続された受電コイル 13 から供給される交流を整流し、直流に変換して車載バッテリー B1 に供給し、車載バッテリー B1 を充電する。このようにして、商用電源 AC1 から車載バッテリー B1 に非接触で送電することができる。

[0075] 次に、第 1 実施形態の非接触給電装置の効果について説明する。

[0076] 第 1 実施形態によれば、送電側制御回路 161 は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて電圧ベクトル目標値 $|V1_FF|$ を求める。そして、インバータ回路 101 から出力される交流の電圧ベクトルが電圧ベクトル目標値 $|V1_FF|$ になるようにインバータ回路 101 を制御する。そのため、インバータ回路 101 から出力される交流電圧と交流電流を直接制御することができる。従って、制御に伴う遅れを抑え、応答性を向上させることができる。

[0077] 第 1 実施形態によれば、送電側制御回路 161 は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて、受電コイル 13 と結合しない漏れインダクタンス

を含むインピーダンス X_1 によって発生する起電圧を示す電圧ベクトル X_1
 I_1 、及び、送電コイル12と結合しない漏れインダクタンスを含むイン
 ピーダンス X_2 によって発生する起電圧を示す電圧ベクトル X_2 を用いて
 電圧ベクトル目標値 $|V_1_FF|$ を求める。そのため、電圧ベクトル目標
 値 $|V_1_FF|$ をより正確に求めることができる。

[0078] 第1実施形態によれば、送電側制御回路161は、インバータ回路101
 から出力される交流の電圧ベクトルと電流ベクトルの位相差が位相差目標値
 になるような電圧ベクトル目標値を求め、インバータ回路101から出力さ
 れる交流の電圧ベクトルが電圧ベクトル目標値になるようにインバータ回路
 101を制御する。そのため、インバータ回路101から出力される交流電
 圧と交流電流の位相差の調整のために、交流の周波数を調整する必要がない
 。交流電圧と交流電流の位相差を直接制御することができる。そのため、制
 御に伴う遅れを抑え、より確実に応答性を向上させることができる。

[0079] 第1実施形態によれば、送電側制御回路161は、受電側整流回路150
 から車載バッテリーB1に供給される電力の目標値である出力電力目標値 P_{com}
 に基づいて、電圧ベクトル目標値を構成する、電圧ベクトルの大きさの
 目標値である出力電圧目標値を求める。そのため、交流電圧と交流電流の位
 相を直接制御するとともに、受電側整流回路150から車載バッテリーB1に
 供給される電力を出力電力目標値 P_{com} に制御することができる。

[0080] 第1実施形態によれば、送電側制御回路161は、出力電力目標値 P_{com}
 m 、送電コイル12と受電コイル13の相互インダクタンス M 、インバータ
 回路101から出力される交流の角周波数 ω 、及び、受電コイル13のイン
 ダクタンス L_2 に基づいて出力電圧目標値 $|V_1_FF|$ を求める。具体的
 には、出力電圧目標値演算部161dにおいて、相互インダクタンス M 、角
 周波数 ω 、インピーダンス X_2 、出力電力目標値 P_{com} 、出力電圧 V_2 及
 び位相差目標値 θ_1_com に基づき、数7～数11を用いて、出力電圧目
 標値 $|V_1_FF|$ を演算する。そのため、出力電力目標値 P_{com} に応じ
 た出力電圧目標値 $|V_1_com|$ を確実に求めることができる。

[0081] 第1実施形態によれば、送電側制御回路161は、インバータ回路101から出力される交流電圧 V_1 及び交流電流 I_1 、インバータ回路101から出力される交流電圧 V_1 と交流電流 I_1 の位相差 θ_1 、インバータ回路101から出力される交流の角周波数 ω 、及び、送電コイル12及び受電コイル13のインダクタンス L_1 、 L_2 に基づいて送電コイル12と受電コイル13の相互インダクタンス M を求める。具体的には、結合係数演算部161bにおいて、出力電圧 V_1 、出力電流 I_1 、位相差 θ_1 、角周波数 ω 、出力電圧 V_2 、インダクタンス L_1 及び容量 C_1 、インダクタンス L_2 及び容量 C_2 に基づき、数2及び数3を用いて相互インダクタンス M を演算する。そのため、車両の駐車状態等によって変化する相互インダクタンス M を確実に求めることができる。従って、相互インダクタンス M が変化しても、インバータ回路101から出力される交流電圧と交流電流の位相差を確実に制御することができる。

[0082] 第1実施形態によれば、送電側制御回路161は、出力電力目標値 P_{com} と受電側整流回路150から車載バッテリーB1に供給される電力に基づいて出力電圧目標値 $|V_1_com|$ を補正する。具体的には、補正值演算部161eにおいて、出力電力目標値 P_{com} 、出力電圧 V_2 及び出力電流 I_2 に基づいて、補正值 $|V_1_FB|$ を演算する。そして、補正部161fにおいて、出力電圧目標値 $|V_1_FF|$ に、補正值 $|V_1_FB|$ を加算して新たな出力電圧目標値 $|V_1_com|$ とする。そのため、受電側整流回路150から車載バッテリーB1に供給される電力が出力電力目標値 P_{com} から解離した場合であっても、その影響を打消すように制御することができる。

[0083] 第1実施形態によれば、受電側制御回路163は、受電コイル13及び受電側整流回路150に関連する情報であって、インバータ回路101の制御に必要な情報を、無線通信によって送電側制御回路161に送信する。送電側制御回路161は、無線通信によって受電側制御回路163から受信した受電コイル13及び受電側整流回路150に関連する情報に基づいてインバ

ータ回路 101 を制御する。そのため、従来の非接触給電装置における制御では必要とされていなかった、受電側共振用コンデンサ 14 の接続された受電コイル 13 の出力電流 12 の情報を、送電側制御回路 161 において入手することができる。従って、インバータ回路 101 から出力される交流電圧と交流電流の位相差を確実に制御することができる。

[0084] 第 1 実施形態によれば、送電側制御回路 161 は、インバータ回路 101 のスイッチング素子を PWM 制御する場合に、スイッチング素子がターンオンする際に、当該スイッチング素子に流れる電流が 0 近傍の所定範囲内になるように位相差目標値 θ_{1_com} を補正する。具体的には、補正值出力部 161u において、出力電力目標値 P_{com} 、結合係数 k 及びマップに基づいて補正值 $\Delta\theta_{com}$ を求める。そして、演算部 161v において、位相差目標値 θ_{1_com} に補正值 $\Delta\theta_{com}$ を加算して新たな位相差目標値とする。そのため、スイッチング素子がターンオンする際に、当該スイッチング素子に流れる電流を 0 付近に抑えることができる。従って、スイッチング素子がターンオンする際に発生するスイッチング損失を抑えることができる。これにより、インバータ回路 101 のスイッチング素子を PWM 制御する場合に問題となるスイッチング損失を抑え、電力の伝送効率を向上させることができる。

[0085] なお、第 1 実施形態では、補正值出力部 161u が、マップを有し、このマップに基づいて補正值 $\Delta\theta_{com}$ を求める例を挙げているが、これに限られるものではない。マップに代えて、マップに規定された関係を式で表した関係式を有し、この関係式に基づいて求めるようにしてもよい。

[0086] 第 1 実施形態では、非接触給電装置 1 の各部の電圧ベクトル及び電流ベクトルが、図 5 及び図 7 に示すような関係を有していることを前提に、送電側制御回路 161 を構成する演算部等の数式が求められている例を挙げているが、これに限られるものではない。図 5 及び図 7 に示すベクトル図では配線やコイルの抵抗が考慮されていない。これらの抵抗を考慮したベクトル図に基づいて演算部等の数式を求めてもよい。より正確に制御することができる

。

[0087] (第2実施形態)

次に、第2実施形態の非接触給電装置について説明する。第2実施形態の非接触給電装置は、第1実施形態の非接触給電装置に対して、給電対象を車載バッテリーから抵抗性の負荷に変更するとともに、それに伴って、出力電圧目標値演算部の構成を一部変更したものである。

[0088] 出力電圧目標値演算部以外の構成及び動作は、第1実施形態と同一であるため、必要である場合を除いて説明を省略する。

[0089] まず、図14を参照して出力電圧目標値演算部の構成について説明する。

[0090] 出力電圧目標値演算部261dは、図14に示すように、相互インダクタンスM、角周波数 ω 、インピーダンス X_2 、 Z_2 及び出力電力目標値 P_{com} に基づいて、出力電圧目標値 $|V1_FF|$ を演算し出力するブロックである。出力電圧目標値演算部261dは、演算部261k～261mと、ベクトル演算部261nと、演算部261oとを備えている。

[0091] 演算部261kは、出力電力目標値 P_{com} 及びインピーダンス Z_2 に基づいて、出力電流目標値 $|I2_com|$ を演算し出力するブロックである。ここで、インピーダンス Z_2 は、負荷のインピーダンスであり、受電側制御回路に予め設定されていたものを無線通信によって入手したものである。演算部261kは、数15に基づいて出力電流目標値 $|I2_com|$ を演算し出力する。

[0092] [数15]

$$|I2_com| = \sqrt{\frac{P_{com}}{Z_2}}$$

演算部261lは、角周波数 ω 、インピーダンス X_2 、 Z_2 、及び演算部261kの出力する出力電流目標値 $|I2_com|$ に基づいて電圧 E_2 及び位相目標値 $\theta 2_com$ を演算し出力するブロックである。演算部261lは、数16及び数17に基づいて電圧 E_2 及び位相目標値 $\theta 2_com$ を

演算し出力する。

[0093] [数16]

$$E2 = |I2_com| \cdot \sqrt{Z2^2 + X2^2}$$

[0094] [数17]

$$\theta2_com = \tan^{-1} \frac{X2}{Z2}$$

演算部261m、ベクトル演算部261n及び演算部261oは、第1実施形態の演算部161m、ベクトル演算部161n及び演算部161oと同一のブロックである。

[0095] 次に、図14を参照して第2実施形態の非接触給電装置における出力電圧目標値演算部の動作について説明する。

[0096] 出力電圧目標値演算部261dは、図14に示すように、相互インダクタンスM、角周波数 ω 、インピーダンスX2、Z2及び出力電力目標値Pcomに基づき、数15～数17を用いて出力電圧目標値 $|V1_FF|$ を演算し出力する。演算部261lにおいて、角周波数 ω 、インピーダンスX2、Z2及び出力電流目標値 $|I2_com|$ に基づき、数16及び数17を用いて電圧E2及び位相目標値 $\theta2_com$ を演算するため、出力電圧V2が入力されなくても、第1実施形態の場合と同様の出力電圧目標値 $|V1_FF|$ を演算し出力することができる。

[0097] 次に、第2実施形態の非接触給電装置の効果について説明する。

[0098] 第2実施形態によれば、給電対象が抵抗性の負荷であっても、第1実施形態の場合と同様の出力電圧目標値 $|V1_FF|$ を演算し出力することができる。そのため、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0099] (第3実施形態)

次に、第3実施形態の非接触給電装置について説明する。第3実施形態の非接触給電装置は、第1実施形態の非接触給電装置が出力電圧目標値を補正

しているのに対して、出力電力目標値を補正するようにしたものである。

[0100] 送電側制御回路以外の構成及び動作は、第1実施形態と同一であるため、必要である場合を除いて説明を省略する。

[0101] まず、図15及び図16を参照して送電側制御回路の構成について説明する。

[0102] 図15に示すように、送電側制御回路361は、位相演算部361aと、結合係数演算部361bと、位相差目標値演算部361cと、出力電圧目標値演算部361dと、補正演算部361eと、補正部361fと、駆動信号生成部361gとを備えている。

[0103] 位相演算部361a、結合係数演算部361b及び位相差目標値演算部361cは、第1実施形態の位相演算部161a、結合係数演算部161b及び位相差目標値演算部161cと同一のブロックである。

[0104] 補正演算部361eは、図16に示すように、出力電圧V2及び出力電流I2に基づいて出力電力目標値Pcomを補正した新たな出力電力目標値Pcom'を演算し出力するブロックである。補正演算部361eは、演算部361q、361rと、PI演算部361sと、演算部361tとを備えている。

[0105] 演算部361q、361r及びPI演算部361sは、第1実施形態の演算部161q、161r及びPI演算部161sと同一のブロックである。

[0106] 演算部361tは、出力電圧V2、出力電流目標値|I2_com|及び補正值|I2_FB|に基づいて新たな出力電力目標値Pcom'を演算し出力するブロックである。ここで、補正值|I2_FB|は、第1実施形態の補正值|V1_FB|と同一のものである。演算部361tは、数18に基づいて出力電力目標値Pcom'を演算し出力する。

[0107] [数18]

$$P_{com}' = (|I2_{com}| + |I2_{FB}|) \cdot V2$$

図15に示す出力電圧目標値演算部361dは、相互インダクタンスM、

角周波数 ω 、インピーダンス X_2 、出力電力目標値 P_{com}' 、出力電圧 V_2 及び位相差 θ_{1_com} に基づいて出力電圧目標値 $|V_{1_FF}|$ を演算し出力するブロックである。出力電圧目標値演算部361dは、第1実施形態の出力電圧目標値演算部161dと同一のブロックであり、出力電力目標値が P_{com} から P_{com}' に置き換えられたものである。

[0108] 補正部361fは、第1実施形態の補正部161fと同一のブロックであるが、出力電力目標値 P_{com} の補正が加えられていることから、補正值 $|V_{1_FF}|$ が0に設定されている。

[0109] 駆動信号生成部361gは、位相 θ_1 、新たな出力電力目標値 P_{com}' 、結合係数 k 、位相差目標値 θ_{1_com} 及び出力電圧目標値 $|V_{1_com}|$ に基づいて、インバータ回路のスイッチング素子を制御するための駆動信号を生成し出力するブロックである。駆動信号生成部361gは、第1実施形態の駆動信号生成部161gと同一のブロックであり、出力電力目標値が P_{com} から P_{com}' に置き換えられたものである。

[0110] 次に、図15及び図16を参照して第3実施形態の非接触給電装置における送電側制御回路の動作について説明する。

[0111] 図15に示す補正演算部361eは、図16に示すように、出力電圧 V_2 及び出力電流 I_2 に基づき、数18を用いて出力電力目標値 P_{com} を補正した新たな出力電力目標値 P_{com}' を演算し出力する。

[0112] 図15に示す出力電圧目標値演算部361dは、第1実施形態の出力電圧目標値演算部161dと同一のブロックであり、出力電力目標値が P_{com} から P_{com}' に置き換えられたものである。出力電圧目標値演算部361dは、相互インダクタンス M 、角周波数 ω 、インピーダンス X_2 、出力電力目標値 P_{com}' 、出力電圧 V_2 及び位相差目標値 θ_{1_com} に基づいて出力電圧目標値 $|V_{1_FF}|$ を演算し出力する。

[0113] 補正部361fは、第1実施形態の補正部161fと同一のブロックであるが、出力電力目標値 P_{com} の補正が加えられていることから、補正值 $|V_{1_FF}|$ が0に設定されている。補正部361fは、出力電圧目標値 $|V_{1_FF}|$

$V1_FF$ | を新たな出力電圧目標値 $|V1_com|$ として出力する。

[0114] 駆動信号生成部 361g は、第1実施形態の駆動信号生成部 161g と同一のブロックであり、出力電力目標値が P_{com} から P_{com}' に置き換えられたものである。駆動信号生成部 361g は、位相 θ_1 、新たな出力電力目標値 P_{com}' 、結合係数 k 、位相差目標値 θ_1_com 及び出力電圧目標値 $|V1_com|$ に基づいて、インバータ回路のスイッチング素子を制御するための駆動信号を生成し出力する。

[0115] その結果、出力電力目標値 P_{com} に対する補正が、第1実施形態の場合と同様に駆動信号に反映されることになる。

[0116] 次に、第3実施形態の非接触給電装置の効果について説明する。

[0117] 第3実施形態によれば、出力電圧目標値に代えて、出力電力目標値を補正するようにしても、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0118] (第4実施形態)

次に、第4実施形態の非接触給電装置について説明する。第4実施形態の非接触給電装置は、第1実施形態の非接触給電装置が出力電力目標値に基づいてインバータ回路を制御するのに対して、出力電流目標値に基づいて制御するようにしたものである。

[0119] 送電側制御回路以外の構成及び動作は、第1実施形態と同一であるため、必要である場合を除いて説明を省略する。

[0120] まず、図17～図19を参照して送電側制御回路の構成について説明する。

[0121] 図17に示すように、送電側制御回路 461 は、位相演算部 461a と、結合係数演算部 461b と、位相差目標値演算部 461c と、出力電圧目標値演算部 461d と、補正值演算部 461e と、補正部 461f と、駆動信号生成部 461g とを備えている。さらに、出力電力目標値演算部 461h を備えている。

[0122] 出力電力目標値演算部 461h は、出力電流目標値 $|I2_com|$ 及び出力電圧 $V2$ に基づいて出力電力目標値 P_{com} を演算し出力するブロック

である。ここで、出力電流目標値 $|I2_com|$ は、受電側整流回路から車載バッテリーに供給される電流の目標値と等価であり、受電側共振用コンデンサの接続された受電コイルの出力電流を示す電流ベクトルの大きさの目標値でもある。これは、受電側共振用コンデンサの接続された受電コイルの出力電圧 $V2$ 及び出力電流 $I2$ と車載バッテリーに供給される電圧と電流は公知の関係を有するためである。そのため、第1実施形態と同様に、 $|I2_com|$ と表記している。出力電力目標値演算部461hは、数19に基づいて出力電力目標値 $Pcom$ を演算し出力する。

[0123] [数19]

$$Pcom = |I2_com| \cdot V2$$

出力電圧目標値演算部461dは、図18に示すように、相互インダクタンス M 、角周波数 ω 、インピーダンス $X2$ 、出力電流目標値 $|I2_com|$ 、出力電圧 $V2$ 、出力電力目標値 $Pcom$ 及び位相差目標値 $\theta1_com$ に基づいて、インバータ回路の出力電圧を示す電圧ベクトルの大きさの目標値である出力電圧目標値 $|V1_FF|$ を演算し出力するブロックである。出力電圧目標値演算部461dは、演算部461l、461mと、ベクトル演算部461nと、演算部461oとを備えている。出力電流目標値 $|I2_com|$ を求める必要がないため、第1実施形態の演算部161kに相当するブロックはない。演算部461l、461m、ベクトル演算部461n及び演算部461oは、第1実施形態の演算部161l、161m、ベクトル演算部161n及び演算部161oと同一のブロックである。

[0124] 図17に示す位相演算部461a、結合係数演算部461b、位相差目標値演算部461c及び出力電圧目標値演算部461dは、第1実施形態の位相演算部161a、結合係数演算部161b、位相差目標値演算部161c及び出力電圧目標値演算部161dと同一のブロックである。

[0125] 補正值演算部461eは、図19に示すように、出力電流目標値 $|I2_com|$ 及び出力電流 $I2$ に基づいて補正值 $|V1_FB|$ を演算し出力す

るブロックである。補正值演算部461eは、演算部461r、461sを備えている。出力電流目標値 $|I_{2_com}|$ を求める必要がないため、第1実施形態の演算部161qに相当するブロックはない。演算部461r、461sは、第1実施形態の演算部161r、161sと同一のブロックである。

[0126] 図17に示す補正部461f及び駆動信号生成部461gは、第1実施形態の補正部161f及び駆動信号生成部161gと同一のブロックである。

[0127] 次に、図17～図19を参照して第4実施形態の非接触給電装置における送電側制御回路の動作について説明する。出力電力目標値演算部、出力電力目標値演算部及び補正值演算部以外の動作は、第1実施形態と同一であるため、必要がある場合を除いて説明を省略する。

[0128] 図17に示す出力電力目標値演算部461hは、出力電流目標値 $|I_{2_com}|$ 及び出力電圧 V_2 に基づき、数19を用いて出力電力目標値 P_{com} を演算し出力する。

[0129] 出力電圧目標値演算部461dは、図18に示すように、相互インダクタンス M 、角周波数 ω 、インピーダンス X_2 、出力電流目標値 $|I_{2_com}|$ 、出力電圧 V_2 、出力電力目標値 P_{com} 及び位相差目標値 θ_{1_com} に基づいて出力電圧目標値 $|V_{1_FF}|$ を演算し出力する。その結果、出力電流目標値 $|I_{2_com}|$ に基づいて制御する場合であっても、第1実施形態の場合と同様の出力電圧目標値 $|V_{1_FF}|$ を得ることができる。

[0130] 図17に示す補正值演算部461eは、図19に示すように、出力電流目標値 $|I_{2_com}|$ 及び出力電流 I_2 に基づいて補正值 $|V_{1_FB}|$ を演算し出力する。その結果、出力電流目標値 $|I_{2_com}|$ に基づいて制御する場合であっても、第1実施形態の場合と同様の補正值 $|V_{1_FB}|$ を得ることができる。

[0131] 次に、第4実施形態の非接触給電装置の効果について説明する。

[0132] 第4実施形態によれば、出力電流目標値 $|I_{2_com}|$ に基づいて電圧ベクトル目標値を求める場合であっても、第1実施形態の場合と同様のイン

バータ回路を制御することができる。そのため、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0133] (第5実施形態)

次に、第5実施形態の非接触給電装置について説明する。第5実施形態の非接触給電装置は、第4実施形態の非接触給電装置に対して、給電対象を車載バッテリーから抵抗性の負荷に変更するとともに、それに伴って、出力電圧目標値演算部の構成を一部変更したものである。

[0134] 出力電圧目標値演算部以外の構成及び動作は、第4実施形態と同一であるため、必要である場合を除いて説明を省略する。

[0135] まず、図20を参照して出力電圧目標値演算部の構成について説明する。

[0136] 出力電圧目標値演算部561dは、図20に示すように、相互インダクタンスM、角周波数 ω 、インピーダンス X_2 、 Z_2 、出力電力目標値 P_{com} 及び出力電圧 V_2 に基づいて出力電圧目標値 $|V_1_FF|$ を演算し出力するブロックである。出力電圧目標値演算部561dは、演算部561l、561mと、ベクトル演算部561nと、演算部561oとを備えている。さらに、演算部561pを備えている。

[0137] 演算部561pは、出力電流目標値 $|I_2_com|$ 及び出力電圧 V_2 に基づいて出力電力目標値 P_{com} を演算し出力するブロックである。演算部561pは、数20に基づいて出力電力目標値 P_{com} を演算し出力する。

[0138] [数20]

$$P_{com} = |I_2_com| \cdot |V_2|$$

演算部561lは、角周波数 ω 、インピーダンス X_2 、 Z_2 及び出力電流目標値 $|I_2_com|$ に基づいて電圧 E_2 及び位相目標値 θ_2_com を演算し出力するブロックである。演算部561lは、数21及び数22に基づいて電圧 E_2 及び位相目標値 θ_2_com を演算し出力する。

[0139]

[数21]

$$E2 = |I2_com| \cdot \sqrt{Z2^2 + X2^2}$$

[0140] [数22]

$$\theta2_com = \tan^{-1} \frac{X2}{Z2}$$

演算部561m、ベクトル演算部561n及び演算部561oは、第4実施形態の演算部461m、ベクトル演算部461n及び演算部461oと同一のブロックである。

[0141] 次に、図20を参照して第5実施形態の非接触給電装置における出力電圧目標値演算部の動作について説明する。

[0142] 出力電圧目標値演算部561dは、図20に示すように、相互インダクタンスM、角周波数 ω 、インピーダンスX2、Z2、出力電力目標値Pcom及び出力電圧V2に基づき、数20～数22を用いて出力電圧目標値 $|V1_FF|$ を演算し出力する。演算部561pにおいて、出力電流目標値 $|I2_com|$ 及び出力電圧V2に基づき、数20を用いて出力電力目標値Pcomを演算するため、出力電力目標値Pcomが入力されなくても、第4実施形態の場合と同様の出力電圧目標値 $|V1_FF|$ を演算する。

[0143] 次に、第5実施形態の非接触給電装置の効果について説明する。

[0144] 第5実施形態によれば、給電対象が抵抗性の負荷であっても、第4実施形態の場合と同様の出力電圧目標値 $|V1_FF|$ を演算し出力することができる。そのため、第4実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0145] (第6実施形態)

次に、第6実施形態の非接触給電装置について説明する。第6実施形態の非接触給電装置は、第4実施形態の非接触給電装置が出力電圧目標値を補正しているのに対して、出力電力目標値を補正するようにしたものである。

[0146] 送電側制御回路以外の構成及び動作は、第4実施形態と同一であるため、

必要である場合を除いて説明を省略する。

[0147] まず、図 2 1 及び図 2 2 を参照して送電側制御回路の構成について説明する。

[0148] 図 2 1 に示すように、送電側制御回路 6 6 1 は、位相演算部 6 6 1 a と、結合係数演算部 6 6 1 b と、位相差目標値演算部 6 6 1 c と、出力電圧目標値演算部 6 6 1 d と、補正演算部 6 6 1 e と、補正部 6 6 1 f と、駆動信号生成部 6 6 1 g とを備えている。さらに、出力電力目標値演算部 6 6 1 h を備えている。

[0149] 位相演算部 6 6 1 a、結合係数演算部 6 6 1 b 及び位相差目標値演算部 6 6 1 c は、第 4 実施形態の位相演算部 4 6 1 a、結合係数演算部 4 6 1 b 及び位相差目標値演算部 4 6 1 c と同一のブロックである。

[0150] 補正演算部 6 6 1 e は、図 2 2 に示すように、出力電流 I_2 に基づいて出力電流目標値 $|I_2_com|$ を補正した新たな出力電流目標値 $|I_2_com|'$ を演算し出力するブロックである。補正演算部 6 6 1 e は、演算部 6 6 1 r と、PI 演算部 6 6 1 s と、演算部 6 6 1 t とを備えている。

[0151] 演算部 6 6 1 r 及び PI 演算部 6 6 1 s は、第 4 実施形態の演算部 4 6 1 r 及び PI 演算部 4 6 1 s と同一のブロックである。

[0152] 演算部 6 6 1 t は、出力電流目標値 $|I_2_com|$ 及び PI 演算部 6 6 1 s の出力する補正值 $|I_2_FB|$ に基づいて新たな出力電力目標値 P_{com}' を演算し出力するブロックである。ここで、補正值 $|I_2_FB|$ は、第 4 実施形態の補正值 $|V_1_FB|$ と同一のものである。演算部 6 6 1 t は、数 2 3 に基づいて出力電流目標値 $|I_2_com|'$ を演算し出力する。

[0153] [数23]

$$|I_2_com|' = |I_2_com| + |I_2_FB|$$

図 2 1 に示す出力電圧目標値演算部 6 6 1 d は、相互インダクタンス M 、角周波数 ω 、インピーダンス X_2 、出力電力目標値 P_{com}' 、出力電圧 V

2 及び位相差目標値 $\theta 1_com$ に基づいて、出力電圧目標値 $|V 1_FF|$ を演算し出力するブロックである。出力電圧目標値演算部 661d は、第4実施形態の出力電圧目標値演算部 461d と同一のブロックであり、出力電力目標値が $P com$ から $P com'$ に置き換えられたものである。

[0154] 補正部 661f は、第4実施形態の補正部 461f と同一のブロックであるが、出力電力目標値 $P com$ の補正が加えられていることから、補正值 $|V 1_FF|$ が0に設定されている。

[0155] 駆動信号生成部 661g は、位相 $\theta 1$ 、新たな出力電力目標値 $P com'$ 、結合係数 k 、位相差目標値 $\theta 1_com$ 及び出力電圧目標値 $|V 1_com|$ に基づいて、インバータ回路のスイッチング素子を制御するための駆動信号を生成し出力するブロックである。駆動信号生成部 661g は、第4実施形態の駆動信号生成部 461g と同一のブロックであり、出力電力目標値が $P com$ から $P com'$ に置き換えられたものである。

[0156] 次に、図21及び図22を参照して第6実施形態の非接触給電装置における送電側制御回路の動作について説明する。

[0157] 図21に示す補正演算部 661e は、図22に示すように、出力電流 $I 2$ に基づき、数23を用いて出力電流目標値 $|I 2_com|$ を補正した新たな出力電流目標値 $|I 2_com|'$ を演算し出力する。

[0158] 図21に示す出力電圧目標値演算部 661d は、第4実施形態の出力電圧目標値演算部 461d と同一のブロックであり、出力電力目標値が $P com$ から $P com'$ に置き換えられたものである。出力電圧目標値演算部 661d は、相互インダクタンス M 、角周波数 ω 、インピーダンス $X 2$ 、出力電力目標値 $P com'$ 、出力電圧 $V 2$ 及び位相差目標値 $\theta 1_com$ に基づいて出力電圧目標値 $|V 1_FF|$ を演算し出力する。

[0159] 補正部 661f は、第4実施形態の補正部 461f と同一のブロックであるが、出力電力目標値 $P com$ の補正が加えられていることから、補正值 $|V 1_FF|$ が0に設定されている。補正部 661f は、出力電圧目標値 $|V 1_FF|$ を新たな出力電圧目標値 $|V 1_com|$ として出力する。

[0160] 駆動信号生成部661gは、第4実施形態の駆動信号生成部461gと同一のブロックであり、出力電力目標値が P_{com} から P_{com}' に置き換えられたものである。駆動信号生成部661gは、位相 θ_1 、新たな出力電力目標値 P_{com}' 、結合係数 k 、位相差目標値 θ_{1_com} 及び出力電圧目標値 $|V_{1_com}|$ に基づいて、インバータ回路のスイッチング素子を制御するための駆動信号を生成し出力する。

[0161] その結果、出力電流目標値 $|I_{2_com}|$ に対する補正が、第4実施形態の場合と同様に駆動信号に反映されることになる。

[0162] 次に、第6実施形態の非接触給電装置の効果について説明する。

[0163] 第6実施形態によれば、出力電圧目標値に代えて、出力電流目標値を補正するようにしても、第4実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0164] なお、第1～第6実施形態では、送電側共振用コンデンサ及び受電側共振用コンデンサが、送電コイル及び受電コイルに直列接続されている例を挙げているが、これに限られるものではない。送電側共振用コンデンサ及び受電側共振用コンデンサは、送電コイル及び受電コイルに並列接続されていてもよい。この場合、インピーダンス X_1 及び X_2 に相当するインピーダンス X_1' 及び X_2' は、数24及び数25に基づいて求められる。

[0165] [数24]

$$X_1' = \frac{\omega \cdot (L_1 - M)}{1 - \omega^2 \cdot (L_1 - M) \cdot C_1}$$

[0166] [数25]

$$X_2' = \frac{\omega \cdot (L_2 - M)}{1 - \omega^2 \cdot (L_2 - M) \cdot C_2}$$

第1～第6実施形態では、制御に必要な情報を受電側制御回路から送電側制御回路に送信し、制御に必要な演算を全て送電側制御回路で行っている例を挙げているが、これに限られるものではない。送電側制御回路で行っている演算の一部を受電側制御回路で行うようにしてもよい。この場合、制御に

必要な情報を送電側制御回路から受電側制御回路に送信すればよい。送電側制御回路と受電側制御回路の間で、受電コイルから受電回路に供給される電流の位相に関連する情報をやり取りするとよい。

[0167] 第1～第6実施形態では、受電側整流回路が、供給される交流を整流して出力する例を挙げているが、これに限られるものではない。送電側整流回路のように、供給される交流を整流するとともに昇圧して出力するようにしてもよい。

[0168] 第1～第6実施形態において、送電コイルと受電コイルの巻数比が変わった場合でも、各部の電圧ベクトル及び電流ベクトルの関係を示すベクトル図に基づいて数式を見直すことで同様に適用することができる。

[0169] (第7実施形態)

次に、第7実施形態の非接触給電装置について説明する。第7実施形態の非接触給電装置は、第1実施形態の非接触給電装置に対して、結合係数演算部の構成を変更したものである。具体的には、第1実施形態の結合係数演算部が出力電圧 V_1 、出力電流 I_1 、位相差 θ_1 、角周波数 ω 、出力電圧 V_2 、インダクタンス L_1 及び容量 C_1 、インダクタンス L_2 及び容量 C_2 に基づいて、送電コイル12と受電コイル13の結合係数 k を演算するのに対して、出力電圧 V_1 、出力電流 I_1 、位相差 θ_1 、角周波数 ω 、出力電圧 V_2 、出力電流 I_2 、容量 C_1 、 C_2 に基づいて、送電コイルと受電コイルの結合係数 k を演算するようにしたものである。

[0170] 結合係数演算部以外の構成及び動作は、第1実施形態と同一であるため、必要がある場合を除いて説明を省略する。まず、図23及び図24を参照して結合係数演算部の構成及び動作について説明する。

図23に示すように、結合係数演算部761bは、送電側制御回路761を構成する、第1実施形態の結合係数演算部161bに対応するブロックである。具体的には、出力電圧 V_1 、出力電流 I_1 、位相差 θ_1 、角周波数 ω 、出力電圧 V_2 、出力電流 I_2 、容量 C_1 、 C_2 に基づいて、送電コイルと受電コイルの結合係数 k を演算し出力するブロックである。結合係数演算部

761bは、結合係数 k を演算する過程において送電コイルのインダクタンス L_1 、受電コイルのインダクタンス L_2 、及び、送電コイルと受電コイルの相互インダクタンス M も演算する。

[0171] ところで、非接触給電装置の各部の電圧ベクトル及び電流ベクトルは、図24に示すような関係を有している。ここで、位相差 θ_α は、電圧ベクトル E_1 と電圧ベクトル V_1 の位相差である。位相差 θ_m は、電流ベクトル I_m と電流ベクトル I_1 の位相差である。その他は、第1実施形態において説明したものと同一のものである。

[0172] 電流ベクトル I_m は、数26に示す関係を有している。

[0173] [数26]

$$I_m = \frac{E_2}{\omega \cdot M} = \frac{\sqrt{V_2^2 + (X_2 \cdot I_2)^2}}{\omega \cdot M}$$

電圧ベクトル E_1 、 E_2 は、数27に示す関係を有している。

[0174] [数27]

$$E_1 = E_2 = \sqrt{V_2^2 + (X_2 \cdot I_2)^2}$$

位相差 θ_2 、 θ_α 、 θ_m は、それぞれ数28～数30に示す関係を有している。

[0175] [数28]

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{X_2 \cdot I_2}{V_2}$$

[0176] [数29]

$$\theta_\alpha = \cos^{-1} \left\{ \frac{V_1^2 + E_1^2 - (X_1 \cdot I_1)^2}{2 \cdot V_1 \cdot E_1} \right\}$$

[0177]

[数30]

$$\theta_m = \cos^{-1} \left(\frac{I_m^2 + I_1^2 - I_2^2}{2 \cdot I_m \cdot I_1} \right)$$

電流ベクトル I_1 が電流ベクトル I_2 と電流ベクトル I_m のベクトル和であることから、電流ベクトル I_1 、 I_2 、 I_m は、数31及び数32に示す関係を有している。

[0178] [数31]

$$I_2 \cdot \cos \theta_2 = I_1 \cdot \cos(\theta_1 + \theta_\alpha)$$

[0179] [数32]

$$I_m + I_2 \cdot \sin \theta_2 = I_1 \cdot \sin(\theta_1 + \theta_\alpha)$$

電圧ベクトル E_1 と電流ベクトル I_m の位相差が90度であることから、位相差 θ_1 、 θ_α 、 θ_m は、数33に示す関係を有している。

[0180] [数33]

$$\theta_m + \theta_1 + \theta_\alpha = \frac{\pi}{2}$$

電圧ベクトル E_1 、 E_2 は大きさが同一で向きが逆であることから、数34及び数35に示す関係を有している。

[0181] [数34]

$$V_1 \cdot \cos \theta_\alpha + |X_1 \cdot I_1| \cdot \sin(\theta_\alpha + \theta_1) = V_2 \cdot \cos \theta_2 + |X_2 \cdot I_2| \cdot \sin \theta_2$$

[0182] [数35]

$$V_1 \cdot \sin \theta_\alpha + |X_1 \cdot I_1| \cdot \cos(\theta_\alpha + \theta_1) - (V_2 \cdot \sin \theta_2 + |X_2 \cdot I_2| \cdot \cos \theta_2) = 0$$

図23に示す結合係数演算部761bは、入力された出力電圧 V_1 、出力

電流 I_1 、位相差 θ_1 、角周波数 ω 、出力電圧 V_2 、出力電流 I_2 と、数 26～数 29、数 31～数 33 を用い、ニュートンラプソン法等によって演算し、インピーダンス X_1 、 X_2 及び相互インダクタンス M を求める。容量 C_1 、 C_2 は、送電側パッドと受電側パッドの位置関係に影響されない。そのため、容量 C_1 、 C_2 として予め設定されているものを用いても演算結果に大きな誤差を生じることはない。結合係数演算部 761b は、入力された容量 C_1 、 C_2 とインピーダンス X_1 、 X_2 からインダクタンス L_1 、 L_2 を求める。さらに、インダクタンス L_1 、 L_2 、相互インダクタンス M から結合係数 k を求める。

[0183] 次に、第 7 実施形態の非接触給電装置の効果について説明する。

[0184] 第 7 実施形態によれば、送電側制御回路 761 は、送電回路の出力電圧 V_1 及び出力電流 I_1 、送電回路の出力電圧 V_1 と出力電流 I_1 の位相差 θ_1 、送電回路の出力の角周波数 ω 、及び、受電コイルの出力電圧 V_2 及び出力電流 I_2 に基づいて、受電コイルと結合しない漏れインダクタンスを含むインピーダンス X_1 、送電コイルと結合しない漏れインダクタンスを含むインピーダンス X_2 、及び、送電コイルと受電コイルの相互インダクタンス M を求める。具体的には、結合係数演算部 761b において、出力電圧 V_1 、出力電流 I_1 、位相差 θ_1 、角周波数 ω 、出力電圧 V_2 及び出力電流 I_2 に基づき、数 26～数 29、数 31～数 33 を用いてインピーダンス X_1 、 X_2 及び相互インダクタンス M を求める。そのため、車両の駐車状態等によって変化するインピーダンス X_1 、 X_2 及び相互インダクタンス M を確実に求めることができる。従って、インピーダンス X_1 、 X_2 及び相互インダクタンス M が変化しても、送電回路から出力される交流電圧と交流電圧の位相差を確実に制御することができる。なお、容量 C_1 、 C_2 が不確定の場合は、さらに、数 34 及び数 35 を用いて、容量 C_1 、 C_2 も合わせて求めることも可能である。

[0185] なお、第 7 実施形態の構成は、結合係数演算部を有する他の実施形態においても適用することができる。

[0186] (第8実施形態)

次に、第8実施形態の非接触給電装置について説明する。第8実施形態の非接触給電装置は、第1実施形態の非接触給電装置に対して、送電側制御回路の構成を変更したものである。具体的には、第1実施形態の送電側制御回路が位相差目標値を演算する位相差目標値演算部と、出力電圧目標値を演算する出力電圧目標値演算部とを備えるのに対して、位相差目標値と出力電圧目標値を一括して演算する目標値演算部を備えるようにしたものである。

[0187] 位相差目標値及び出力電圧目標値の演算部分以外の構成及び動作は、第1実施形態と同一であるため、必要がある場合を除いて説明を省略する。まず、図25～図36を参照して位相差目標値及び出力電圧目標値の演算部分の構成及び動作について説明する。

[0188] 図25に示すように、送電側制御回路861は、位相演算部861aと、結合係数演算部861bと、目標値演算部861cと、補正值演算部861eと、補正部861fと、駆動信号生成部861gとを備えている。

[0189] 位相演算部861a、補正值演算部861e、補正部861f及び駆動信号生成部861gは、第1実施形態の位相演算部161a、補正值演算部161e、補正部161f及び駆動信号生成部161gと同一のブロックである。また、結合係数演算部861bは、第7実施形態の結合係数演算部761bと同一のブロックである。

[0190] 目標値演算部861cは、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係を示すベクトル図に基づいて位相差目標値 θ_{1_com} 及び出力電圧目標値 $|V_{1_FF}|$ を演算し出力するブロックである。

[0191] ところで、非接触給電装置の各部の電圧ベクトル及び電流ベクトルは、図26に示すような関係を有している。ここで、位相差 θ_c は、図28に示すように、電流ベクトル I_m と電流ベクトル I_2 の位相差である。その他は、第1実施形態において説明したものと同一のものである。

[0192] 出力電力目標値 P_{com} は、数36に示す関係を有している。

[0193]

[数36]

$$P_{com} = V_2 \cdot I_2$$

受電コイル、受電側共振用コンデンサ及び受電側整流回路の等価インピーダンスを R とすると、出力電圧 V_2 は、数37に示す関係を有している。

[0194] [数37]

$$V_2 = R \cdot I_2$$

目標値演算部861cは、車両制御装置から入力される出力電力目標値 P_{com} 、予め設定されている等価インピーダンス R 、数36及び数37に基づいて、電圧ベクトル V_2 の大きさである出力電圧 V_2 及び電流ベクトル I_2 の大きさである出力電流 I_2 を求める。その結果、図27に示すように、電圧ベクトル V_2 及び電流ベクトル I_2 が決まる。

[0195] その後、目標値演算部861cは、位相差 θ_c を所定値に仮設定する。その結果、図28に示すように、原点を通り電流ベクトル I_m の方向を示す I_m 軸と、原点を通り電圧ベクトル E_1 、 E_2 の方向を示す I_m 軸に直交する E 軸が決まる。

[0196] 図29に示すように、電圧ベクトル V_2 に直交し、電圧ベクトル V_2 の終点から E 軸に至るベクトルが電圧ベクトル X_{212} になる。目標値演算部861cは、電圧ベクトル X_{212} の大きさである電圧 X_{212} と、インダクタンス L_2 、容量 C_2 、出力電流 I_2 、相互インダクタンス M 、及び、数3に基づいて、位相差 θ_c が所定値である場合における角周波数 ω を求める。

[0197] 図30に示すように、原点から電圧ベクトル X_{212} の終点に至るベクトルが電圧ベクトル E_2 になる。目標値演算部861cは、電圧ベクトル E_2 の大きさである電圧 E_2 及び数26に基づいて、電流ベクトル I_m の大きさである電流 I_m を求める。その結果、図31に示すように電流ベクトル I_m が決まる。また、図32に示すように、電圧ベクトル E_2 と大きさが同一で向きが逆である電圧ベクトル E_1 が決まる。

[0198] 図33に示すように、電流ベクトル I_1 は、電流ベクトル I_m と電流ベクトル I_2 のベクトル和である。目標値演算部861cは、電流ベクトル I_m と電流ベクトル I_2 から電流ベクトル I_1 の大きさである電流 I_1 を求める。

[0199] その後、目標値演算部861cは、結合係数演算861bにおいて結合係数 k を演算する過程において求められたインピーダンス X_1 と、電流 I_1 から、電圧ベクトル X_1 の大きさである電圧 X_1 を求める。図34に示すように、電圧ベクトル X_1 は、電流ベクトル I_1 に直交し、その終点が電圧ベクトル E_1 の終点に至るベクトルである。図35に示すように、電圧ベクトル V_1 は、原点から電圧ベクトル X_1 の始点に至るベクトルである。目標値演算部861cは、電流 I_1 と電圧 X_1 から、電圧ベクトル V_1 の大きさである電圧 V_1 を求めるとともに、位相差 θ_1 を求める。

[0200] 以降、位相差 θ_c の値を変え、同様の演算を繰り返す。その結果、図36に示すような、位相差 θ_c と電流 I_1 の関係が得られる。目標値演算部861cは、電流 I_1 が最小 I_{1min} となる位相差 θ_c の値 θ_{c0} を求める。そして、位相差 θ_{c0} と、位相差 θ_{c0} の場合における電圧 V_1 から、位相差目標値 θ_{1com} 及び出力電圧目標値 $|V_1|_{FF}$ を求める。

[0201] 送電側制御回路861は、位相差目標値 θ_{1com} 及び出力電圧目標値 $|V_1|_{FF}$ 等から駆動信号を生成し、位相差が位相差目標値 θ_{1com} になるとともに、電圧ベクトル V_1 の大きさが出力電圧目標値 $|V_1|_{FF}$ になるように送電回路を制御する。

[0202] 次に、第8実施形態の非接触給電装置の効果について説明する。

[0203] 第8実施形態によれば、送電側制御回路861は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて電圧ベクトル目標値 $|V_1|_{FF}$ を求める。そして、送電回路から出力される交流の電圧ベクトルが電圧ベクトル目標値 $|V_1|_{FF}$ になるように送電回路を制御する。そのため、送電回路から出力される交流電圧と交流電流を直接制御することができる。従って、制御に伴う遅れを抑え、応答性を向上させることができる。

[0204] 第8実施形態によれば、送電側制御回路861は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて、受電コイルと結合しない漏れインダクタンスを含むインピーダンス X_1 によって発生する起電圧を示す電圧ベクトル $X_1 \mid 1$ 、及び、送電コイルと結合しない漏れインダクタンスを含むインピーダンス X_2 によって発生する起電圧を示す電圧ベクトル $X_2 \mid 2$ を用いて電圧ベクトル目標値 $\mid V_1 _FF \mid$ を求める。そのため、電圧ベクトル目標値 $\mid V_1 _FF \mid$ をより正確に求めることができる。

[0205] 第8実施形態によれば、送電側制御回路861は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて、位相差目標値 $\theta_1 _com$ と出力電圧目標値 $\mid V_1 _FF \mid$ を求める。そして、位相差が位相差目標値 $\theta_1 _com$ になるとともに、電圧ベクトル V_1 の大きさが出力電圧目標値 $\mid V_1 _FF \mid$ になるように送電回路を制御する。そのため、送電回路から出力される交流電圧と交流電流をより正確に制御することができる。

[0206] 第8実施形態によれば、送電側制御回路861は、電流ベクトル $\mid 1$ の大きさが最小になる位相差を位相差目標値 $\theta_1 _com$ にする。そのため、送電回路から出力される電力を抑えることができる。

[0207] なお、第8実施形態の構成は、位相差目標値 $\theta_1 _com$ 及び出力電圧目標値 $\mid V_1 _FF \mid$ を演算するブロックを有する他の実施形態においても適用することができる。また、第8実施形態において、位相差目標値 $\theta_1 _com$ を求める過程で同時に求められる角周波数 ω を指令値として制御することも可能である。

[0208] (第9実施形態)

次に、第9実施形態の非接触給電装置について説明する。第9実施形態の非接触給電装置は、第8実施形態の非接触給電装置に対して、目標値演算部の構成を変更したものである。具体的には、第8実施形態の目標値演算部が位相差目標値と出力電圧目標値を一括して演算するのに対して、角周波数と出力電圧目標値を一括して演算するようにしたものである。

[0209] 目標値演算部以外の構成及び動作は、第8実施形態と同一であるため、必

要がある場合を除いて説明を省略する。まず、図 37～図 47 を参照して目標値演算部の構成及び動作について説明する。

[0210] 図 37 に示すように、送電側制御回路 961 は、位相演算部 961 a と、結合係数演算部 961 b と、目標値演算部 961 c と、補正值演算部 961 e と、補正部 961 f と、駆動信号生成部 961 g とを備えている。

[0211] 位相演算部 961 a、結合係数演算部 961 b、補正值演算部 961 e 及び補正部 961 f は、第 8 実施形態の位相演算部 861 a、結合係数演算部 861 b、補正值演算部 861 e、及び補正部 861 f と同一のブロックである。

[0212] 目標値演算部 961 c は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係を示すベクトル図に基づいて角周波数相差目標値 ω_{com} 及び出力電圧目標値 $|V1_{FF}|$ を演算し出力するブロックである。

[0213] ところで、非接触給電装置の各部の電圧ベクトル及び電流ベクトルは、図 38 に示すような関係を有している。全て、第 1 実施形態において説明したものと同一のものである。

[0214] 目標値演算部 961 c は、車両制御装置から入力される出力電力目標値 P_{com} 、予め設定されている等価インピーダンス R 、数 36 及び数 37 に基づいて、電圧ベクトル $V2$ の大きさである出力電圧 $V2$ 及び電流ベクトル $I2$ の大きさである出力電流 $I2$ を求める。その結果、図 39 に示すように、電圧ベクトル $V2$ 及び電流ベクトル $I2$ が決まる。

[0215] その後、目標値演算部 961 c は、角周波数 ω を所定値に仮設定する。そして、インピーダンス $X2$ と電流 $I2$ から、電圧ベクトル $X2I2$ の大きさである電圧 $X2I2$ を求める。

[0216] 図 40 に示すように、電圧ベクトル $X2I2$ は、電圧ベクトル $V2$ に直交する。図 41 に示すように、電圧ベクトル $E2$ は、電圧ベクトル $V2$ と電圧ベクトル $X2I2$ のベクトル和である。原点から電圧ベクトル $X2I2$ の終点に至るベクトルが電圧ベクトル $E2$ になる。目標値演算部 961 c は、電圧 $V2$ と電圧 $X2I2$ から電圧ベクトル $E2$ の大きさである電圧 $E2$ を求め

る。

[0217] その後、目標値演算部 961c は、電圧 E_2 及び数 26 に基づいて、電流ベクトル I_m の大きさである電流 I_m を求める。電流ベクトル I_m は、電圧ベクトル E_2 と直交する。その結果、図 42 に示すように、電流ベクトル I_m が決まる。

[0218] 図 43 に示すように、電流ベクトル I_1 は、電流ベクトル I_m と電流ベクトル I_2 のベクトル和である。目標値演算部 861c は、電流ベクトル I_m と電流ベクトル I_2 から電流ベクトル I_1 の大きさである電流 I_1 を求める。

[0219] 図 44 に示すように、電圧ベクトル E_2 と大きさが同一で向きが逆である電圧ベクトル E_1 が決まる。図 45 に示すように、電圧ベクトル X_{11} は、電流ベクトル I_1 に直交し、その終点が電圧ベクトル E_1 の終点に至るベクトルである。図 46 に示すように、電圧ベクトル V_1 は、原点から電圧ベクトル X_{11} の始点に至るベクトルである。目標値演算部 961c は、電流 I_1 と電圧 X_{11} から電圧ベクトル V_1 の大きさである電圧 V_1 を求めるとともに、位相差 θ_1 を求める。

[0220] 以降、角周波数 ω の値を変え、同様の演算を繰り返す。その結果、図 47 に示すような、角周波数 ω と電流 I_1 の関係が得られる。目標値演算部 961c は、電流 I_1 が最小 I_{1min} となる角周波数 ω の値 ω_0 を求める。そして、角周波数 ω_0 と角周波数 ω_0 の場合における電圧 V_1 から、角周波数目標値 ω_{com} 及び出力電圧目標値 $|V_1_FF|$ を求める。

[0221] 図 37 に示す駆動信号生成部 961g は、位相 θ_1 、出力電力目標値 P_{com} 、角周波数目標値 ω_{com} 及び出力電圧目標値 $|V_1_com|$ に基づいて、送電回路を制御するための駆動信号を生成し出力するブロックである。

[0222] 送電側制御回路 961 は、角周波数目標値 ω_{com} 及び出力電圧目標値 $|V_1_FF|$ 等から駆動信号を生成し、角周波数が角周波数目標値 ω_{com} になるとともに、電圧ベクトル V_1 の大きさが出力電圧目標値 $|V_1_FF|$

になるように送電回路を制御する。

[0223] 次に、第9実施形態の非接触給電装置の効果について説明する。

[0224] 第9実施形態によれば、送電側制御回路961は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて電圧ベクトル目標値 $|V1_FF|$ を求める。そして、送電回路から出力される交流の電圧ベクトルが電圧ベクトル目標値 $|V1_FF|$ になるように送電回路を制御する。そのため、送電回路から出力される交流電圧と交流電流を直接制御することができる。従って、制御に伴う遅れを抑え、応答性を向上させることができる。

[0225] 第9実施形態によれば、送電側制御回路961は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて、受電コイルと結合しない漏れインダクタンスを含むインピーダンス $X1$ によって発生する起電圧を示す電圧ベクトル $X1 \perp 1$ 、及び、送電コイルと結合しない漏れインダクタンスを含むインピーダンス $X2$ によって発生する起電圧を示す電圧ベクトル $X2 \perp 2$ を用いて電圧ベクトル目標値 $|V1_FF|$ を求める。そのため、電圧ベクトル目標値 $|V1_FF|$ をより正確に求めることができる。

[0226] 第9実施形態によれば、送電側制御回路961は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて、角周波数目標値 ω_{com} と出力電圧目標値 $|V1_FF|$ を求める。そして、角周波数が角周波数目標値 ω_{com} になるとともに、電圧ベクトル $V1$ の大きさが出力電圧目標値 $|V1_FF|$ になるように送電回路を制御する。そのため、送電回路から出力される交流電圧と交流電流をより正確に制御することができる。

[0227] 第9実施形態によれば、送電側制御回路961は、電流ベクトル $I1$ の大きさが最小になる角周波数を角周波数目標値 ω_{com} にする。そのため、送電回路から出力される電力を抑えることができる。また、第9実施形態において、角周波数目標値 ω_{com} を求める過程で同時に求められる位相差 $\theta1_com$ を指令値として制御することも可能である。

[0228] (第10実施形態)

次に、第10実施形態の非接触給電装置について説明する。第10実施形

態の非接触給電装置は、第1実施形態の非接触給電装置に対して、送電回路と送電コイルの間、及び、受電コイルと受電回路の間にイミタンス変換回路を追加したものである。

[0229] イミタンス変換回路以外の構成及び動作は、第1実施形態と同一であるため、必要がある場合を除いて説明を省略する。まず、図48～図51を参照して非接触給電装置1の構成及び動作について説明する。

[0230] 図48に示すように、非接触給電装置1は、送電回路10と、送電側共振用コンデンサ11と、送電コイル12と、受電コイル13と、受電側共振用コンデンサ14と、受電回路15と、制御回路16とを備えている。さらに、イミタンス変換回路17、18を備えている。送電回路10、送電側共振用コンデンサ11、送電コイル12、受電コイル13、受電側共振用コンデンサ14、受電回路15及び制御回路16は、第1実施形態と同一のものである。

[0231] イミタンス変換回路17は、送電回路10と送電コイル12の間に設けられ、イミタンス変換を行う回路である。具体的には、一方の端子対から見たインピーダンスが他方の端子対に接続された回路のアドミタンスに比例する回路である。図49に示すように、イミタンス変換回路17は、リアクトル170、171と、コンデンサ172とを備えている。リアクトル170、171は直列接続されている。リアクトル170の一端はインバータ回路101の一方の出力端に、リアクトル171の一端は送電側共振用コンデンサ11の他端にそれぞれ接続されている。コンデンサ172の一端はリアクトル170、171の直列接続点に、他端はインバータ回路101の他方の出力端及び送電コイル12の他端にそれぞれ接続されている。

[0232] 図49に示すように、イミタンス変換回路17の入力端の電圧及び電流を V_{in} 、 I_{in} 、出力端の電圧及び電流を V_{out} 、 I_{out} 、リアクトル170、171のインダクタンスを L_f 、コンデンサ172の容量を C_f とすると、これらは、数38に示す関係を有している。

[0233]

[数38]

$$\begin{pmatrix} V_{out} \\ I_{out} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & j\omega L_f \\ -j\omega C_f & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{in} \\ I_{in} \end{pmatrix}$$

図48に示すイミタンス変換回路18は、受電コイル13と受電回路15間に設けられ、イミタンス変換を行う回路である。具体的には、一方の端子対から見たインピーダンスが他方の端子対に接続された回路のアドミタンスに比例する回路である。イミタンス変換回路18は、イミタンス変換回路17と同一構成である。

[0234] ところで、送電コイル12及び受電コイル13をT型等価回路で表すと、図50に示すようになる。ここで、リアクトル190は、受電コイル13と結合しない漏れインダクタンスに相当するものである。リアクトル192は、送電コイル12と結合しない漏れインダクタンスに相当するものである。リアクトル191は、送電コイル12と受電コイル13の相互インダクタンスに相当するものである。さらに、図51に示すように、イミタンス変換回路17のリアクトル171と送電側共振用コンデンサ11を、周波数 ω におけるインピーダンスで足し合わせ、等価的なコンデンサ193に置き換えることも可能である。

[0235] イミタンス変換回路17、18が設けられることで、送電回路10から出力される出力電圧ベクトルと電流ベクトルの関係を示すベクトル図の構成が、第1実施形態の場合とは異なるものになる。しかし、送電側制御回路161は、第1実施形態の場合と同様に、ベクトル図に基づいて数38に示すイミタンス変換を考慮して、送電回路10を制御する。第1実施形態の場合と同様に、送電回路10から出力される交流電圧と交流電流を直接制御することができる。そのため、制御に伴う遅れを抑え、応答性を向上させることができる。

[0236] 次に、第10実施形態の非接触給電装置の効果について説明する。

[0237] 第10実施形態によれば、非接触給電装置1は、送電回路10と送電コイル12の間、及び、受電コイル13と受電回路15の間にイミタンス変換回

路 17、18 を有している。そのため、送電回路 10 から出力される出力電圧ベクトルと出力電流ベクトルの関係を示すベクトル図が第 1 実施形態の場合とは異なるものになる。しかし、送電側制御回路 161 は、第 1 実施形態の場合と同様に、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて送電回路 10 を制御する。そのため、イミタンス変換回路 17、18 を有している場合であっても、第 1 実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0238] なお、第 10 実施形態では、イミタンス変換回路 17、18 が、送電回路 10 と送電コイル 12 の間、及び、受電コイル 13 と受電回路 15 の間にそれぞれ設けられている例を挙げているが、これに限られるものではない。イミタンス変換回路は、送電回路と送電コイルの間、及び、受電コイルと受電回路の間の少なくともいずれかに設けられていていけばよい。

[0239] 第 10 実施形態の構成は、他の実施形態においても適用することができる。

[0240] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

- [請求項1] 交流が供給されることで磁束を発生する送電コイル（12）と、
 前記送電コイルに接続され、前記送電コイルに交流を供給する送電回路（10）と、
 前記送電回路に接続され、前記送電回路を制御する送電側制御回路（161、261、361、461、561、661、761、861、961）と、
 前記送電コイルに発生した磁束と鎖交することで交流を発生する受電コイル（13）と、
 前記受電コイル及び給電対象に接続され、前記受電コイルから供給される交流を直流に変換して前記給電対象に供給する受電回路（15）と、
 を備えた非接触給電装置において、
 前記送電側制御回路は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて電圧ベクトル目標値を求め、
 前記送電側制御回路は、前記送電回路から出力される交流の電圧ベクトルが前記電圧ベクトル目標値になるように前記送電回路を制御する非接触給電装置。
- [請求項2] 前記送電側制御回路は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて、前記受電コイルと結合しない漏れインダクタンスを含むインピーダンスによって発生する起電圧を示す電圧ベクトル、及び、前記送電コイルと結合しない漏れインダクタンスを含むインピーダンスによって発生する起電圧を示す電圧ベクトルを用いて前記電圧ベクトル目標値を求める請求項1に記載の非接触給電装置。
- [請求項3] 前記送電側制御回路は、前記送電回路から出力される交流の電圧ベクトルと電流ベクトルの位相差が位相差目標値になるような前記電圧ベクトル目標値を求め、
 前記送電側制御回路は、前記送電回路から出力される交流の電圧ベ

クトルが前記電圧ベクトル目標値になるように前記送電回路を制御する請求項 1 又は 2 に記載の非接触給電装置。

[請求項4] 前記送電側制御回路は、前記受電回路から前記給電対象に供給される電力の目標値である出力電力目標値、又は、前記受電回路から前記給電対象に供給される電流の目標値である出力電流目標値に基づいて、前記電圧ベクトル目標値を構成する、電圧ベクトルの大きさの目標値である出力電圧目標値を求める請求項 3 に記載の非接触給電装置。

[請求項5] 前記送電側制御回路は、前記出力電力目標値又は前記出力電流目標値、前記送電コイルと前記受電コイルの相互インダクタンス、前記送電回路から出力される交流の周波数、及び、前記受電コイルのインダクタンスに基づいて前記出力電圧目標値を求める請求項 4 に記載の非接触給電装置。

[請求項6] 前記送電側制御回路は、前記送電回路から出力される交流電圧及び交流電流、前記送電回路から出力される交流電圧と交流電流の位相差、前記送電回路から出力される交流の周波数、及び、前記送電コイル及び前記受電コイルのインダクタンスに基づいて前記送電コイルと前記受電コイルの相互インダクタンスを求める請求項 5 に記載の非接触給電装置。

[請求項7] 前記送電側制御回路は、前記出力電力目標値と前記受電回路から前記給電対象に供給される電力、又は、前記出力電流目標値と前記受電回路から前記給電対象に供給される電流に基づいて前記出力電圧目標値を補正する請求項 4～6 のいずれか 1 項に記載の非接触給電装置。

[請求項8] 前記受電コイル及び前記受電回路に関連する情報であって、前記送電回路の制御に必要な情報を前記送電側制御回路に送信する受電側制御回路（163）をさらに有し、

前記送電側制御回路は、前記受電側制御回路から受信した前記受電コイル及び前記受電回路に関連する情報に基づいて前記送電回路を制御する請求項 4～7 のいずれか 1 項に記載の非接触給電装置。

[請求項9] 前記送電側制御回路と前記受電側制御回路の間で、前記受電コイルから前記受電回路に供給される電流の位相に関連する情報をやり取りする請求項8に記載の非接触給電装置。

[請求項10] 前記送電回路は、前記送電コイルに接続され、スイッチング素子を有し、前記スイッチング素子をスイッチングさせることで入力された直流を交流に変換して前記送電コイルに供給するインバータ回路（101）を有し、

前記送電側制御回路は、前記スイッチング素子がターンオンする際に、当該スイッチング素子に流れる電流が0近傍の所定範囲内になるように前記位相差目標値を補正する請求項1～9のいずれか1項に記載の非接触給電装置。

[請求項11] 前記送電側制御回路（861）は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて、前記送電回路から出力される交流の前記電圧ベクトルと前記電流ベクトルの位相差の目標値である位相差目標値と、前記電圧ベクトルの大きさの目標値である出力電圧目標値とを求め、

前記送電側制御回路は、前記位相差が前記位相差目標値になるとともに、前記電圧ベクトルの大きさが前記出力電圧目標値になるように前記送電回路を制御する請求項1又は2に記載の非接触給電装置。

[請求項12] 前記送電側制御回路は、前記電流ベクトルの大きさが最小になる前記位相差を前記位相差目標値にする請求項11に記載の非接触給電装置。

[請求項13] 前記送電側制御回路（961）は、電圧ベクトルと電流ベクトルの関係に基づいて、前記送電回路から出力される交流の角周波数の目標値である角周波数目標値と、前記電圧ベクトルの大きさの目標値である出力電圧目標値とを求め、

前記送電側制御回路は、前記角周波数が前記角周波数目標値になるとともに、前記電圧ベクトルの大きさが前記出力電圧目標値になるように前記送電回路を制御する請求項1又は2に記載の非接触給電装置

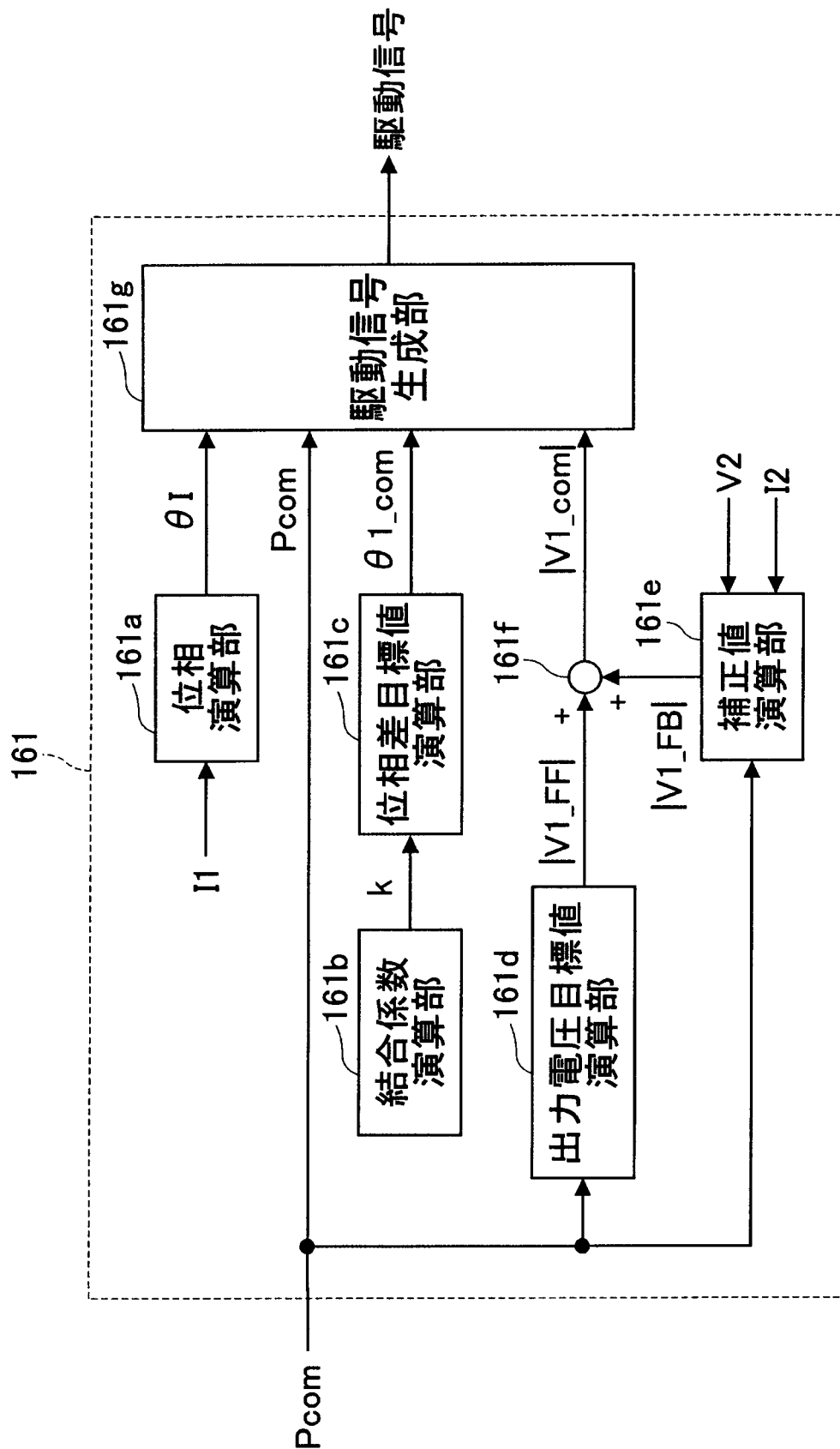
。

[請求項14] 前記送電側制御回路は、前記電流ベクトルの大きさが最小になる前記角周波数を前記角周波数目標値にする請求項13に記載の非接触給電装置。

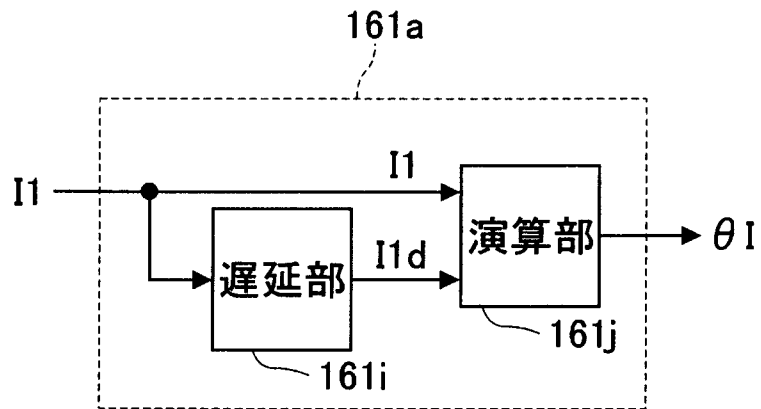
[請求項15] 前記送電側制御回路（761）は、前記送電回路の出力電圧及び出力電流、前記送電回路の前記出力電圧と前記出力電流の位相差、前記送電回路の出力の角周波数、及び、前記受電コイルの出力電圧及び出力電流に基づいて、前記受電コイルと結合しない漏れインダクタンスを含むインピーダンス、前記送電コイルと結合しない漏れインダクタンスを含むインピーダンス、及び、前記送電コイルと前記受電コイルの相互インダクタンスを求める請求項1～5、11～14のいずれか1項に記載の非接触給電装置。

[請求項16] 前記送電回路と前記送電コイルの間、及び、前記受電コイルと前記受電回路の間の少なくともいずれかにイミタンス変換回路（17、18）をさらに有する請求項1～15のいずれか1項に記載の非接触給電装置。

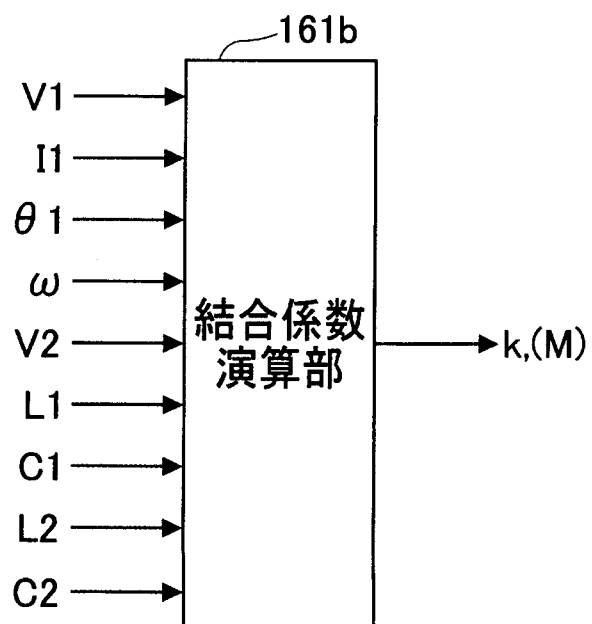
[図2]



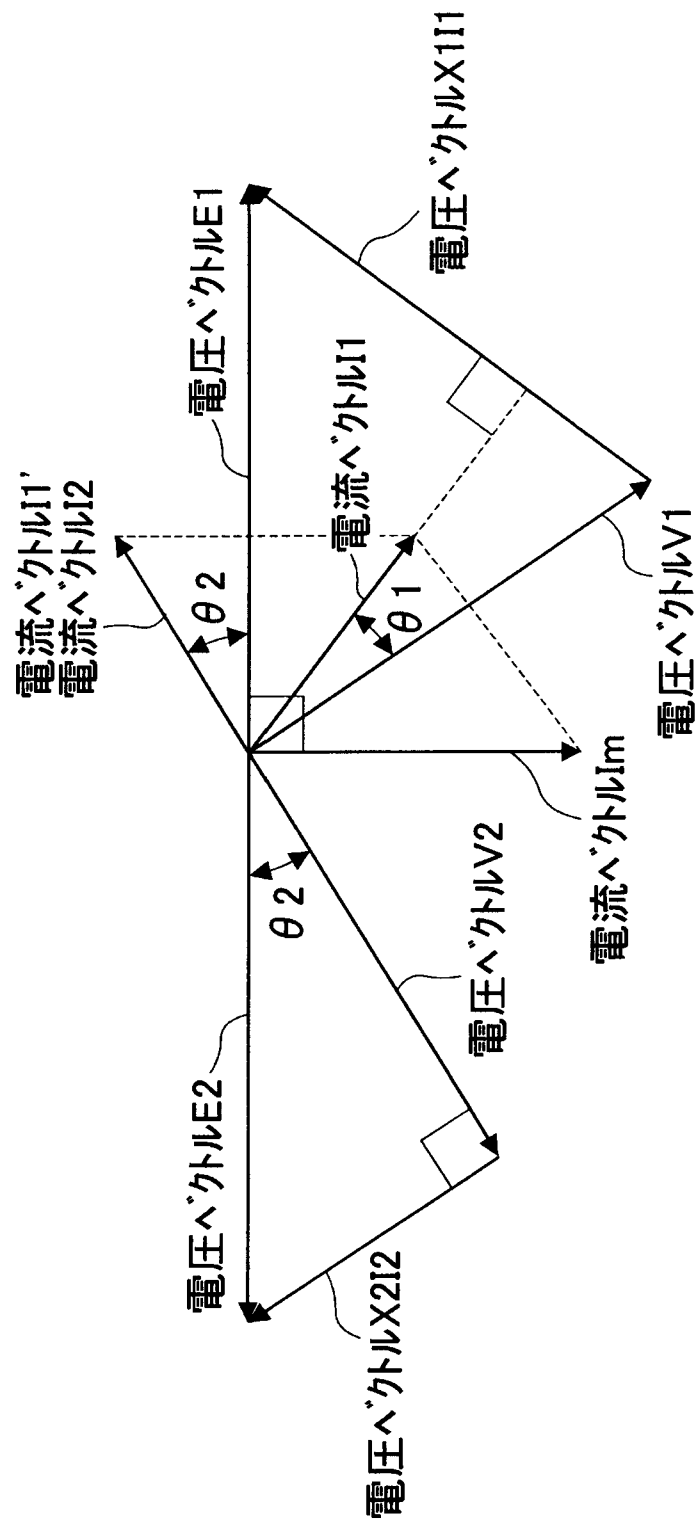
[図3]



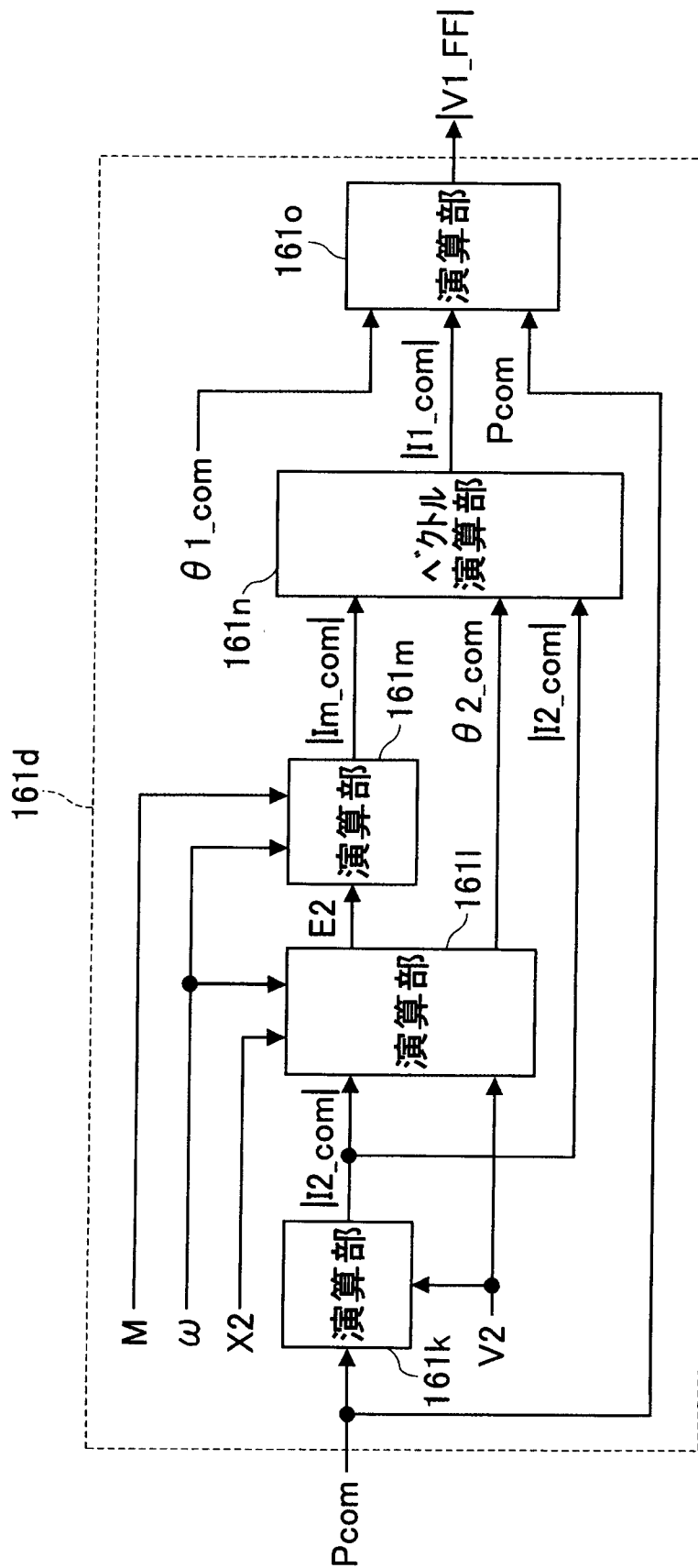
[図4]



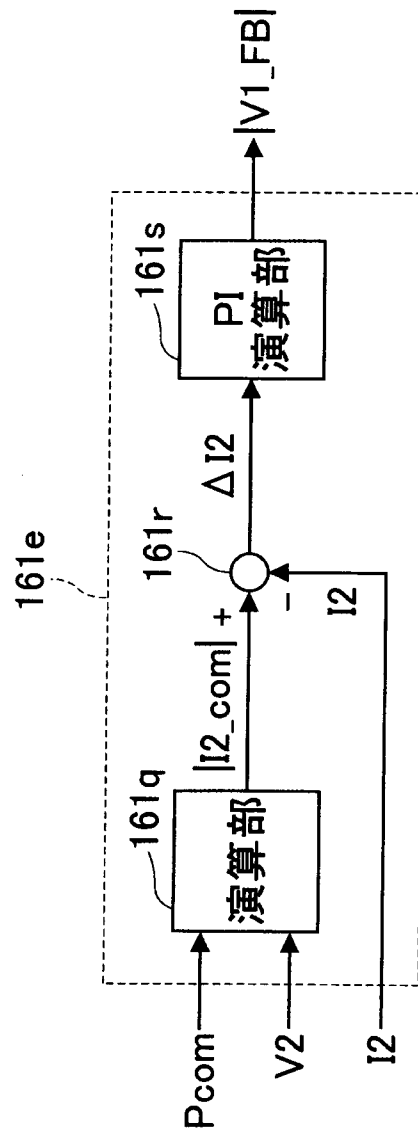
[図5]



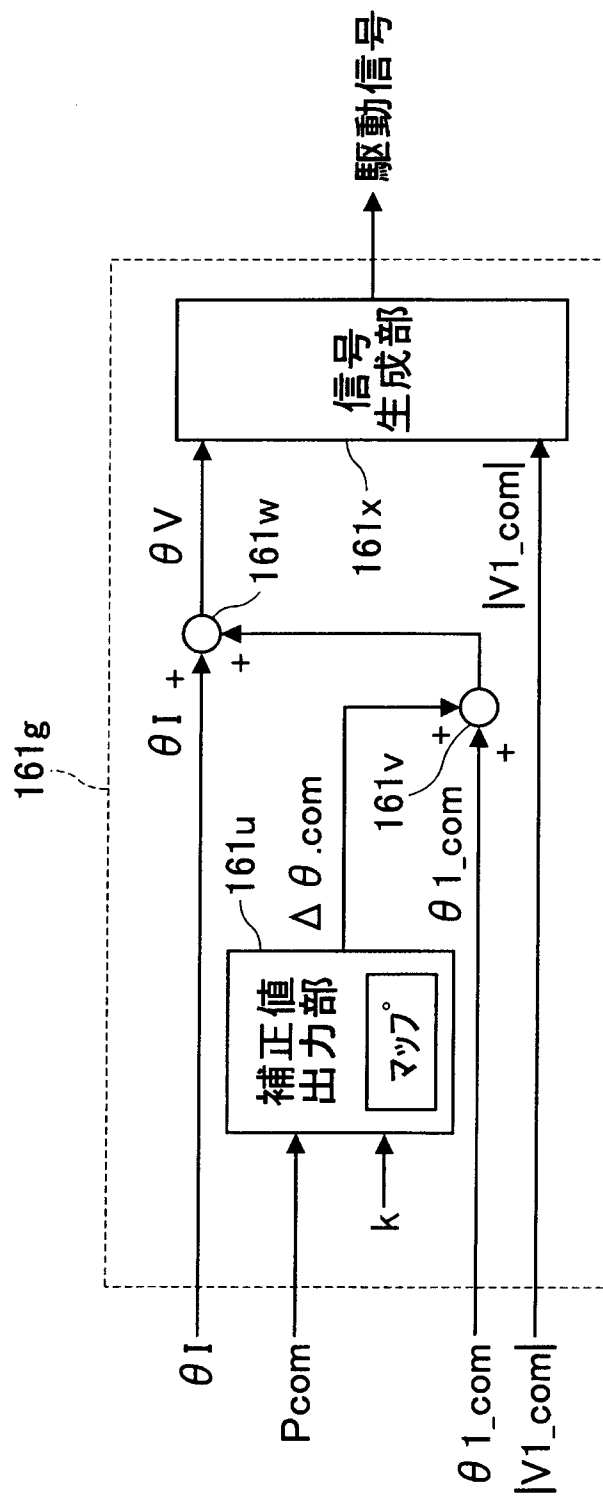
[図6]



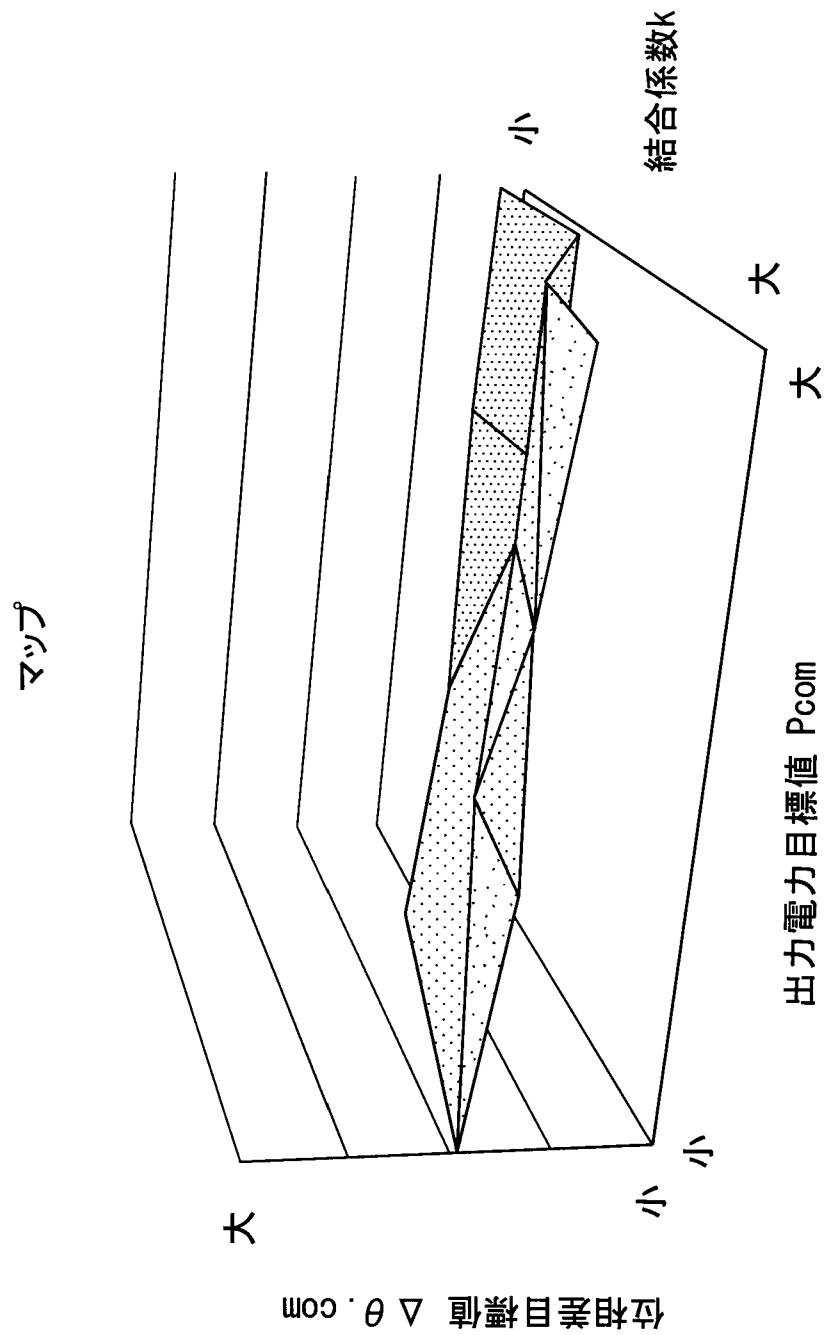
[図8]



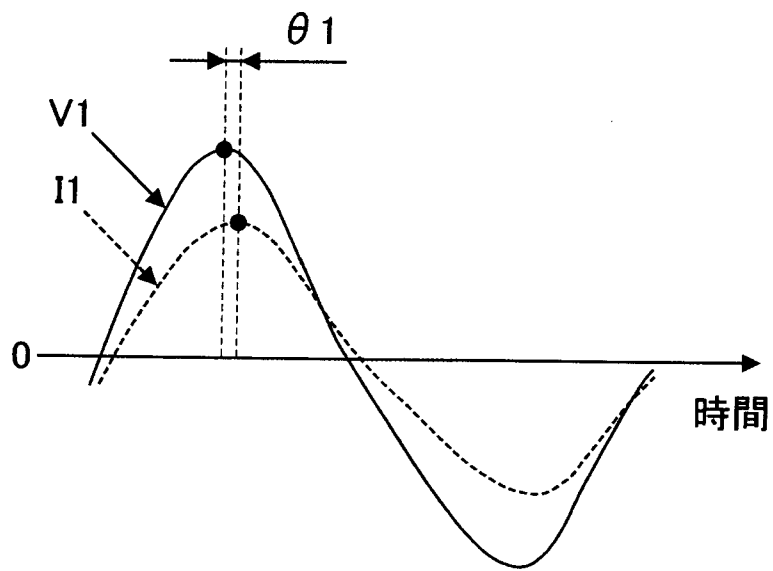
[図9]



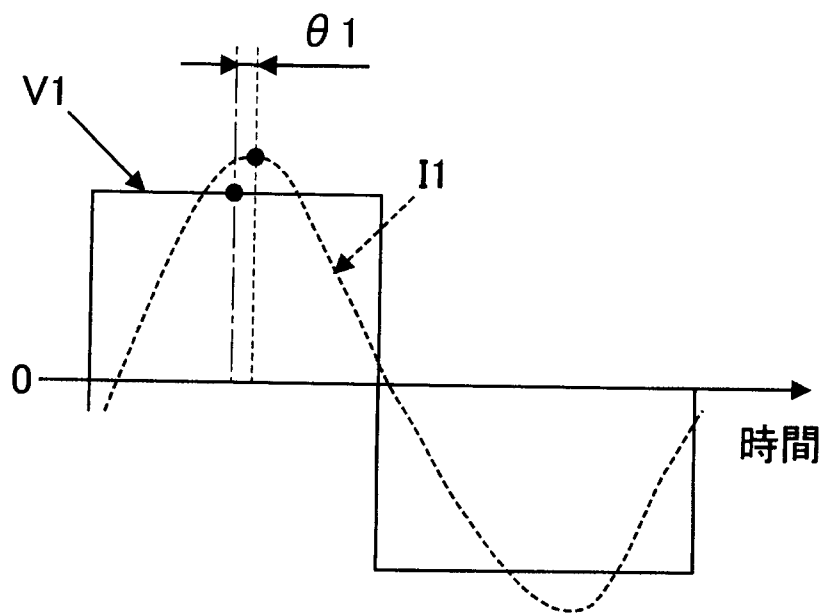
[図10]



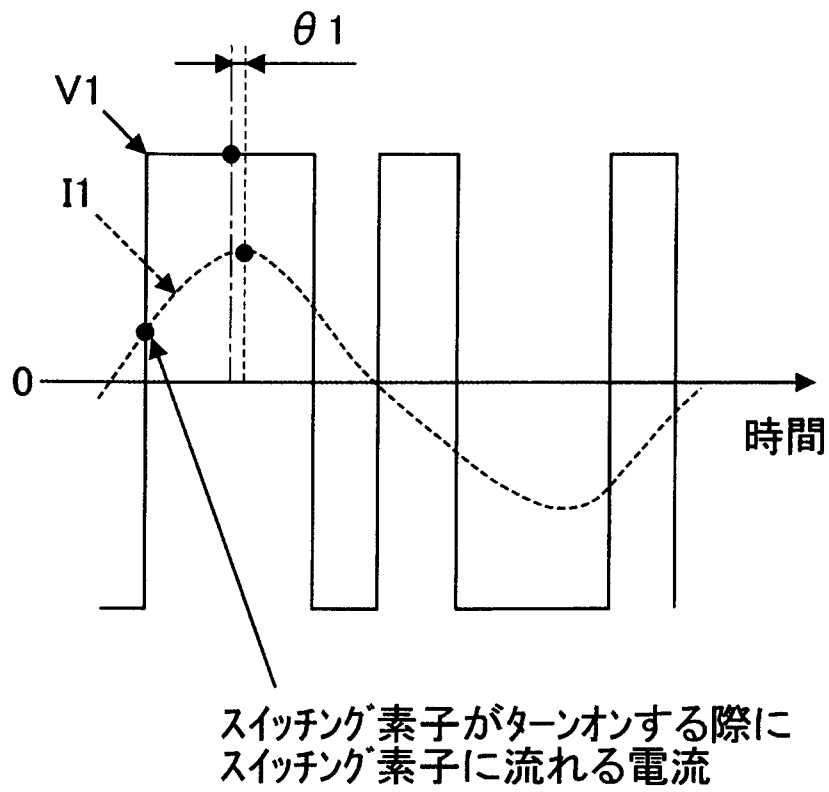
[図11]



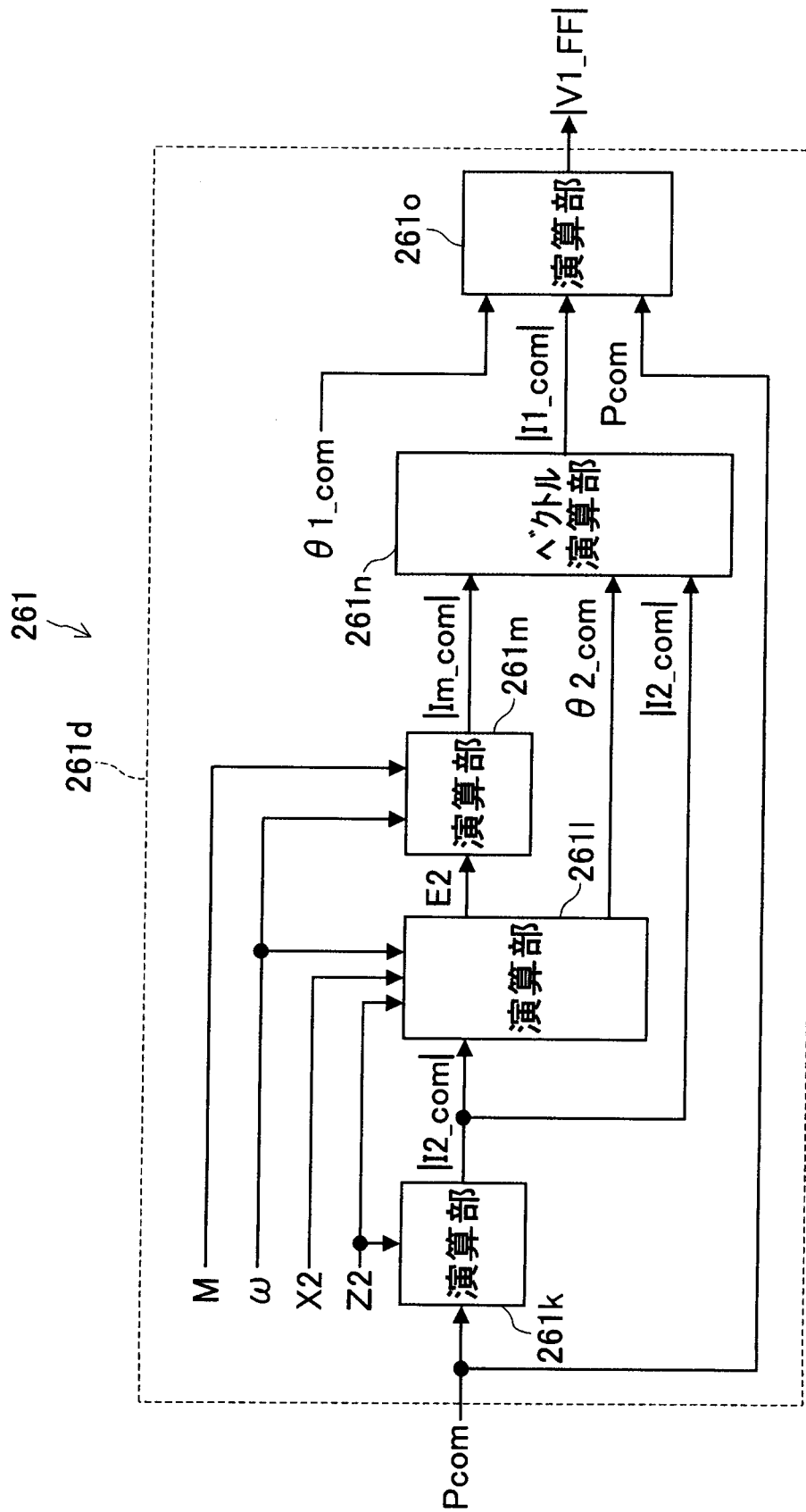
[図12]



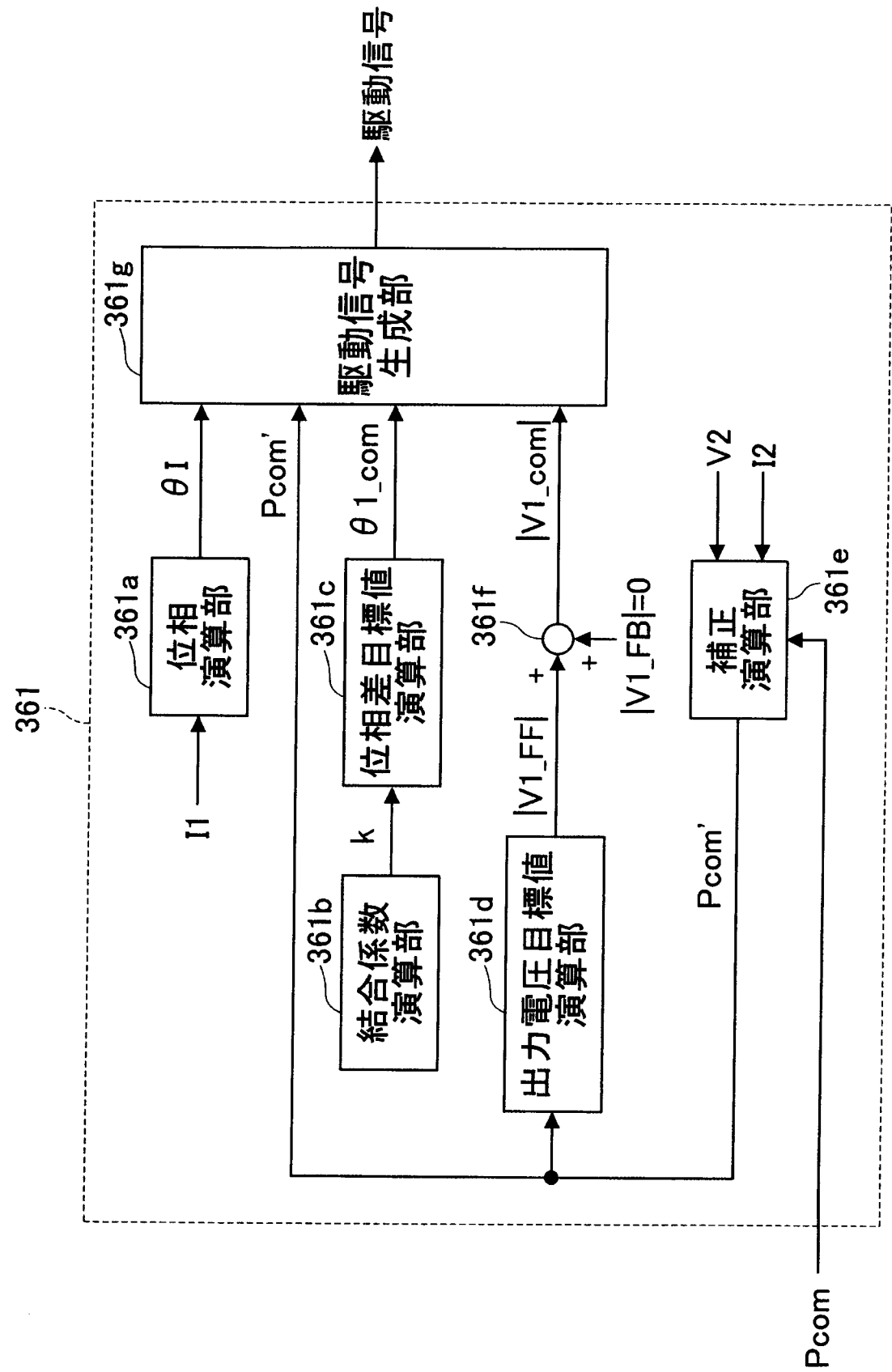
[図13]



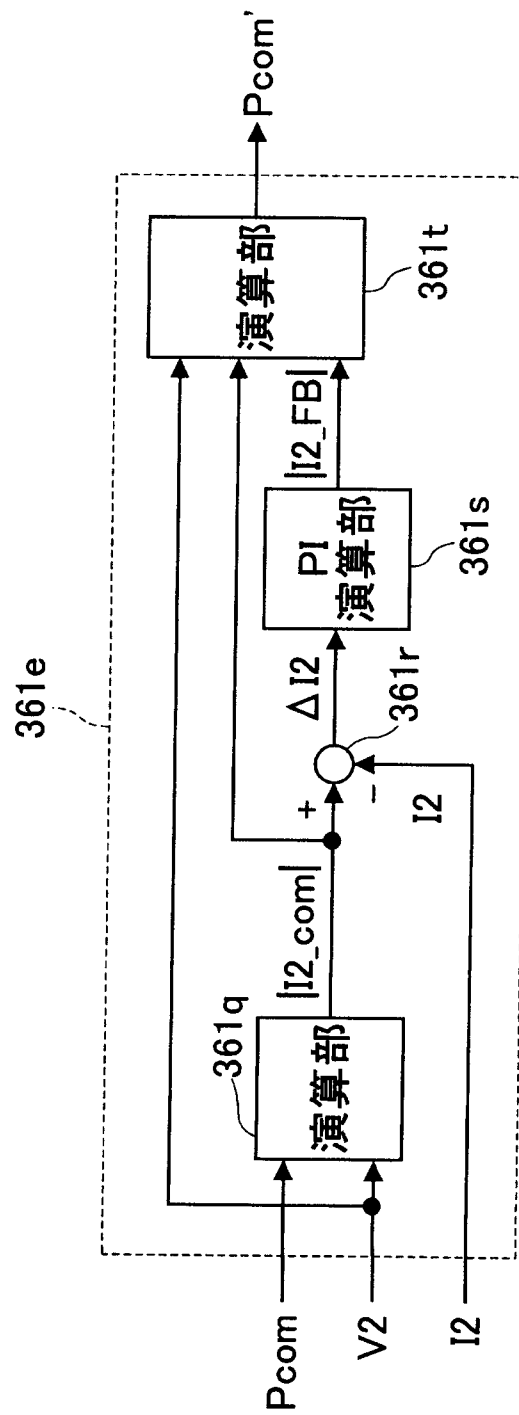
[図14]



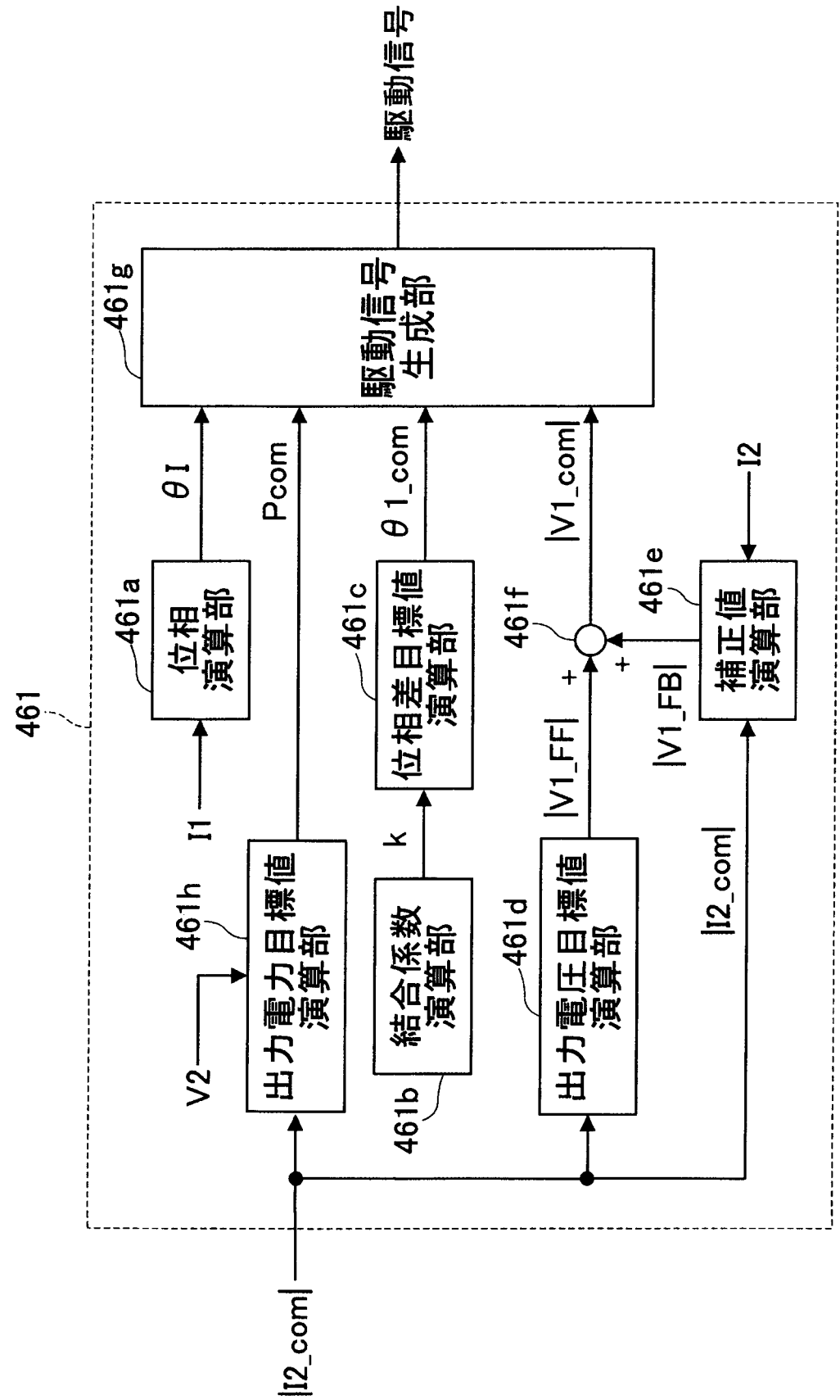
[図15]



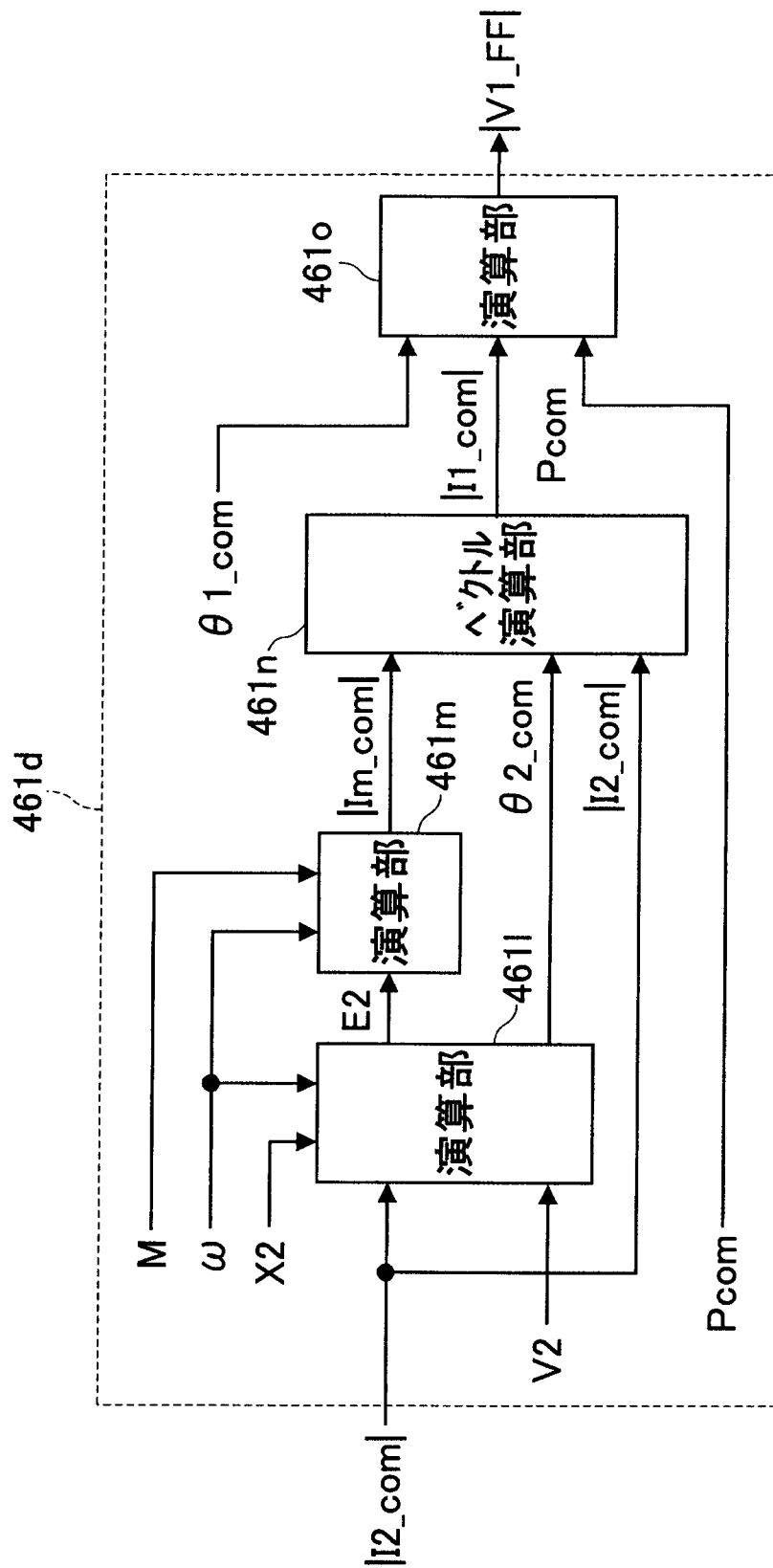
[図16]



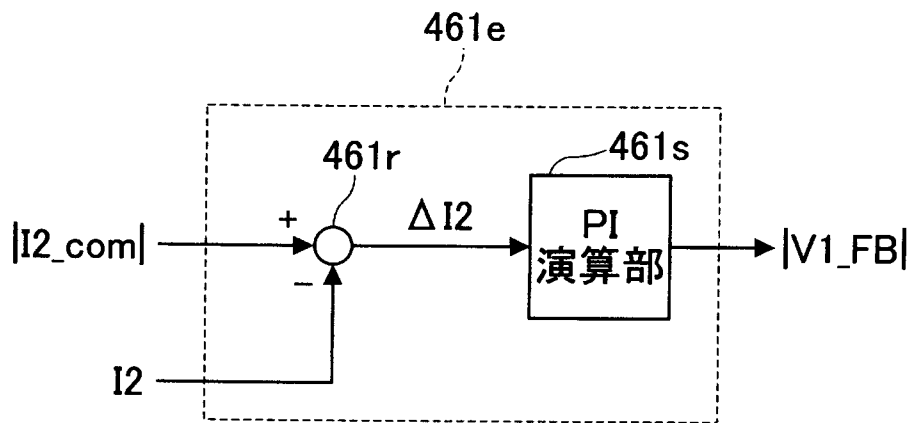
[図17]



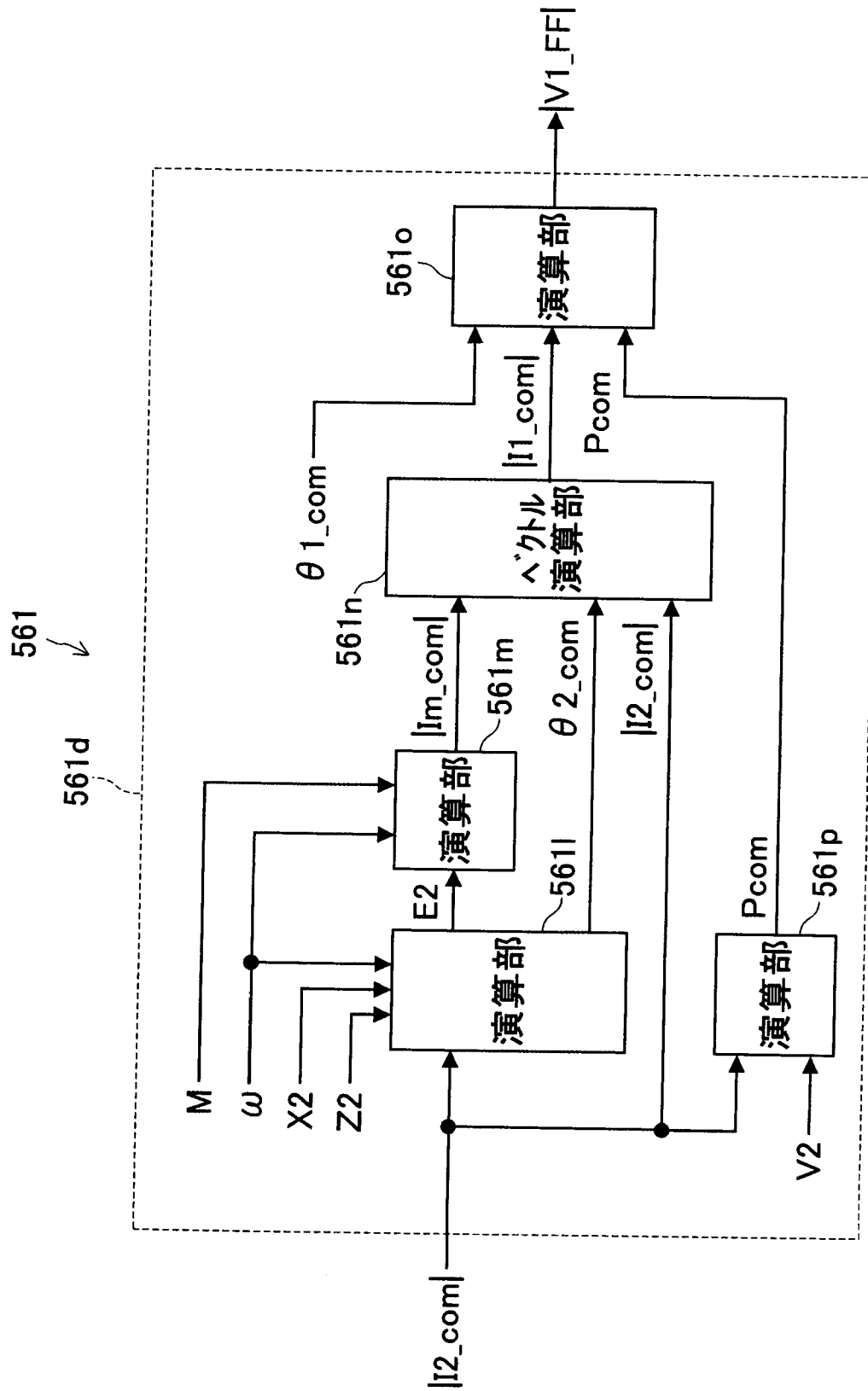
[図18]



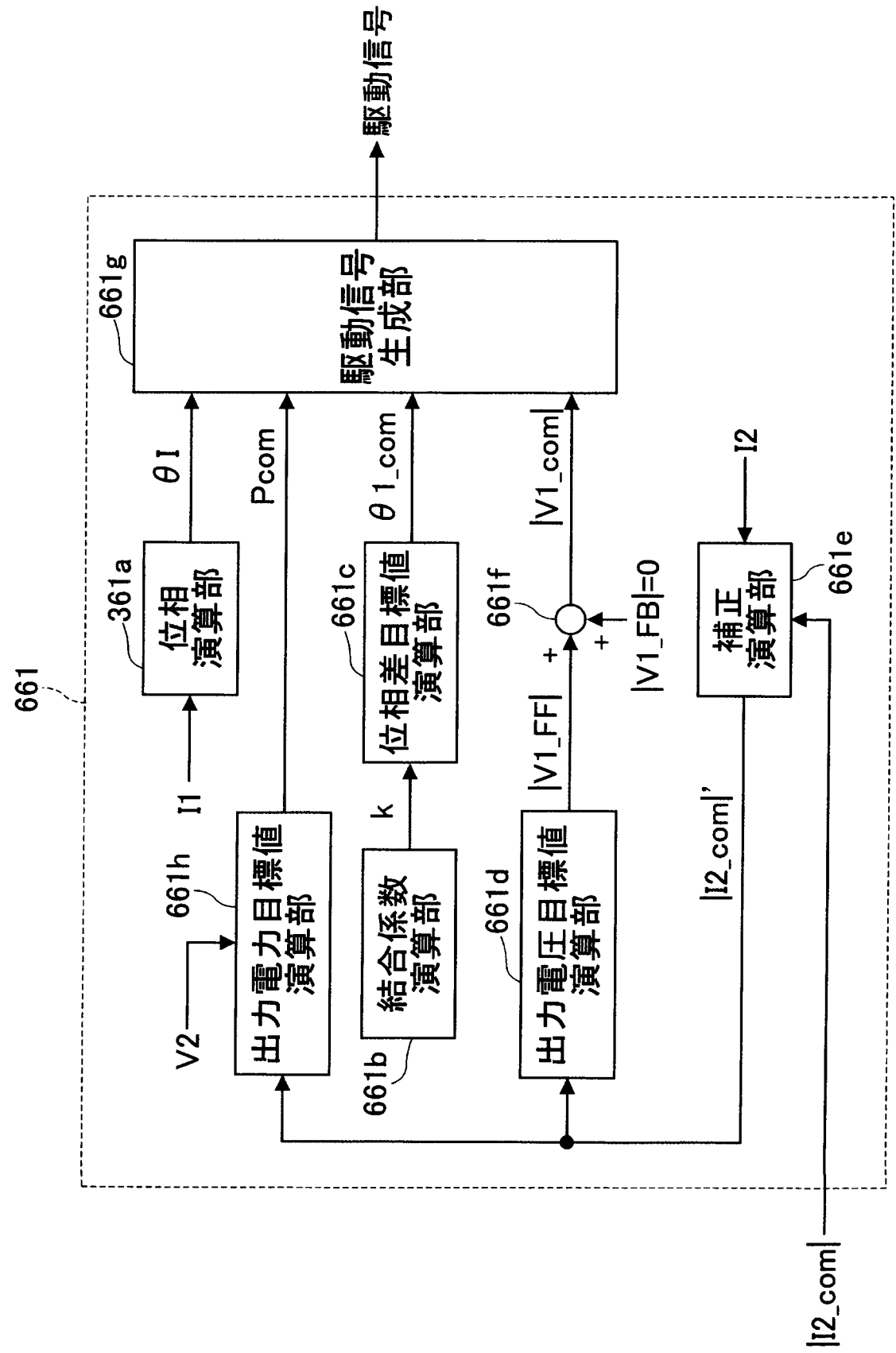
[図19]



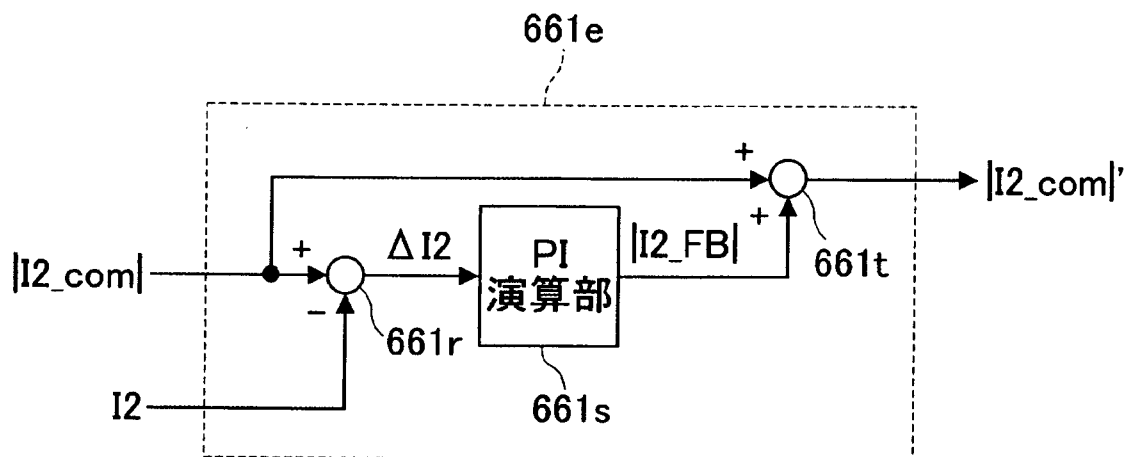
[図20]



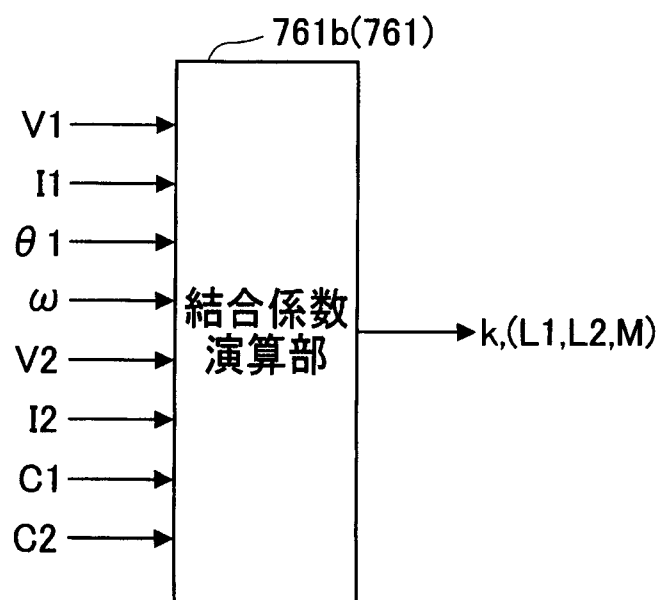
[図21]



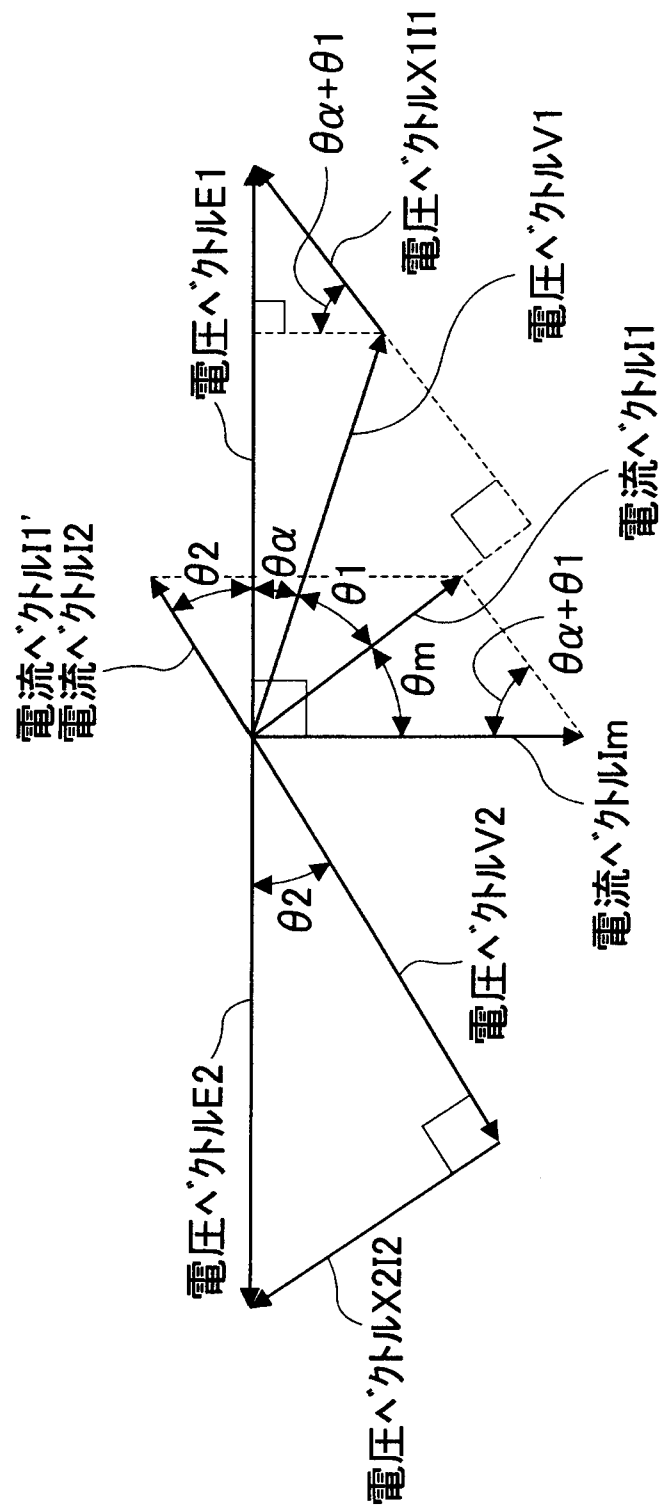
[図22]



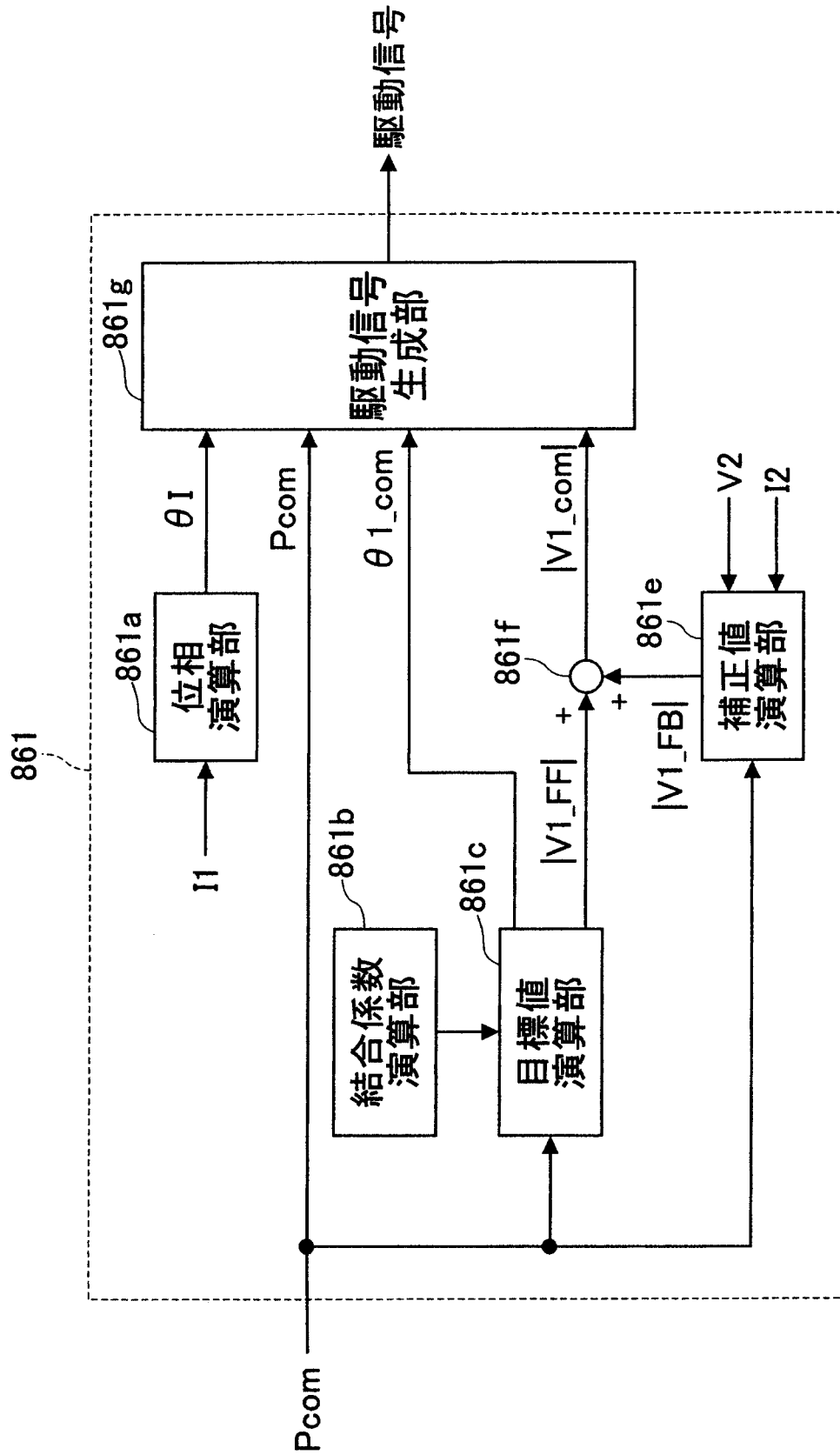
[図23]



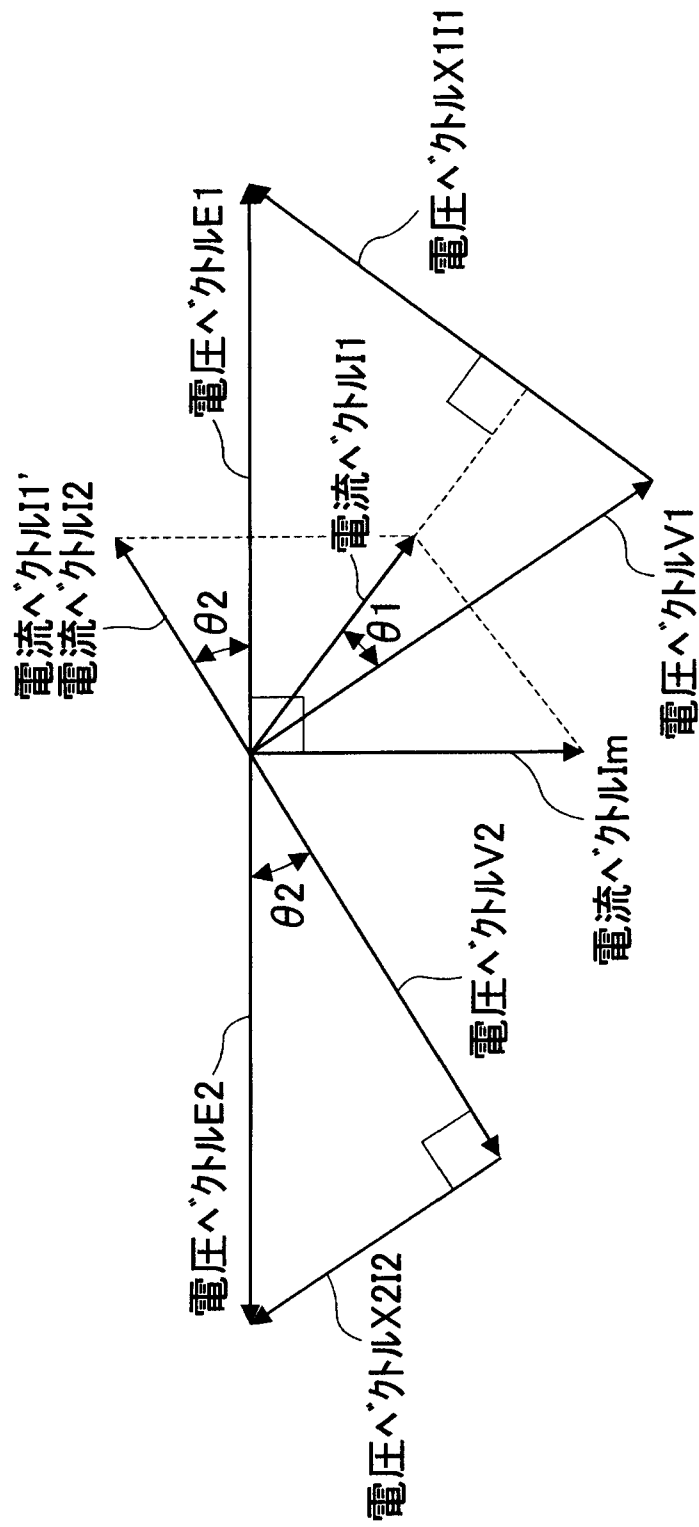
[図24]



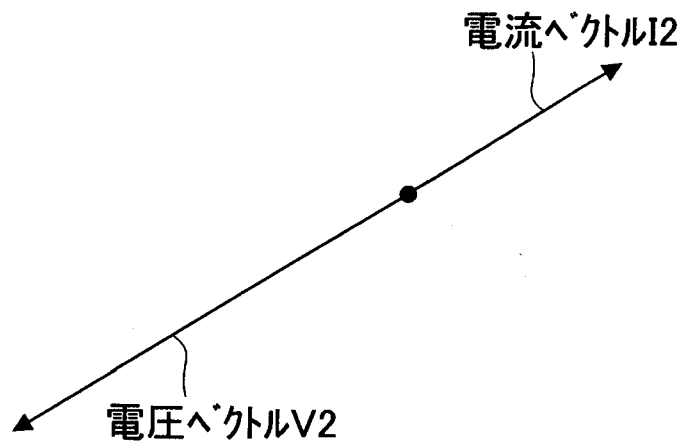
[図25]



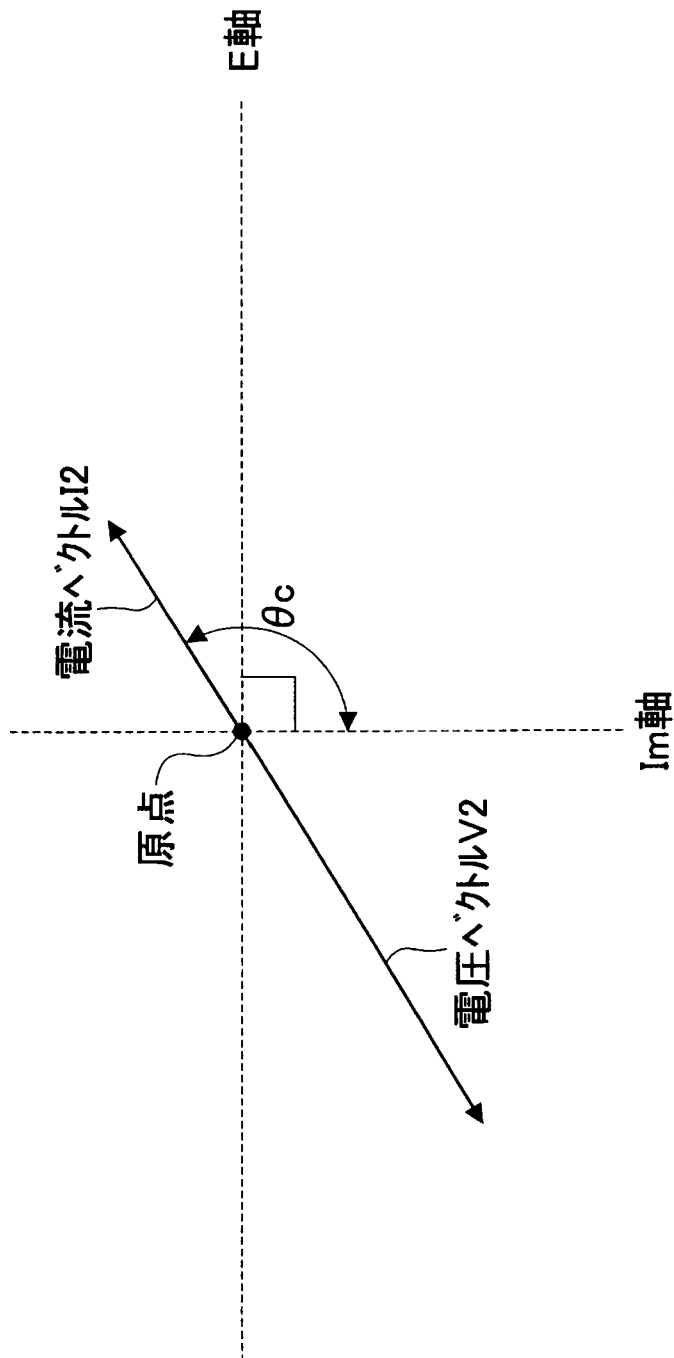
[図26]



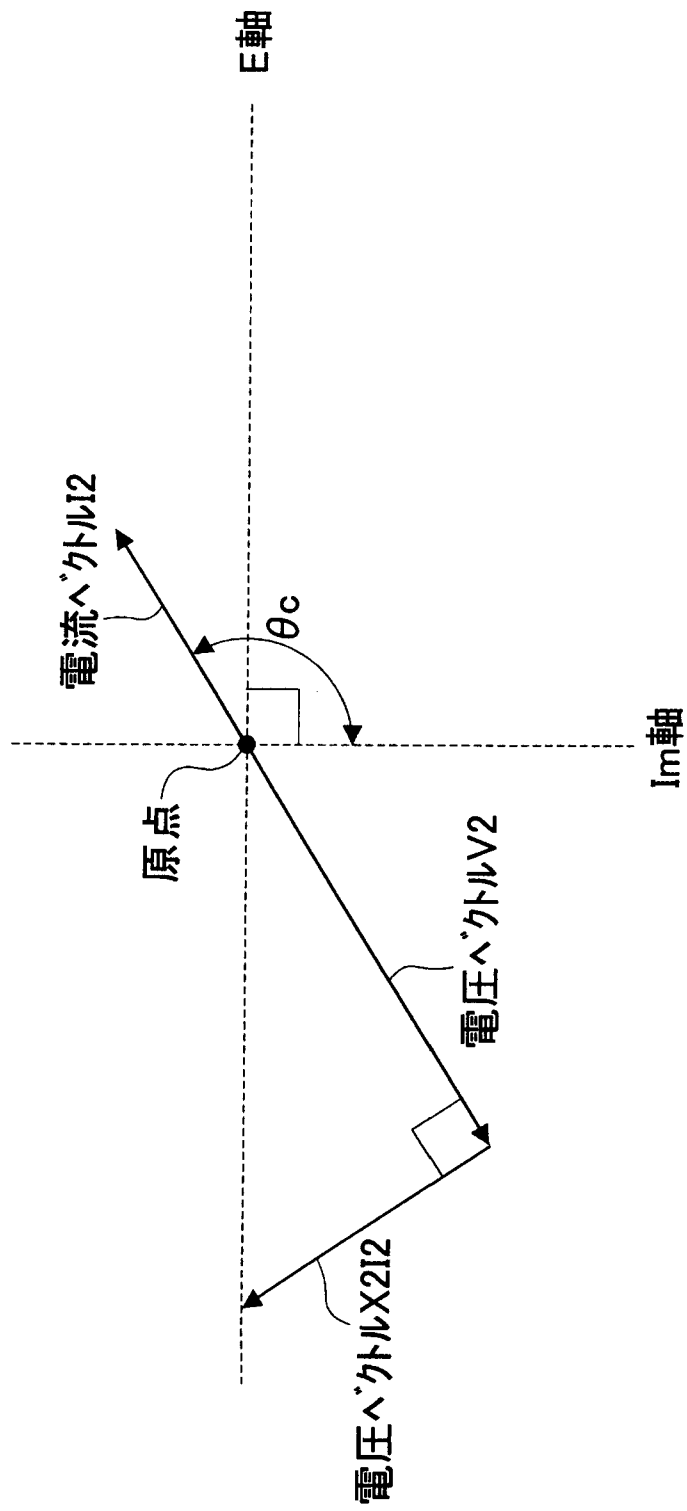
[図27]



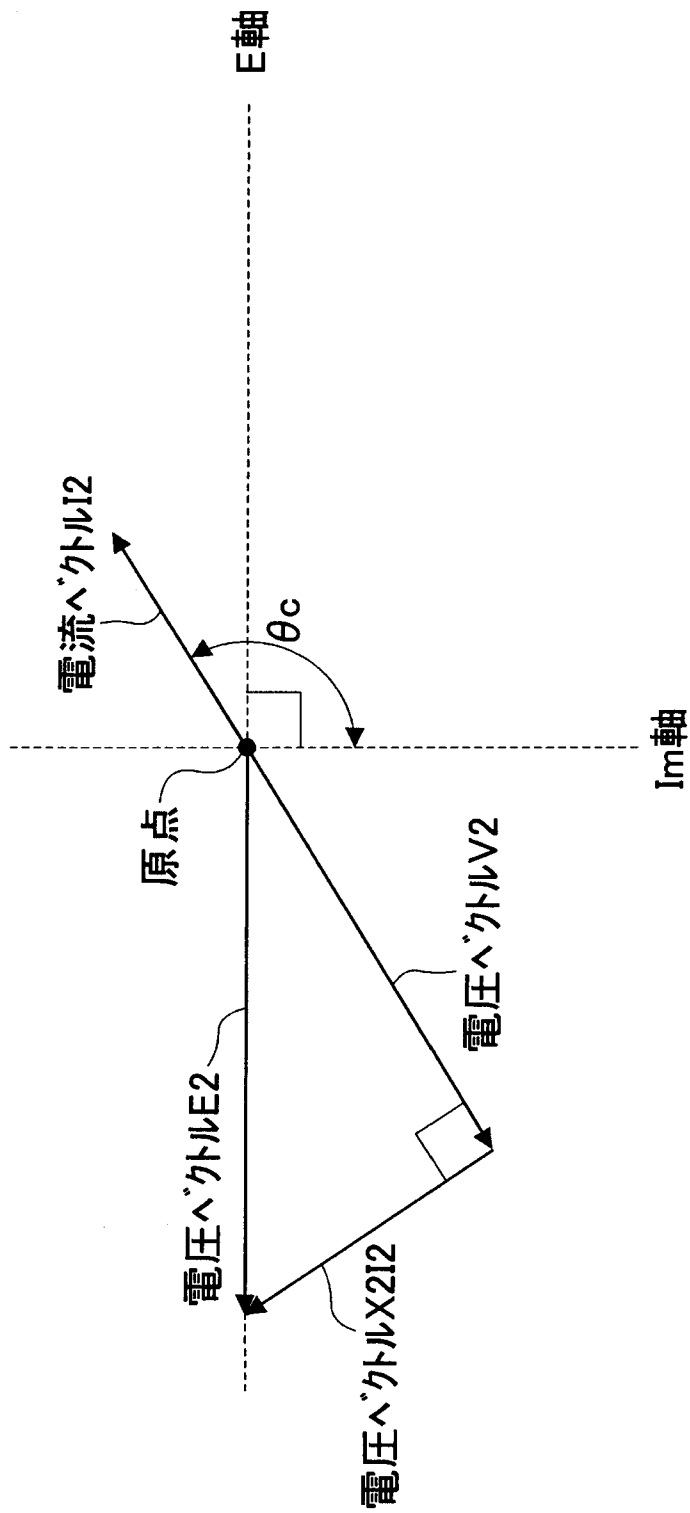
[図28]



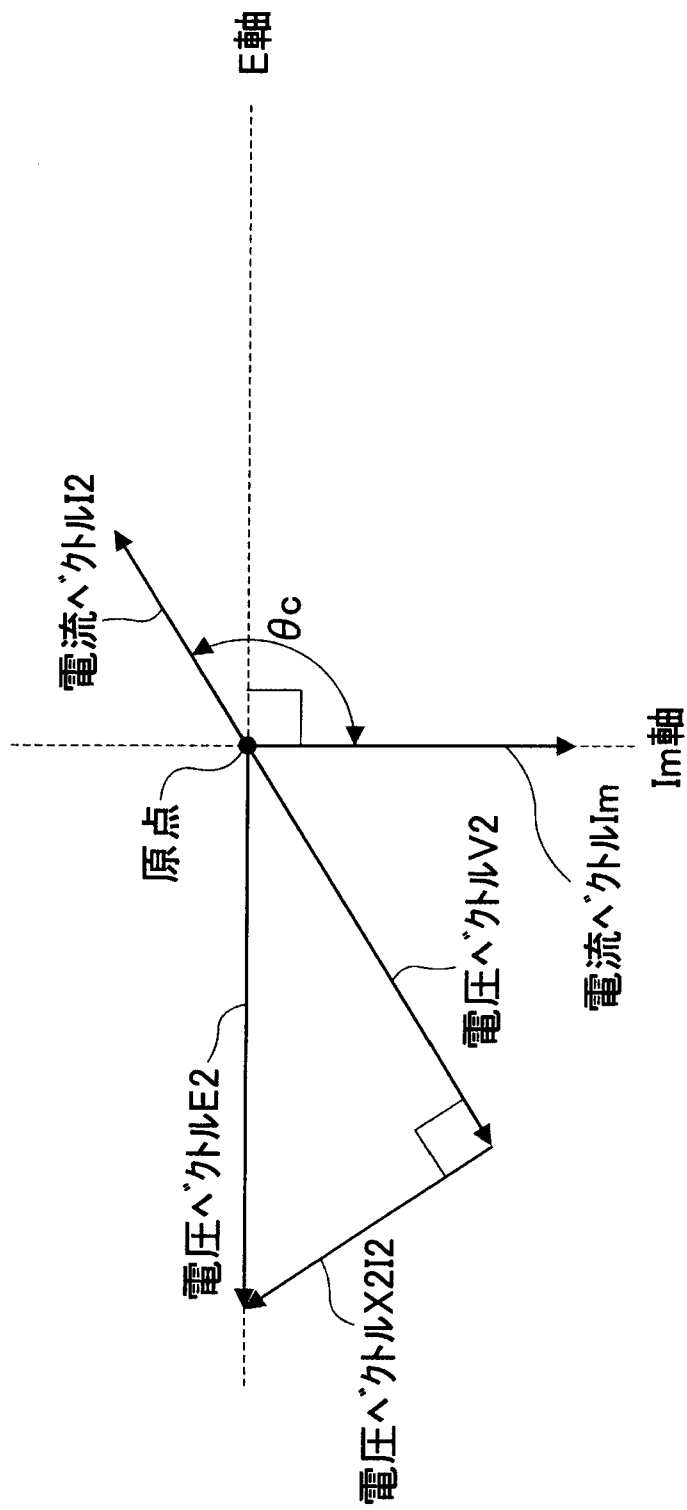
[図29]



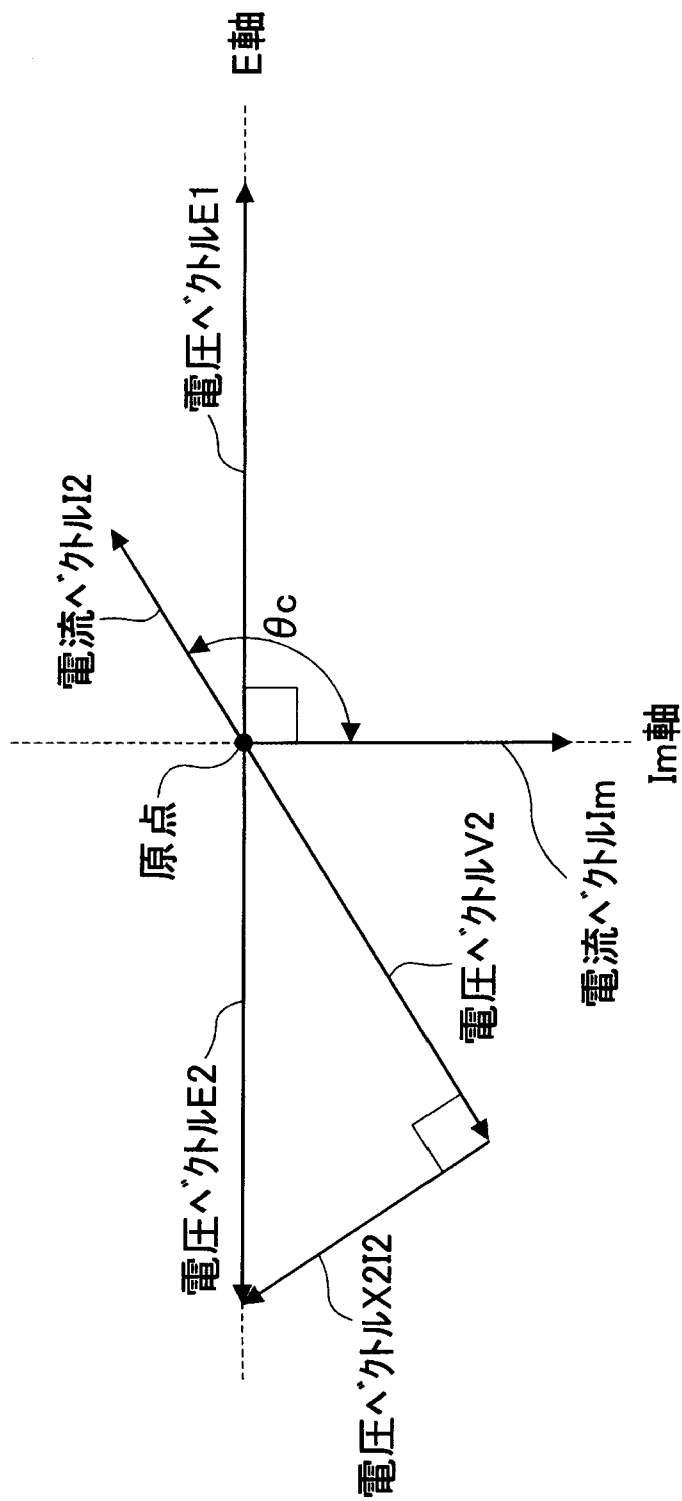
[図30]



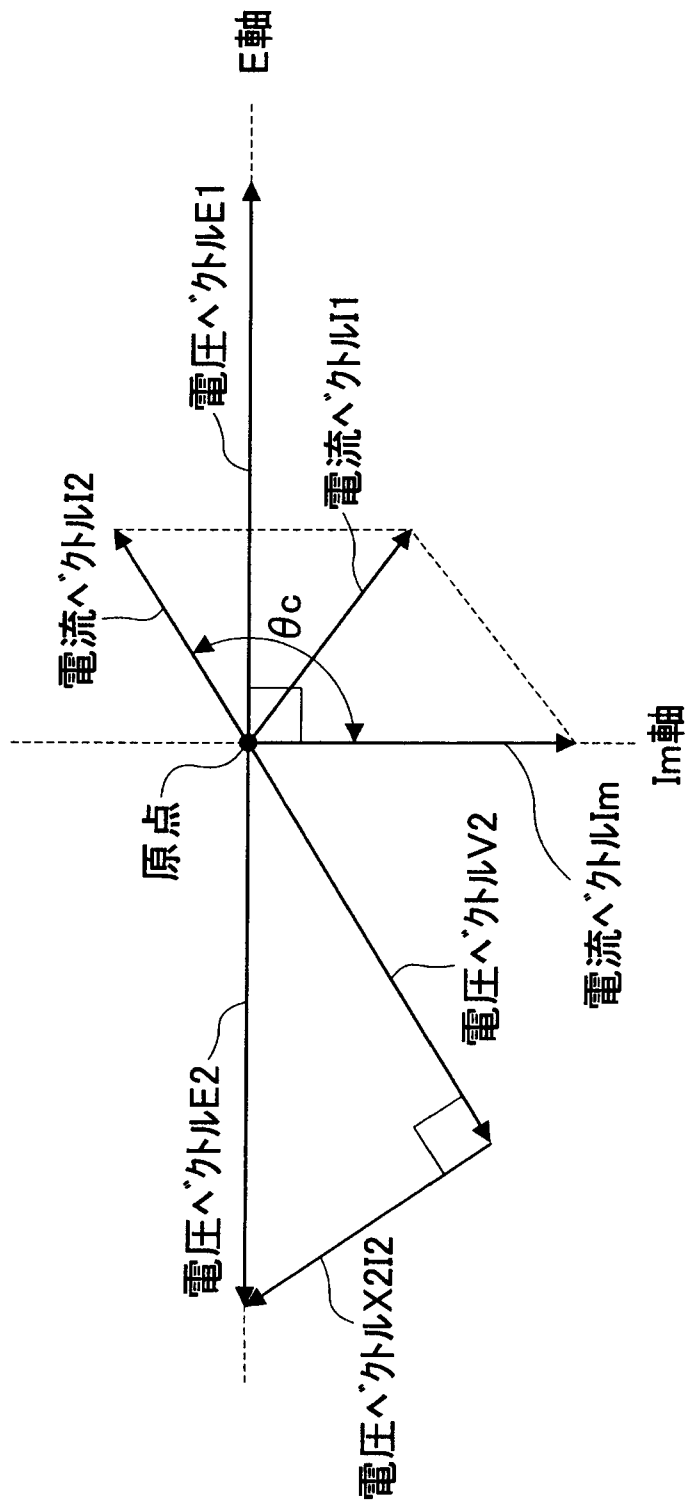
[図31]



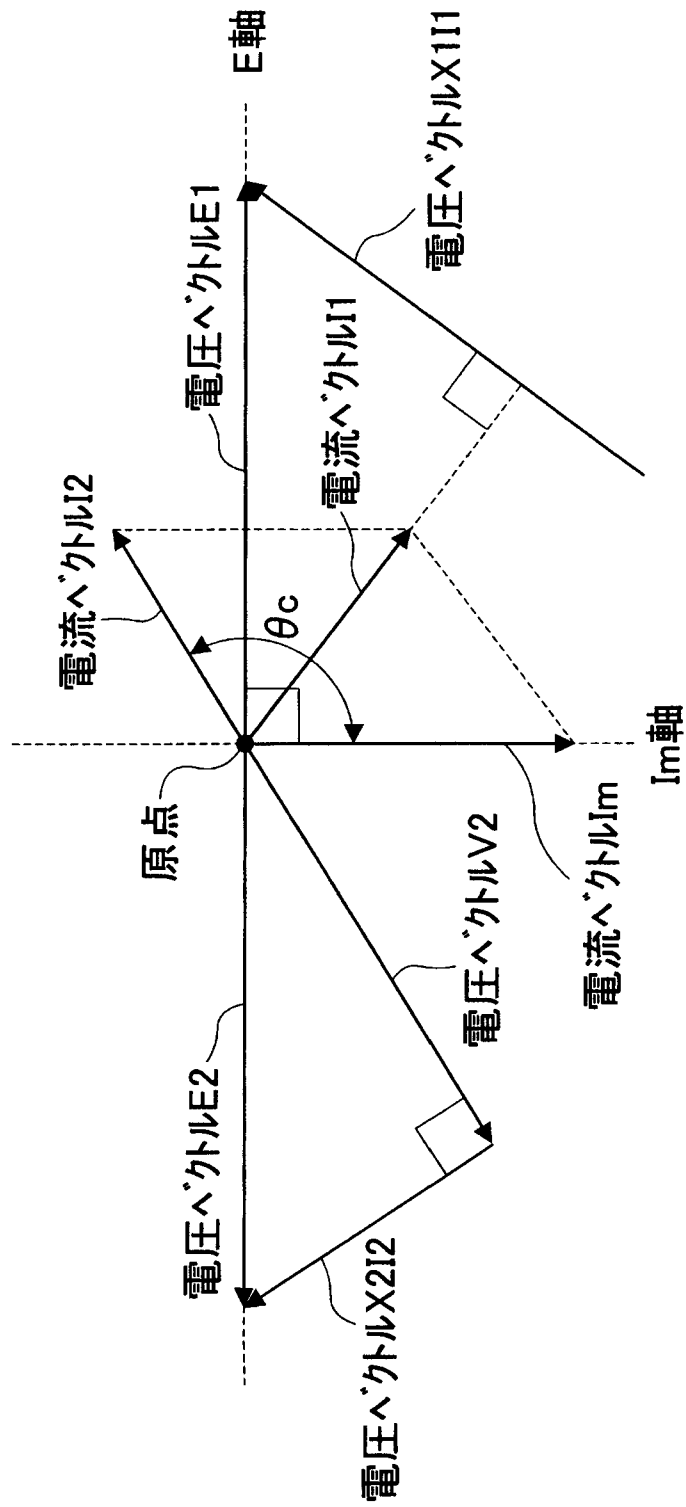
[図32]



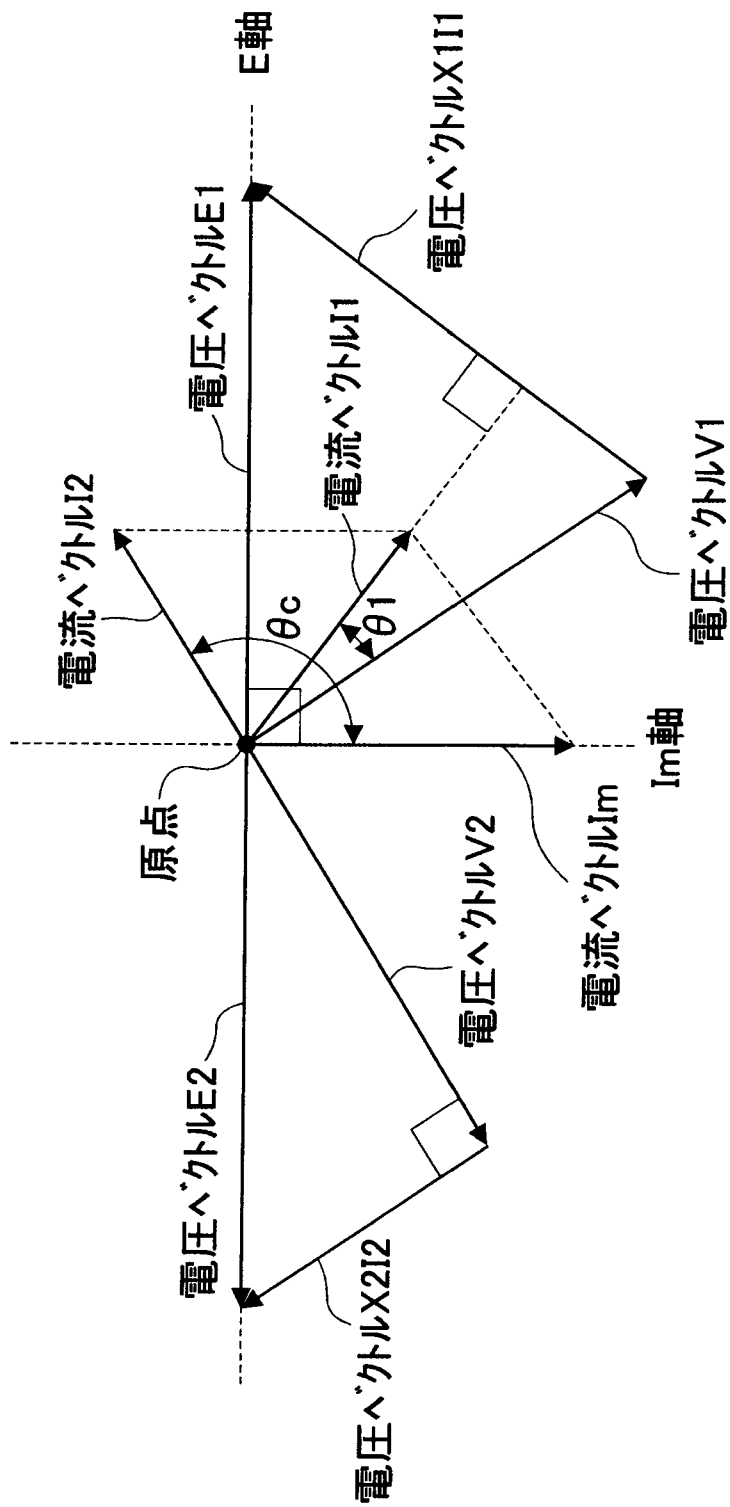
[図33]



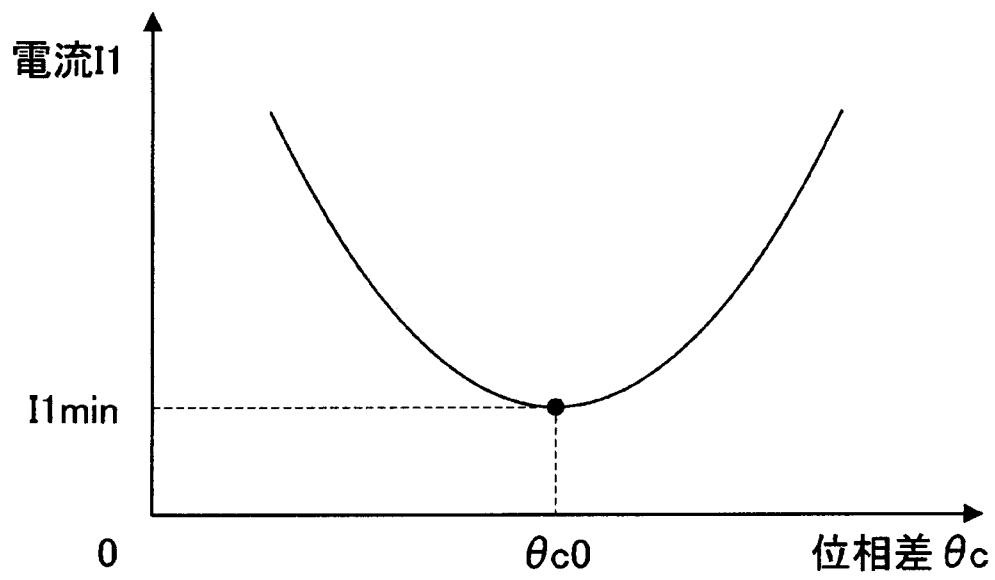
[図34]



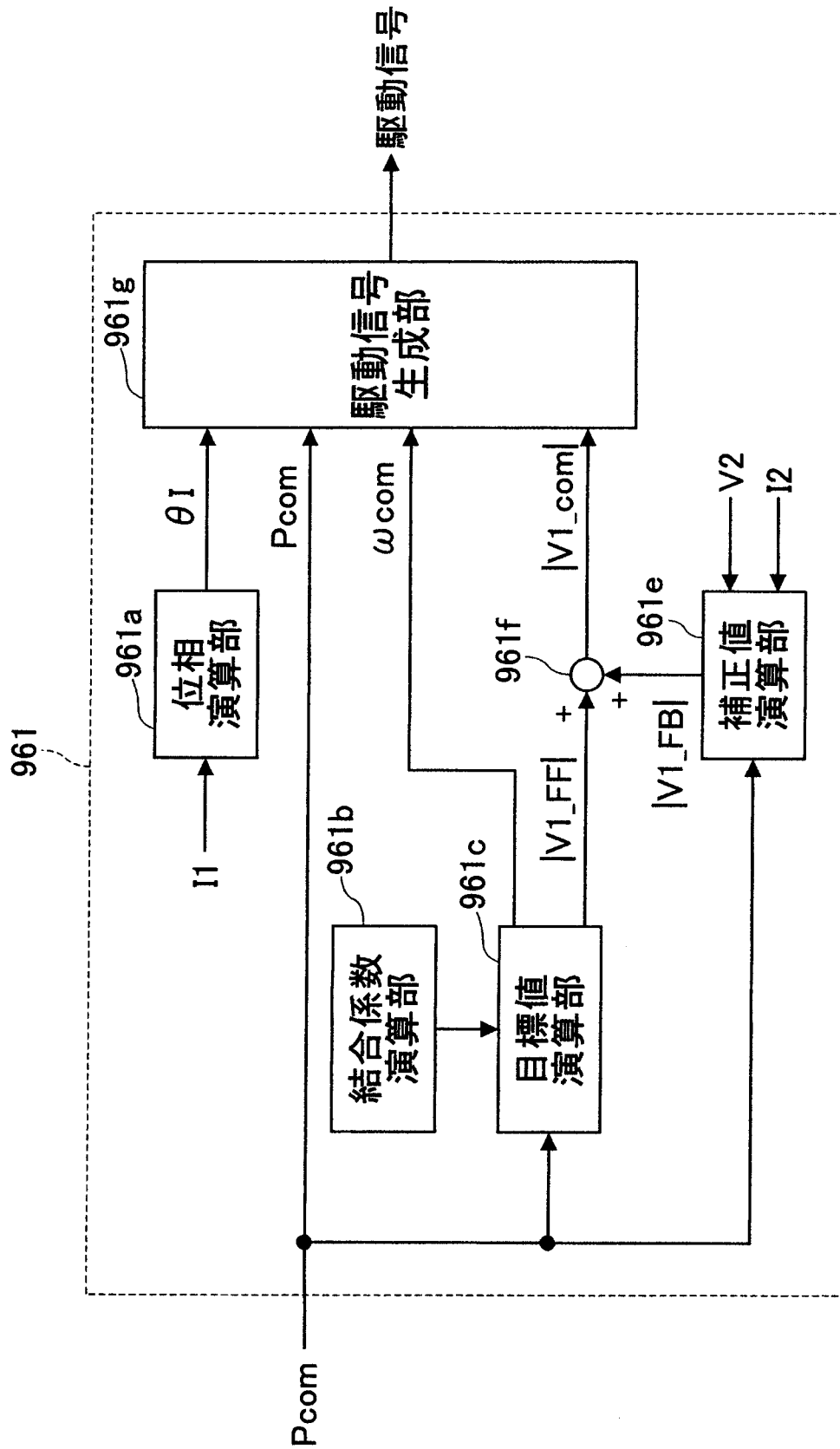
[図35]



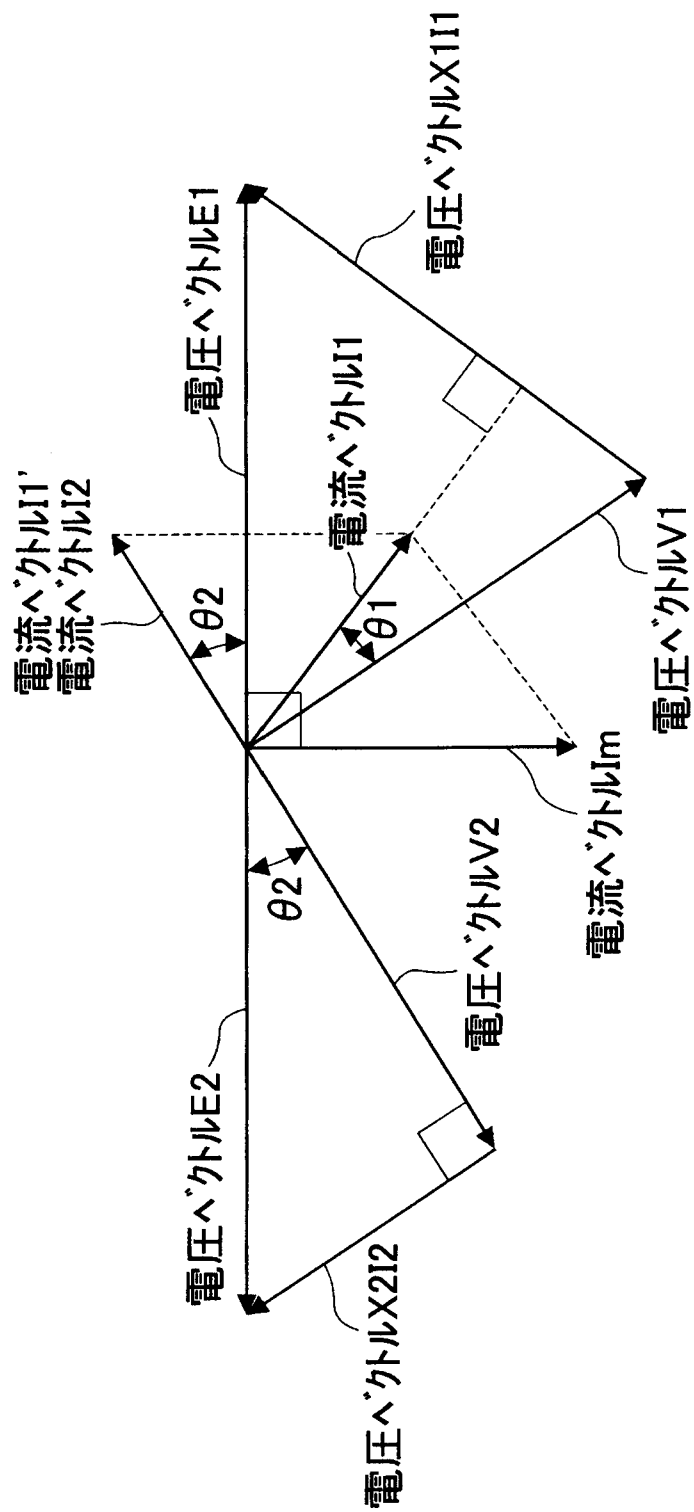
[図36]



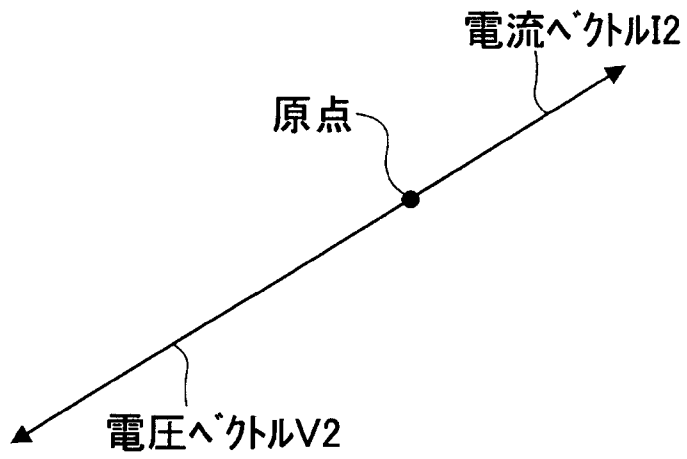
[図37]



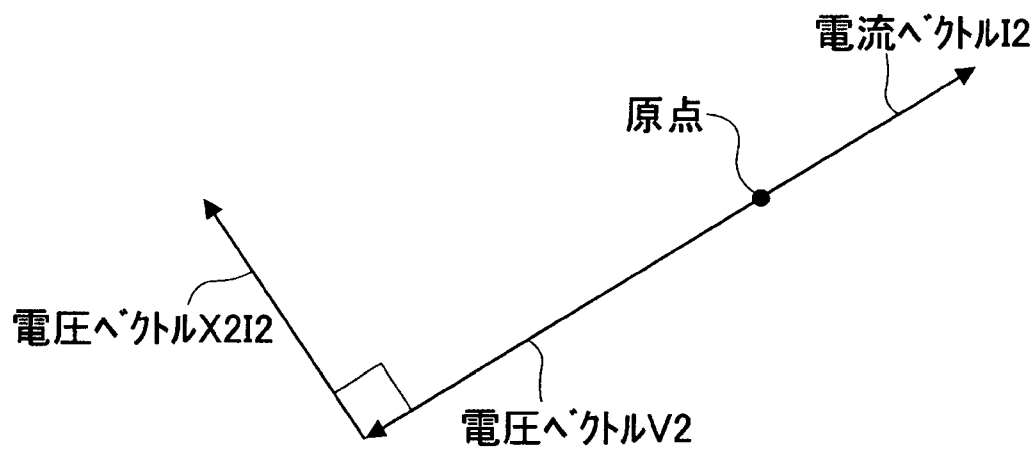
[図38]



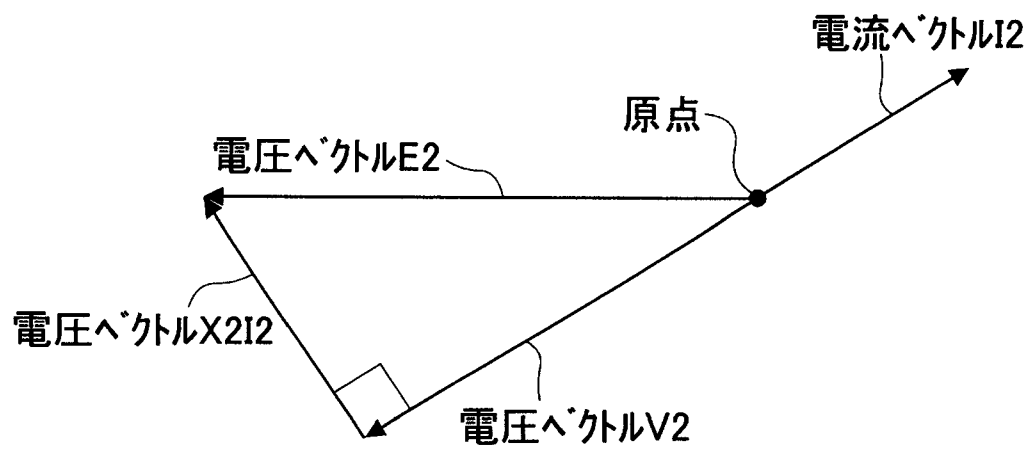
[図39]



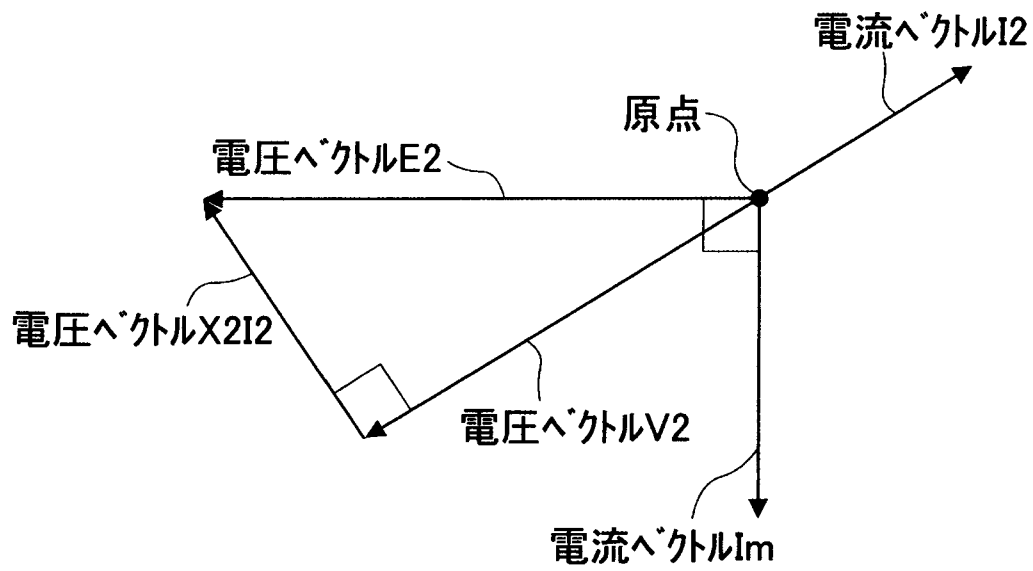
[図40]



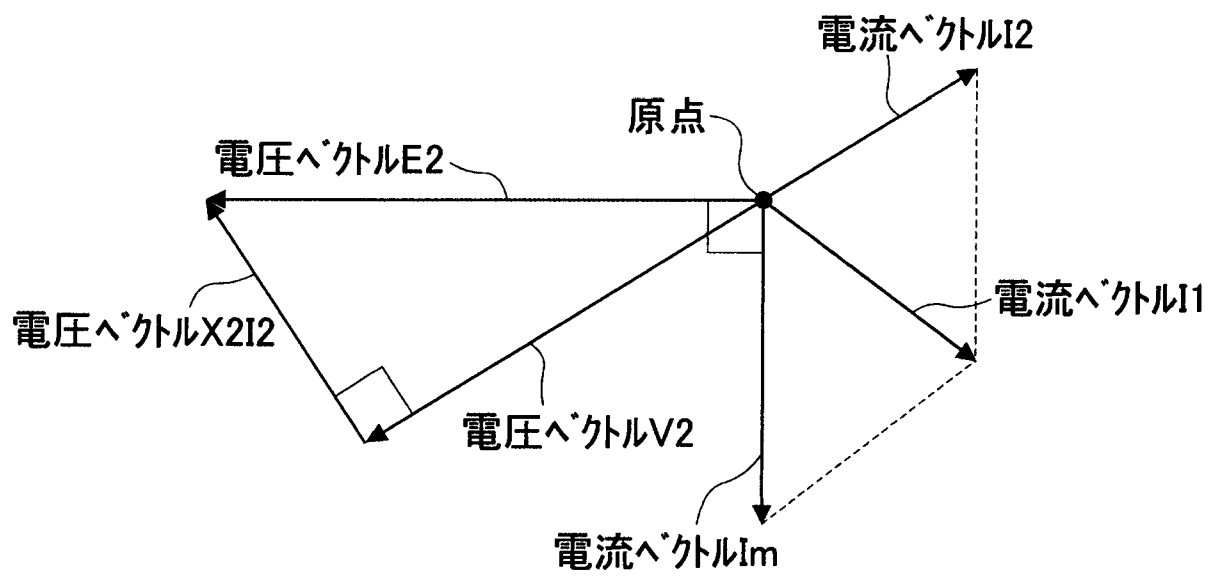
[図41]



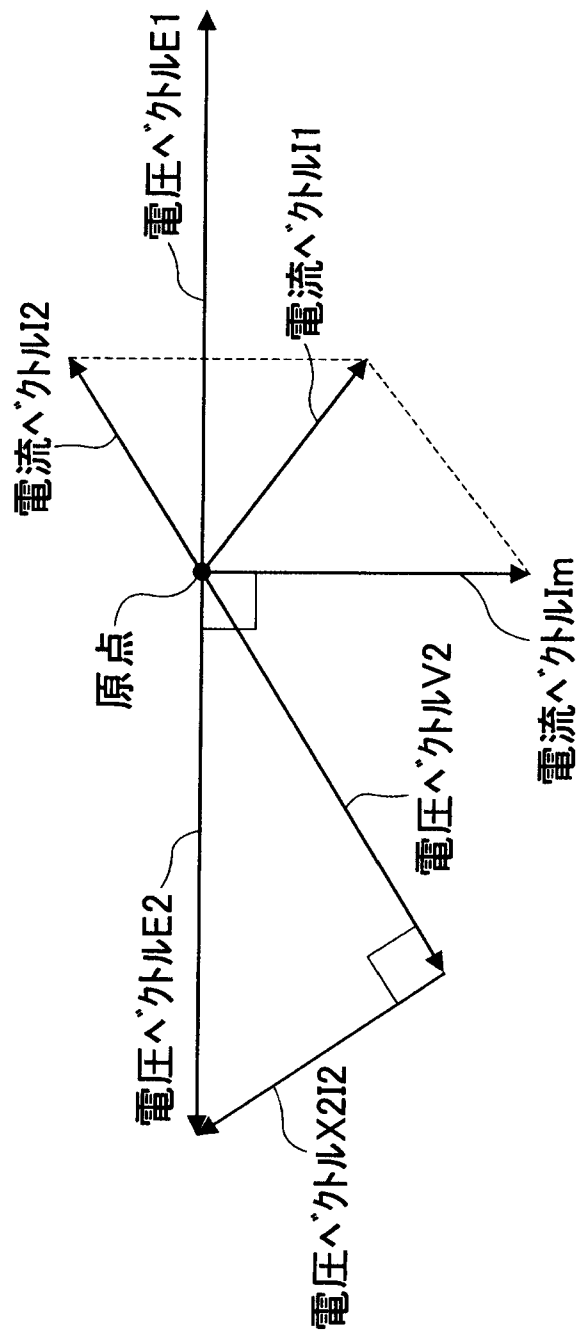
[図42]



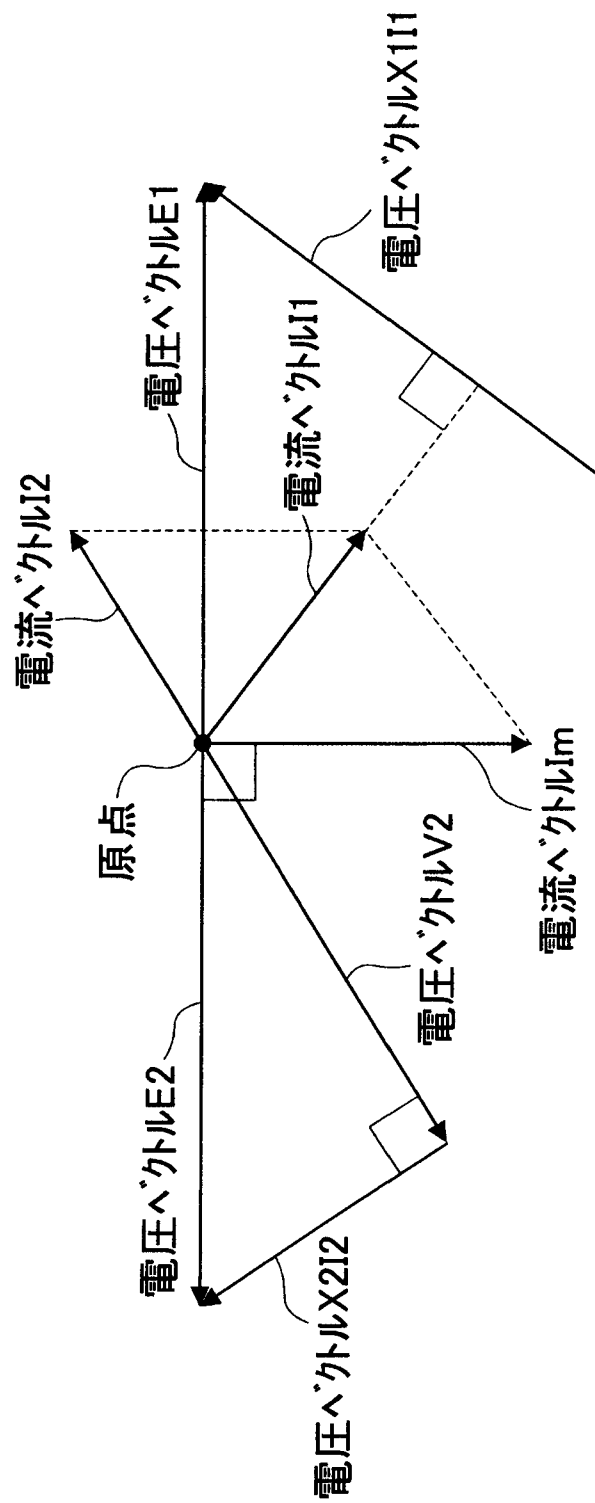
[図43]



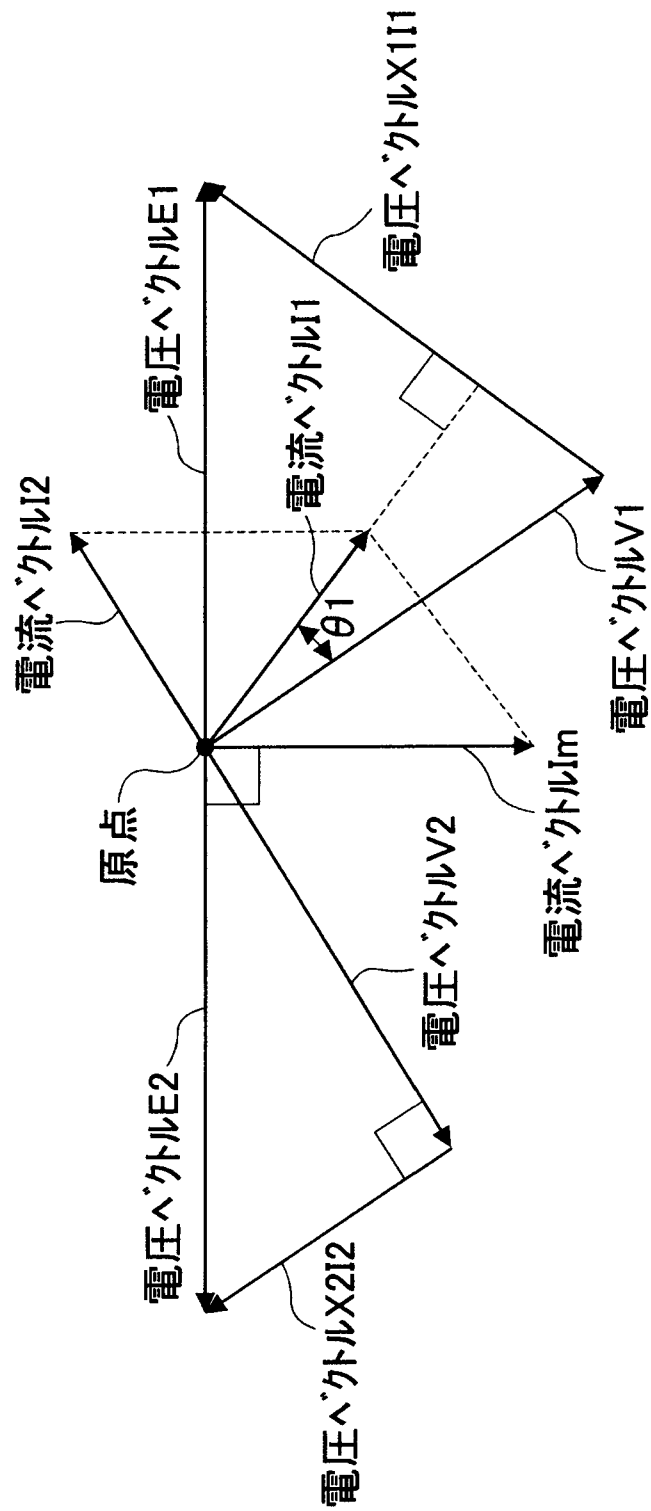
[図44]



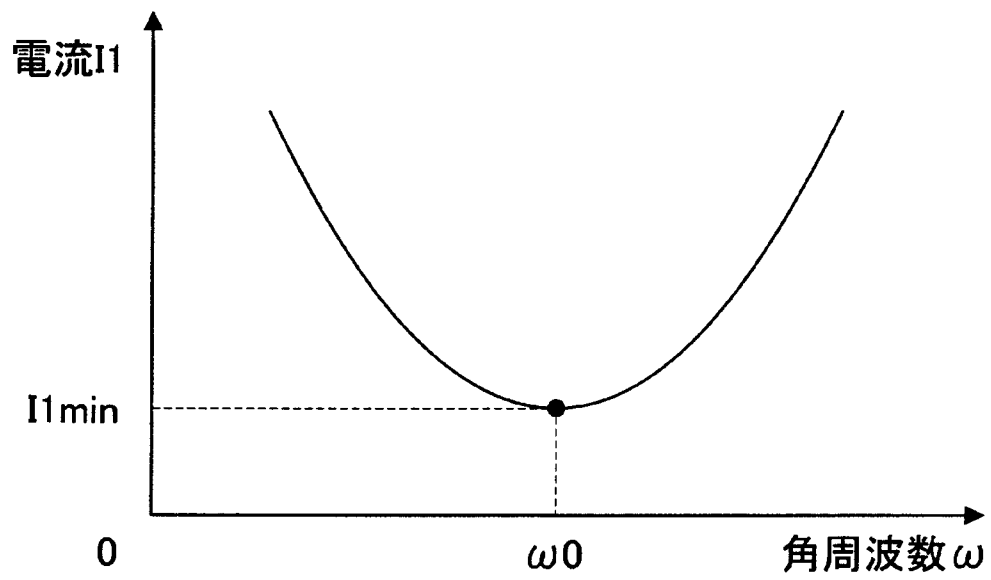
[図45]



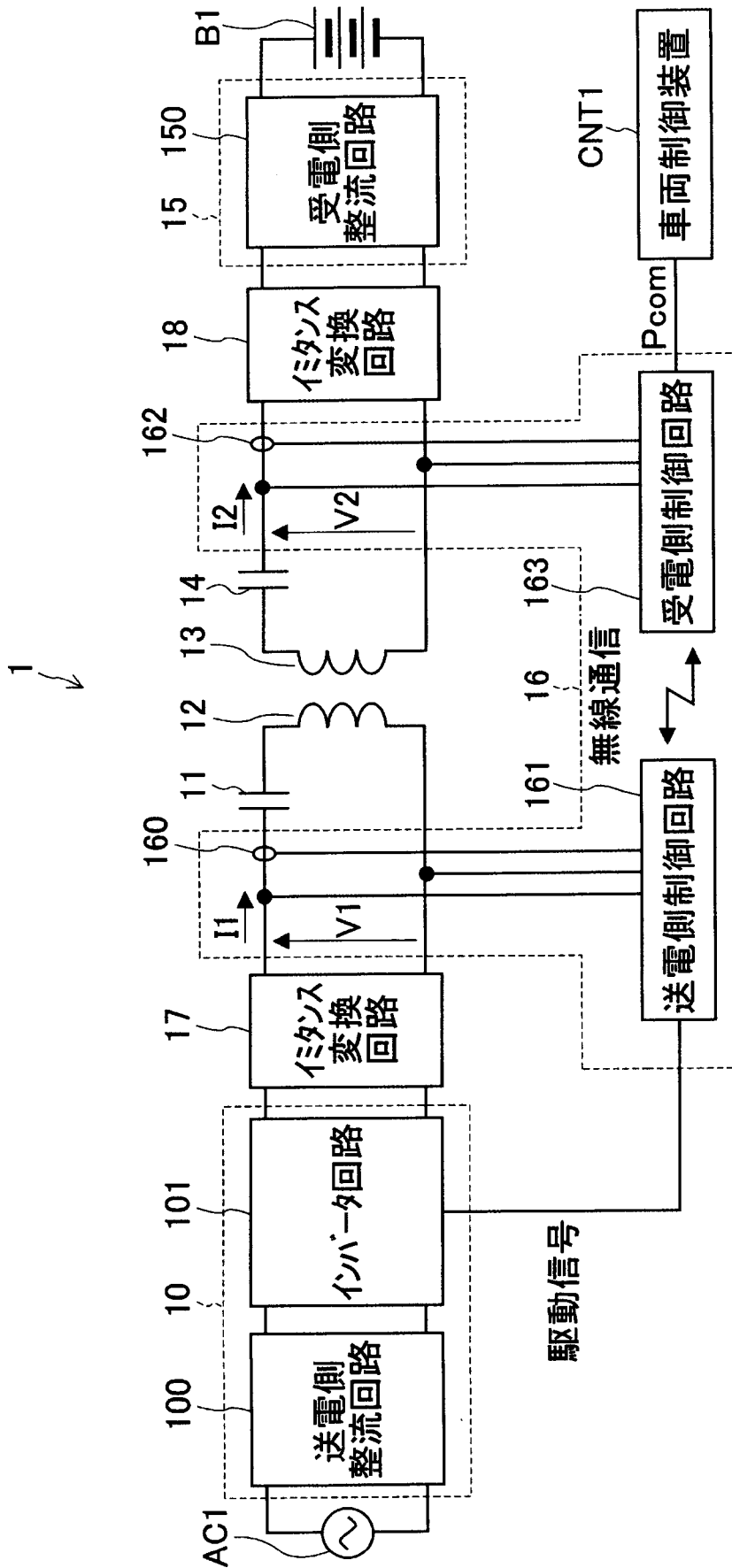
[図46]



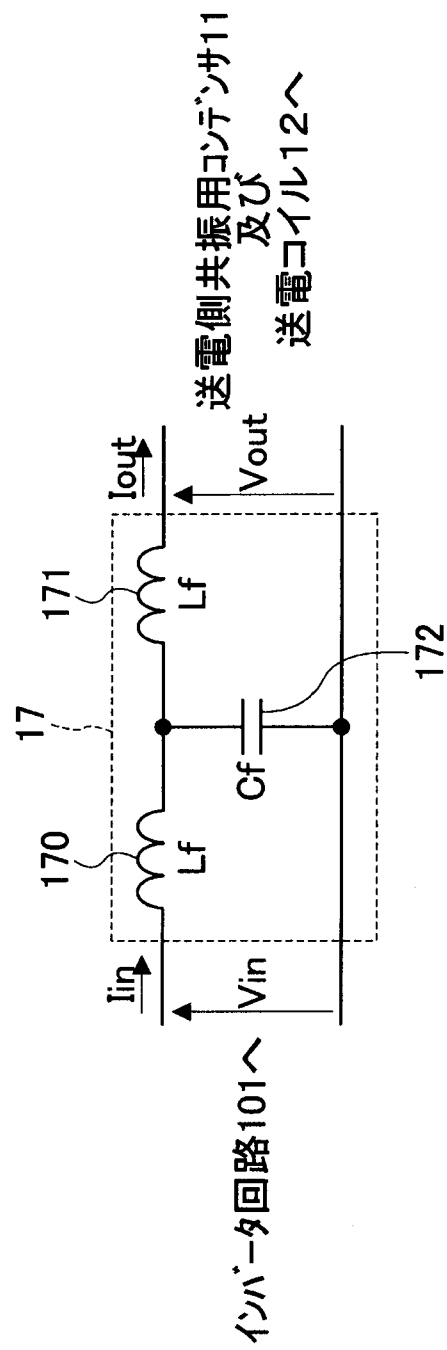
[図47]



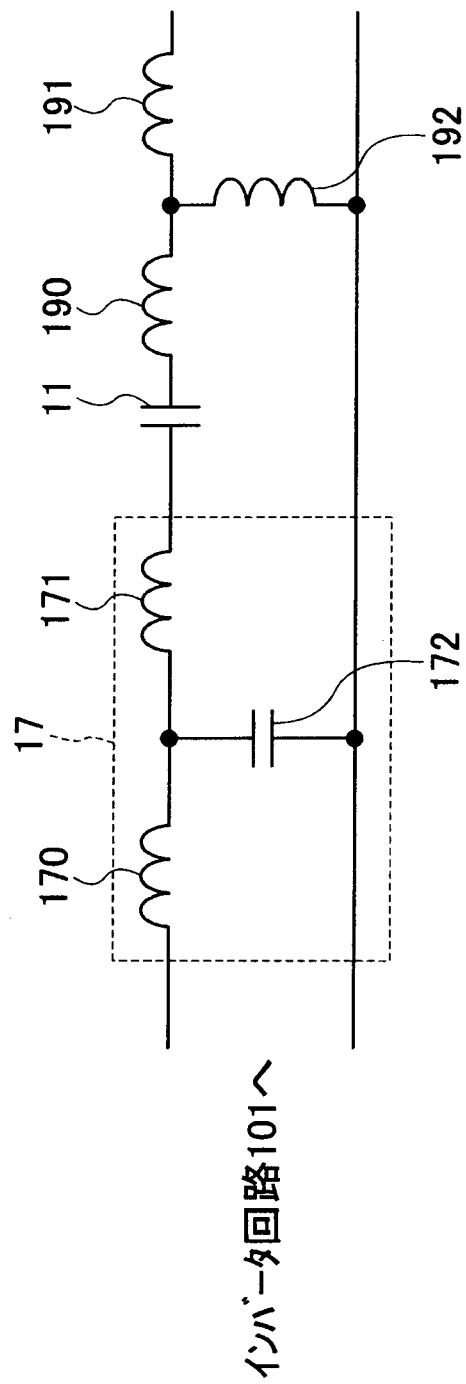
[図48]



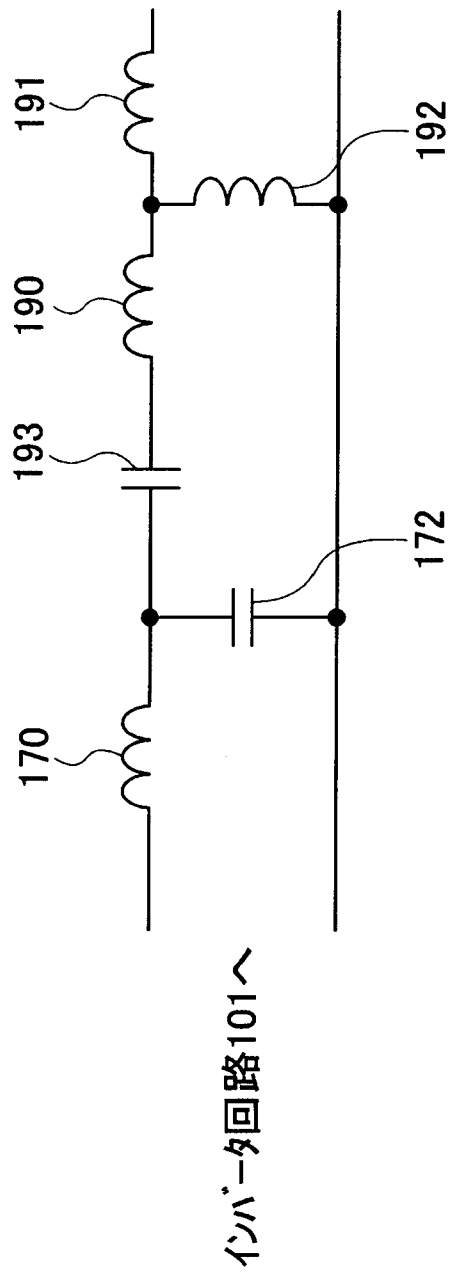
[図49]



[図50]



[図51]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/000393

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J50/00(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)

H02J50/00, H02J50/10, H02J50/80, H02J7/00

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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	US 2014/0091634 A1 (QUALCOMM INC.), 03 April 2014 (03.04.2014), paragraphs [0033] to [0054]; fig. 1 to 5 & JP 2015-537497 A & WO 2014/052161 A1 & EP 2901564 A1 & TW 201424186 A & CN 104685797 A & KR 10-2015-0063081 A	1-16
A	JP 2002-49428 A (Kansai Technology Licensing Organization Co., Ltd.), 15 February 2002 (15.02.2002), paragraph [0056]; fig. 9 (Family: none)	1-16
A	JP 2002-320347 A (Shinko Electric Co., Ltd.), 31 October 2002 (31.10.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-16

☐ 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
24 March 2016 (24.03.16)

Date of mailing of the international search report
05 April 2016 (05.04.16)

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. H02J50/00(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. H02J50/00, H02J50/10, H02J50/80, H02J7/00

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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	US 2014/0091634 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 2014.04.03, [0033] - [0054], 図1-5 & JP 2015-537497 A & WO 2014/052161 A1 & EP 2901564 A1 & TW 201424186 A & CN 104685797 A & KR 10-2015-0063081 A	1-16
A	JP 2002-49428 A (関西ティール・エル・オー株式会社) 2002.02.15, [0056], [図9] (ファミリーなし)	1-16

☒ 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

24.03.2016

国際調査報告の発送日

05.04.2016

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）

高野 誠治

電話番号 03-3581-1101 内線 3568

5 T

3567

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 2002-320347 A (神鋼電機株式会社) 2002. 10. 31, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-16