

(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9月13日(13.09.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/163397 A1

(51) 国際特許分類:

H02J 9/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2017/009663

(22) 国際出願日:

2017年3月10日(10.03.2017)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(71) 出願人: 東芝三菱電機産業システム株式会社(TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 李 定安(LEE, Tingan); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電

機産業システム株式会社内 Tokyo (JP). 豊田 勝(TOYODA, Masaru); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).

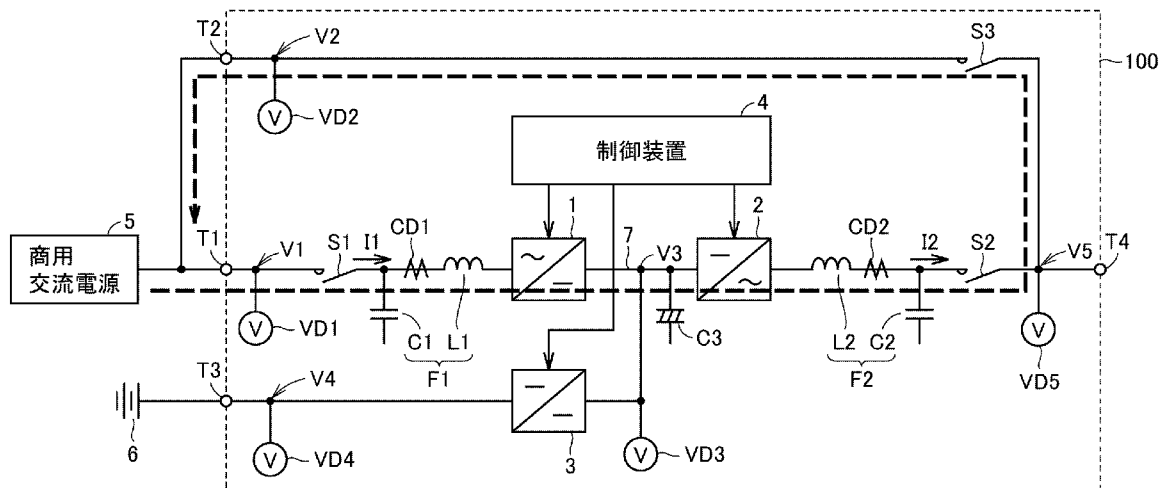
(74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(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, JP, KE, KG, KH, KN,

(54) Title: UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY UNIT AND UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY UNIT TEST METHOD

(54) 発明の名称: 無停電電源装置および無停電電源装置の試験方法

図1



- 4 Control device
5 Commercial AC power supply

(57) Abstract: A control device (4) is configured so that, when performing an electrical test on an uninterruptible power supply unit (100) with no load connected to a fourth terminal (T4), first and second switches (S2, S3) are turned on and the output current of an inverter (2) is controlled according to a current command value. The control device (4) generates a voltage command value on the basis of a d-axis current command value, q-axis current command value, and the deviation between a d-axis current value and a q-axis current value, said d-axis current command value being obtained by performing



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)）

a coordinate transformation on the current command value, said d-axis current value being obtained by performing a coordinate transformation on the output current. The control device generates a control signal for the inverter (2) on the basis of the voltage command value. The control device controls the frequency of the control signal so that the phase of an AC voltage generated by the inverter (2) according to the control signal is synchronized with the phase of an AC power supply (5).

(57) 要約：第4の端子（T4）に負荷が接続されていない状態で無停電電源装置（100）の電気試験を行なう場合において、制御装置（4）は、第1および第2のスイッチ（S2，S3）をオンさせるとともに、インバータ（2）の出力電流を電流指令値に従って制御するように構成される。制御装置（4）は、電流指令値を座標変換したd軸電流指令値およびq軸電流指令値と、出力電流を座標変換したd軸電流値およびq軸電流値との偏差に基づいて電圧指令値を生成する。制御装置は、電圧指令値に基づいてインバータ（2）の制御信号を生成する。制御装置は、制御信号に従ってインバータ（2）により生成される交流電圧の位相が交流電源（5）の位相に同期するように、制御信号の周波数を制御する。

明 細 書

発明の名称： 無停電電源装置および無停電電源装置の試験方法
技術分野

[0001] この発明は、無停電電源装置および無停電電源装置の試験方法に関する。

背景技術

[0002] 無停電電源装置に対する信頼性の要求に応えるため、無停電電源装置の性能を確認するための電気試験が行なわれている。たとえば特開 2 0 0 9 - 2 3 2 5 4 1 号公報（特許文献 1）には、交流出力端子に模擬負荷機器を接続することなく、無停電電源装置の電気試験を行なう試験方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特開 2 0 0 9 - 2 3 2 5 4 1 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 1 に記載される無停電電源装置の試験方法では、模擬負荷機器を使用せず、インバータで生成された交流電力を、バイパス回路を経由して交流電源に回生させる。これにより、電気試験に要する電力を上記の電力ルート内に発生する損失に抑えることができる。

[0005] 一方、特許文献 1 に記載される試験方法では、インバータから出力される三相交流電流の検出値が電流指令値に一致するようにインバータを制御している。この電流制御における制御ゲインには三相交流電流の定格周波数が重畳されるため、制御ゲインは高ゲインである必要がある。したがって、高速応答性および高い制御精度を実現するためには、制御が複雑化するという問題がある。

[0006] それゆえに、この発明の主たる目的は、容易な制御により、高速応答性および高い制御精度で電気試験を行なうことができる無停電電源装置および無

停電電源装置の試験方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] この発明のある局面によれば、無停電電源装置は、交流電源に接続される第1および第2の端子と、蓄電装置に接続される第3の端子と、第4の端子と、コンバータと、インバータと、第1および第2のスイッチと、制御装置とを備える。コンバータは、交流電源から第1の端子を介して供給される交流電力を直流電力に変換するように構成される。インバータは、コンバータによって生成された直流電力または蓄電装置の直流電力を交流電力に変換するように構成される。第1のスイッチは、インバータの出力ノードと第4の端子との間に接続される。第2のスイッチは、第2の端子と第4の端子との間に接続される。第4の端子に負荷が接続されていない状態で無停電電源装置の電気試験を行なう場合において、制御装置は、第1および第2のスイッチをオンさせるとともに、インバータの出力電流を電流指令値に従って制御するように構成される。制御装置は、電流指令値を座標変換したd軸電流指令値およびq軸電流指令値と、出力電流を座標変換したd軸電流値およびq軸電流値との偏差に基づいて電圧指令値を生成する。制御装置は、電圧指令値に基づいてインバータの制御信号を生成する。制御装置は、制御信号に従ってインバータにより生成される交流電圧の位相が交流電源の位相に同期するように、制御信号の周波数を制御する。

発明の効果

[0008] この発明によれば、容易な制御により、高速応答性および高い制御精度で無停電電源装置の電気試験を行なうことができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]この発明の実施の形態による無停電電源装置の構成を示す回路ブロック図である。

[図2]制御装置のうちのコンバータの制御に関連する部分の構成を示すブロック図である。

[図3]制御装置のうちのインバータの制御に関連する部分の構成を示すブロッ

ク図である。

[図4] d 軸電流指令値および q 軸電流指令値の設定方法を説明する図である。

[図5] 電気試験時におけるインバータの制御を説明するための波形図である。

[図6] この発明の実施の形態による無停電電源装置の試験方法を説明するための回路ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、この発明の実施の形態について図面を参照して詳しく説明する。なお、同一または相当する部分には同一の参照符号を付して、その説明を繰返さない。

[0011] 図 1 は、この発明の実施の形態による無停電電源装置の構成を示す回路ブロック図である。商用交流電源 5 は、商用周波数の交流電力を無停電電源装置 100 に供給する。無停電電源装置 100 は、実際には、商用交流電源 5 から三相交流電力を受けるが、図面および説明の簡単化を図るため、図 1 では一相分の回路のみが示されている。

[0012] 無停電電源装置 100 は、入力端子 T 1、バイパス端子 T 2、バッテリー端子 T 3 および出力端子 T 4 を備える。入力端子 T 1 およびバイパス端子 T 2 は商用交流電源 5 に接続されている。出力端子 T 4 は図示しない負荷に接続され得る。負荷は、無停電電源装置 100 から供給される商用周波数の交流電力によって駆動される。

[0013] バッテリー端子 T 3 は蓄電池 6 に接続される。蓄電池 6 は、直流電力の充電および放電が可能な電池である。蓄電池 6 は、直流電力を蓄える「電力貯蔵装置」の一実施例に対応する。バッテリー端子 T 3 には、蓄電池 6 の代わりに、コンデンサ（電気二重層コンデンサ、電解コンデンサなど）が接続されていても構わない。

[0014] 無停電電源装置 100 は、さらに、スイッチ S 1～S 3、リアクトル L 1、L 2、コンバータ 1、コンデンサ C 1、C 2、双方向チョッパ 3、電流検出器 C D 1、C D 2、電圧検出器 V D 1～V D 5、および制御装置 4 を備える。スイッチ S 1、リアクトル L 1、コンバータ 1、インバータ 2、リアク

トル L 2 およびスイッチ S 2 は、入力端子 T 1 と出力端子 T 4 との間に直列に接続される。

[0015] スイッチ S 1 の一方端子は入力端子 T 1 に接続され、その他方端子はリアクトル L 1 を介してコンバータ 1 の入力ノードに接続される。コンデンサ C 1 は、スイッチ S 1 の他方端子に接続される。コンバータ 1 の出力ノードは、直流母線 7 を介してインバータ 2 の入力ノードに接続されるとともに、双方向チョッパ 3 を介してバッテリー端子 T 3 に接続される。コンデンサ C 3 は直流母線 7 に接続される。

[0016] インバータ 2 の出力ノードはリアクトル L 2 を介してスイッチ S 2 の一方端子に接続され、スイッチ S 2 の他方端子は出力端子 T 4 に接続される。コンデンサ C 2 はスイッチ S 2 の一方端子に接続される。

[0017] スイッチ S 1 は、商用交流電源 5 から交流電力が正常に供給されている通常時は閉成（オン）され、たとえば無停電電源装置 100 のメンテナンス時に開放（オフ）される。スイッチ S 1 のオンオフは制御装置 4 によって制御される。

[0018] コンデンサ C 1 およびリアクトル L 1 は、交流フィルタ F 1 を構成する。交流フィルタ F 1 はローパスフィルタであり、商用交流電源から供給される商用周波数の交流電力を通過させ、コンバータで発生するスイッチング周波数の信号を遮断する。

[0019] コンバータ 1 は、商用交流電源 5 から交流電力が供給されている通常時は、商用交流電源 5 から供給される交流電力を直流電力に変換するように構成される。コンバータ 1 で生成された直流電力は直流母線 7 に出力される。このとき、コンバータ 1 は、直流母線 7 の電圧 V_3 が所定の基準電圧 V_{3R} になるように、直流電流を直流母線 7 に出力する。コンバータ 1 における電力変換は制御装置 4 によって制御される。商用交流電源 5 からの交流電力の供給が停止された停電時は、コンバータ 1 の運転は停止される。コンバータ 1 は制御装置 4 によって制御される。コンデンサ C 3 は、直流母線 7 の電圧 V_3 を平滑化する。

- [0020] 双方向チョッパ3は、双方向の直流電圧変換（昇圧および降圧）を実行するように構成される。双方向チョッパ3は、通常時、コンバータ1によって生成された直流電力を蓄電池6に蓄える。停電時、双方向チョッパ3は、蓄電池6の直流電力を直流母線7に供給する。双方向チョッパ3は制御装置4によって制御される。双方向チョッパ3は「DC／DCコンバータ」の一実施例に対応する。
- [0021] インバータ2は、通常時、コンバータ1によって生成された直流電力を商用周波数の交流電力に変換するように構成される。停電時、インバータ2は、蓄電池6の直流電力を商用周波数の交流電力に変換するように構成される。インバータ2は制御装置4によって制御される。
- [0022] コンバータ1およびインバータ2は、半導体スイッチング素子により構成される。半導体スイッチング素子としては、たとえばIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）が適用される。半導体スイッチング素子の制御方式として、PWM（Pulse Width Modulation）制御を適用することができる。
- [0023] リアクトルL2およびコンデンサC2は交流フィルタF2を構成する。交流フィルタF2は、ローパスフィルタであり、インバータ2によって生成された商用流波数の交流電力を通過させ、インバータ2で発生するスイッチング周波数の信号を遮断する。換言すると、交流フィルタF2は、インバータ2の出力電圧の波形を正弦波に変換する。
- [0024] スイッチS2（第1のスイッチ）は、バイパス給電モード時にはオフされ、インバータ給電モード時にはオンされる。バイパス給電モードは、商用交流電源5からの交流電力を負荷に供給するモードである。バイパス端子T2と出力端子T4とを接続する回路を「バイパス回路」とも称する。インバータ給電モードは、インバータ2によって生成された交流電力を負荷に供給するモードである。
- [0025] スイッチS3（第2のスイッチ）は、バイパス給電モード時にはオンされ、インバータ給電モード時にはオフされる。スイッチS2、S3のオンオフ

は制御装置 4 によって制御される。

[0026] 電圧検出器 V D 1 は、入力端子 T 1 の交流電圧 V 1（すなわち商用交流電源 5 から供給される交流電圧）の瞬時値を検出し、その検出値を示す信号を制御装置 4 に与える。制御装置 4 は、電圧検出器 V D 1 の出力信号に基づいて、商用交流電源 5 から交流電力が正常に供給されているか否か（すなわち停電が発生したか否か）を判定する。

[0027] 電流検出器 C D 1 は、リアクトル L 1 に流れる交流電流 I 1（すなわちコンバータ 1 の入力電流）の瞬時値を検出し、その検出値を示す信号を制御装置 4 に与える。電圧検出器 V D 3 は、直流母線 7 の直流電圧 V 3 の瞬時値を検出し、その検出値を示す信号を制御装置 4 に与える。

[0028] 制御装置 4 は、電圧検出器 V D 1、V D 3 および電流検出器 C D 1 の出力信号に基づいて、コンバータ 1 を制御する。換言すると、コンバータ 1 は、通常時は、直流母線 7 の直流電圧 V 3 が基準電圧 V 3 R になるように直流母線 7 に直流電力を供給する。停電時には、コンバータ 1 の運転は停止される。

[0029] 電圧検出器 V D 4 は、バッテリー端子 T 3 の直流電圧 V 4（すなわち蓄電池 6 の端子間電圧）の瞬時値を検出し、その検出値を示す信号を制御装置 4 に与える。制御装置 4 は、電圧検出器 V D 3、V D 4 の出力信号に基づいて双方向チョッパ 3 を制御する。換言すると、双方向チョッパ 3 は、通常時は、バッテリー端子 T 3 の直流電圧が所定の目標バッテリー電圧になるように蓄電池 6 に直流電力を供給する。停電時は、双方向チョッパ 3 は、直流母線 7 の直流電圧 V 3 が基準電圧 V 3 R になるように直流母線 7 に直流電力を供給する。

[0030] 電圧検出器 V D 2 は、バイパス端子 T 2 の交流電圧 V 2（すなわち商用交流電源 5 から供給される交流電圧）の瞬時値を検出し、その検出値を示す信号を制御装置 4 に与える。電圧検出器 V D 4 は、出力端子 T 4 の交流電圧 V 4 の瞬時値を検出し、その検出値を示す信号を制御装置 4 に与える。

[0031] 電流検出器 C D 2 は、リアクトル L 2 に流れる電流 I 2（すなわちインバ

ータ 2 の出力電流) の瞬時値を検出し、その検出値を示す信号を制御装置 4 に与える。制御装置 4 は、電圧検出器 V D 2, V D 4 および電流検出器 C D 2 の出力信号に基づいてインバータ 2 を制御する。

[0032] 特に、制御装置 4 は、インバータ給電モード時には、電圧検出器 V D 2 の検出値 V 2 (すなわち商用交流電源 5 から供給される交流電圧) に基づいて電圧指令値を生成し、その電圧指令値に電圧検出器 V D 5 の検出値 V 5 (すなわち出力端子 T 4 の交流電圧) が一致するようにインバータ 2 を電圧フィードバック制御するとともに、電流検出器 C D 2 の検出値の電流 (負荷電流) を供給するようにインバータ 2 を電流フィードフォワード制御する。

[0033] [無停電電源装置の電気試験]

無停電電源装置 1 0 0 の信頼性を保つために、無停電電源装置 1 0 0 の性能を確認するための電気試験が行なわれる。無停電電源装置 1 0 0 の電気試験を行なう場合、負荷もしくは模擬負荷を使用せずに、無停電電源装置 1 0 0 を運転する。具体的には、図 1 に示すように、出力端子 T 4 に負荷を接続しない状態で、制御装置 4 はコンバータ 1 およびインバータ 2 を運転させる。図 1 において、電気試験時の電力の流れを破線矢印を用いて示す。

[0034] このとき、制御装置 4 は、スイッチ S 2, S 3 をともにオンさせることにより、インバータ 2 から供給された交流電力をバイパス回路を経由して商用交流電源 5 に回生させる。このようにすると、電気試験に要する電力は、図 1 に示した電力ルート内に発生する損失のみとなるので、商用交流電源 5 から与えられる電力をこの損失分に抑えることができる。

[0035] 図 2 は、制御装置 4 のうちのコンバータ 1 の制御に関連する部分の構成を示すブロック図である。図 2 は、電気試験時におけるコンバータ 1 の制御を示したものである。

[0036] 電気試験時には、制御装置 4 は、インバータ給電モード時と同様に、電圧検出器 V D 1, V D 3 および電流検出器 C D 1 の出力信号に基づいて、コンバータ 1 を制御する。換言すると、コンバータ 1 は、直流母線 7 の直流電圧 V 3 が基準電圧 V 3 R になるように直流母線 7 に直流電力を供給する。

- [0037] 具体的には、制御装置4は、図2に示すように、電圧基準生成部10、電圧制御部12、電流制御部14、減算器11、13、およびPWM制御部15を含む。電圧基準生成部10は、直流母線7の目標直流電圧である基準電圧 V_{3R} を生成する。
- [0038] 減算器11は、基準電圧 V_{3R} から直流電圧 V_3 （電圧検出器VD3の検出値）を減算して、 V_{3R} と V_3 との偏差 $V_{3R} - V_3$ を求める。
- [0039] 電圧制御部12は、偏差 $V_{3R} - V_3$ が0になるように電流指令値 I_1^* を生成する。電圧制御部12は、たとえば比例要素（P：proportional element）および積分要素（I：integral element）を少なくとも含み、偏差 $V_{3R} - V_3$ を入力として比例積分演算を行なう。電圧制御部12は、その演算結果として電流指令値 I_1^* を生成する。
- [0040] 減算器13は、電流指令値 I_1^* から電流 I_1 （電流検出器CD1の検出値）を減算して、 I_1^* と I_1 との偏差 $I_1^* - I_1$ を求める。
- [0041] 電流制御部14は、偏差 $I_1^* - I_1$ が0になるように電圧指令値 V^* を生成する。電流制御部14は、たとえば比例要素および積分要素を含み、偏差 $I_1^* - I_1$ を入力として比例積分演算を行なう。電流制御部14は、その演算結果として電圧指令値 V^* を生成する。
- [0042] なお、本実施の形態では、電圧制御および電流制御にPI制御を用いているが、比例要素（P）、積分要素（I）および微分要素（D：derivative element）を含むPID制御を用いてもよい。または、これに代えて、その他の一般的な制御手法を用いてもよい。
- [0043] PWM制御部15は、電流制御部14から電圧指令値 V^* を受けると、電圧指令値 V^* と三角波のキャリア信号とを比較することによって、コンバータ1の半導体スイッチング素子をオンオフするための制御信号を生成する。PWM制御部15によって生成された制御信号はコンバータ1に与えられる。
- [0044] 図3は、制御装置4のうちのインバータ2の制御に関連する部分の構成を示すブロック図である。図3は、電気試験時におけるインバータ2の制御を

示したものである。

- [0045] 電気試験時には、制御装置4は、無停電電源装置100が出力すべき皮相電力 S [VA] および力率 ϕ について予め設定された目標値に基づいて、電流指令値 I_r を生成する。制御装置4は、生成した電流指令値 I_r に電流検出器CD2の検出値（すなわちインバータ2の出力電流 I_2 ）が一致するようにインバータ2を電流フィードバック制御する。
- [0046] 具体的には、図3を参照して、制御装置4は、 d 軸電流指令生成部20、 q 軸電流指令生成部21、電流制御部24、25、座標変換部26、31、電圧制御部27、PWM制御部28、周波数制御部29、および同期制御部30を含む。
- [0047] d 軸電流指令生成部20は、電流指令値 I_r の d 軸成分である d 軸電流指令値 I_{dr} を生成する。 q 軸電流指令生成部21は、電流指令値 I_r の q 軸成分である q 軸電流指令値 I_{qr} を生成する。
- [0048] 具体的には、電流指令値 I_r は、たとえば、無停電電源装置100の定格電力である最大皮相電力 S [VA] に基づいて設定することができる。最大皮相電力 S [VA] は、無停電電源装置100から出力される交流電圧（すなわち出力端子T4の交流電圧 V_5 ）の実効値を V とし、電流指令値 I_r の実効値を I とすると、 $S = V \times I$ で表される。
- [0049] なお、インバータ給電モード時、出力端子T4の交流電圧 V_5 は、商用交流電源5から供給される交流電圧 V_1 に同期している。すなわち、最大皮相電力 S [VA] は商用交流電源5から供給される交流電圧（交流電源電圧） V_1 の実効値 V と電流指令値 I_r の基本波実効値 I との積で表される。したがって、最大皮相電力 S [VA] および交流電源電圧 V_1 の実効値 V に基づいて、電流指令値 I_r を演算することができる。
- [0050] 次に、無停電電源装置100の力率 ϕ が設定される。力率 ϕ は、たとえば、出力端子T4に接続が予定されている負荷の力率に設定することができる。このようにすると、実質的に出力端子T4に負荷が接続されている状態での無停電電源装置100の性能を確認することができる。あるいは、予め複

数の力率を設定しておき、力率 ϕ を切り替えて電気試験を行なうことも可能である。なお、最大皮相電力 S [VA] に力率 ϕ を乗じたもの ($S \times \phi$) が無停電電源装置 100 の最大有効電力となる。

[0051] 力率 ϕ が設定されると、図4に示すように、電流指令値 I_r は、力率 ϕ を用いて、 d 軸電流指令値 I_{dr} および q 軸電流指令値 I_{qr} に変換することができる。 d 軸電流指令値 I_{dr} および q 軸電流指令値 I_{qr} はそれぞれ、下記式(1)、(2)で与えられる。

[0052]
$$I_{dr} = I_r \times \cos \phi \quad \dots (1)$$

$$I_{qr} = I_r \times \sin \phi \quad \dots (2)$$

d 軸電流指令生成部20は、電流指令値 I_r および力率 ϕ が与えられると、式(1)を用いて d 軸電流指令値 I_{dr} を生成する。生成された d 軸電流指令値 I_{dr} は減算器22に与えられる。 q 軸電流指令値21は、電流指令値 I_r および力率 ϕ が与えられると、式(2)を用いて q 軸電流指令値 I_{qr} を生成する。生成された q 軸電流指令値 I_{qr} は減算器23に与えられる。

[0053] 電流指令値 I_r を d 軸電流指令値 I_{dr} および q 軸電流指令値 I_{qr} に変換したことによって、制御装置4は、インバータ2の出力電流 I_2 の d 軸成分 I_d および q 軸成分 I_q が、それぞれ、 d 軸電流指令値 I_{dr} および q 軸電流指令値 I_{qr} に一致するように、インバータ2を電流フィードバック制御する。

[0054] ここで、従来の電流フィードバック制御では、電流検出器CD2の検出値 I_2 (三相交流電流) が電流指令値 I_r に一致するように、インバータ2を制御する。したがって、フィードバック制御の制御ゲインには、交流電流の定格周波数が重畳される。図1の場合、商用交流電源5の周波数 (たとえば、50Hz) に基づき、制御ループの応答角周波数には $\omega_c = 314 \text{ rad/sec}$ が重畳する。このため、制御ループにおけるゲインは高ゲインである必要がある。具体的には、少なくとも ω_c よりも1桁大きいゲイン (すなわち 3140 rad/sec 以上) が必要となる。なお、この電流フィード

バック制御により生成された電圧指令値に従った電圧制御（PWM制御）においては、さらに1桁大きいゲイン（すなわち 31400 rad/sec ）が必要となる。そのため、高速応答性および高い制御精度を実現するためには、複雑な制御が必要となるという問題があった。

[0055] これに対して、本実施の形態では、上述したように、電流フィードバック制御において、 d 軸電流 I_d および q 軸電流 I_q をそれぞれ独立に制御することができる。各成分の電流フィードバック制御においては、電流指令値を直流量として扱うことができるため、交流電流の定格周波数（すなわち、 ω_c ）を除去することができる。よって、制御ループにおけるゲインを低ゲインにすることができる。したがって、高速応答性および高い制御精度を容易に実現することができる。

[0056] 以下、図3を用いて、制御装置4における電流フィードバック制御について詳細に説明する。

[0057] 同期制御部30は、電圧検出器VD1の検出値（すなわち商用交流電源5から供給される交流電圧 V_1 ）に基づいて、交流電源電圧 V_1 の位相 θ を検出する。同期制御部30は、たとえばPLL（Phase Locked Loop）回路であり、インバータ2の出力電圧 V_5 と交流電源電圧 V_1 との位相差が0になるように制御する。インバータ2の出力電圧 V_2 の位相を交流電源電圧 V_1 の位相と同期させることで、図1に示したように、インバータ2から供給された交流電力をバイパス回路を経由して商用交流電源5に回生させることができる。

[0058] 座標変換部31は、同期制御部30によって検出された位相 θ を用いた座標変換（三相／二相変換）により、電流検出器CD2の検出値（すなわちインバータ2の出力電流 I_2 ）を基に、 d 軸電流 I_d および q 軸電流 I_q を算出する。

[0059] 減算器22は、 d 軸電流指令生成部20によって生成された d 軸電流指令値 I_{dr} から d 軸電流 I_d を減算して、 I_{dr} と I_d との偏差 ΔI_d を求める。減算器23は、 q 軸電流指令生成部21によって生成された q 軸電流

指令値 I_{qr} から q 軸電流 I_q を減算して、 I_{qr} と I_q との偏差 ΔI_q を求める。

[0060] 電流制御部 24 は、偏差 ΔI_d が 0 になるように d 軸電圧指令値 V_d^* を生成する。具体的には、電流制御部 24 は、偏差 ΔI_d について、所定ゲインによる比例積分演算を行なって制御偏差を求め、この制御偏差に応じた d 軸電圧指令値 V_d^* を生成する。

[0061] 電流制御部 25 は、偏差 ΔI_q が 0 になるように q 軸電圧指令値 V_q^* を生成する。具体的には、電流制御部 25 は、偏差 ΔI_q について、所定ゲインによる比例積分演算を行なって制御偏差を求め、この制御偏差に応じた q 軸電圧指令値 V_q^* を生成する。

[0062] 座標変換部 26 は、交流電源電圧の位相 θ を用いた座標変換（三相／二相変換）により、 d 軸電圧指令値 V_d^* および q 軸電圧指令値 V_q^* を U 相、 V 相、 W 相の各相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に変換する。交流電圧指令値 V_o^* は、 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を包括的に示すものである。

[0063] このように、電流フィードバック制御によって電圧指令値 V_o^* が生成される。したがって、電圧指令値 V_o^* に従ってインバータ 2 を PWM 制御することにより、インバータ 2 の出力電流 I_2 を電流指令値 I_r に一致させることができる。

[0064] しかしながら、電気試験のために無停電電源装置 100（インバータ 2）を起動させる際、電圧指令値 V_o^* の実効値が 0 から急激に立ち上がるため、制御が追従できず、インバータ 2 の出力電圧 V_2 の実効値が電圧指令値 V_o^* の実効値に達した後に行き過ぎるオーバーシュートや、出力電圧 V_2 の実効値が電圧指令値 V_o^* の実効値のまわりで振動するハンチングが発生する可能性がある。その結果、無停電電源装置 100 を起動してから出力電圧 V_2 が安定するまでの期間、電気試験を行なうことができないという不具合が生じる。

[0065] なお、出力電圧 V_2 のオーバーシュートやハンチングを防ぐためには、無停電電源装置 100 の起動時、電圧指令値 V_o^* の実効値を 0 から本来の目

標電圧まで徐々に増加させる手法を採ることができる。これによれば、出力電圧 V_2 の実効値を電圧指令値 V_o^* の実効値に追従させることが可能となる。しかしながら、その一方で、電圧指令値 V_o^* の実効値を増加させている期間は、インバータ 2 の出力電流 I_2 の実効値も電流指令値 I_r の実効値より低くなるため、電気試験を行なうことができないという不具合は解消されずに残ってしまう。

[0066] そこで、本実施の形態においては、無停電電源装置 100 の起動時には、電圧指令値 V_o^* の実効値を 0 から線形的に増加させるとともに、インバータ 2 の出力周波数を増加させる。

[0067] 具体的には、図 3 を参照して、周波数制御部 29 は、同期制御部 30 から交流電源電圧 V_1 の位相 θ を示す信号を受けるとともに、無停電電源装置 100 の起動指令 ST を受ける。起動指令 ST は、無停電電源装置 100 のコンバータ 1 およびインバータ 2 を起動するための指令である。電気試験を行なう場合において図示しない操作部がオン操作されたときに、H（論理ハイ）レベルに活性化された起動指令 ST が制御装置 4 に対して発せられる。

[0068] 周波数制御部 29 は、H レベルに活性化された起動指令 ST を受けると、商用交流電源 5 の定格周波数 f^* に基づいて、周波数指令 $f_\#$ を生成する。具体的には、周波数制御部 29 は、周波数指令 $f_\#$ を 0 から定格周波数 f^* まで増加させる。周波数制御部 29 は、生成した周波数指令 $f_\#$ を電圧制御部 27 および PWM 制御部 28 に与える。

[0069] 電圧制御部 27 は、座標変換部 26 によって生成された電圧指令値 V_o^* および周波数指令 $f_\#$ に基づいて、PWM 制御部 28 に与える電圧指令値 $V_o_\#$ を生成する。電圧制御部 27 は、電圧指令値 $V_o_\#$ の実効値を 0 から V_o^* まで増加させる。これにより、インバータ 2 の出力周波数 f とインバータ 2 の出力電圧 V_5 の実効値とを同時に増加させることができる。

[0070] PWM 制御部 28 は、周波数指令 $f_\#$ に基づいて、三角波のキャリア信号を生成する。PWM 制御部 28 は、電圧制御発振器（VCO）を含んで構成される。電圧制御発振器は、周波数指令 $f_\#$ の整数倍となるように三角波の

キャリア信号の周波数を調整する。

[0071] PWM制御部28は、電圧指令値 $V_o\#$ と三角波のキャリア信号とを比較することによって、インバータ2の半導体スイッチング素子をオンオフするための制御信号を生成する。PWM制御部28によって生成された制御信号はインバータ2に与えられる。

[0072] 図5は、電気試験時におけるインバータ2の制御を説明するための波形図である。図5には、起動指令 S_T 、電圧指令 $V_o\#$ の実効値、およびインバータ2の出力電流 I_2 の実効値の関係が示されている。

[0073] 図5を参照して、時刻 t_1 にて起動指令 S_T がL（論理ロー）レベルからHレベルに活性化されると、制御装置4は、スイッチ S_2 、 S_3 をともにオンさせるとともに、電流指令値 I_r および力率 ϕ に基づいて電圧指令値 V_o* を生成する。制御装置4はさらに、商用交流電源5の定格周波数 f^* に基づいて周波数指令 $f\#$ を生成する。

[0074] 制御装置4は、時刻 t_1 を起点として、周波数指令 $f\#$ を所定の変化率で増加させる。周波数指令 $f\#$ は定格周波数 f^* に到達する。このとき、制御装置4は、時刻 t_1 を起点として、電圧指令値 $V_o\#$ の実効値を0から増加させる。電圧指令値 $V_o\#$ の実効値は増加し、時刻 t_2 にて V_o* に到達する。

[0075] このようにすると、時刻 $t_1 \sim t_2$ の間、インバータ2の出力周波数と出力電圧 V_5 とは変化する。上述したように、単に出力電圧 V_5 だけを低下させると、インバータ2の出力電流 I_2 が低下する。そこで、出力電圧 V_5 に対応して出力周波数も低下させる。これにより、出力電圧 V_5 のオーバーシュートおよびハンチングを生じさせることなく、無停電電源装置100を起動させた後、迅速かつ安定的に電気試験を行なうことができる。

[0076] なお、本実施の形態による無停電電源装置100によれば、商用交流電源5からの交流電力の供給が停止された場合を想定した電気試験を行なうことも可能である。図6に示すように、出力端子 T_4 に負荷を接続しない状態で、制御装置4はインバータ2を運転させる。このとき、制御装置4はコンバ

ータ 1 を停止させる。図 6 において、電気試験時の電力の流れを破線矢印を用いて示す。

[0077] 制御装置 4 は、起動指令 S T が H レベルに活性化されると、スイッチ S 2 , S 3 をともにオンさせるとともに、上記実施の形態と同様に、電圧指令値 V o # の実効値を 0 から線形的に増加させるとともに、インバータ 2 の周波数指令 f # を増加させる。

[0078] 制御装置 4 は、また、電圧検出器 V D 3 , V D 4 の出力信号に基づいて双方向チョッパ 3 を制御する。双方向チョッパ 3 は、直流母線 7 の直流電圧 V 3 が基準電圧 V 3 R になるように直流母線 7 に直流電力を供給する。

[0079] これにより、蓄電池 6 から供給された直流電力はインバータ 2 によって交流電力に変換された後、バイパス回路を経由して商用交流電源 5 に回生される。この場合においても、電気試験に要する電力は、図 6 に示した電力ルート内に発生する損失のみとなるので、商用交流電源 5 から与えられる電力をこの損失分に抑えることができる。

[0080] 以上説明したように、この発明の実施の形態による無停電電源装置によれば、電気試験時の電流フィードバック制御において電流指令値を直流量として扱うことができるため、容易な制御により、高速応答性および高い制御精度で無停電電源装置の電気試験を行なうことができる。

[0081] さらに、電気試験のために無停電電源装置を起動させた直後からインバータの出力電流を電流指令値に一致させることができる。したがって、無停電電源装置の起動後、迅速かつ安定的に電気試験を行なうことができる。

[0082] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0083] 1 コンバータ、2 インバータ、3 双方向チョッパ、4 制御装置、5 商用交流電源、10 電圧基準生成部、11, 13 減算器、12, 2

7 電圧制御部、14 電流制御部、15, 28 PWM制御部、20 d
軸電流指令生成部、21 q軸電流指令生成部、24, 25 電流制御部、
26, 31 座標変換部、29 周波数制御部、30 同期制御部、100
無停電電源装置、T1 入力端子、T2 バイパス端子、T3 バッテリ
端子、T4 出力端子、VD1～VD3 電圧検出器、CD1, CD2 電
流検出器。

請求の範囲

[請求項1]

無停電電源装置であって、

交流電源に接続される第1および第2の端子と、

蓄電装置に接続される第3の端子と、

第4の端子と、

前記交流電源から前記第1の端子を介して供給される交流電力を直流電力に変換するように構成されたコンバータと、

前記コンバータによって生成された直流電力または前記蓄電装置の直流電力を交流電力に変換するように構成されたインバータと、

前記インバータの出力ノードと前記第4の端子との間に接続される第1のスイッチと、

前記第2の端子と前記第4の端子との間に接続される第2のスイッチと、

前記第4の端子に負荷が接続されていない状態で前記無停電電源装置の電気試験を行なう場合において、前記第1および第2のスイッチをオンさせるとともに、前記インバータの出力電流を電流指令値に従って制御するように構成された制御装置とを備え、

前記制御装置は、

前記電流指令値を所定の力率を用いて座標変換したd軸電流指令値およびq軸電流指令値と、前記出力電流を前記交流電源の電圧の位相を用いて座標変換したd軸電流値およびq軸電流値との偏差に基づいて電圧指令値を生成し、かつ、

前記電圧指令値に基づいて前記インバータの制御信号を生成するように構成される、無停電電源装置。

[請求項2]

前記制御装置は、さらに、前記無停電電源装置の電気試験を行なう場合において前記インバータを起動するときには、前記電圧指令値の実効値を0から所定の電圧値まで上昇させるとともに、前記制御信号の周波数を0から前記交流電源の周波数まで上昇させるように構成さ

れる、請求項 1 に記載の無停電電源装置。

[請求項3] 前記制御装置は、前記第 4 の端子に接続が予定される前記負荷の力率を用いて前記電流指令値の座標変換を実行するように構成される、請求項 1 または 2 に記載の無停電電源装置。

[請求項4] 無停電電源装置の試験方法であって、
前記無停電電源装置は、
交流電源に接続される第 1 および第 2 の端子と、
蓄電装置に接続される第 3 の端子と、
第 4 の端子と、
前記交流電源から前記第 1 の端子を介して供給される交流電力を直流電力に変換するように構成されたコンバータと、
前記コンバータによって生成された直流電力または前記蓄電装置の直流電力を交流電力に変換するように構成されたインバータと、
前記インバータの出力ノードと前記第 4 の端子との間に接続される第 1 のスイッチと、
前記第 2 の端子と前記第 4 の端子との間に接続される第 2 のスイッチとを含み、
前記第 4 の端子に前記負荷が接続されていない状態で前記無停電電源装置の電気試験を行なう場合において、前記試験方法は、
前記第 1 および第 2 のスイッチをオンするステップと、
電流指令値を所定の力率を用いて座標変換した d 軸電流指令値および q 軸電流指令値と、前記インバータの出力電流を前記交流電源の電圧の位相を用いて座標変換した d 軸電流値および q 軸電流値との偏差に基づいて、電圧指令値を生成するステップと、
前記電圧指令値に基づいて前記インバータの制御信号を生成するステップとを備える、無停電電源装置の試験方法。

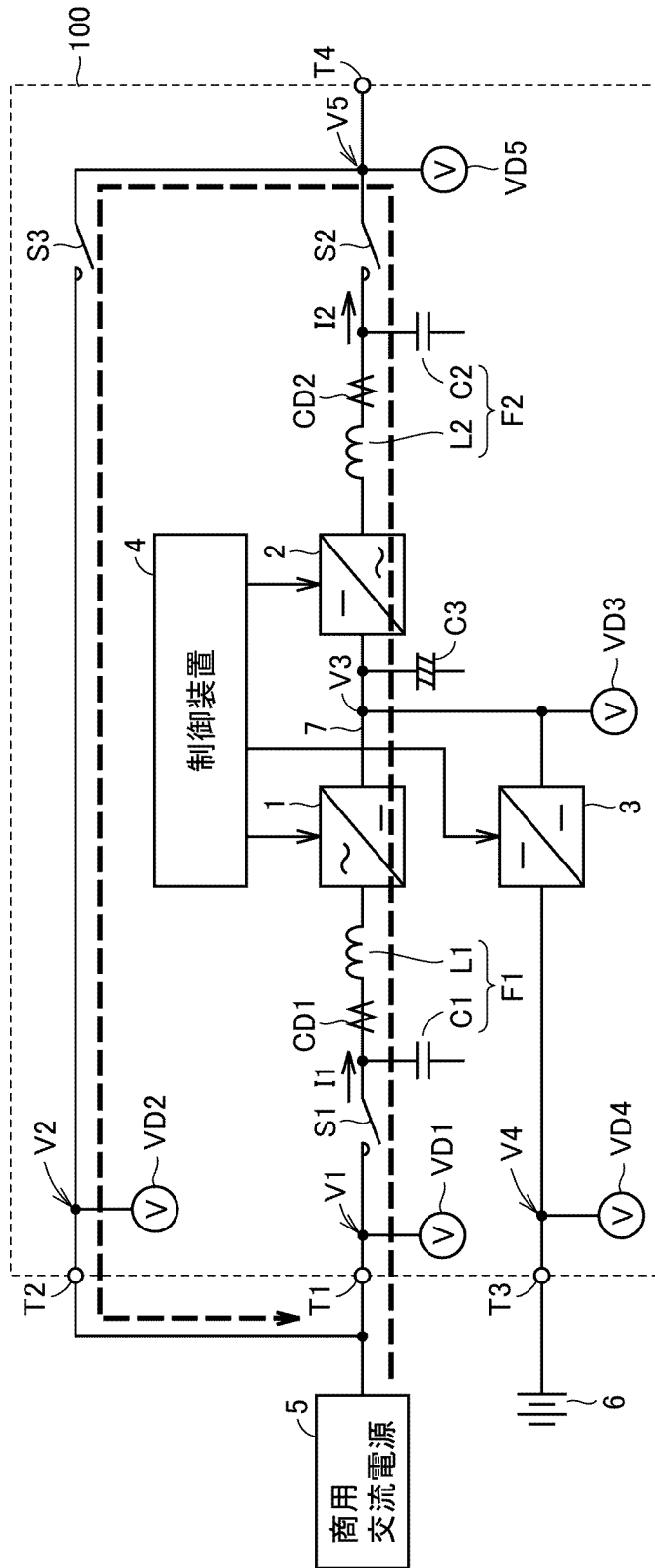
[請求項5] 前記試験方法は、さらに、前記無停電電源装置の電気試験を行なう場合において前記インバータを起動するときには、前記電圧指令値の

実効値を 0 から所定の電圧値まで上昇させるとともに、前記制御信号の周波数を 0 から前記交流電源の周波数まで上昇させるステップを備える、請求項 4 に記載の無停電電源装置の試験方法。

[請求項 6] 前記電圧指令値を生成するステップでは、前記第 4 の端子に接続が予定される前記負荷の力率を用いて前記電流指令値の座標変換を実行する、請求項 4 または 5 に記載の無停電電源装置の試験方法。

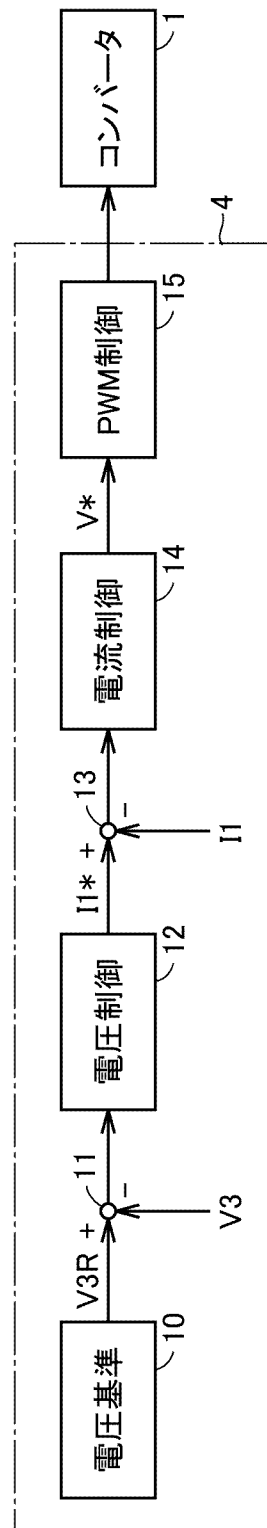
[図1]

図1



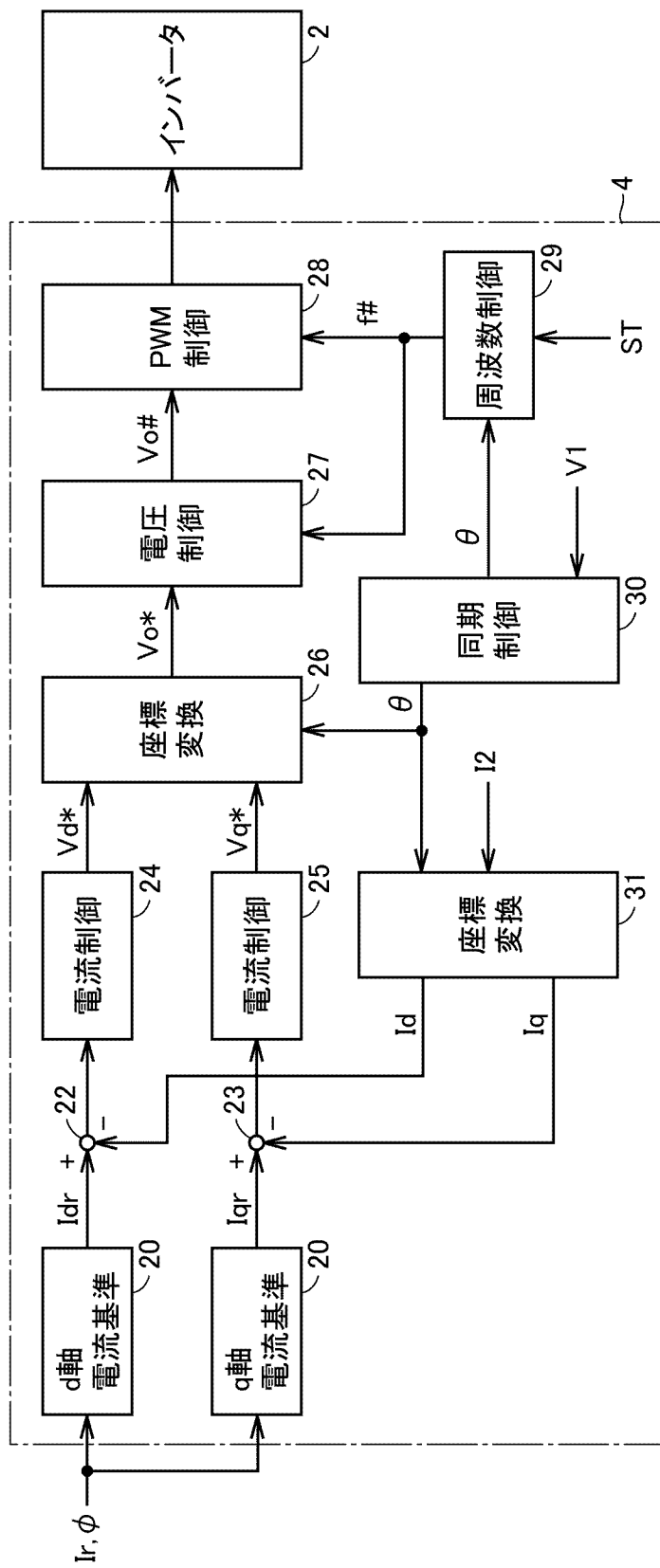
[図2]

図2



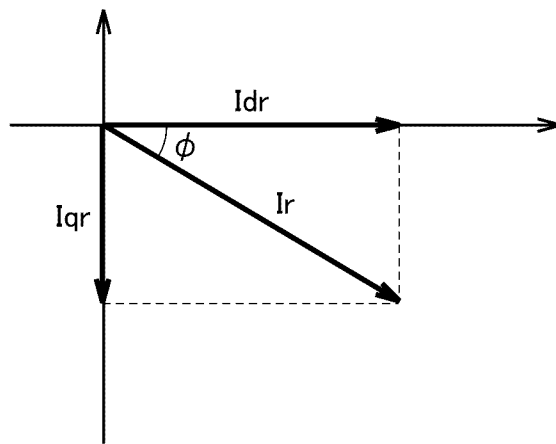
[図3]

图3



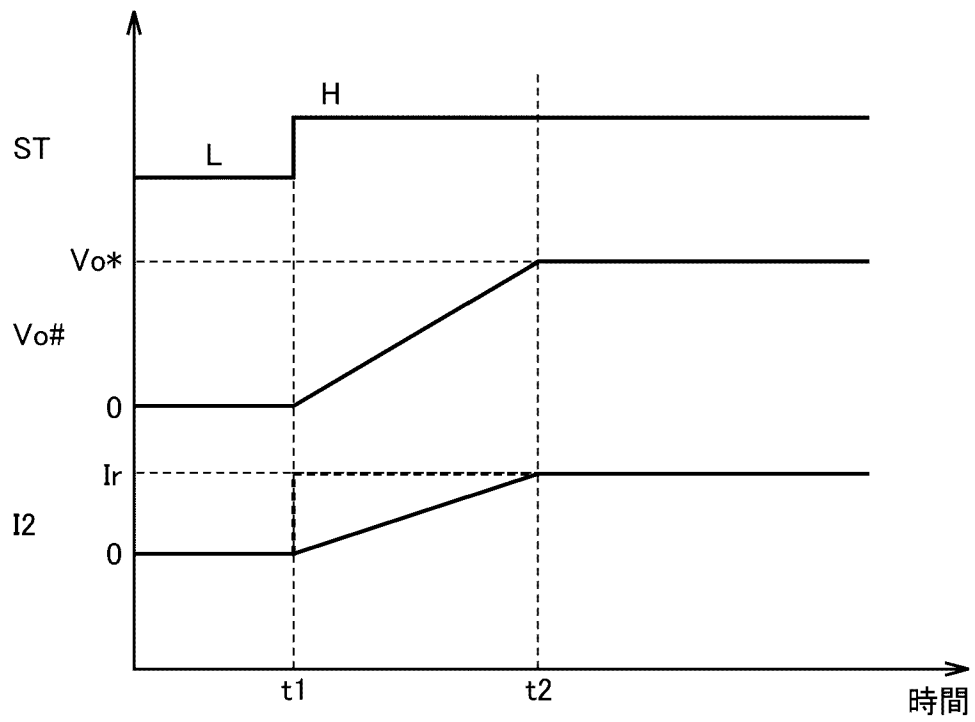
[図4]

図4



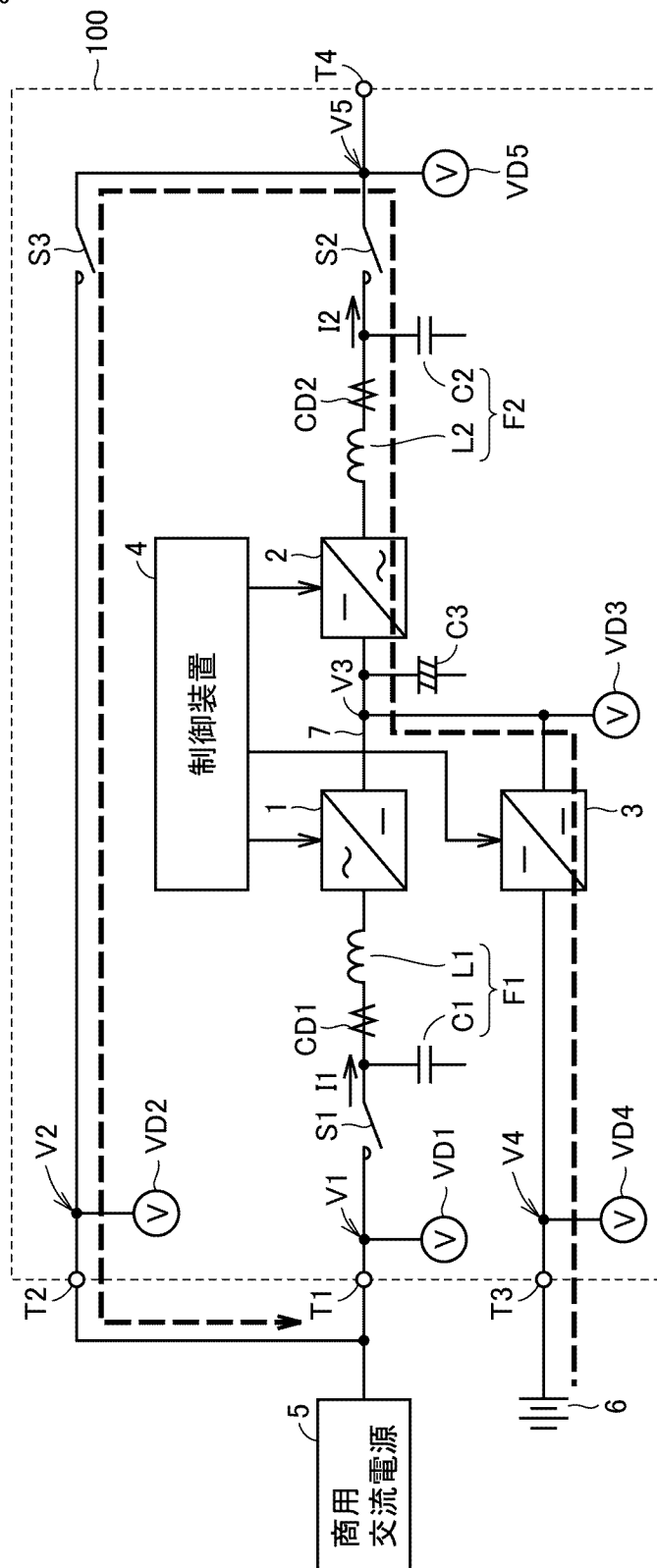
[図5]

図5



[図6]

图6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/009663

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J9/06(2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02J9/06

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 2003-180035 A (Mitsubishi Electric Corp.), 27 June 2003 (27.06.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	WO 2017/006427 A1 (Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.), 12 January 2017 (12.01.2017), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

☐ 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
12 April 2017 (12.04.17)

Date of mailing of the international search report
25 April 2017 (25.04.17)

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. H02J9/06(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02J9/06

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 2003-180035 A（三菱電機株式会社）2003.06.27, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6
A	WO 2017/006427 A1（東芝三菱電機産業システム株式会社）2017.01.12, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6

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

12.04.2017

国際調査報告の発送日

25.04.2017

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）

緑川 隆

5 T

2950

電話番号 03-3581-1101 内線 3568