(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1月18日(18.01.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/012146 A1

(51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/020950

(22) 国際出願日： 2017年6月6日(06.06.2017)

(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 2016-140442 2016年7月15日(15.07.2016) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 秋田 哲男 (AKITA, Tetsuo); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP). 清水 裕介 (SHIMIZU, Yusuke); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP). 綾井 直樹 (AYAI, Naoki); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP).

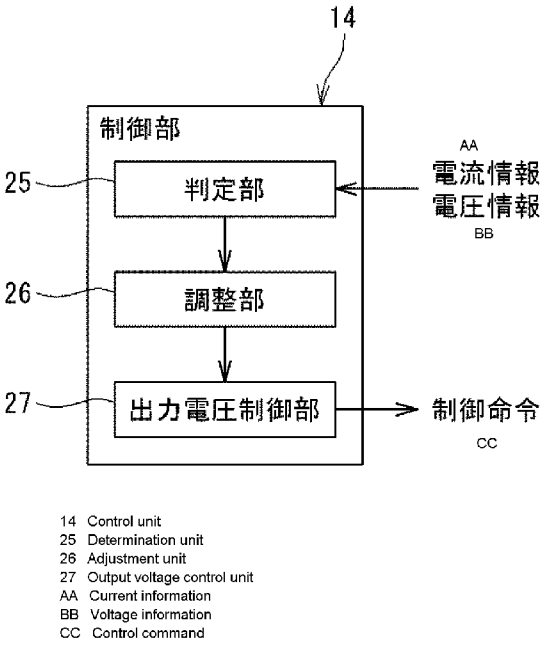
(74) 代理人: 特許業務法人サンクレスト国際特許事務所 (SUNCREST PATENT AND TRADEMARK ATTORNEYS); 〒6500023 兵庫県神戸市中央区栄町通四丁目１番１１号 Hyogo (JP).

(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, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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,

(54) **Title:** POWER CONVERSION DEVICE AND CONTROL METHOD FOR POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称： 電力変換装置、及び電力変換装置の制御方法



14 Control unit
25 Determination unit
26 Adjustment unit
27 Output voltage control unit
AA Current information
BB Voltage information
CC Control command

(57) **Abstract:** A power conversion device is provided with: a power conversion unit 20 that is provided between a DC power supply 2 and an AC circuit 3 and that performs DC/AC power conversion; and a control unit 14 that controls the power conversion unit 20. The control unit 14 is provided with: a determination unit 25 for determining whether starting current has flowed to the AC circuit 3; and an adjustment unit 26 that adjusts the AC voltage resulting from the power conversion unit 20 on the basis of the determination result of the determination unit 25.

(57) 要約：直流電源２と交流電路３との間に設けられ、直流／交流の電力変換を行う電力変換部２０と、電力変換部２０を制御する制御部１４と、を備えている。制御部１４は、交流電路３に始動電流が流れたか否かを判定する判定部２５と、判定部２５の判定結果に基づいて、電力変換部２０による交流電圧を調整する調整部２６と、を備えている。

WO 2018/012146 A1

[続葉有]

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)）

明　細　書

発明の名称 ： 電力変換装置、及び電力変換装置の制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、電力変換装置、及び電力変換装置の制御方法に関する。

本出願は、２０１６年７月１５日出願の日本出願第２０１６－１４０４４２号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0002] 一般家庭等に設置される太陽光発電システムや、２次電池システムは、直流から交流への電力変換を行う電力変換装置を備えている（例えば特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０００－３１６２８２号公報

発明の概要

[0004] 一実施形態である電力変換装置は、直流電源と交流電路との間に設けられ、直流／交流の電力変換を行う電力変換部と、前記電力変換部を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記交流電路に始動電流が流れたか否かを判定する判定部と、前記判定部の判定結果に基づいて、前記電力変換部による交流電圧を調整する調整部と、を備えている。

[0005] また、一実施形態である電力変換装置の制御方法は、直流電源と交流電路との間に設けられ、直流／交流の電力変換を行う電力変換部を備えた電力変換装置の制御方法であって、前記交流電路に始動電流が流れたか否かを判定する判定ステップと、前記判定ステップの判定結果に基づいて、前記電力変換部による交流電圧を調整する調整ステップと、を含む。

[0006] また、一実施形態として、上記電力変換装置や電力変換装置の制御方法以外に、コンピュータに実行させるためのコンピュータプログラムとして実現

することもできる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図１は、電力変換装置の回路図の一例である。

[図2]図２は、最小スイッチング変換方式における、ＤＣ／ＤＣコンバータ及びインバータの動作の特徴を簡略に示す波形図（横書き）である。

[図3]図３は、最小スイッチング変換方式における、ＤＣ／ＤＣコンバータ及びインバータの動作の特徴を簡略に示す波形図（縦書き）である。

[図4]図４は、制御部の機能を示すブロック図である。

[図5]図５は、出力電圧制御部が、電力変換部が出力する交流電圧の実効値を制御する際の態様を示した制御ブロック図である。

[図6]図６は、制御部の判定部及び調整部が行う、始動電流に対する抑制処理を示すフローチャートであり、始動電流の発生を検出し、始動電流の抑制処理を開始するための処理を示している。

[図7]図７は、制御部の判定部及び調整部が行う、始動電流に対する抑制処理を示すフローチャートであり、始動電流抑制処理の実行、及び終了までの処理を示している。

[図8]図８は、検証において電力変換装置に流れる始動電流の測定結果を示すグラフである。

[図9]図９は、図８に示す始動電流が流れたときに電力変換部が出力する交流電圧と、交流電路に流れる電流とを示したグラフの一例である。

[図10]図１０は、図９中の開始タイミングＴｓ近傍を拡大したグラフである。

[図11]図１１は、図９中の期間ΔＴの中央部分を拡大したグラフである。

[図12]図１２は、図９中の終了タイミングＴｆ近傍を拡大したグラフである。

発明を実施するための形態

[0008] ［本開示が解決しようとする課題］

例えば、モータ等の負荷を交流電源に接続した場合、その瞬間に当該負荷

を定格運転する場合よりも数倍から１０倍の大きな電流、いわゆる始動電流が流れることがある。

上記電力変換装置の交流出力を電力系統等の外部交流電源に連系しないで、単独で負荷に電力を給電する自立運転を行う場合には、上記始動電流も電力変換装置から流れる。

これに対し、始動電流が流れることを許容しうる仕様で電力変換装置を構成しようとすると、半導体デバイスやケーブル等について必要以上に過剰な品質のものを選定することとなり、コストの上昇を招いてしまう。

このため、始動電流を抑制するための方法が望まれる。

[0009] そこで、始動電流を抑制することができる技術を提供することを目的とする。

[0010] ［本開示の効果］

本開示によれば、始動電流を抑制することができる。

[0011] 以下、好ましい実施形態について図面を参照しながら説明する。

[0012] ［実施形態の概要］

（１）一実施形態である電力変換装置は、直流電源と交流電路との間に設けられ、直流／交流の電力変換を行う電力変換部と、前記電力変換部を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記交流電路に始動電流が流れたか否かを判定する判定部と、前記判定部の判定結果に基づいて、前記電力変換部による交流電圧を調整する調整部と、を備えている。

[0013] 上記構成の電力変換装置によれば、交流電路に始動電流が流れたと判定すれば、電力変換部による交流電圧を下げるように調整することができ、始動電流を抑制することができる。

[0014] （２）上記電力変換装置において、前記電力変換部は、前記電力変換部は、前記直流電源とＤＣバスとの間に設けられ前記直流電源の直流電圧を所定の中間電圧に昇圧するＤＣ／ＤＣコンバータと、前記ＤＣバスと前記交流電路との間に接続され前記中間電圧を交流電圧波形に変換するインバータと、を備え、前記調整部は、前記判定部の判定結果に基づいて、前記ＤＣ／ＤＣコ

ンバータによる前記ＤＣバスの電圧と、前記交流電圧とを調整することが好ましい。

この場合、直流電圧を必要以上に昇圧させずに、始動電流を抑制するように交流電圧を調整することができる。

[0015] （３）また、上記電力変換装置において、前記制御部は、前記直流電圧から前記交流電圧を生成するにあたって、交流１サイクル内で、前記ＤＣ／ＤＣコンバータにより前記直流電圧を昇圧し、前記インバータは極性の非反転通過及び反転通過のいずれか一方を行う時期、及び、前記ＤＣ／ＤＣコンバータを停止して、前記インバータにより降圧並びに、極性の非反転通過及び反転通過のいずれか一方を行う時期が、交互に出現するよう前記電力変換部を制御するものであってもよい。

この場合においても、直流電圧を必要以上に昇圧させずに、始動電流を抑制するように交流電圧を調整することができる。

[0016] （４）また、前記調整部は、ゼロクロス近傍で前記交流電圧が調整されるように前記電力変換部を制御することが好ましい。

この場合、交流電圧を調整することにより生じる電圧変動を抑制することができる。

[0017] （５）上記電力変換装置において、前記判定部は、前記電力変換部と前記交流電路との間を流れる電流に基づいて前記始動電流が流れたか否かを判定し、前記調整部は、前記判定部の判定結果とともに、前記電流と、予め設定された過電流保護閾値との比較結果に基づいて前記電力変換部による交流電圧を調整するものであってもよい。

この場合、過電流を考慮しつつ始動電流を抑制することができる。

[0018] （６）また、一実施形態である電力変換装置の制御方法は、直流電源と交流電路との間に設けられ、直流／交流の電力変換を行う電力変換部を備えた電力変換装置の制御方法であって、前記交流電路に始動電流が流れたか否かを判定する判定ステップと、前記判定ステップの判定結果に基づいて、前記電力変換部による交流電圧を調整する調整ステップと、を含む。

上記構成の電力変換装置の判定方法によれば、始動電流を抑制することができる。

[0019] また、上記電力変換装置の制御方法は、電力変換装置が備えるコンピュータにコンピュータプログラムを実行させることで実現することもできる。

すなわち、前記コンピュータプログラムは、直流電源と交流電路との間に設けられ、直流／交流の電力変換を行う電力変換部を備えた電力変換装置の制御をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラムであって、コンピュータに、前記交流電路に始動電流が流れたか否かを判定する判定ステップと、前記判定ステップの判定結果に基づいて、前記電力変換部が出力する交流電圧を調整する調整ステップと、を実行させるコンピュータプログラムである。

[0020] ［実施形態の詳細］

以下、好ましい実施形態について図面を参照しつつ説明する。

なお、以下に記載する各実施形態の少なくとも一部を任意に組み合わせてもよい。

〔電力変換装置の構成について〕

図１は、電力変換装置の回路図の一例である。図において、電力変換装置１は、直流電源２と交流電路３との間に設けられ、直流電源２の直流電圧が交流電路３の交流電圧のピーク値（波高値）より低い状態で、直流／交流の電力変換を行う。この電力変換装置１は、例えば、直流電源２に基づいて生成した交流電力を、自立出力として、交流電路３に接続された負荷４に供給することができる。

[0021] 電力変換装置１は、主回路構成要素として、直流側コンデンサ５、電力変換部２０、中間コンデンサ９、及び、フィルタ回路１１を備えている。

電力変換部２０は、ＤＣ／ＤＣコンバータ６と、インバータ１０とを含んでいる。

ＤＣ／ＤＣコンバータ６は、直流リアクトル７と、ハイサイドのスイッチング素子Ｑ１と、ローサイドのスイッチング素子Ｑ２とを備え、直流チョッ

パ回路を構成している。スイッチング素子Ｑ１，Ｑ２としては例えば、ＭＯＳＦＥＴ（Ｍｅｔａｌ－Ｏｘｉｄｅ－Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ　Ｆｉｅｌｄ　Ｅｆｆｅｃｔ　Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）を使用することができる。ＭＯＳＦＥＴのスイッチング素子Ｑ１，Ｑ２はそれぞれ、ダイオード（ボディダイオード）ｄ１，ｄ２を有している。各スイッチング素子Ｑ１，Ｑ２は、制御部１４により制御される。

[0022] ＤＣ／ＤＣコンバータ６の高圧側は、ＤＣバス８に接続されている。ＤＣバス８の２線間に接続されている中間コンデンサ９は、小容量（１００μＦ以下、例えば数十μＦ）であり、高周波（例えば２０ｋＨｚ）でスイッチングされた電圧に対しては平滑作用を発揮するが、商用周波数の２倍程度の周波数（１００Ｈｚ又は１２０Ｈｚ）で変化する電圧に対しては平滑作用を発揮しない。

[0023] ＤＣバス８に接続されたインバータ１０は、フルブリッジ回路を構成するスイッチング素子Ｑ３～Ｑ６を備えている。これらスイッチング素子Ｑ３～Ｑ６は、例えば、ＭＯＳＦＥＴである。ＭＯＳＦＥＴの場合は、スイッチング素子Ｑ３～Ｑ６がそれぞれ、ダイオード（ボディダイオード）ｄ３～ｄ６を有している。各スイッチング素子Ｑ３～Ｑ６は、制御部１４により制御される。

[0024] インバータ１０と交流電路３との間には、フィルタ回路１１が設けられている。フィルタ回路１１は、交流リアクトル１２と、交流リアクトル１２より負荷４側（図の右側）に設けられた交流側コンデンサ１３とを備えている。フィルタ回路１１は、インバータ１０で発生する高周波ノイズが交流電路３側へ漏れ出ないように、通過を阻止している。

[0025] 計測用の回路要素としては、ＤＣ／ＤＣコンバータ６の低圧側（図の左側）に、電圧センサ１５及び電流センサ１６が設けられている。電圧センサ１５は直流電源２と並列接続され、直流電源２の両端電圧を検出する。検出された電圧の情報は、制御部１４に提供される。電流センサ１６は、ＤＣ／ＤＣコンバータ６に流れる電流を検出する。検出された電流の情報は、制御部

１４に提供される。

また、ＤＣ／ＤＣコンバータ６の高圧側（図の右側）に、電圧センサ２１が設けられている。電圧センサ２１はＤＣバス８の電圧を検出する。検出された電圧の情報は、制御部１４に提供される。

[0026] 一方、交流側には、交流リアクトル１２に流れる電流を検出する電流センサ１７が設けられている。電流センサ１７によって検出された電流の情報は、制御部１４に提供される。また、交流側コンデンサ１３と並列に、電圧センサ１８が設けられている。さらに、電流センサ１９が、負荷４と電力変換装置１とを接続する電路に設けられている。電圧センサ１８によって検出された電圧の情報、及び、電流センサ１９によって検出された電流の情報は、それぞれ、制御部１４に提供される。

[0027] なお、上記電力変換装置１は、直流電源２が太陽光発電パネルである場合には直流から交流への変換のみを行う。直流電源２が蓄電池である場合は、電力変換装置１は、直流から交流への変換のほか、交流から直流への変換を行って蓄電池を充電することができる。すなわち、インバータ１０及びＤＣ／ＤＣコンバータ６は、それぞれ、双方向に電力を送る動作が可能である。

[0028] 〔最小スイッチング変換方式〕

次に、上記の電力変換装置１において実行される最小スイッチング方式の動作について、その概要を説明する。

図２及び図３は、最小スイッチング変換方式における、ＤＣ／ＤＣコンバータ６及びインバータ１０の動作の特徴を簡略に示す波形図である。両図は同じ内容を示しているが、図２は特に、直流入力から交流出力までの振幅の関係が見やすいように表示し、図３は特に、制御のタイミングが見やすいように表示している。図２の上段及び図３の左欄はそれぞれ、比較のために、最小スイッチング変換方式ではない伝統的なスイッチング制御を表す波形図である。また、図２の下段及び図３の右欄はそれぞれ、最小スイッチング変換方式の動作を示す波形図である。

[0029] まず、図２の上段（又は図３の左欄）において、伝統的なスイッチング制

御では、入力される直流電圧に対する、ＤＣ／ＤＣコンバータの一対のスイッチング素子及び直流リアクトルの相互接続点での出力は、直流電圧よりも高い値の等間隔のパルス列状である。この出力は中間コンデンサによって平滑化され、ＤＣバスの電圧として現れる。これに対してインバータは、ＰＷＭ（Ｐｕｌｓｅ　Ｗｉｄｔｈ　Ｍｏｄｕｌａｔｉｏｎ）制御されたスイッチングを半周期で極性反転しながら行う。この結果、最終的な平滑化を経て、正弦波の交流電圧が得られる。

[0030] 次に、図２の下段（又は図３の右欄）の最小スイッチング変換方式では、交流波形の電圧目標値V_{ac}^*の瞬時値の絶対値と、入力である直流電圧V_{dc}との比較結果に応じて、ＤＣ／ＤＣコンバータ６とインバータ１０とが動作する。ここで、V_{ac}^*は、フィルタ回路１１が電流・電圧に及ぼす影響を考慮した、インバータ１０の交流側出力端での電圧目標値とする。V_{dc}は、直流電源２の両端電圧に、直流リアクトル７による電圧降下を考慮した値とする。電圧目標値V_{ac}^*の絶対値において$|V_{ac}^*| < V_{dc}$（又は$|V_{ac}^*| \leqq V_{dc}$）のときは、ＤＣ／ＤＣコンバータ６は停止し（図中の「ＳＴ」）、$|V_{ac}^*| \geqq V_{dc}$（又は$|V_{ac}^*| > V_{dc}$）のときは、ＤＣ／ＤＣコンバータ６が昇圧動作を行う（図中の「ＯＰ」）。ＤＣ／ＤＣコンバータ６の出力は中間コンデンサ９により平滑化され、ＤＣバス８に、図示の電圧V_{bus}として現れる。

[0031] ここで、中間コンデンサ９が小容量であることにより、交流波形の絶対値のピーク前後となる一部の波形が平滑化されずにそのまま残る。すなわち、平滑は、ＤＣ／ＤＣコンバータ６による高周波のスイッチングの痕跡を消す程度には作用するが、商用周波数の２倍程度の低周波を平滑化することはできないように、中間コンデンサ９が小容量になっている。

[0032] これに対してインバータ１０は、電圧目標値V_{ac}^*の絶対値と、直流電圧V_{dc}との比較結果に応じて、$|V_{ac}^*| < V_{dc}$（又は$|V_{ac}^*| \leqq V_{dc}$）のときは、高周波スイッチングを行い（図中の「ＯＰ」）、$|V_{ac}^*| \geqq V_{dc}$（又は$|V_{ac}^*| > V_{dc}$）のときは、高周波スイッチングを停止する（図中の「ＳＴ」）。高周波スイッチングを停止しているときのインバータ１０は、スイッチン

グ素子Ｑ３，Ｑ６がオン、Ｑ４，Ｑ５がオフの状態（非反転）と、スイッチング素子Ｑ３，Ｑ６がオフ、Ｑ４，Ｑ５がオンの状態（反転）のいずれかを選択することにより、必要な極性反転のみを行う。インバータ１０の出力は交流リアクトル１２及び交流側コンデンサ１３により平滑化され、所望の交流出力が得られる。

[0033] ここで、図３の右欄に示すように、ＤＣ／ＤＣコンバータ６とインバータ１０とは、交互に高周波スイッチングの動作をしており、ＤＣ／ＤＣコンバータ６が昇圧の動作をしているときは、インバータ１０は高周波スイッチングを停止し、ＤＣバス８の電圧に対して必要な極性反転のみを行っている。逆に、インバータ１０が高周波スイッチング動作するときは、ＤＣ／ＤＣコンバータ６は停止して、直流側コンデンサ５の両端電圧が、直流リアクトル７及びダイオードｄ１を介してＤＣバス８に現れる。

[0034] 以上のようにして、ＤＣ／ＤＣコンバータ６とインバータ１０とによる最小スイッチング変換方式の動作が行われる。このような電力変換装置１は、スイッチング素子Ｑ１～Ｑ６の高周波スイッチングに休止期間が生じることによって、全体的な高周波スイッチング回数を減らすことができる。これにより、電力変換の効率を、大幅に改善することができる。

[0035] 〔交流電圧の制御について〕

図４は、制御部１４の機能を示すブロック図である。

制御部１４は、スイッチング素子Ｑ１～Ｑ６を制御することで電力変換部２０（ＤＣ／ＤＣコンバータ６、及びインバータ１０）を制御する。

制御部１４は、上記最小スイッチング方式により電力変換を行うように電力変換部２０を制御する。

[0036] 制御部１４は例えば、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）や記憶部等を含んだコンピュータによって構成することができる。この場合、コンピュータは、コンピュータプログラムを実行することにより、制御部１４が有する後述する各機能を実現する。コンピュータプログラムは、前記記憶部に記憶される。また、例えば、コンピュータを含まないハ

ードウェアのみの回路で制御部１４を構成することも可能である。

[0037] 制御部１４は、上記コンピュータプログラムを実行することで実現される機能部として、判定部２５と、調整部２６と、出力電圧制御部２７とを備えている。

[0038] 判定部２５は、電流センサ１７及び電流センサ１９の少なくとも一方から与えられる電流の情報に基づいて、交流電路３（図１）に始動電流が流れたか否かを判定する機能を有している。判定部２５は、電流の情報から交流電路３に流れる電流の測定値（測定電流値）を求める。判定部２５は、求めた測定電流値と、予め設定された始動電流閾値とを比較することで、交流電路３に始動電流が流れたか否かを判定する。

[0039] また判定部２５は、電圧センサ１８から与えられる電圧の情報に基づいて電力変換部２０（電力変換装置１）が出力する交流電圧についての測定値（測定電圧値）を求める。さらに判定部２５は、測定電圧値の実効値（測定実効値）を求める。

判定部２５は、この測定実効値を後述する始動電流抑制処理に用いる。

[0040] 調整部２６は、判定部２５の判定結果に基づいて、電力変換部２０による交流電圧の実効値を調整する機能を有している。

出力電圧制御部２７は、出力すべき交流電圧の指令値に基づいて、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を制御する機能を有している。

[0041] 図５は、出力電圧制御部２７が、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を制御する際の態様を示した制御ブロック図である。

出力電圧制御部２７は、電力変換部２０を制御するための機能部として、第１加算器２８と、補償器２９と、第２加算器３０とを備えている。

出力電圧制御部２７は、第１加算器２８に、交流電圧に関する電圧指令値と、電力変換部２０が出力する交流電圧についての測定実効値とを与える。

第１加算器２８は、前記電圧指令値と、フィードバック値である前記測定実効値とが与えられると、これらの差である誤差量を求める。なお、前記電圧指令値は、交流電圧の実効値に関する指令値である。

[0042] 第１加算器２８は、前記電圧指令値と前記測定実効値との誤差量を補償器２９に与える。

補償器２９は、前記誤差量に基づいて電力変換部２０に対する制御命令を出力する。補償器２９は、前記誤差量が与えられると、当該誤差量を収束させて電力変換装置１が出力する交流電圧の実効値を電圧指令値にし得る制御命令を出力する。

補償器２９は、制御命令を第２加算器３０に与える。

[0043] 第２加算器３０には、制御命令とともに、外乱補償値が与えられる。外乱補償値は、予め電力変換部２０の制御において外乱により制御命令に生じる誤差を補償するための値である。

第２加算器３０は、外乱補償値を加算した制御命令を出力する。

[0044] 出力電圧制御部２７は、第２加算器３０が出力する制御命令を電力変換部２０に与えることで、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を制御する。

[0045] 図４に戻って、調整部２６は、必要に応じて出力電圧制御部２７に電圧指令値を与えることで、電力変換部２０による交流電圧を調整する。

出力電圧制御部２７は、調整部２６から電圧指令値が与えられると、現状制御に用いている電圧指令値に代えて、与えられた電圧指令値を採用し、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を制御する。

[0046] なお、出力電圧制御部２７が電力変換部２０に与える制御命令は、ＤＣ／ＤＣコンバータ６及びインバータ１０それぞれに与えられる。

ＤＣ／ＤＣコンバータ６は、与えられた制御命令に基づいてＤＣバスの電圧を出力する。インバータ１０は、与えられた制御命令に基づいて交流電圧を出力する。

よって、調整部２６が電圧指令値を出力電圧制御部２７に与えると、出力電圧制御部２７による制御命令がＤＣ／ＤＣコンバータ６及びインバータ１０それぞれに与えられる。

よって、調整部２６は、ＤＣ／ＤＣコンバータ６によるＤＣバスの電圧と

、インバータ１０による交流電圧とを調整する。

[0047] 図６及び図７は、制御部１４の判定部２５及び調整部２６が行う、始動電流に対する抑制処理を示すフローチャートである。

図６は、始動電流の発生を検出し、始動電流の抑制処理を開始するための処理を示している。

[0048] まず、制御部１４は、ステップＳ１において始動電流の抑制処理が実行状態にあるか否かを示すフラグがＯＦＦであるか否かを判定する（ステップＳ１）。このフラグは、判定部２５及び調整部２６が始動電流抑制処理を実行しているか否かを示す情報として制御部１４に記憶されている。

フラグは、ＯＮに設定されている場合、始動電流抑制処理が実行状態であることを示している。また、フラグは、ＯＦＦに設定されている場合、始動電流抑制処理が実行状態ではないことを示している。

[0049] ステップＳ１においてフラグがＯＦＦでない（ＯＮである）と判定された場合、制御部１４はステップＳ１に戻る。よって、制御部１４は、始動電流抑制処理が実行状態にある場合、フラグがＯＮに設定され、始動電流抑制処理が終了するまで、ステップＳ１を繰り返す。

[0050] ステップＳ１においてフラグがＯＦＦであると判定された場合、制御部１４の判定部２５は、交流電路３に流れる電流についての測定電流値と、始動電流閾値とを比較し、測定電流値が始動電流閾値以上であるか否かを判定する（ステップＳ２）。

なお、始動電流閾値は、交流電路３に始動電流が流れているか否かを判定するための閾値であり、交流電路３に始動電流が流れていると判定可能な値に設定されている。よって、判定部２５は、交流電路３に始動電流が流れたか否かを判定することができる。

具体的に、始動電流閾値は、例えば、定格電流値の２倍以上に設定される。本実施形態では、電力変換装置１の定格が１０アンペアであるとすると、始動電流閾値は２３アンペアに設定される。

[0051] ステップＳ２において測定電流値が始動電流閾値以上でないと判定すると

、判定部２５は再度ステップＳ１に戻る。よって、判定部２５は、フラグがＯＦＦに設定されている場合、測定電流値が始動電流閾値以上であると判定するまで、測定電流値が始動電流閾値以上であるか否かの判定を繰り返す。

[0052] なお、フラグがＯＦＦに設定されている場合、電力変換装置１は、上述したように、始動電流抑制処理を実行していない通常の運転状態である。この場合、出力電圧制御部２７は、電圧指令値の初期値を用いて電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を制御する。本実施形態において、電圧指令値の初期値として、例えば、１０１ボルトに設定されている。

[0053] ステップＳ２において測定電流値が始動電流閾値以上であると判定すると、調整部２６は、前記初期値よりも低い値である第１設定値を電圧指令値として出力電圧制御部２７に与える（ステップＳ３）。これにより、出力電圧制御部２７は、制御に用いる電圧指令値を初期値から第１設定値に変更し、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値が第１設定値となるように制御する。これにより、電力変換装置１は、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を下げるように調整することができ、直前に発生した始動電流を抑制することができる。

なお、第１設定値としては、前記初期値よりも低く、始動電流が流れたときに、当該始動電流を効果的に抑制することができる値に設定される。本実施形態において、第１設定値として、例えば、８０ボルトに設定されている。

[0054] 調整部２６が第１設定値を電圧指令値として出力電圧制御部２７に与えた後、制御部１４はステップＳ４に進み、フラグをＯＮに設定し（ステップＳ４）、ステップＳ１に戻る。フラグがＯＮに設定された後は、フラグがＯＦＦに設定されるまで、ステップＳ１の判定を繰り返す。

[0055] このように、制御部１４は、ステップＳ２において交流電路３に流れる電流についての測定電流値が始動電流閾値以上であると判定すると、電圧指令値を変更することで交流電圧を低下させ、速やかに始動電流抑制処理を開始する。

[0056] なお、図６にて示したフローチャートは、始動電流の発生を検出し、始動電流の抑制処理を開始するための処理である。よって、始動電流の発生を速やかに検出するために比較的高い頻度で処理を実行する必要がある。例えば、図６に示す処理は、２０ｋＨｚ（０．０５ミリ秒周期）で実行される。

[0057] 図７は、始動電流抑制処理の実行、及び終了までの処理を示したフローチャートである。

制御部１４は、ステップＳ１０においてフラグがＯＮであるか否かを判定する（ステップＳ１０）。

フラグがＯＮでない（ＯＦＦある）場合、始動電流抑制処理が実行状態ではないので、制御部１４は、再度ステップＳ１０に戻り、ステップＳ１１以降の処理を実行しない。

フラグがＯＮである場合、始動電流抑制処理が実行状態であるので、制御部１４の判定部２５は、ステップＳ１１に進み、交流電路３に流れる電流についての測定電流値と、過電流保護閾値とを比較し、測定電流値が過電流保護閾値以上であるか否かを判定する（ステップＳ１１）。

[0058] なお、過電流保護閾値は、電力変換装置１の定格よりも大きな電流が流れたか否かを判定するための閾値であり、電力変換装置１の定格電流値よりもやや大きい値に設定されている。本実施形態では、電力変換装置１の定格が上述のように１０アンペアであるとすると、始動電流閾値は１２アンペアに設定される。

[0059] ステップＳ１１において測定電流値が過電流保護閾値以上であると判定すると、判定部２５は、測定電流値が過電流保護閾値以上であると判定される状態が一定期間継続しているか否かを判定する（ステップＳ１２）。

判定部２５は、ステップＳ１１において、測定電流値が過電流保護閾値以上であると連続して判定された連続判定回数に基づいて、測定電流値が過電流保護閾値以上であると判定される状態が一定期間継続しているか否かを判定する。

[0060] 判定部２５は、前記連続判定回数が所定回数未満である場合、一定期間継

続していないと判定し、ステップＳ１に戻る。

前記連続判定回数が所定回数以上である場合、判定部２５は、一定期間継続していると判定し、ステップＳ１３に進む。

なお、前記所定回数は、測定電流値が安定して得られる程度の期間を確保できる回数に設定される。

[0061] ステップＳ１２において測定電流値が過電流保護閾値以上であると判定される状態が一定期間継続していると判定し、ステップＳ１３に進むと、判定部２５は、電力変換部２０（電力変換装置１）が出力する交流電圧についての測定実効値が、予め設定された下限値以下であるか否かを判定する（ステップＳ１３）。

ステップＳ１３において測定実効値が下限値以下であると判定する場合、調整部２６は出力電圧制御部２７に電圧指令値を与えることなく、ステップＳ１に戻る（ステップＳ１５）。これにより、出力電圧制御部２７は、現状制御に用いている電圧指令値をそのまま制御に用いる。よって、電圧指令値は現状維持され、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値も現状維持される（ステップＳ１５）。

[0062] ステップＳ１３において測定実効値が下限値以下でない（測定実効値が下限値より大きい）と判定する場合、調整部２６は、出力電圧制御部２７に与えている現状の電圧指令値から電圧値を１ステップだけ下げた電圧指令値を出力電圧制御部２７に与え、ステップＳ１に戻る（ステップＳ１４）。これにより、出力電圧制御部２７は、それまで制御に用いていた電圧指令値よりも１ステップだけ電圧値の低い電圧指令値を制御に用いる。このように、電圧指令値は１ステップだけ電圧値が下げられ、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値も１ステップだけ電圧値が低くなるように調整される（ステップＳ１４）。

[0063] 以上より、制御部１４は、測定電流値が過電流保護閾値以上である場合、測定実効値が下限値以下となるまで電圧指令値を１ステップずつ下げていくように制御する（ステップＳ１１～Ｓ１５）。

なお、電圧指令値を下げていけば、交流電路３に接続された負荷４に対して、入力電圧不足等の影響を与えることがあり好ましくない。このため、測定実効値に対して下限値を設け、測定実効値が下限値以下とならないように制御している。

よって、下限値は、負荷４に影響を与えない電圧値に設定されている。本実施形態では、７５ボルトに設定されている。

[0064] また、電圧指令値の電圧値を調整するための調整幅である１ステップは、例えば、２ボルトに設定されている。よって、調整部２６は、ステップＳ１４において電圧指令値を２ボルトずつ下げる。

[0065] 調整部２６は、交流電路３において始動電流が流れたと判定された直後に電圧指令値として第１設定値を出力電圧制御部２７に与え、出力電圧制御部２７の電圧指令値を初期値から第１設定値に変更させる。

調整部２６は、第１設定値からさらに電圧指令値を下げる場合には、上述のように、１ステップずつ下げるように制御する。

[0066] また、調整部２６は、ステップＳ１４において、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を調整する場合、当該交流電圧の交流波形におけるゼロクロス近傍で交流電圧の実効値が調整されるように、電力変換部２０を制御する。

これにより、交流電圧を調整することにより生じる電圧変動を抑制することができる。

なお、ゼロクロス近傍とは、交流電圧の交流波形において、ゼロクロスのタイミングを含む当該ゼロクロスのタイミング前後の期間であって、０ボルトとみなすことができる交流電圧を示す期間をいう。

[0067] ステップＳ１１において、交流電路３に流れる電流についての測定電流値が過電流保護閾値以上でない（過電流保護閾値よりも小さい）と判定すると、判定部２５は、測定電流値が過電流保護閾値以上でないと判定される状態が一定期間継続しているか否かを判定する（ステップＳ１６）。

判定部２５は、ステップＳ１１において、測定電流値が過電流保護閾値以

上でないと連続して判定された連続判定回数に基づいて、測定電流値が過電流保護閾値以上でないと判定される状態が一定期間継続しているか否かを判定する。

[0068] 判定部２５は、前記連続判定回数が所定回数未満である場合、一定期間継続していないと判定し、ステップＳ１に戻る。

前記連続判定回数が所定回数以上である場合、判定部２５は、一定期間継続していると判定し、ステップＳ１７に進む。

なお、前記所定回数は、ステップＳ１２と同様であり、測定電流値が安定して得られる程度の期間を確保できる回数に設定される。

[0069] ステップＳ１６において測定電流値が過電流保護閾値以上でないと判定される状態が一定期間継続していると判定され、ステップＳ１７に進むと、調整部２６は、出力電圧制御部２７に与えている現状の電圧指令値から電圧値を１ステップだけ上げた電圧指令値を出力電圧制御部２７に与える（ステップＳ１７）。これにより、出力電圧制御部２７は、それまで制御に用いていた電圧指令値よりも１ステップだけ電圧値の高い電圧指令値を制御に用いる。このように、電圧指令値は１ステップだけ電圧値が上げられ、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値も１ステップだけ電圧値が高くなるように調整される（ステップＳ１７）。

[0070] なお、調整部２６は、ステップＳ１７において、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を調整する場合においても、ステップＳ１４と同様、当該交流電圧の交流波形におけるゼロクロス近傍で交流電圧の実効値が調整されるように、電力変換部２０を制御する。

[0071] ステップＳ１７において電圧値を１ステップだけ上げた電圧指令値を出力電圧制御部２７に与えると、判定部２５は、ステップＳ１８に進み、出力電圧制御部２７に与えた電圧指令値が初期値以上であるか否かを判定する（ステップＳ１８）。

[0072] ステップＳ１８において出力電圧制御部２７に与えた電圧指令値が初期値以上でない（初期値より小さい）と判定する場合、判定部２５は、ステップ

Ｓ１に戻る。

ステップＳ１８において出力電圧制御部２７に与えた電圧指令値が初期値以上であると判定する場合、制御部１４は、ステップＳ１９に進み、フラグをＯＦＦに設定してステップＳ１に戻る。

[0073] 以上より、制御部１４は、測定電流値が過電流保護閾値以上でない場合、電圧指令値が初期値以上となるまで電圧指令値を１ステップずつ上げていくように制御する（ステップＳ１１，Ｓ１６～Ｓ１９）。

[0074] このように、制御部１４は、交流電路３に始動電流が流れたと判定すると、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を下げるように調整する。さらに、制御部１４は、ステップＳ１１において、測定電流値と過電流保護閾値とを比較し、ステップＳ１１～Ｓ１９によって、測定電流値が過電流保護閾値を超えないように、交流電圧の実効値をできるだけ高く維持するように制御する。

[0075] 測定電流値が過電流保護閾値以上でなく（ステップＳ１１）、かつ、電圧指令値が初期値以上（ステップＳ１８）である場合、すでに、交流電路３には始動電流が流れていないと判断することができる。よって、制御部１４は、ステップＳ１８において出力電圧制御部２７に与えた電圧指令値が初期値以上であると判定する場合、ステップＳ１９に進み、フラグをＯＦＦに設定して、始動電流抑制処理を終了させる（ステップＳ１９）。

また、調整部２６は、始動電流抑制処理が終了すると、出力電圧制御部２７に電圧指令値の初期値を用いて電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を制御させる。

[0076] 以上のように、調整部２６は、交流電路３に始動電流が流れたと判定すると、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を下げるように調整し、さらに、ステップＳ１１において、測定電流値と過電流保護閾値とを比較し、その比較結果に基づいて電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を下げるように調整するのか、又は上げるように調整するのかを決定する。

これにより、電力変換装置１は、自装置に流れる過電流を考慮しつつ始動

電流を抑制することができる。

[0077] なお、図７にて示したフローチャートは、始動電流抑制処理の実行、及び終了までの処理を示した処理である。つまり、図６の処理によって、始動電流の発生が検出された後の処理を示している。よって、図６に示したフローチャートほどの頻度で処理を実行する必要性はない。このため、図７に示す処理は、５０Ｈｚ（０．０２秒周期）で実行される。

[0078] 上記構成の電力変換装置１によれば、交流電路３に始動電流が流れたと判定すると、調整部２６が電圧指令値として第１設定値を出力電圧制御部２７に与え、出力電圧制御部２７の電圧指令値を初期値から第１設定値に変更させる。これにより、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を下げるように調整し、始動電流を抑制することができる。

[0079] また、上記実施形態では、調整部２６は、ＤＣ／ＤＣコンバータ６によるＤＣバスの電圧と、インバータ１０による交流電圧とを調整するので、直流電圧を必要以上に昇圧させずに、始動電流を抑制するように交流電圧を調整することができる。

[0080] また、上記実施形態の電力変換装置１では、最小スイッチング変換方式を採用したので、直流電圧を必要以上に昇圧させずに、始動電流を抑制するように交流電圧を調整することができる。

[0081] なお、上記実施形態では、判定部２５の判定結果に基づいて、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を下げるように調整した場合を例示したが、例えば、判定部２５が交流電路３に始動電流が流れている旨の判定をしたことによって電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を下げた後、交流電路３に始動電流が流れていない旨の判定結果が一定期間以上続いた場合、調整部２６は、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を上げるように調整してもよい。この場合、前記一定期間は、一度発生した始動電流が無くなるのに十分な時間に設定される。

[0082] 〔検証試験について〕

次に、上記電力変換装置１による、始動電流の抑制効果について検証した

結果について説明する。

実施例品としては、上述の電力変換装置１を用い、始動電流が流れたときの測定電圧値と、測定電流値とをモニタすることで評価を行った。

[0083] 図８は、検証において電力変換装置１に流れる始動電流の測定結果を示すグラフである。図８において、横軸は時間、縦軸は電流を示している。

検証において、電力変換装置１に流れる始動電流は、負荷として電力変換装置１に接続した電動機（定格約３６５Ｗ）を起動させることで生じさせた。

始動電流は、図８中、期間ΔＴの間で流れている。期間ΔＴは、約３．２秒である。期間ΔＴの経過後においては、電動機は定格運転の状態であり、約４アンペアの電流が流れている。

始動電流が流れている期間ΔＴでは、ピーク電流で２５アンペアの電流が流れている。

[0084] 図９は、図８に示す始動電流が流れたときに電力変換部２０が出力する交流電圧と、交流電路３に流れる電流とを示したグラフの一例である。

図９中、上段に電力変換部２０が出力する交流電圧を示しており、下段に交流電路３に流れる電流を示している。横軸は時間を示しており、交流電圧を示すグラフと、電流を示すグラフとは、時間方向に対応して示している。

[0085] 交流電圧を示すグラフは、電力変換部２０が出力する交流電圧についての測定電圧値を示している。測定電圧値は、上述したように、電圧センサ１８から与えられる電圧の情報に基づいて得られる。

電流を示すグラフは、交流電路３に流れる電流の測定電流値を示している。測定電流値は、上述したように、電流センサ１７及び電流センサ１９の少なくとも一方から与えられる電流の情報に基づいて得られる。

[0086] 図９の電流を示すグラフに現れているように、期間ΔＴにおいて始動電流が流れていることが判る。つまり、期間ΔＴの開始タイミングＴｓにおいて始動電流が流れるのが開始され、期間ΔＴの終了タイミングＴｆにおいて始動電流が流れるのが終了している。

[0087] 電力変換装置１は、測定電流値が始動電流閾値以上であると判定すると（図６中、ステップＳ２）、電圧指令値を初期値の１０１ボルトから第１設定値である８０ボルトに下げ（ステップＳ３）、始動電流抑制処理を開始する。

電力変換装置１は、その後、測定電流値に応じて電圧指令値を調整することで、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を調整する。これにより、始動電流の電流値が徐々に低下していくのに従って交流電圧の実効値も徐々に高くなるように調整される。

[0088] このため、図９の交流電圧を示すグラフに示されるように、開始タイミングＴｓにおいては、急激に交流電圧が低下しているのが判る。その後、交流電圧は、一定の電圧を維持し、終了タイミングＴｆよりも前の期間では、電流（測定電流値）の減少に応じて徐々に交流電圧が高くなっていることも判る。

終了タイミングＴｆでは、交流電圧は、開始タイミングＴｓの前の期間とほぼ同じ値となっている。

[0089] 図１０は、図９中の開始タイミングＴｓ近傍を拡大したグラフである。図１０中、上段には、図９にて示した交流電圧を示すグラフ及び電流を示すグラフの全体を示しており、下段には、上段の全体を示すグラフの内、四角部分Ｃ１付近（開始タイミングＴｓ近傍）を拡大したグラフを示している。

また、図１０中、交流電圧を示すグラフにおいて示している電圧値は、出力電圧制御部２７が制御に用いる電圧指令値を示している。

[0090] 図１０の電流を示すグラフにおいて、開始タイミングＴｓより始動電流が流れるのが開始されていることが判る。なお、このときの電圧指令値は、図１０に示すように１００ボルトである。

その後、交流電圧を示すグラフ中、タイミングＴ１において、電圧指令値は１００ボルトから８０ボルトに下げられている。

これは、開始タイミングＴｓの後、電力変換装置１は、測定電流値が始動電流閾値以上であると判定し（図６中、ステップＳ２）、タイミングＴ１に

おいて電圧指令値を１００ボルトから第１設定値である８０ボルトに下げ（図６中、ステップＳ３）、始動電流抑制処理を開始したためである。

[0091] タイミングＴ１の後、交流電圧を示すグラフが負から正となるときのゼロクロスのタイミングであるタイミングＴ２の近傍において、電圧指令値は８０ボルトから７８ボルトに下げられている。

同様に、ゼロクロスのタイミングであるタイミングＴ３の近傍においては、電圧指令値は７８ボルトから７６ボルトに下げられ、ゼロクロスのタイミングであるタイミングＴ４の近傍においては、電圧指令値は７６ボルトから７４ボルトに下げられている。

これは、電力変換装置１は、測定電流値が過電流保護閾値以上である場合（図７中、ステップＳ１１）、測定電流値が過電流保護閾値よりも小さくなるまで電圧指令値を１ステップ（２ボルト）ずつ下げるように調整するからである（図７中、ステップＳ１４）。

[0092] 電力変換装置１は、上記のように電圧指令値を下げることで、電力変換部２０から出力される交流電圧の実効値を下げるように調整し、始動電流を抑制している。

また、電力変換装置１は、ゼロクロスのタイミングの近傍で交流電圧の実効値が調整されるように構成されている。このため、図１０に示すように、交流電圧を示すグラフにおいて電圧指令値を２ボルトずつ下げたタイミングにおいては、波形に乱れ等が現れておらず、電圧変動が生じていないことが確認できる。

[0093] 図１１は、図９中の期間ΔＴの中央部分を拡大したグラフである。図１１中、上段には、図９にて示した交流電圧を示すグラフ及び電流を示すグラフの全体を示しており、下段には、上段の全体を示すグラフの内、四角部分Ｃ２付近（期間ΔＴの中央部分）を拡大したグラフを示している。

[0094] 図１１中、交流電圧を示すグラフは、実効値で７５ボルトとなっている。また、電流を示すグラフは、ピーク値が１２アンペアとなっている。

電力変換装置１は、測定電流値が過電流保護閾値（１２アンペア）以上で

ある場合（図７中、ステップＳ１１）、電圧指令値を下げるように調整し（図７中、ステップＳ１４）、測定電流値が過電流保護閾値（１２アンペア）より小さい場合（図７中、ステップＳ１１）、電圧指令値を上げるように調整する（図７中、ステップＳ１７）。

このため、電力変換装置１は、始動電流が流れている間は、図１１に示すように、測定電流値が過電流保護閾値（１２アンペア）で一定になるように、電力変換部２０から出力される交流電圧の実効値を調整する。

[0095] また、電力変換装置１は、測定実効値が下限値（７５ボルト）以下となる場合（図７中、ステップＳ１３）、電圧指令値を変更せず、そのときの電圧指令値を維持する（図７中、ステップＳ１５）。

[0096] 図１１では、交流電路３に流れる電流値は、始動電流の電流値２４アンペアに対して、１２アンペアにまで抑制されていることが確認できる。

なお、この検証試験では、交流電圧の実効値が下限値である７５ボルトのときに、測定電流値が過電流保護閾値（１２アンペア）となっている。

[0097] このように、電力変換装置１は、交流電路３に始動電流が流れたとしても、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を下げるように調整し、始動電流を抑制することができる。

さらに、電力変換装置１は、その後、測定電流値が１２アンペアで一定になるように、電力変換部２０から出力される交流電圧の実効値を調整する。これにより、始動電流を継続的に抑制することができる。

[0098] 図１２は、図９中の終了タイミングＴｆ近傍を拡大したグラフである。図１２中、上段には、図９にて示した交流電圧を示すグラフ及び電流を示すグラフの全体を示しており、下段には、上段の全体を示すグラフの内、四角部分Ｃ２付近（終了タイミングＴｆ近傍）を拡大したグラフを示している。

また、図１２中、交流電圧を示すグラフにおいて示している電圧値は、出力電圧制御部２７が制御に用いる電圧指令値を示している。

[0099] 図１２中、交流電圧を示すグラフが負から正となるときのゼロクロスのタイミングの近傍であるタイミングＴ１０において、電圧指令値は８６ボルト

から８８ボルトに上げられている。

ゼロクロスのタイミングであるタイミングＴ１１においては、電圧指令値は８８ボルトを維持し、ゼロクロスのタイミングであるタイミングＴ１２の近傍においては、電圧指令値は８８ボルトから９０ボルトに上げられている。

[0100] これは、電力変換装置１は、測定電流値が過電流保護閾値より小さい場合（図７中、ステップＳ１１）、電圧指令値を１ステップ（２ボルト）ずつ上げるように調整するためである（図７中、ステップＳ１７）。

これにより、測定電流値（始動電流の電流値）が徐々に低下していくと、電力変換装置１は、図１２に示すように測定電流値の低下に従って交流電圧の実効値も徐々に高くなるように調整する。

[0101] また、電力変換装置１は、ゼロクロスのタイミングの近傍で交流電圧の実効値を調整するので、図１２の交流電圧を示すグラフにおいて電圧指令値を２ボルトずつ上げたタイミングにおいて波形に乱れ等が現れておらず、電圧変動が生じていないことが確認できる。

[0102] 以上、検証試験の結果から、電力変換装置１は、交流電路３に始動電流が流れたとしても、電力変換部２０が出力する交流電圧の実効値を下げるように調整し、始動電流を抑制できることを確認できた。

さらに、電力変換装置１は、その後、測定電流値が過電流保護閾値（１２アンペア）で一定になるように、電力変換部２０から出力される交流電圧の実効値を調整する。これにより、電力変換装置１は、始動電流を継続的に抑制できることも確認できた。

[0103] なお、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、上記した意味ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味、及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

[0104] １　電力変換装置

２　直流電源

３　交流電路

４　負荷

５　直流側コンデンサ

６　ＤＣ／ＤＣコンバータ

７　直流リアクトル

８　ＤＣバス

９　中間コンデンサ

１０　インバータ

１１　フィルタ回路

１２　交流リアクトル

１３　交流側コンデンサ

１４　制御部

１５　電圧センサ

１６　電流センサ

１７　電流センサ

１８　電圧センサ

１９　電流センサ

２０　電力変換部

２４　電流値

２５　判定部

２６　調整部

２７　出力電圧制御部

２８　第１加算器

２９　補償器

３０　第２加算器

ｄ１　ダイオード

Ｑ１～Ｑ６　スイッチング素子

請求の範囲

[請求項1] 直流電源と交流電路との間に設けられ、直流／交流の電力変換を行う電力変換部と、

前記電力変換部を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、

前記交流電路に始動電流が流れたか否かを判定する判定部と、

前記判定部の判定結果に基づいて、前記電力変換部による交流電圧を調整する調整部と、

を備えている電力変換装置。

[請求項2] 前記電力変換部は、

前記直流電源とＤＣバスとの間に設けられ前記直流電源の直流電圧を所定の中間電圧に昇圧するＤＣ／ＤＣコンバータと、

前記ＤＣバスと前記交流電路との間に接続され前記中間電圧を交流電圧波形に変換するインバータと、を備え、

前記調整部は、前記判定部の判定結果に基づいて、前記ＤＣ／ＤＣコンバータによる前記ＤＣバスの電圧と、前記交流電圧とを調整する請求項１に記載の電力変換装置。

[請求項3] 前記制御部は、前記直流電圧から前記交流電圧を生成するにあたって、交流１サイクル内で、前記ＤＣ／ＤＣコンバータにより前記直流電圧を昇圧し、前記インバータは極性の非反転通過及び反転通過のいずれか一方を行う時期、及び、前記ＤＣ／ＤＣコンバータを停止して、前記インバータにより降圧並びに、極性の非反転通過及び反転通過のいずれか一方を行う時期が、交互に出現するよう前記電力変換部を制御する

請求項２に記載の電力変換装置。

[請求項4] 前記調整部は、ゼロクロス近傍で前記交流電圧が調整されるように前記電力変換部を制御する請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の電力変換装置。

[請求項5] 前記判定部は、前記電力変換部と前記交流電路との間を流れる電流に基づいて前記始動電流が流れたか否かを判定し、

前記調整部は、前記判定部の判定結果とともに、前記電流と、予め設定された過電流保護閾値との比較結果に基づいて前記電力変換部による交流電圧を調整する請求項１から請求項４のいずれか一項に記載の電力変換装置。

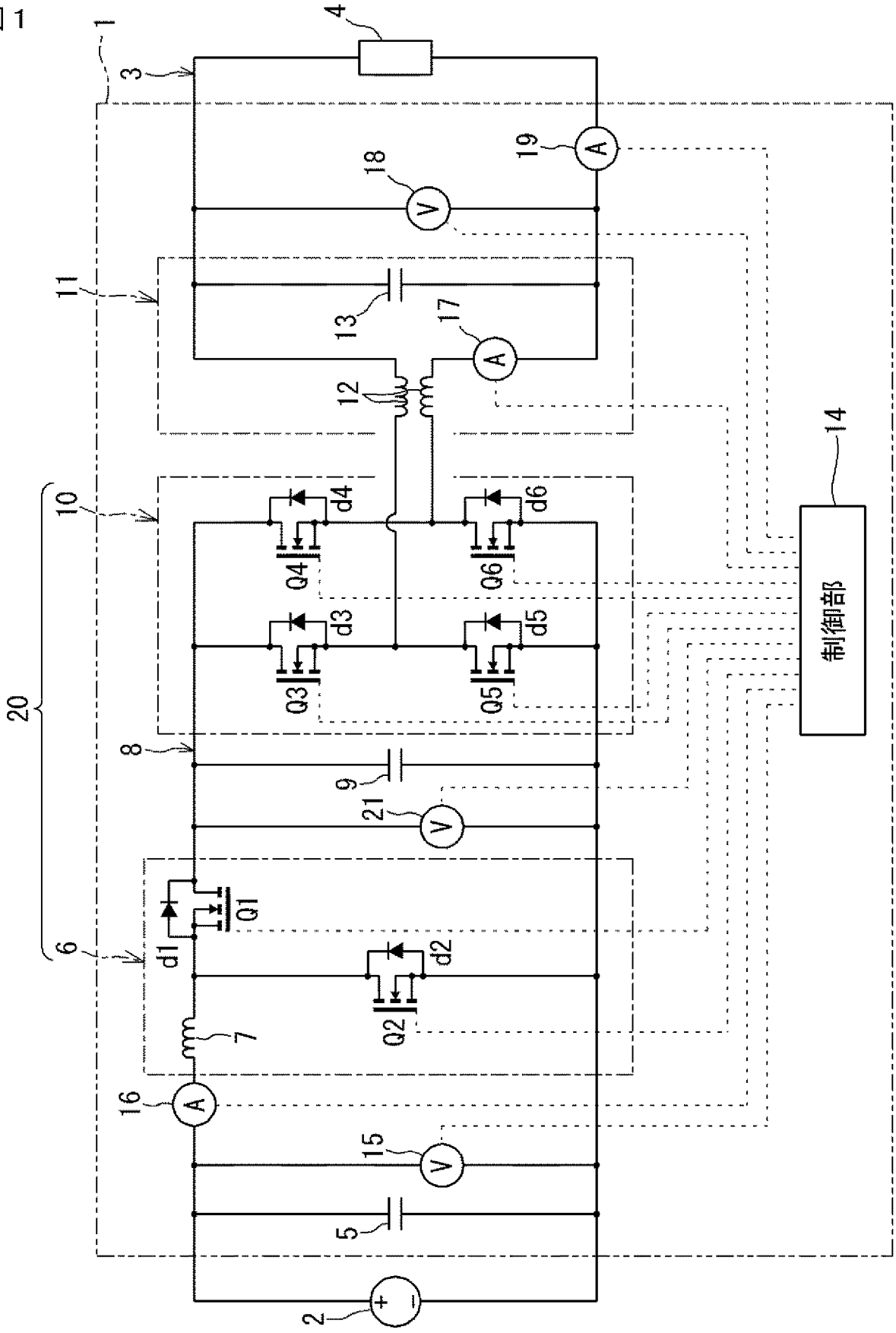
[請求項6] 直流電源と交流電路との間に設けられ、直流／交流の電力変換を行う電力変換部を備えた電力変換装置の制御方法であって、

前記交流電路に始動電流が流れたか否かを判定する判定ステップと、

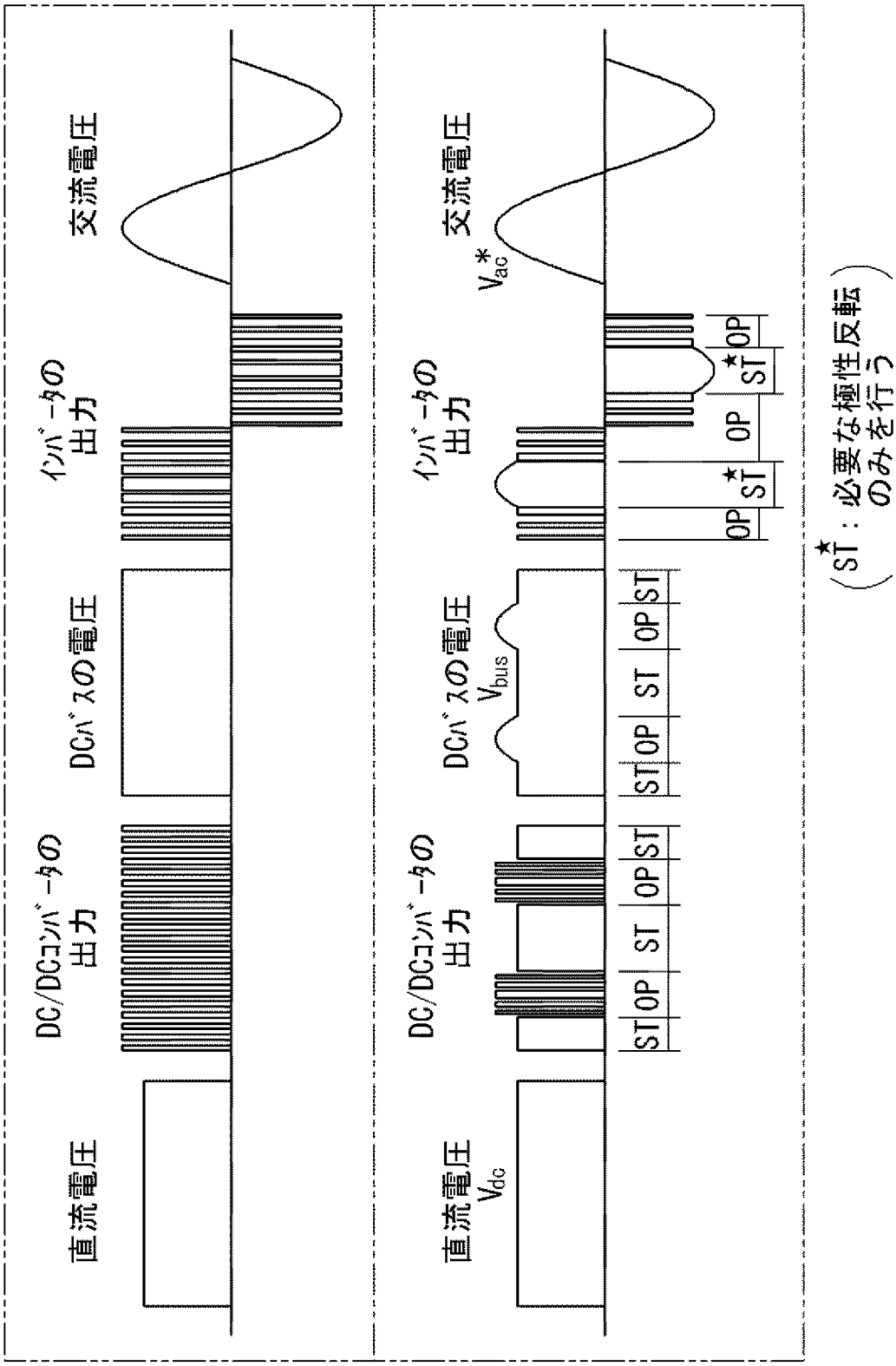
前記判定ステップの判定結果に基づいて、前記電力変換部による交流電圧を調整する調整ステップと、

を含む電力変換装置の制御方法。

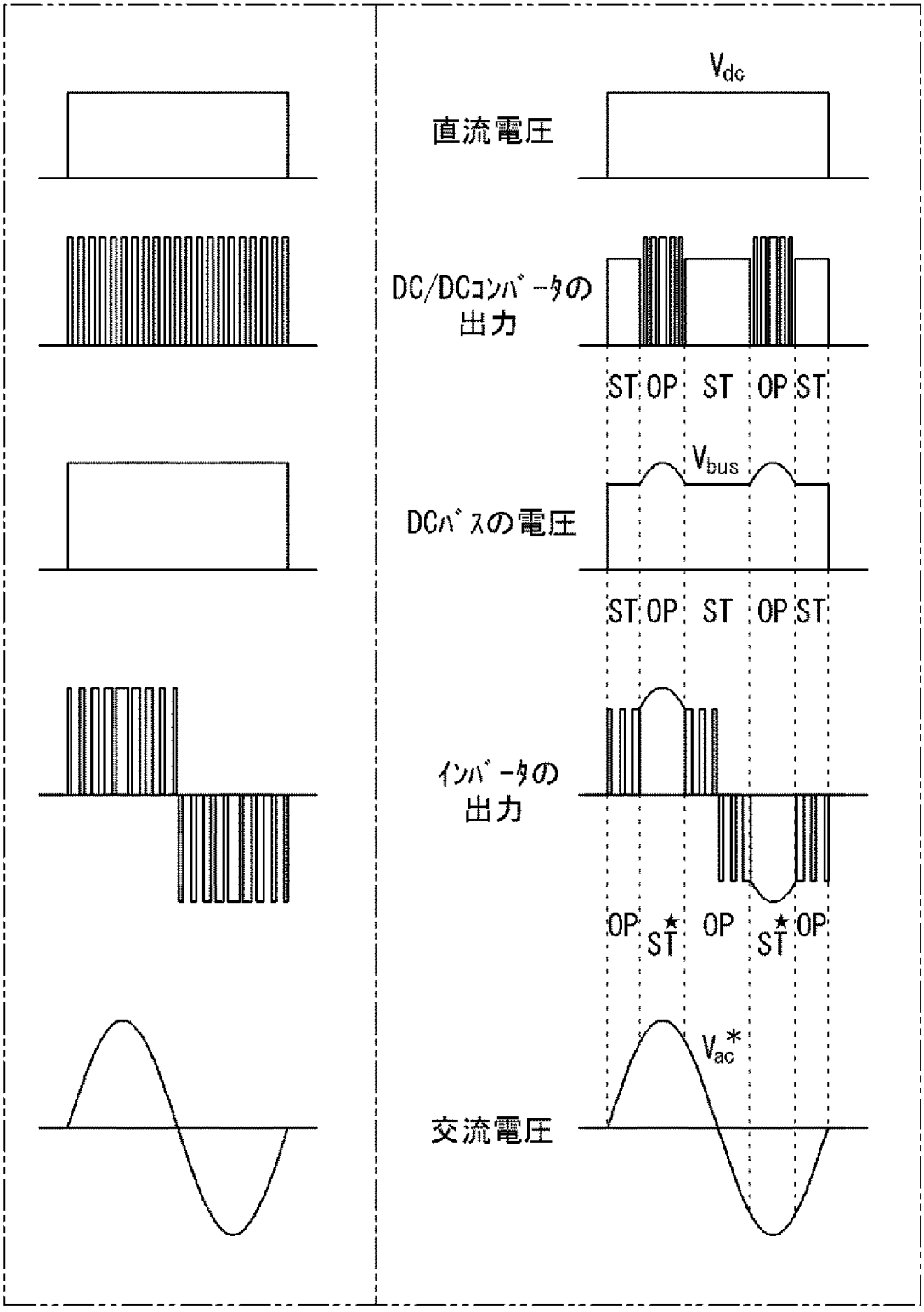
[図1]
図 1


1
3
4
19
A
18
V
11
13
17
A
12
14
10
d4
d6
Q4
Q6
d3
d5
Q3
Q5
制御部
20
8
9
21
V
Q1
d1
d2
6
Q2
7
16
A
15
V
5
2
+
−

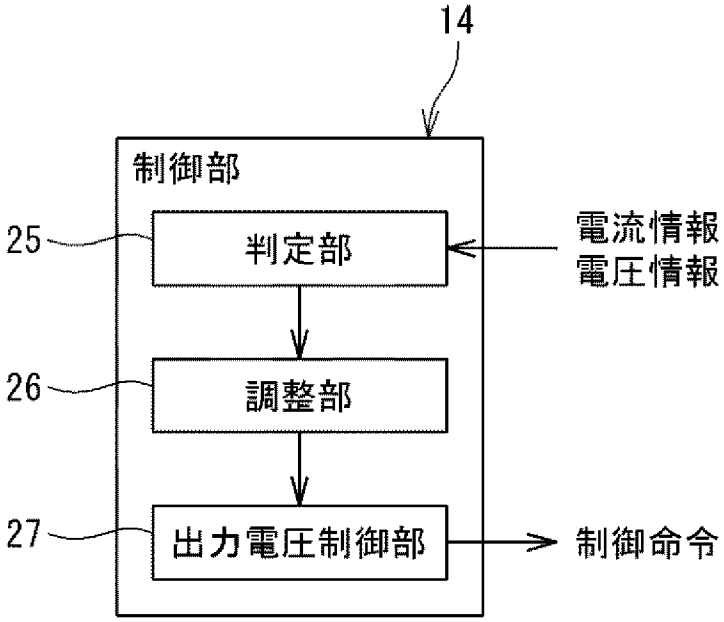
[図2]
図２


直流電圧
DC/DCコンバータの出力
DCバスの電圧
インバータの出力
交流電圧
V_{dc}
V_{bus}
V_{ac}^{*}
ST
OP
★ST：必要な極性反転のみを行う

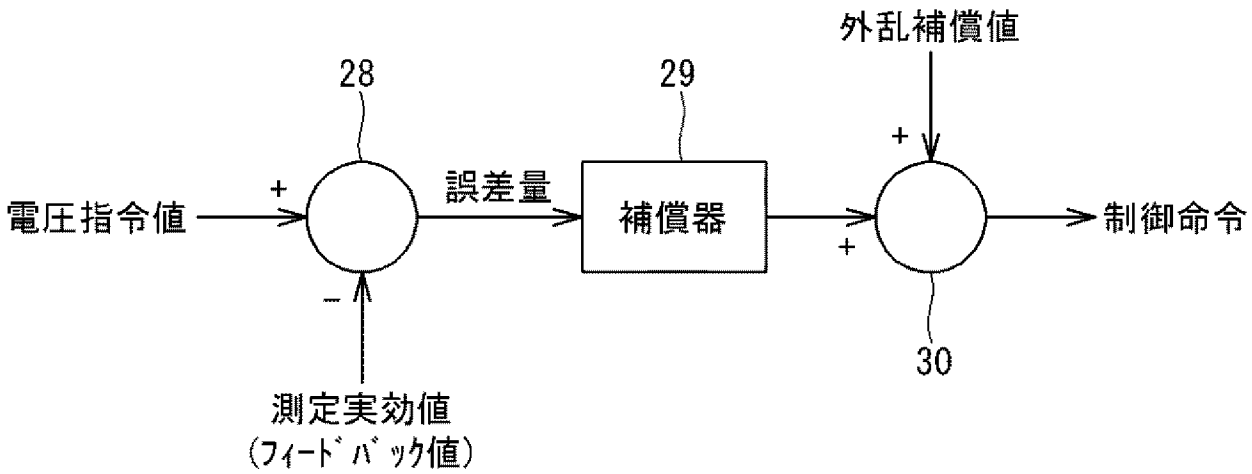
[図3]
図３


V_{dc}
直流電圧
DC/DCコンバータの出力
ST OP ST OP ST
V_{bus}
DCバスの電圧
ST OP ST OP ST
インバータの出力
OP ★ST OP ★ST OP
V_{ac}*
交流電圧
(★ST：必要な極性反転のみを行う)

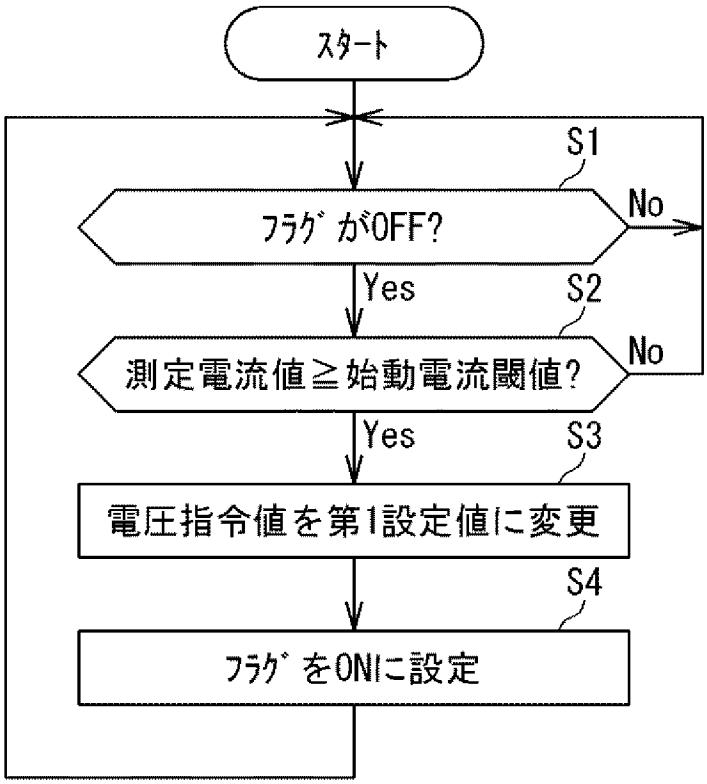
[図4]
図４



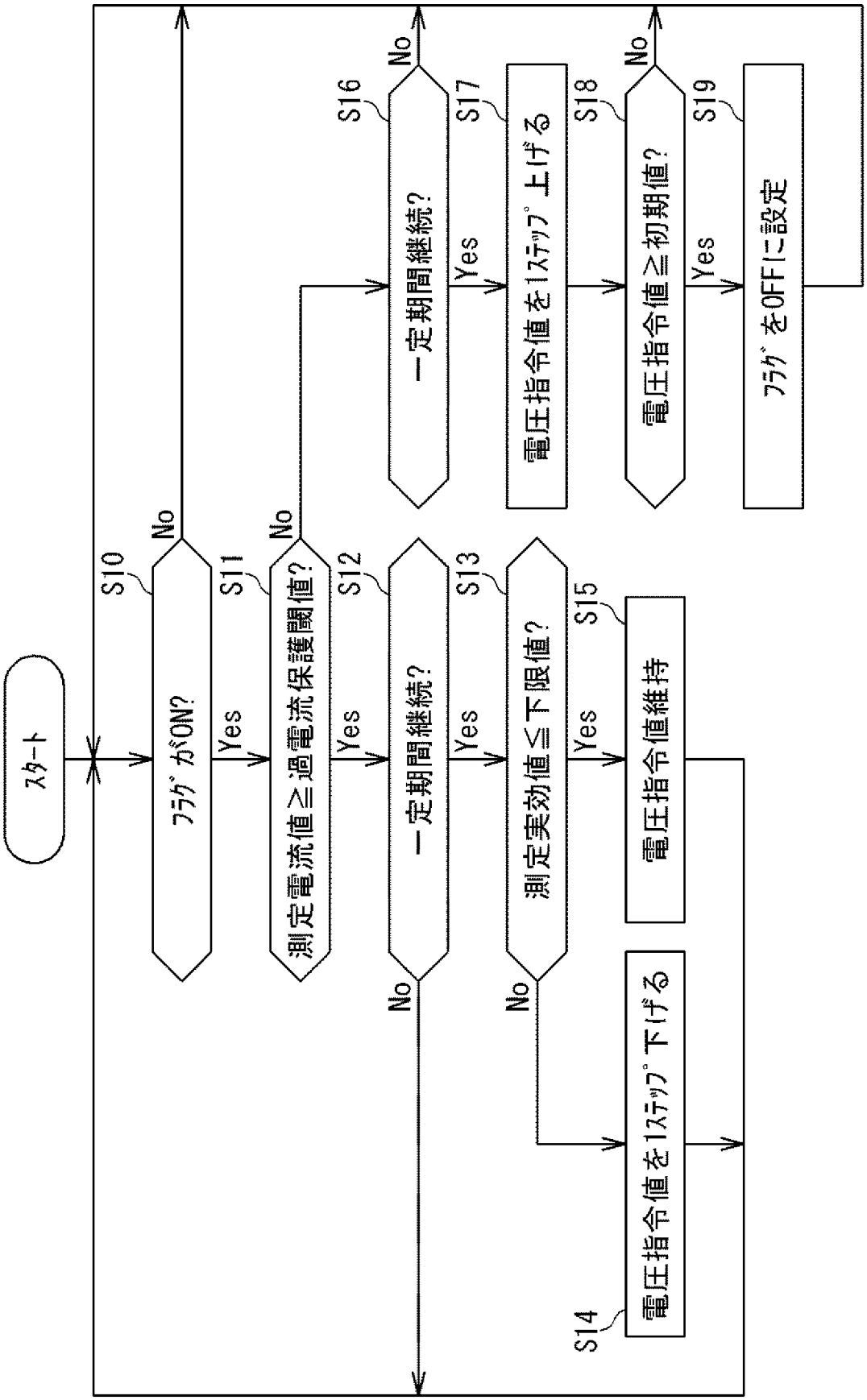
[図5]
図５



[図6]
図６

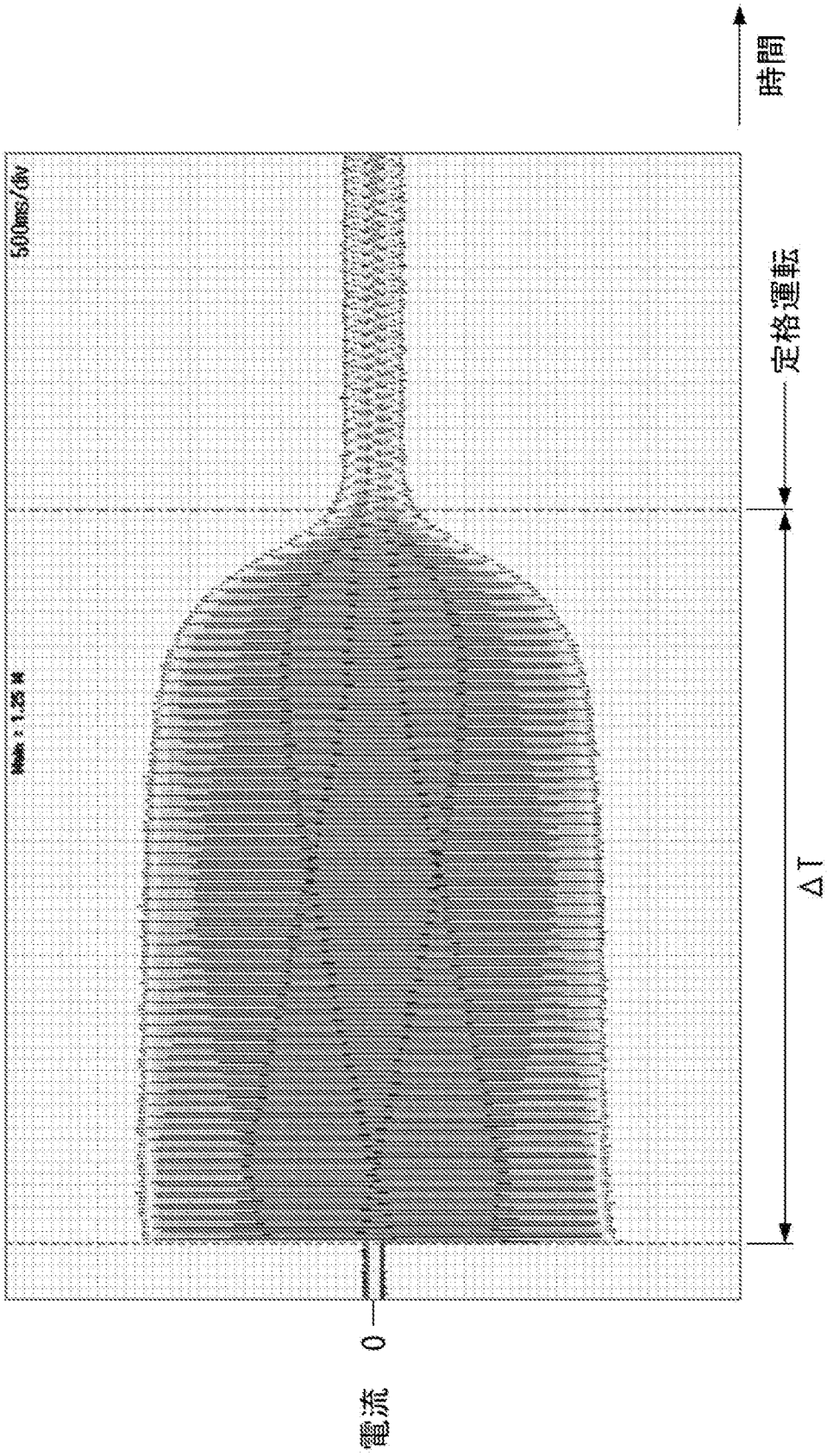

スタート
S1
フラグ がOFF?
No
Yes
S2
測定電流値≧始動電流閾値?
No
Yes
S3
電圧指令値を第1設定値に変更
S4
フラグ をONに設定

[図7]
図７


スタート
S10
フラグがON?
No
Yes
S11
測定電流値≧過電流保護閾値?
No
Yes
S12
一定期間継続?
No
Yes
S13
測定実効値≦下限値?
No
Yes
S14
電圧指令値を1ステップ下げる
S15
電圧指令値維持
S16
一定期間継続?
No
Yes
S17
電圧指令値を1ステップ上げる
S18
電圧指令値≧初期値?
No
Yes
S19
フラグをOFFに設定

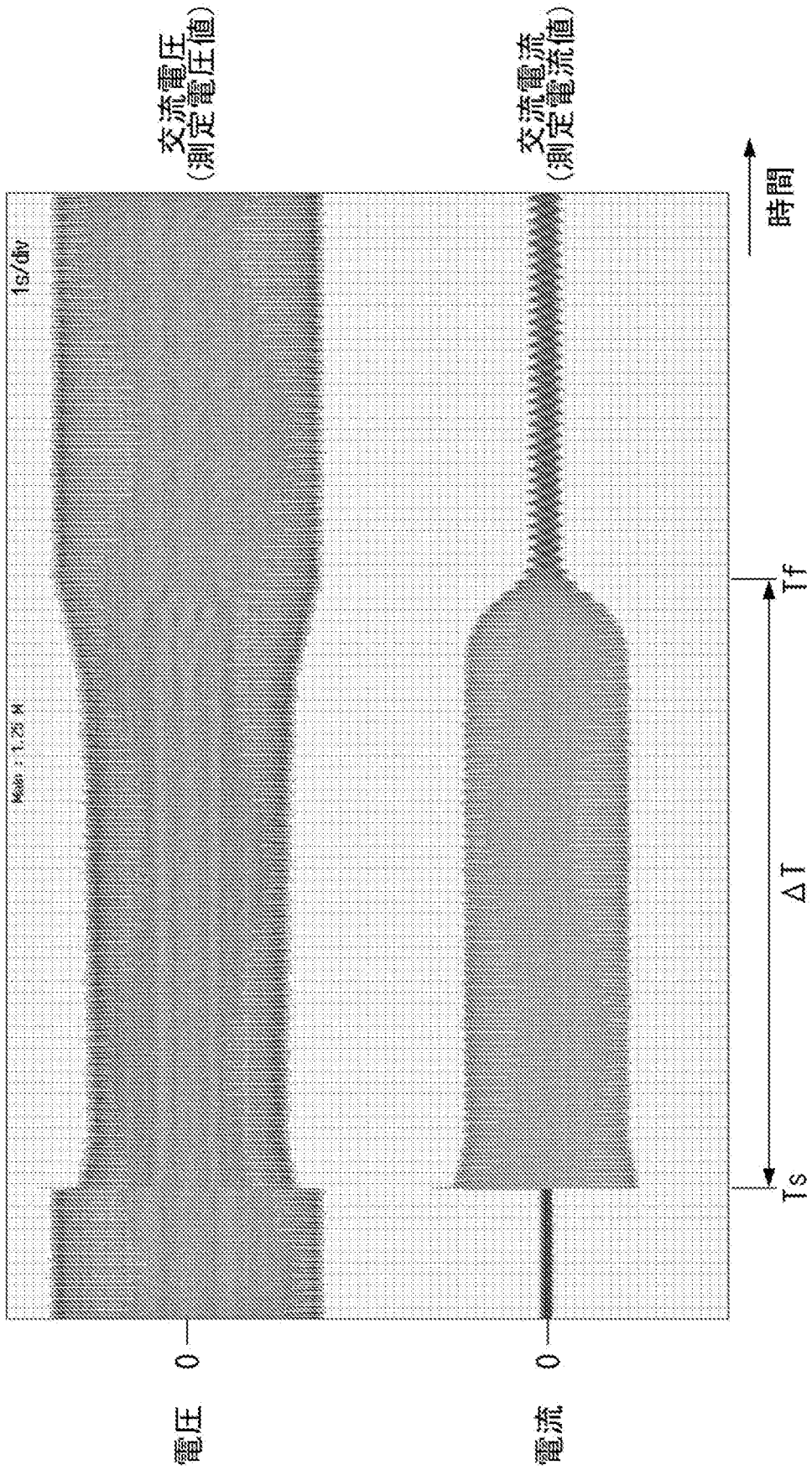
[図8]

図８



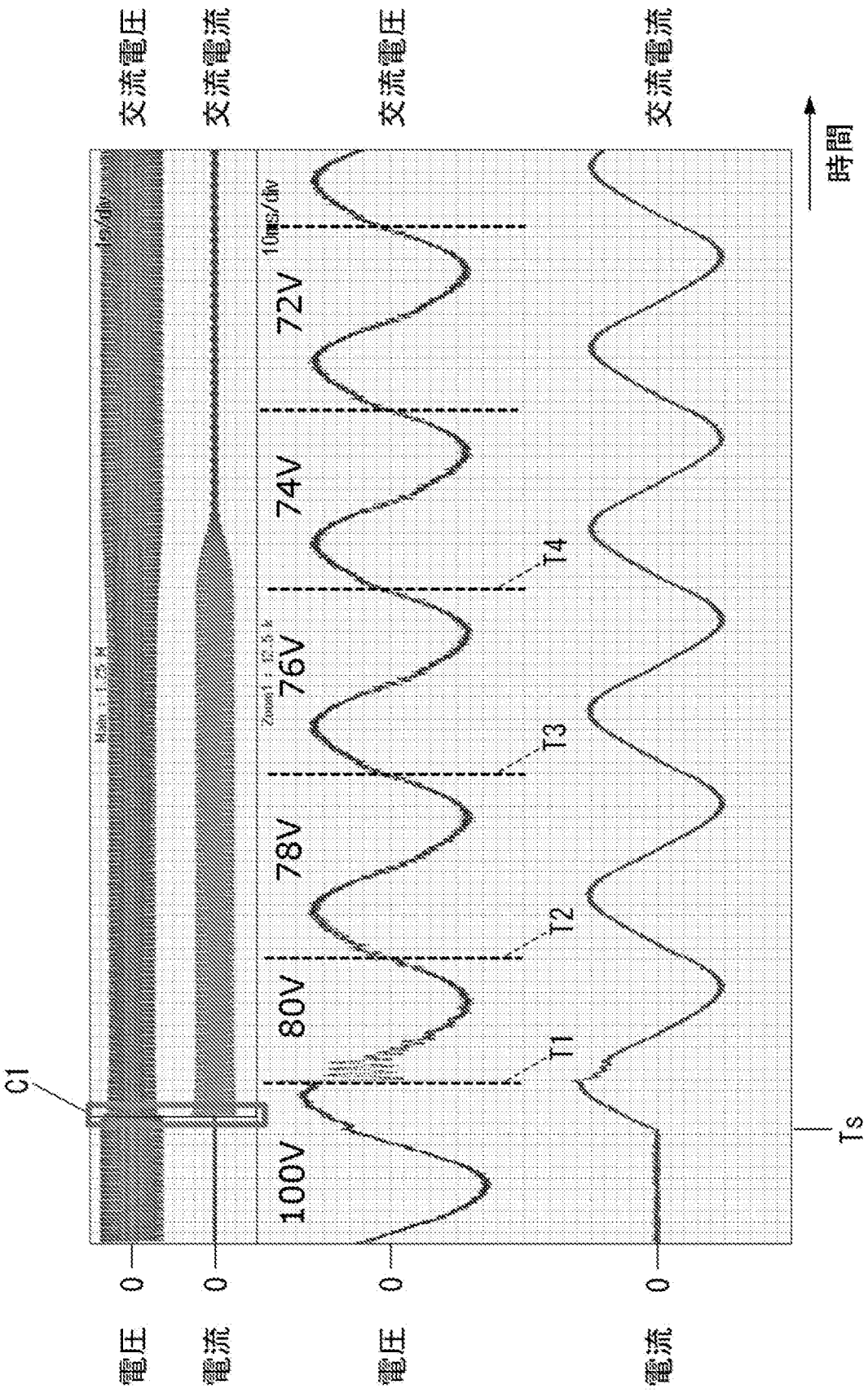
[図9]

図９



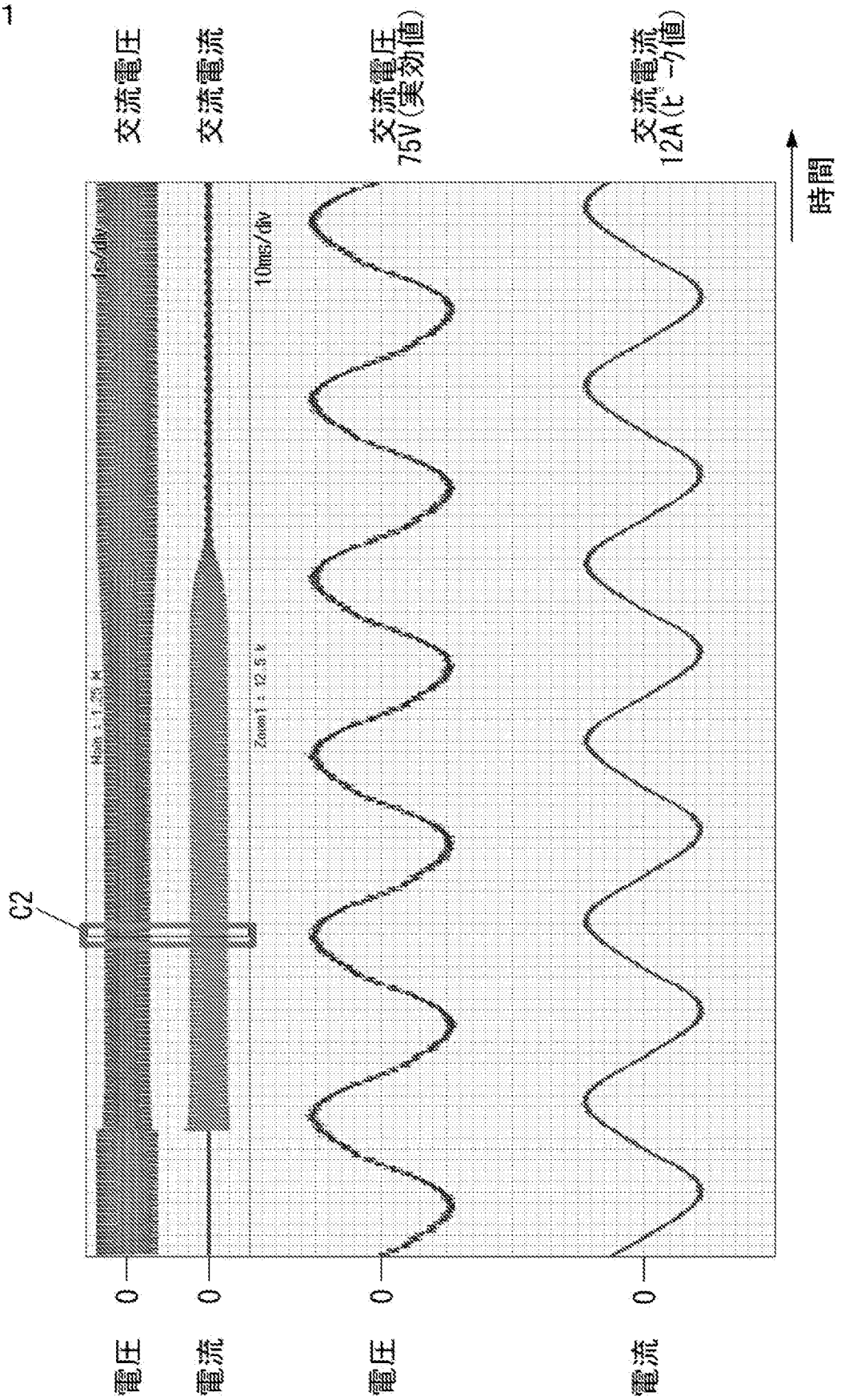
[図10]

図１０


交流電圧
交流電流
交流電圧
交流電流
時間
10ms/div
72V
74V
76V
78V
80V
100V
T1
T2
T3
T4
C1
Ts
0
0
0
0
電圧
電流
電圧
電流

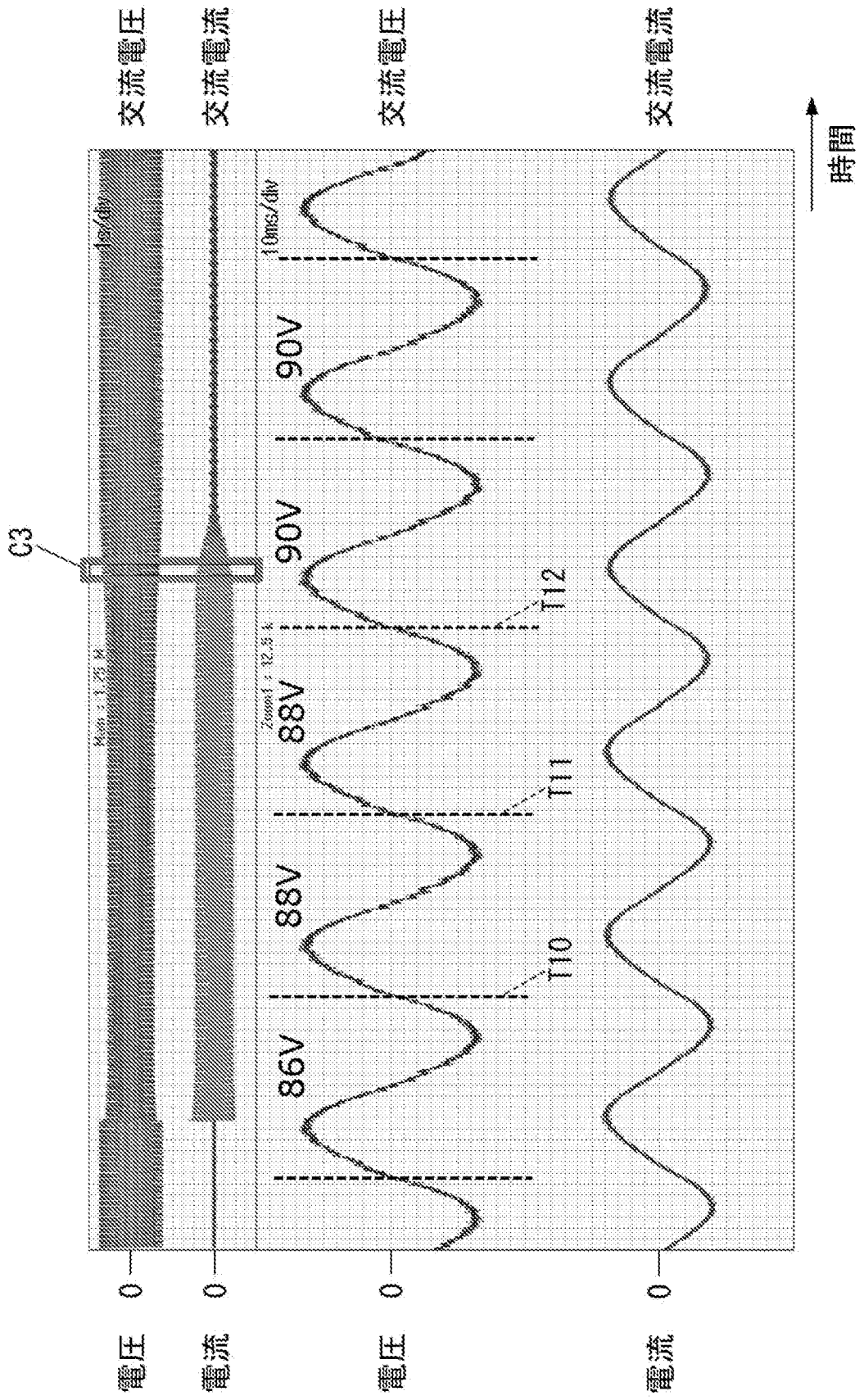
[図11]

図１１


交流電圧
交流電流
交流電圧
75V(実効値)
交流電流
12A(ピーク値)
時間
C2
10ms/div
電圧
0
電流
0
電圧
0
電流
0

[図12]

図１２


交流電圧
交流電流
交流電圧
交流電流
時間
C3
10ms/div
90V
90V
88V
88V
86V
T12
T11
T10
0
0
0
0
電圧
電流
電圧
電流

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/020950

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02M7/48(2007.01)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)
H02M7/48

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 2008-35633 A (TDK Corp.), 14 February 2008 (14.02.2008), entire text; all drawings & US 2008/0049467 A1 entire text; all drawings & EP 1883153 A2	1-6
A	JP 2014-96899 A (Mitsubishi Electric Corp.), 22 May 2014 (22.05.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 10-285701 A (Toshiba Transport Engineering Inc.), 23 October 1998 (23.10.1998), 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	Date of mailing of the international search report
14 August 2017 (14.08.17)	22 August 2017 (22.08.17)

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

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０２０９５０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02M7/48(2007.01)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.　H02M7/48

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 2008-35633 A（ＴＤＫ株式会社）2008.02.14, 全文, 全図 & US 2008/0049467 A1, 全文, 全図 & EP 1883153 A2	1-6
A	JP 2014-96899 A（三菱電機株式会社）2014.05.22, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6
A	JP 10-285701 A（東芝トランスポートエンジニアリング株式会社）1998.10.23, 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	国際調査報告の発送日
１４．０８．２０１７	２２．０８．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　５Ｇ　２９５３
麻生　哲朗
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５２６