

(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
2020年7月9日(09.07.2020)



(10) 国際公開番号
WO 2020/141569 A1

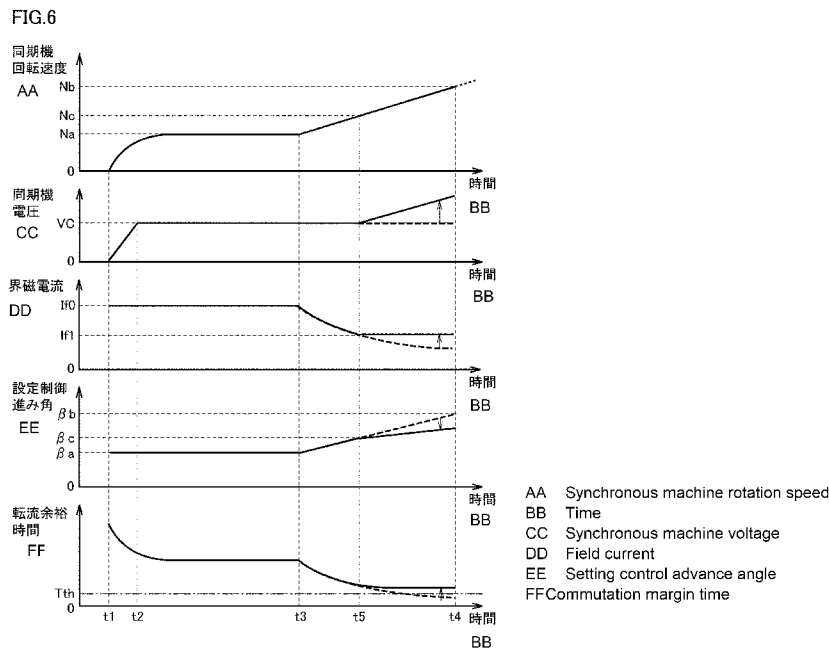
- (51) 国際特許分類:
H02P 27/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/000009
- (22) 国際出願日: 2019年1月4日(04.01.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 東芝三菱電機産業システム株式会社(TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 太田 大博(OTA, Takahiro); 〒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). 川口 裕敬(KAWAGUCHI, Hironori); 〒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). 荻野 宏之(OGINO, Hiroshi); 〒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). 松本 泰明(MATSUMOTO, Yasuaki); 〒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). 安藤 彰修(ANDO, Akinobu); 〒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

(54) Title: THYRISTOR STARTING DEVICE

(54) 発明の名称: サイリスタ起動装置



(57) Abstract: In this thyristor starting device, an inverter converts DC power given from a converter via a DC reactor to AC power of a variable frequency and supplies the resulting power to a synchronous machine. A control unit is configured to control the inverter on the basis of the phase control angle. A voltage adjustor is configured to adjust the induced voltage of the synchronous machine by supplying a field current to the synchronous machine. When the synchronous machine is accelerating, and the rotation speed of the synchronous machine exceeds a reference rotation speed, the voltage adjustor



WO 2020/141569 A1

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, JO, JP, 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, 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))
- 一 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

controls the field current so that the induced voltage increases as the rotation speed of the synchronous machine rises. The control unit reduces the rate of increase of the phase control angle of the synchronous machine relative to the rotation speed comparatively with respect to when the rotation speed of the synchronous machine is less than the reference rotation speed.

(57) 要約: サイリスタ起動装置において、インバータは、コンバータから直流リアクトルを介して与えられる直流電力を可変周波数の交流電力に変換して同期機に供給する。制御部は、位相制御角に基づいてインバータを制御するように構成される。電圧調整装置は、同期機に界磁電流を供給することにより同期機の誘起電圧を調整するように構成される。同期機の加速中に同期機の回転速度が基準回転速度を超えると、電圧調整装置は、同期機の回転速度の上昇に従って誘起電圧が増加するように界磁電流を制御する。制御部は、同期機の回転速度が基準回転速度未満のときと比較して、同期機の回転速度に対する位相制御角の増加率を減少させる。

明 細 書

発明の名称：サイリスタ起動装置

技術分野

[0001] この発明は、サイリスタ起動装置に関する。

背景技術

[0002] 発電機および電動機等の同期機を起動するためのサイリスタ起動装置が開発されている（例えば国際公開第2014/033849号（特許文献1）参照）。サイリスタ起動装置は、交流電力を直流電力に変換するコンバータと、直流電力を平滑化する直流リアクトルと、コンバータから直流リアクトルを介して与えられる直流電力を可変周波数の交流電力に変換して同期機に供給するインバータとを備えている。同期機に供給する交流電力を制御することにより、停止状態の同期機を起動させて所定の回転速度で駆動させることができる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2014/033849号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記サイリスタ起動装置において、インバータは少なくとも6個のサイリスタを有している。同期機の回転に同期して6個のサイリスタを2個ずつ順序よく点弧させることにより、インバータは同期機に三相交流電力を供給して同期機の回転速度を上昇させることができる。

[0005] しかしながら、実際には、同期機のインダクタンスに起因して、サイリスタの転流は瞬時には行なわれず、電流の重なり期間が存在する。したがって、サイリスタの逆バイアス期間は、制御進み角と転流重なり角との差となる。転流を確実にするためには、サイリスタの逆バイアス期間がサイリスタのターンオフ時間に相当する角度よりも長いことが必要である。制御進み角と

転流重なり角との差は転流余裕角とも呼ばれ、転流余裕角に対応する期間は転流余裕時間とも呼ばれる。

[0006] 上記サイリスタ起動装置では、同期機の回転速度が上昇するに従って、転流余裕時間が短くなる。そのため、同期機の高回転速度領域において、サイリスタの転流が失敗することが懸念される。

[0007] この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、その目的は、同期機を起動させるサイリスタ起動装置において、同期機の高回転速度領域でのサイリスタの転流を確実にこなうことである。

課題を解決するための手段

[0008] この発明のある局面によれば、同期機を起動させるサイリスタ起動装置は、コンバータ、直流リアクトル、インバータ、制御部および電圧調整装置を備える。コンバータは、交流電力を直流電力に変換する。直流リアクトルは、直流電力を平滑化する。インバータは、コンバータから直流リアクトルを介して与えられる直流電力を可変周波数の交流電力に変換して同期機に供給する。制御部は、位相制御角に基づいてインバータを制御するように構成される。電圧調整装置は、同期機に界磁電流を供給することにより同期機の誘起電圧を調整するように構成される。同期機の加速中に同期機の回転速度が基準回転速度を超えると、電圧調整装置は、同期機の回転速度の上昇に従って誘起電圧が増加するように界磁電流を制御する。制御部は、同期機の回転速度が基準回転速度未満のときと比較して、同期機の回転速度に対する位相制御角の増加率を減少させる。

発明の効果

[0009] この発明によれば、同期機を起動させるサイリスタ起動装置において、同期機の高回転速度領域でのサイリスタの転流を確実にこなうことができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施の形態に係るサイリスタ起動装置の概略構成図である。

[図2]インバータの転流動作を模式的に示すタイムチャートである。

[図3]サイリスタ起動装置の基本動作を示すタイムチャートである。

[図4]インバータおよび同期機の主回路構成図である。

[図5]サイリスタ起動装置および同期機のベクトル図である。

[図6]本実施の形態に従うサイリスタ起動装置の動作を示すタイムチャートである。

[図7]同期機の回転速度と界磁電流との関係を示す図である。

[図8]同期機の回転速度と設定制御進み角との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

[0012] 図1は、本発明の実施の形態に係るサイリスタ起動装置の概略構成図である。

図1を参照して、サイリスタ起動装置100は、停止している同期機20を同期速度まで加速し、同期機電圧と同期機20が接続される系統の電圧との同期状態を判定して同期機20を電力系統に併入するものである。併入と同時に、サイリスタ起動装置100は同期機20から切り離される。サイリスタ起動装置100は、静止形周波数変換装置（SFC：Static Frequency Converter）とも呼ばれる。加速中のサイリスタ起動装置100は、同期機20の逆起電力を利用してサイリスタに流れる電流を転流する他励式インバータによる可変速駆動装置として動作する。

[0013] 同期機20は、電機子巻線ATU、ATV、ATWを有する固定子と、界磁巻線22とを有する。図1の例では、同期機20は、例えば火力発電所のガスタービンGTに結合されており、ガスタービンGTによって回転駆動される。

[0014] サイリスタ起動装置100は、変圧器TRの二次側に接続されている。変圧器TRの一次側は交流電源30に接続されている。変圧器TRは、交流電源30から供給される三相交流電圧を所定の電圧値の三相交流電圧を所定の電圧値の三相交流電圧に変換してサイリスタ起動装置100に与える。

- [0015] サイリスタ起動装置100は、コンバータ1、直流リアクトル3、インバータ2、およびAVR（自動電圧調整装置）21を備える。コンバータ1は、少なくとも6個のサイリスタを有する三相全波整流器であり、変圧器TRからの三相交流電力を可変電圧の直流電力に変換する。
- [0016] 直流リアクトル3は、コンバータ1の正側出力端子1aとインバータ2の正側入力端子2aとの間に接続される。直流リアクトル3は、コンバータ1の直流出力電流Idを平滑化する。コンバータ1の負側出力端子1bとインバータ2の負側入力端子2bとは互いに接続される。なお、もう1つの直流リアクトルが、コンバータ1の負側出力端子1bとインバータ2の負側入力端子2bとの間に接続されていてもよい。
- [0017] インバータ2の3つの出力端子2c, 2d, 2eは、同期機20の3つの電機子巻線ATU, ATV, ATWにそれぞれ接続される。インバータ2は、少なくとも6個のサイリスタU, V, W, X, Y, Zを有する三相他励式インバータである。インバータ2は、コンバータ1から直流リアクトル3を介して与えられた直流電力を可変周波数の交流電力に変換して同期機20に供給する。
- [0018] AVR21は、同期機20の界磁巻線22に界磁電流Ifを供給する。AVR21は、同期機20の出力する交流電圧がガスタービンの回転速度に関係なく一定に保たれるように、界磁巻線22に供給する界磁電流Ifを制御する。界磁巻線22に界磁電流Ifが供給されている状態において、インバータ2から電機子巻線ATU, ATV, ATWに交流電力を供給することにより、同期機20の回転が加速される。AVR21は「電圧調整装置」の一実施例に対応する。
- [0019] サイリスタ起動装置100は、さらに、変流器4, 5、電圧検出器6、位置検出器7、電流検出器9、インバータ制御部10、およびコンバータ制御部13をさらに備える。
- [0020] 変流器4は、変圧器TRからコンバータ1に流れる三相交流電流を検出し、検出値を示す信号を電流検出器9に与える。電流検出器9は、変流器4か

らの信号に基づいて、コンバータ1から出力される直流電流 I_d を演算し、その演算値を示す信号をコンバータ制御部13に与える。具体的には、電流検出器9は、全波整流型のダイオード整流器を有しており、検出された三相交流電流を直流電流 I_d に変換する。

[0021] 変流器5は、インバータ2から同期機20の電機子巻線ATU, ATV, ATWに流れる電流を検出し、検出値を示す信号を位置検出器7に与える。

[0022] 電圧検出器6は、インバータ2から同期機20に供給される三相交流電圧 V_u , V_v , V_w の瞬時値を検出し、検出値を示す信号を位置検出器7に与える。具体的には、電圧検出器6は、同期機20の電機子巻線ATU, ATV, ATWにおける三相交流電圧の線間電圧のうち2つの線間電圧（図1では、U相-V相間の交流電圧 $V_u - v$ およびV相-W相間の交流電圧 $V_v - w$ とする）を検出する。このように、U相-V相間の交流電圧 $V_u - v$ 、V相-W相間の交流電圧 $V_v - w$ およびW相-U相間の交流電圧 $V_w - u$ のうち少なくとも2つの線間電圧を検出することにより、U相、V相、W相の交流電圧を計算により求めることができる。この線間電圧から相電圧への変換は、電圧検出器6または位置検出器7において行なわれる。

[0023] 位置検出器7は、変流器5および電圧検出器6からの信号に基づいて同期機20の回転子の位置を検出し、検出値を示す信号をインバータ制御部10およびコンバータ制御部13に与える。

[0024] インバータ制御部10は、位置検出器7からの信号に基づいて、インバータ2の点弧位相を制御する。具体的には、インバータ制御部10は、制御角演算部11と、ゲートパルス発生器12とを含む。

[0025] 制御角演算部11は、検出された同期機20の回転子の位置に基づいて位相制御角 β_0 を演算し、演算した位相制御角 β_0 をゲートパルス発生器12に与える。具体的には、制御角演算部11は、位置検出器7からの信号に基づいて同期機20の回転速度を演算すると、演算した回転速度に基づいて位相制御角 β_0 を設定する。同期機20内部の誘起電圧に対してインバータ2の出力相電流の位相が進むように、位相制御角 β_0 が設定される。

- [0026] なお、実際の進み角 β は相電流の増加とともに、位相制御角 β_0 よりも小さくなる。以下の説明では、位相制御角 β_0 を「設定制御進み角 β_0 」とも称し、実際の進み角 β を「実効制御進み角 β 」とも称する。なお、制御角演算部11は、位置検出器7の代わりに、電圧検出器6からの信号に基づいて同期機20の回転速度を演算してもよい。
- [0027] ゲートパルス発生器12は、制御角演算部11から受けた設定制御進み角 β_0 に基づいてインバータ2のサイリスタのゲートに与えるゲートパルス（点弧指令）を生成する。インバータ制御部10は「制御部」の一実施例に対応する。
- [0028] コンバータ制御部13は、位置検出器7からの信号および電流検出器9からの信号に基づいて、コンバータ1の点弧位相を制御する。具体的には、コンバータ制御部13は、コンバータ1から出力される直流電流 I_d が電流指令値 I_d^* に一致するように、コンバータ1の点弧位相を制御する。
- [0029] コンバータ制御部13は、速度制御部14と、電流制御部15と、制御角演算部16と、ゲートパルス発生器17とを含む。速度制御部14は、検出された同期機20の回転子の位置に基づいて、同期機20の回転速度を演算する。速度制御部14は、演算した回転速度に基づいて、直流電流 I_d の目標値である電流指令値 I_d^* を生成する。
- [0030] 電流制御部15は、電流指令値 I_d^* と直流電流 I_d との偏差 ΔI_d を演算し、演算した偏差 ΔI_d に基づいて電圧指令値 V_{DC1}^* を生成する。具体的には、電流制御部15は、比例要素（P：proportional element）、積分要素（I：integral element）および加算部を含む。比例要素が偏差 ΔI_d に所定の比例ゲインを乗じて加算部へ出力し、積分要素は偏差 ΔI_d を所定の積分ゲインで積分して加算部へ出力する。加算部は、比例要素および積分要素からの出力を加算して電圧指令値 V_{DC1}^* を生成する。電圧指令値 V_{DC1}^* は、コンバータ1が出力すべき直流電圧 V_{DC1} を規定する制御指令に相当する。
- [0031] なお、コンバータ1は、インバータ2の入力端子側の直流電圧 V_{DC2} よ

りも直流リアクトル3による電圧降下分だけ大きくなるように直流電圧VDC1を制御する。これにより、直流電流I_dが制御される。

[0032] 制御角演算部16は、電流制御部15から与えられる電圧指令値VDC1*に基づいて、位相制御角 α を演算する。制御角演算部16は、演算した位相制御角 α をゲートパルス発生器17に与える。

[0033] ゲートパルス発生器17は、制御角演算部16から受けた位相制御角 α に基づいてコンバータ1のサイリスタのゲートに与えるゲートパルス（点弧指令）を生成する。ゲートパルス発生器17によって生成されたゲートパルスに従ってコンバータ1がスイッチング制御されることにより、電流指令値I_d*に従った直流電流I_dがコンバータ1から出力される。

[0034] 次に、図2を用いて、インバータ2の転流動作について説明する。

図2は、インバータ2の転流動作を模式的に示すタイムチャートである。図2(A)は、インバータ2に実際に流れる電流を示す回路図である。同期機20は3相のインダクタンス成分L_u、L_v、L_wを有している。図2(B)は、同期機20の端子電圧（三相交流電圧）V_u、V_v、V_w、およびインバータ2の入力端子2a、2b間に現れる直流電圧VDC2を示している。図2(C)は、インバータ2に流れる電流i_w、i_uを示している。図2(D)は、インバータ2の6個のサイリスタU、V、W、X、Y、Zのうちの導通しているサイリスタを示している。

[0035] 図2(B)において、線間電圧V_{u-v}、V_{v-w}、V_{w-u}が0Vとなる点が実効制御進み角 β の基準点であり、基準点では $\beta = 0^\circ$ である。基準点から所望の角度だけ位相を進めた時刻で所定のサイリスタに点弧指令（ゲートパルス）を与える。例えば、サイリスタUが導通している期間中にサイリスタVにゲートパルスを与え、次に、サイリスタVが導通している期間中にサイリスタWにゲートパルスを与える。同様に、サイリスタZが導通している期間中にサイリスタXにゲートパルスを与え、次にサイリスタXが導通している期間中にサイリスタYにゲートパルスを与える。

[0036] 導通するサイリスタの遷移に応じて、同期機20の線間電圧V_{u-v}、V

$v-w$, $Vw-u$ がインバータ 2 の入力端子 2 a, 2 b 間に直流電圧 VDC 2 として順次現れる。インバータ制御部 10 は、同期機 20 の回転に応じて、6 個のサイリスタ U, V, W, X, Y, Z を 2 個ずつ順序良く点弧させて同期機 20 に流れる電流の経路を制御することができる。

[0037] しかしながら、実際には、導通していたサイリスタがゲートパルスに応答して瞬時に消弧することはない。同期機 20 のインダクタンス成分 L_u, L_v, L_w に起因して、有限の期間、直前まで導通しているサイリスタとこれから導通するサイリスタの両方が導通状態になる期間が生じる。この期間は「転流重なり時間」と呼ばれ、転流重なり時間に対応する角度は「転流重なり角 u 」と呼ばれる。

[0038] 図 2 (B) においては、 $\omega t < 0$ でサイリスタ W, Y が導通しているときに、 $\omega t = 0$ でサイリスタ U にゲートパルスを与えても、同期機 20 のインダクタンス成分 L_v, L_w の影響により、転流重なり期間中は両方のサイリスタ W, U が導通し続ける。したがって、サイリスタの逆バイアス期間は、次式 (1) に示すように、実効制御進み角 β と転流重なり角 u との差となる。

[0039] [数1]

$$\gamma = \beta - u \quad (1)$$

[0040] 転流を確実にするためには、サイリスタの逆バイアス期間がサイリスタのターンオフ時間に相当する角度よりも長いことが必要である。この γ は「転流余裕角」とも呼ばれ、転流余裕角に対応する期間は「転流余裕時間」とも呼ばれる。サイリスタのターンオフ時間を t_{off} とすると、転流余裕角 γ は ωt_{off} 以上でなければならない。

[0041] 次に、図 3 を用いて、サイリスタ起動装置 100 の基本動作について説明する。

図 3 は、サイリスタ起動装置 100 の基本動作を示すタイムチャートである。図 3 には、同期機 20 の回転速度、同期機 20 の端子電圧の実効値、界磁電流、設定制御進み角、およびインバータ 2 におけるサイリスタの転流余

裕時間が示されている。

- [0042] 時刻 t_1 にてサイリスタ起動装置 100 が起動すると、サイリスタ起動装置 100 は、同期機 20 を完全な停止状態から所定の回転速度 N_a まで加速させる。
- [0043] 時刻 t_1 にて停止状態の同期機 20 を起動させると、AVR 21 は、界磁巻線 22 に一定の界磁電流 I_f を供給する ($I_f = I_{f0}$)。一定の界磁電流 I_f により同期機 20 の回転子には一定の界磁磁束が発生する。この状態で同期機 20 を加速させることにより、同期機 20 内部で発生する誘起電圧の大きさ (実効値) は同期機 20 の回転速度とともに増加する。
- [0044] 時刻 t_2 にて同期機 20 の端子電圧の実効値が所定の電圧 V_C に達すると、AVR 21 は、同期機 20 の回転速度が一定の間、界磁巻線 22 に供給する界磁電流 I_f を一定値に維持する。
- [0045] なお、設定制御進み角 β_0 は、同期機 20 の回転速度が 0 から所定の回転速度 N_a までの間、回転速度の変化に関わらず一定値 β_a に維持されている。同期機 20 の端子電圧の実効値は 0 V から V_C まで線形に増大する。回転速度 N_a は、例えば、ガスタービン GT の定格速度の 20% 程度に設定される。
- [0046] 同期機 20 の回転速度が N_a に達すると、時刻 t_3 にて、ガスタービン GT に燃料が投入され、ガスタービン GT が着火する。着火後、サイリスタ起動装置 100 は、ガスタービン GT の昇速をアシストする。よって、同期機 20 の回転速度は、時刻 t_3 以降加速を開始する。
- [0047] 時刻 t_3 以降、AVR 21 は、界磁巻線 22 に供給する界磁電流 I_f を低下させる。これにより、同期機 20 の端子電圧の実効値は、回転速度が変わっても一定の電圧 V_C に保たれる。
- [0048] 同期機 20 の回転速度が N_a から所定の回転速度 N_b までの間、設定制御進み角 β_0 は、最小値 β_a から最大値 β_b まで、回転速度に応じて一定の増加率で線形に増大する。本願明細書において、設定制御進み角 β_0 の増加率は、同期機 20 の回転速度 N の増加分 ΔN に対する設定制御進み角 β_0 の増加分 Δ

β_0 の比率 ($\Delta \beta_0 / \Delta N$) を示す。

[0049] 特許文献1に記載されるように、回転速度の増加に応じて設定制御進み角 β_0 を一定の増加率で線形に増加させることで、回転速度の変化に関わらず設定制御進み角 β_0 を一定とする構成に比べて、転流重なり期間における直流電圧 $VDC2$ の上昇を抑えることができる。

[0050] なお、図示は省略するが、回転速度が N_b を超えると、設定制御進み角 β_0 は、最大値 β_b に維持される。回転速度 N_b は、例えば、ガスタービン GT の定格速度の70%程度に設定される。時刻 t_4 にて同期機20の回転速度が N_b に達すると、サイリスタ起動装置100は同期機20から切り離される。

[0051] サイリスタ起動装置100による一連の動作において、転流余裕時間は、時刻 t_1 以降、転流重なり期間における上昇分の影響により、同期機20の回転速度に応じて徐々に短くなる。特に、時刻 t_3 にて同期機20の加速を開始すると、同期機20の回転速度の上昇に従って、転流余裕時間が短くなる。

[0052] 転流余裕時間には、サイリスタが転流不能となる閾値時間 T_{th} が存在する。この閾値時間 T_{th} は、サイリスタのターンオフ時間 t_{off} によって決まる。図3の例では、時刻 t_4 よりも前に、転流余裕時間が閾値時間 T_{th} を下回っている。そのため、サイリスタが転流失敗に陥ることが懸念される。

[0053] そこで、本実施の形態に係るサイリスタ起動装置100では、同期機20の回転速度が高くなる場合においても、インバータ2の転流余裕時間を確保することが可能なサイリスタ起動装置100の制御構成を提供する。

[0054] なお、本願明細書では、本実施の形態に係るサイリスタ起動装置100の制御構成を説明するにあたり、インバータ2および同期機20の電圧および電流を図4のように定義する。図4に示すインバータ2および同期機20の主回路構成図において、 I_d は直流リアクトル3に流れる電流を示し、 E_d はインバータ2の入力端子2a, 2b間の直流電圧(図1の $VDC2$ に相当)を示す。 I_u はインバータ2が出力する三相交流電流のうちのU相電流を

示し、 E_u はインバータ2が出力する三相交流電圧のうちのU相電圧を示す。 Z は同期機20の1相分のインピーダンスを示し、 E_a は同期機20内部で発生する誘起電圧を示す。なお、 Z については、説明の簡単のため、1相分のインピーダンス中の抵抗成分は十分小さいとして無視し、リアクタンス X のみを有するものとする。

[0055] 図5(A)は、サイリスタ起動装置100のU相電圧 E_u を基準に描いたベクトル図である。図5(A)に示すように、インバータ2のU相電圧 E_u に対して、インバータ2のU相電流 I_u は位相角 θ だけ進んでいる。位相角 θ は力率角である。

[0056] 運転中の同期機20内部の誘起電圧 E_a は、U相電圧 E_u に対して位相角 δ だけ遅れている。位相角 δ は負荷角である。 $Z \cdot I_u$ は、リアクタンス X とU相電流 I_u との積 $X \cdot I_u$ の大きさを有しており、 I_u と $\pi/2$ の位相差をもつ。

[0057] 同期機20が設定制御進み角 β_0 で運転されている場合、同期機20の誘起電圧 E_a とU相電流 I_u との位相は I_u が β_0 だけ進み固定されていると考えることができる。負荷運転時のU相電圧 E_u は次式(2)のようになる。

[0058] [数2]

$$E_u = E_a + X \times I_u \quad (2)$$

[0059] ただし、実際には、図2に示したように転流重なり角 u によって電流波形は台形波的となり、位相的には I_u の位相が $u/2$ だけ遅れることに相当する。

[0060] 設定制御進み角 β_0 から負荷角 δ を差し引いた位相角 $\beta_0 - \delta$ が実効制御進み角 β となる。実効制御進み角 β から $u/2$ を差し引いた位相角 $\beta - u/2$ が力率角 θ となる。

[0061] [数3]

$$\beta = \beta_0 - \delta \quad (3)$$

[0062]

[数4]

$$\theta = \beta - \frac{1}{2}u \quad (4)$$

[0063] 式(1)に示したように、実効制御進み角 β から転流重なり角 u を差し引いた位相角 $\beta - u$ が転流余裕角 γ となる($\gamma = \beta - u$)。上述したように、同期機20の回転速度が上昇するに従って、転流余裕角 γ に対応する転流余裕時間が短くなるため、サイリスタが転流失敗を起こす可能性がある。

[0064] ここで、運転中の同期機20の誘起電圧 E_a は、 $E_a = K\Phi\omega$ で与えられる。ただし、 K は定数、 Φ は合成磁束、 ω は角速度である。AVR22において界磁電流 I_f を増やすと、同期機20に発生する界磁磁束が増加する。この界磁磁束の増加によって Φ を大きくすることで、図5(B)に示すように、同期機20の誘起電圧 E_a を大きくすることができる。

[0065] 図5(B)のベクトル図は、図5(A)のベクトル図と同期機20の回転速度が同じであるとする。図5(B)のベクトル図では、図5(A)と対比して、設定制御進み角 β_0 を同じ大きさとしている。さらに、相電流 I_u および $Z \cdot I_u$ についても図5(A)および図5(B)で同じ大きさとしている。

[0066] 図5(B)では、 $Z \cdot I_u$ の大きさを変えずに誘起電圧 E_a を大きくしたことで、U相電圧 E_u も大きくなっている。一方、負荷角 δ は図5(A)に比べて小さくなっている。設定制御進み角 β_0 は互いに等しいため、結果的に図5(B)では図5(A)に比べて実効制御進み角 $\beta (= \beta_0 - \delta)$ が大きくなる。

[0067] インバータ2において、転流重なり角 u は次式(5)で与えられる。

[0068] [数5]

$$u = \beta - \cos^{-1} \left(\cos \beta + \frac{\sqrt{2}XI_d}{Eu} \right) \quad (5)$$

[0069] 式(5)によると、インバータ2が出力するU相電圧 E_u が大きくなるに

従って転流重なり角 u が小さくなる。そのため、図 5 (B) では図 5 (A) に比べて、転流重なり角 u が小さくなっている。

[0070] このように設定制御進み角 β_0 を固定した状態で同期機 20 の誘起電圧 E_a を大きくすると、実効制御進み角 β が大きくなるとともに、転流重なり角 u が小さくなる。これによると、転流余裕角 γ を大きくすることができるため、同期機 20 の高回転速度領域においても転流余裕時間を確保することができる。

[0071] しかしながら、その一方で、図 5 (B) では、実効制御進み角 β の増加とともに力率角 θ が大きくなっている。力率角 θ の増加はサイリスタ起動装置 100 の出力電力の低下を招いてしまう。具体的には、直流電圧 E_d は次式 (6) で与えられる。

[0072] [数6]

$$E_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \times \sqrt{3} E_u \times \cos \beta \quad (6)$$

[0073] なお、式 (6) は式 (4) を用いて次式 (7) のように書き換えることができる。

[0074] [数7]

$$E_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \times \sqrt{3} E_u \times \cos \left(\theta + \frac{1}{2} u \right) \quad (7)$$

[0075] インバータ 2 の出力電力は、エネルギー保存の法則により、インバータ 2 の入力電力に等しいから、直流電圧 E_d および直流電流 I_d の積 $E_d \times I_d$ で表すことができる。式 (7) によると、力率角 θ が大きくなるに従って直流電圧 E_d が小さくなるため、インバータ 2 の出力電力が低下することが懸念される。

[0076] そこで、本実施の形態では、図 5 (C) に示すように、同期機 20 の誘起電圧 E_a の増加とともに、転流余裕角 γ を確保できる範囲で設定制御角 β_0 を減少させる構成とする。これにより、力率角 θ の増加による直流電圧 E_d の低下を抑制する。

- [0077] 図5 (C) のベクトル図は、図5 (A) および (B) のベクトル図と同期機20の回転速度が同じであるとする。図5 (C) のベクトル図では、図5 (B) に対して、同期機20の誘起電圧 E_a を同じ大きさとしている。また、インバータ2のU相電流 I_u および $Z \cdot I_u$ も図5 (B) と同じ大きさとしている。この状態で、設定制御進み角 β_0 を図5 (B) よりも小さくする。設定制御進み角 β_0 を小さくしたことで実効制御進み角 β を小さくすることができ、結果的に力率角 θ も小さくすることができる。
- [0078] その反面、図5 (C) に示すように、設定制御進み角 β_0 を小さくすると、転流余裕角 γ も小さくなり、同期機20の誘起電圧 E_a を大きくしたことの意義がなくなることが懸念される。したがって、転流余裕角 γ が ωt_{off} 以上 (t_{off} はサイリスタのターンオフ時間) となる範囲で設定制御進み角 β_0 を調整する必要がある。
- [0079] なお、式(6)によると、理想的には、U相電圧 E_u と $\cos \beta$ (実効制御進み角 β の余弦関数) との積を一定値に保つことができれば、直流電圧 E_d を一定値に保つことができる。したがって、 $\gamma \geq \omega t_{off}$ であり、 $E_u \times \cos \beta$ が一定となるように、同期機20の回転速度に応じて設定制御角 β_0 を調整することが好ましい。これによると、転流余裕時間を確保しながら、直流電圧 E_d の低下 (すなわち、サイリスタ起動装置100の出力電力の低下) を抑制することが可能となる。
- [0080] 図6は、本実施の形態に従うサイリスタ起動装置100の動作を示すタイムチャートである。図6には、同期機20の回転速度、同期機20の端子電圧の実効値、界磁電流、設定制御進み角、および転流余裕時間が示されている。
- [0081] 図6に示す同期機20の回転速度の波形は、図3の基本動作で示したものと同一である。図6では、図3で示した同期機20の端子電圧の実効値、界磁電流、設定制御進み角および転流余裕時間の波形が破線で示されている。
- [0082] 図6のタイムチャートは、図3のタイムチャートと比較して、時刻 t_3 以降における端子電圧の実効値、界磁電流、設定制御進み角および転流余裕時

間の波形が異なっている。具体的には、時刻 t_3 にてガスタービン GT が着火されると、同期機 20 の加速が開始される。時刻 t_5 にて同期機 20 の回転速度が予め設定された基準回転速度 N_c に達すると、 $AVR21$ は、同期機 20 の界磁巻線 22 に供給する界磁電流 I_f を制御することにより、同期機 20 の誘起電圧 E_a の実効値を増加させる。ただし、 $N_a < N_c < N_b$ である。

[0083] 具体的には、 $AVR21$ は、同期機 20 の回転速度の上昇に従って誘起電圧の実効値が増加するように、界磁電流 I_f を制御する。図 6 の例では、時刻 t_5 以降、界磁電流 I_f を一定値 I_{f1} に維持している。これにより、時刻 t_5 以降、同期機 20 の端子電圧の実効値は V_C から徐々に増加する。

[0084] なお、基準回転速度 N_c は、同期機 20 の端子電圧の実効値を一定値 V_C に維持しながら、回転速度に応じて設定制御進み角 β_0 を β_a から増加させた場合において、転流余裕時間が閾値時間 T_{th} よりも大きくなる時の回転速度に設定される。

[0085] サイリスタ起動装置 100 において、転流余裕時間は、時刻 t_3 以降、同期機 20 の回転速度の上昇に従って短くなっている。ただし、時刻 t_5 以降は、同期機 20 の回転速度の上昇に従って同期機 20 の誘起電圧を増加させたことで、実効制御進み角 β が大きくなり、転流余裕時間の減少が抑制されている。一方、図 5 (B) で示したように、設定制御進み角 β_0 が一定の下では、実効制御進み角 β とともに力率角 θ も大きくなるため、サイリスタ起動装置 100 の出力電力が低下してしまうことが懸念される。

[0086] そこで、サイリスタ起動装置 100 は、時刻 t_5 以降、転流余裕時間が閾値時間 T_{th} よりも長くなることを条件として、設定制御進み角 β_0 の増加率 $\Delta\beta_0/\Delta N$ を減少させる。具体的には、インバータ制御部 10 において、制御角演算部 11 は、同期機 20 の回転速度が N_a から N_c までの間における設定制御進み角 β_0 の増加率 $\Delta\beta_0/\Delta N$ に比べて、回転速度が N_c から N_b までの間における設定制御進み角 β_0 の増加率 $\Delta\beta_0/\Delta N$ を小さくする。これによると、時刻 t_5 以降の設定制御進み角 β_0 の波形に着目すると、図 6

(実線)では、図3(破線)と比較して、同じ回転速度に対する設定制御進み角 β_0 が小さくなっている。

[0087] 図6の例では、回転速度が N_c から N_b までの間、設定制御進み角 β_0 は、回転速度に応じて一定の増加率 $\Delta\beta_0/\Delta N$ で線形に増大している。図6の例に代えて、回転速度が N_c から N_b までの間、回転速度に応じて、設定制御進み角 β_0 の増加率 $\Delta\beta_0/\Delta N$ を複数回変化させる構成としてもよい。例えば、回転速度が N_c から N_b までの間、回転速度に応じて、設定制御進み角 β_0 の増加率 $\Delta\beta_0/\Delta N$ を段階的に小さくする構成としてもよい。

[0088] ただし、図5(C)で説明したように、同期機20の端子電圧(相電圧 E_u)および $\cos\beta$ の積が一定値となるように、端子電圧に基づいて設定制御角 β_0 を設定することで、同期機20の回転速度に関わらず、インバータ2の入力端子2a, 2b間に現れる直流電圧(図1の V_{DC2} に相当)を一定値に保つことができる。この結果、サイリスタ起動装置100の出力電力の低下を抑制することができる。

[0089] なお、上述した同期機20の誘起電圧の制御は、同期機20の回転速度と最適な誘起電圧の実効値(界磁電流 I_f)との関係を予め求めるとともに、その対応関係を予めマップまたは関係式としてAVR21に記憶することが可能である。図7は、同期機20の回転速度と界磁電流 I_f との関係の一例を示す図である。図7の縦軸は界磁電流 I_f を示し、横軸は同期機20の回転速度を示す。図7の例では、回転速度が N_a から基準回転速度 N_c の間、界磁電流 I_f は、回転速度に応じて減少する。回転速度が基準回転速度 N_c を超えると、界磁電流 I_f は一定値 I_{f1} に維持される。

[0090] 同様に、設定制御進み角 β_0 の制御は、同期機20の回転速度と最適な設定制御進み角 β_0 との関係を予め求めるとともに、その対応関係を予めマップまたは関係式としてインバータ制御部10に記憶することが可能である。図8は、同期機20の回転速度と設定制御進み角 β_0 との関係の一例を示す図である。なお、図中の破線は、比較のために、図3で示した同期機20の回転速度と設定制御進み角 β_0 との関係を示したものである。

- [0091] 図8の例では、回転速度が N_a から基準回転速度 N_c の間、設定制御進み角 β_0 は、 β_a から β_c まで回転速度に応じて第1の増加率 $\Delta\beta_0/\Delta N$ で線形に増大する。回転速度が基準回転速度 N_c から N_b の間、設定制御進み角 β_0 は、 β_c から β_b まで回転速度に応じて第2の増加率 $\Delta\beta_0/\Delta N$ で線形に増大する。ただし、第2の増加率は第1の増加率よりも小さいものとする。
- [0092] これによると、AVR21およびインバータ制御部10は、同期機20の回転速度が基準回転速度 N_c に達すると、同期機20の回転速度に基づいて、上記マップまたは関係式を参照して、界磁電流 I_f および設定制御進み角 β_0 をそれぞれ設定することができる。
- [0093] 以上説明したように、この発明の実施の形態に係るサイリスタ起動装置によれば、同期機の高回転速度領域では、同期機の回転速度の上昇に従って同期機の誘起電圧を増加させるとともに、低回転速度領域に比べてインバータにおける設定制御進み角の増加率を減少させることで、サイリスタ起動装置の出力電力の低下を抑制しながら、インバータにおけるサイリスタの転流余裕時間を確保することができる。
- [0094] また、本実施の形態に係るサイリスタ起動装置によれば、上述した誘起電圧および設定制御進み角の調整を転流余裕時間が短くなる高回転速度領域でのみ行なうため、事故電流が大きく、サイリスタの過電流耐量が懸念される低回転速度領域には影響を及ぼすことがない。さらに、直流電圧 E_d を一定値に保つことができるため、コンバータ1に影響が及ぶことを回避できる。
- [0095] なお、上述した実施の形態では、同期機20が火力発電所におけるガスタービンによって回転駆動される発電機である場合について説明したが、これに限るものではなく、同期機20は一般産業分野で使用される同期機であってもよい。
- [0096] 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

[0097] 1 コンバータ、2 インバータ、3 直流リアクトル、4, 5 変流器、6 電圧検出器、7 位置検出器、9 電流検出器、10 インバータ制御部、11, 16 制御角演算部、12, 17 ゲートパルス発生器、13 コンバータ制御部、14 速度制御部、15 電流制御部、20 同期機、21 AVR、22 界磁巻線、30 交流電源、100 サイリスタ起動装置、ATU, ATV, ATW 電機子巻線、GT ガスタービン、U, V, W, X, Y, Z サイリスタ

請求の範囲

[請求項1]

同期機を起動させるサイリスタ起動装置であって、
交流電力を直流電力に変換するコンバータと、
前記直流電力を平滑化する直流リアクトルと、
前記コンバータから前記直流リアクトルを介して与えられる前記直流電力を可変周波数の交流電力に変換して前記同期機に供給するインバータと、
位相制御角に基づいて前記インバータを制御するように構成された制御部と、
前記同期機に界磁電流を供給することにより前記同期機の誘起電圧を調整するように構成された電圧調整装置とを備え、
前記同期機の加速中に前記同期機の回転速度が基準回転速度を超えると、
前記電圧調整装置は、前記同期機の回転速度の上昇に従って前記誘起電圧が増加するように前記界磁電流を制御し、かつ、
前記制御部は、前記同期機の回転速度が前記基準回転速度未満のときと比較して、前記同期機の回転速度に対する前記位相制御角の増加率を減少させる、サイリスタ起動装置。

[請求項2]

前記同期機の加速中に前記同期機の回転速度が前記基準回転速度を超えると、前記制御部は、前記同期機の回転速度が変化しても前記インバータの入力端子に現れる直流電圧が一定になるように、前記同期機の回転速度に応じて前記位相制御角を設定する、請求項1に記載のサイリスタ起動装置。

[請求項3]

前記同期機の加速中に前記同期機の回転速度が前記基準回転速度を超えると、前記制御部は、前記同期機の端子電圧と前記同期機の実効位相制御進み角の余弦関数（コサイン）との積が一定値となるように、前記同期機の端子電圧に基づいて前記位相制御角を設定する、請求項2に記載のサイリスタ起動装置。

[請求項4] 前記同期機の加速中に前記同期機の回転速度が前記基準回転速度を超えると、

前記制御部は、前記同期機の回転速度が変化しても前記インバータにおけるサイリスタの転流余裕時間が前記サイリスタのターンオフ時間よりも長くなるように、前記同期機の回転速度に応じて前記位相制御角を設定する、請求項1から3のいずれか1項に記載のサイリスタ起動装置。

補正された請求の範囲
[2019年9月24日 (24.09.2019) 国際事務局受理]

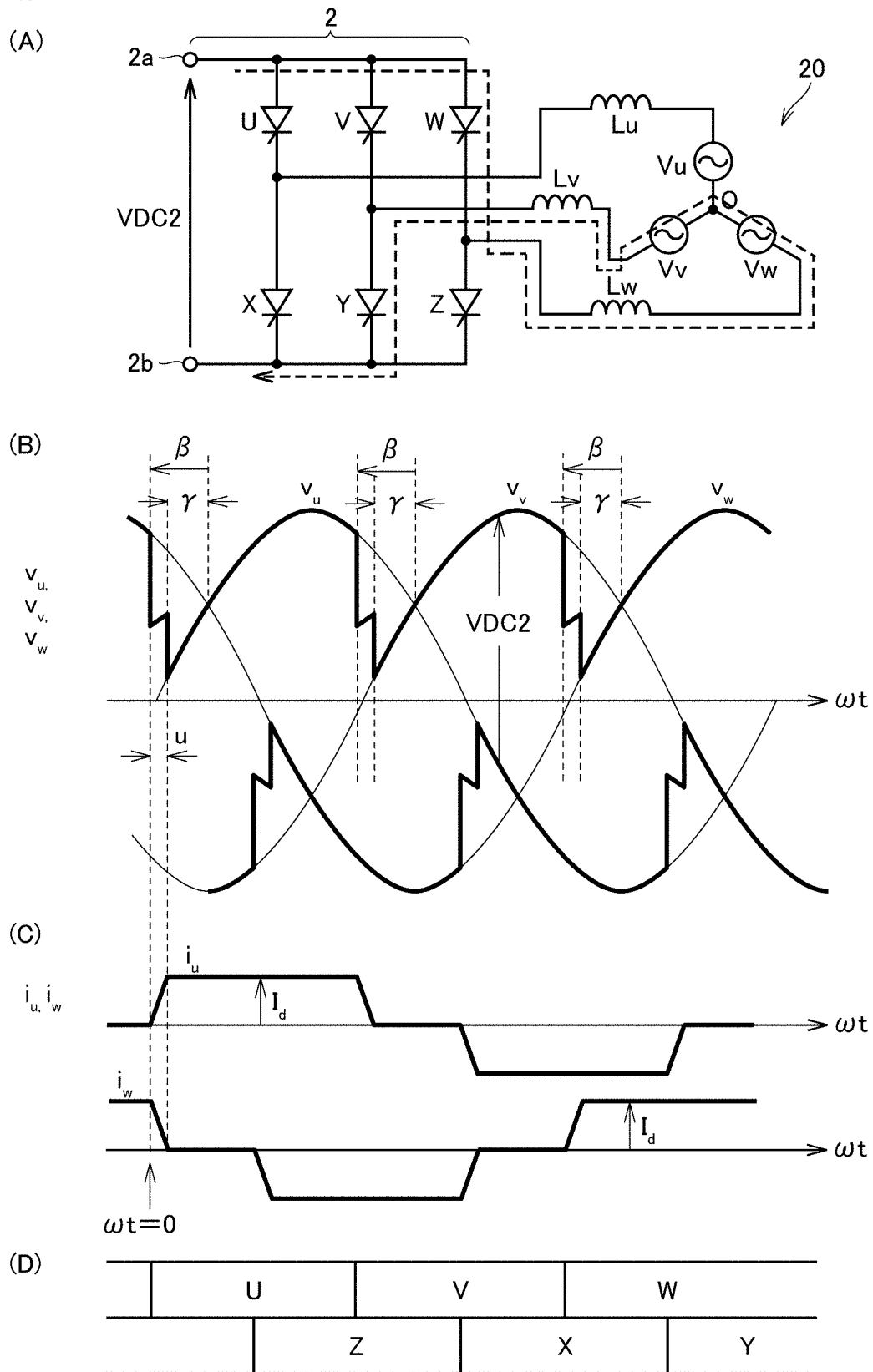
- [請求項1] (補正後) 同期機を起動させるサイリスタ起動装置であって、
交流電力を直流電力に変換するコンバータと、
前記直流電力を平滑化する直流リアクトルと、
前記コンバータから前記直流リアクトルを介して与えられる前記直流電力を可変周波数の交流電力に変換して前記同期機に供給するインバータと、
位相制御角に基づいて前記インバータを制御するように構成された制御部と、
前記同期機に界磁電流を供給することにより前記同期機の誘起電圧を調整するように構成された電圧調整装置とを備え、
前記同期機の加速中に前記同期機の回転速度が基準回転速度を超えると、
前記電圧調整装置は、前記同期機の回転速度の上昇に従って前記誘起電圧が増加するように前記界磁電流を制御し、かつ、
前記制御部は、前記同期機の回転速度が前記基準回転速度未満のときと比較して、前記同期機の回転速度に対する前記位相制御角の増加率を減少させ、
前記制御部はさらに、前記同期機の回転速度が変化しても前記インバータの入力端子に現れる直流電圧が一定になるように、前記同期機の回転速度に応じて前記位相制御角を設定する、サイリスタ起動装置。
- [請求項2] (削除)
- [請求項3] (補正後) 前記同期機の加速中に前記同期機の回転速度が前記基準回転速度を超えると、前記制御部は、前記同期機の端子電圧と前記同期機の実効位相制御進み角の余弦関数（コサイン）との積が一定値となるように、前記同期機の端子電圧に基づいて前記位相制御角を設定する、請求項1に記載のサイリスタ起動装置。

[請求項4] (補正後) 前記同期機の加速中に前記同期機の回転速度が前記基準回転速度を超えると、

前記制御部は、前記同期機の回転速度が変化しても前記インバータにおけるサイリスタの転流余裕時間が前記サイリスタのターンオフ時間よりも長くなるように、前記同期機の回転速度に応じて前記位相制御角を設定する、請求項1または3に記載のサイリスタ起動装置。

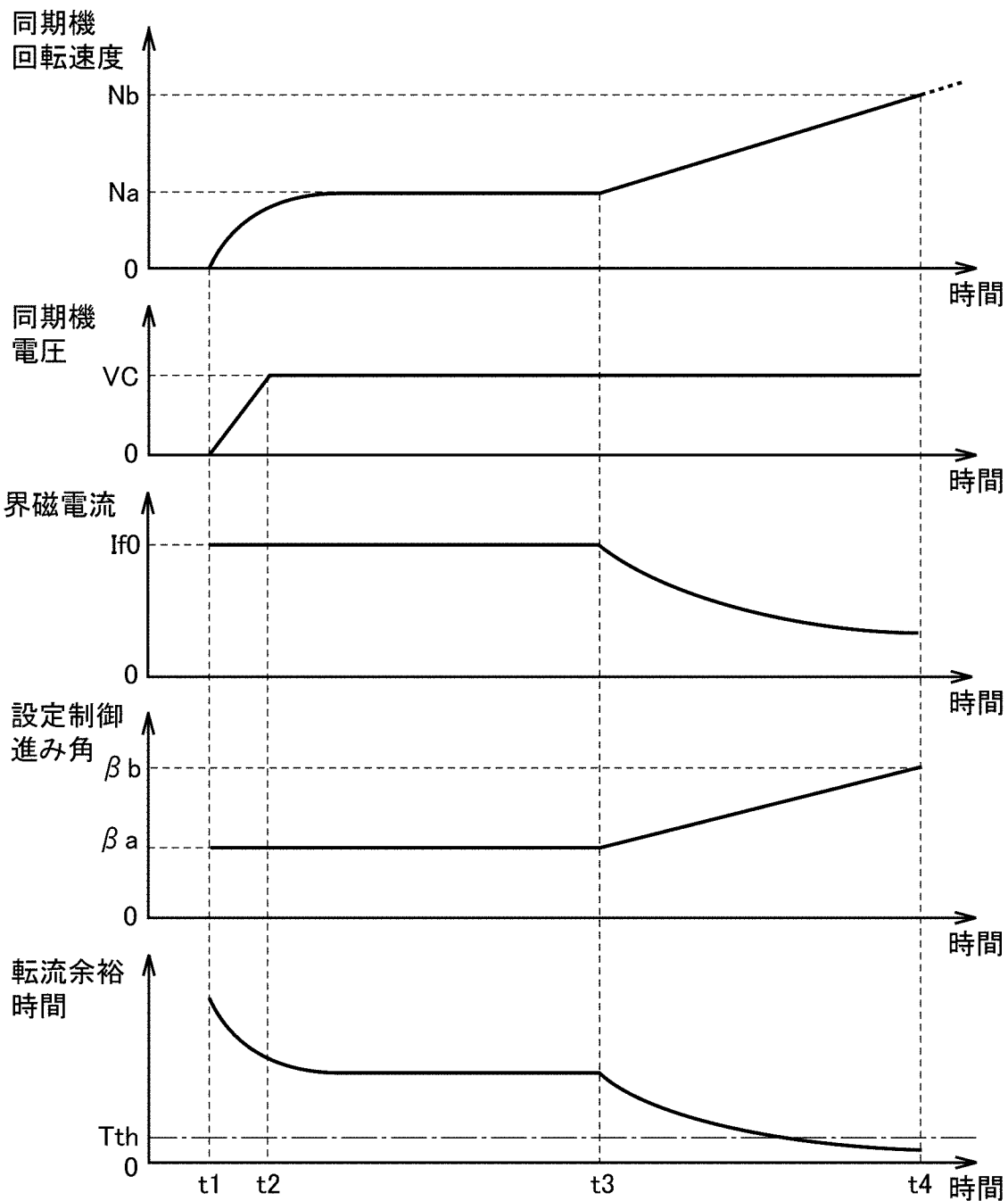
[図2]

FIG.2



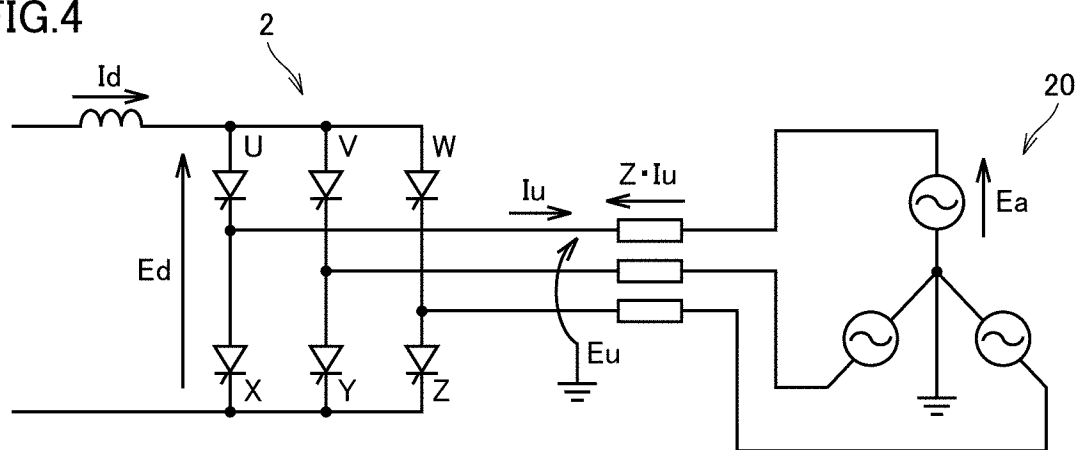
[図3]

FIG.3



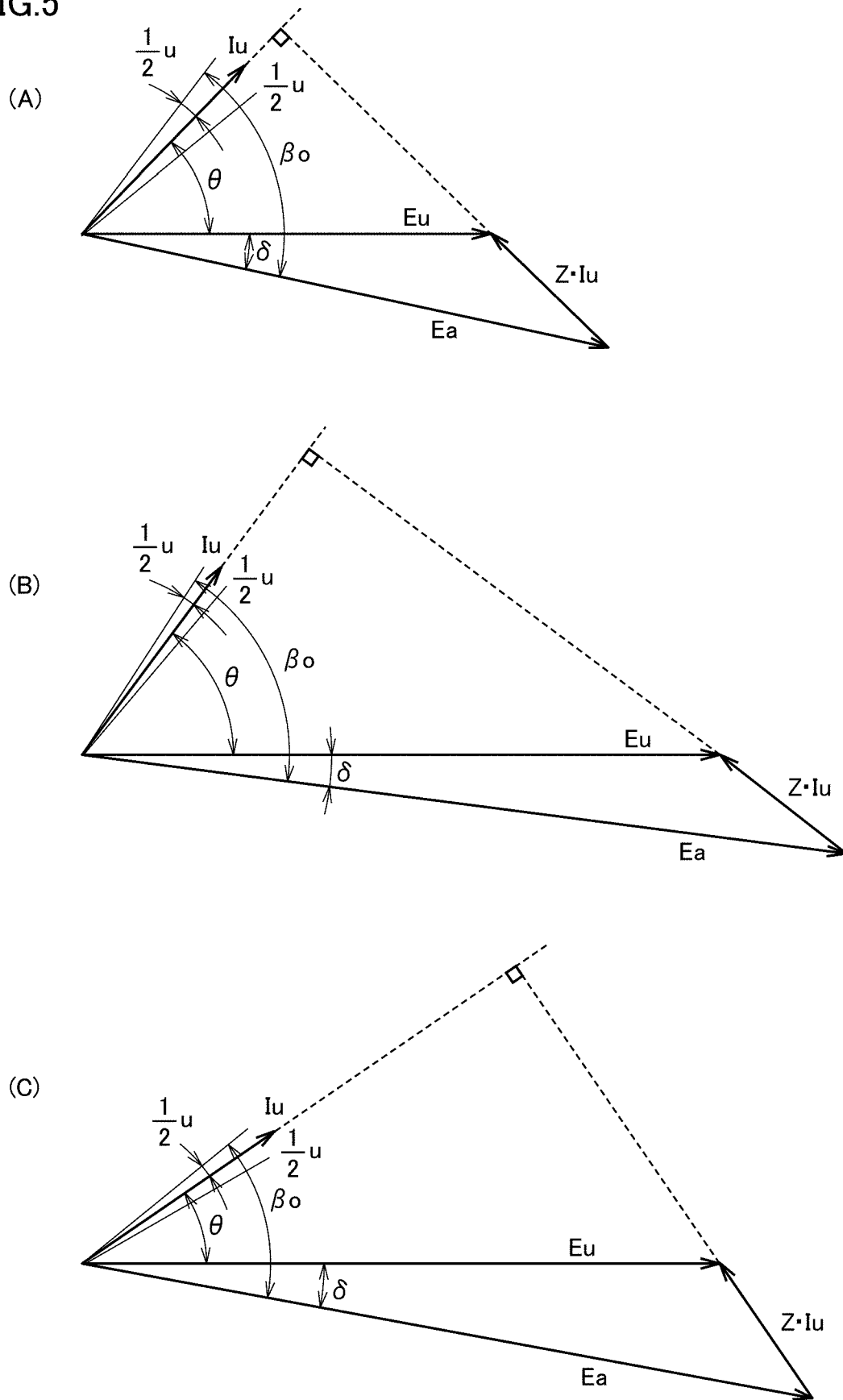
[図4]

FIG.4



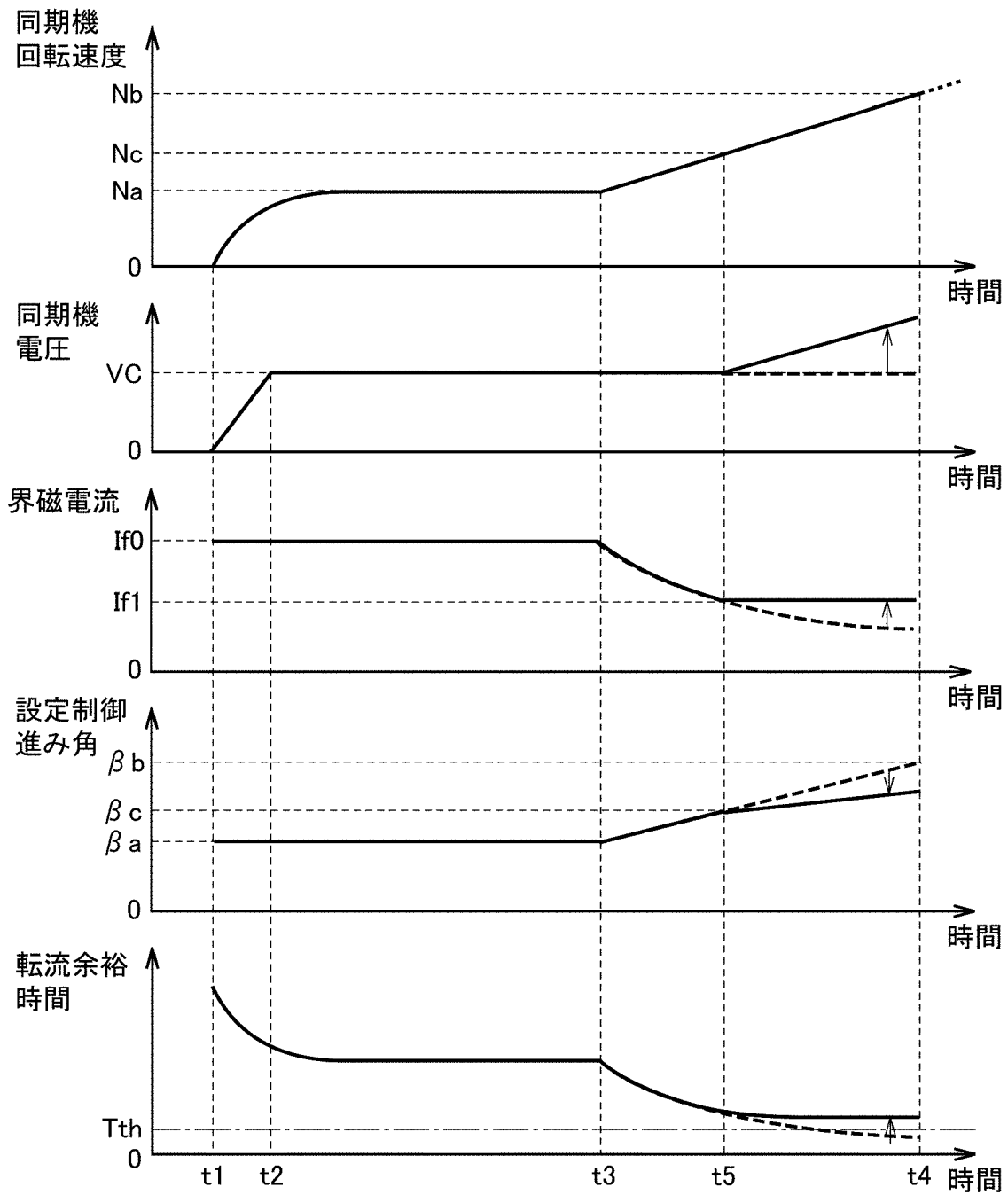
[図5]

FIG.5



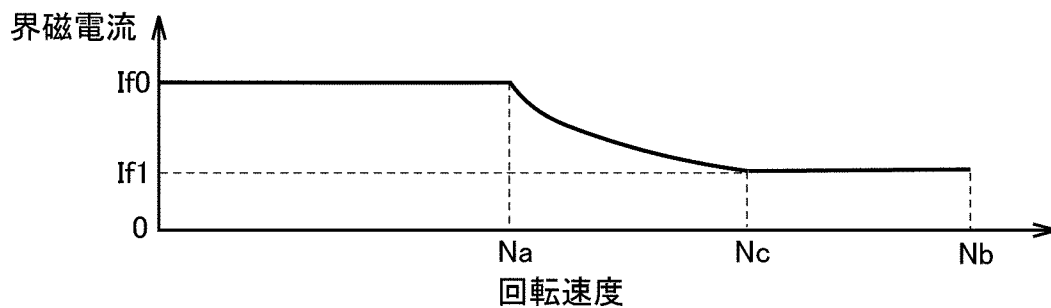
[図6]

FIG.6



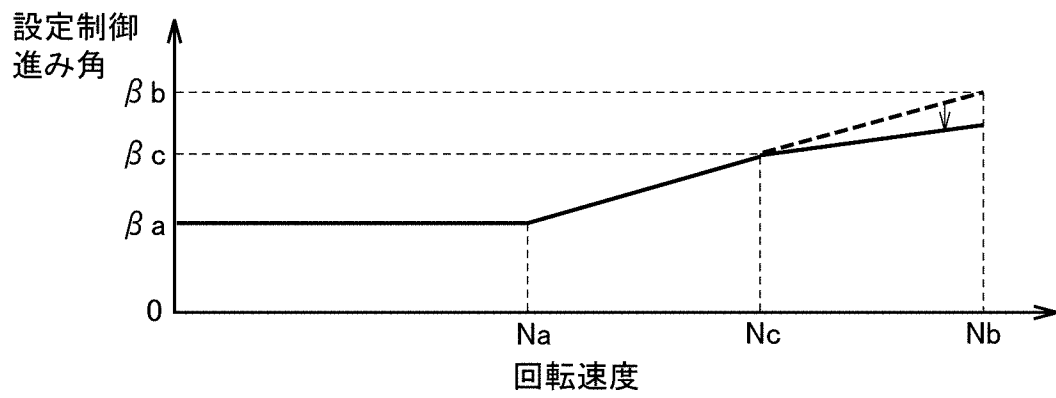
[図7]

FIG.7



[図8]

FIG.8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/000009

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. H02P27/06 (2006.01) i</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>														
<p>B. FIELDS SEARCHED</p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. H02P27/06</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:80%;">Published examined utility model applications of Japan</td> <td style="width:20%;">1922-1996</td> </tr> <tr> <td>Published unexamined utility model applications of Japan</td> <td>1971-2019</td> </tr> <tr> <td>Registered utility model specifications of Japan</td> <td>1996-2019</td> </tr> <tr> <td>Published registered utility model applications of Japan</td> <td>1994-2019</td> </tr> </table> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>			Published examined utility model applications of Japan	1922-1996	Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019	Registered utility model specifications of Japan	1996-2019	Published registered utility model applications of Japan	1994-2019				
Published examined utility model applications of Japan	1922-1996													
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019													
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019													
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019													
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y A</td> <td>WO 2018/235189 A1 (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORP.) 27 December 2018, paragraphs [0011]-[0097], fig. 1-14 (Family: none)</td> <td>1 2-4</td> </tr> <tr> <td>Y A</td> <td>WO 2014/033849 A1 (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORP.) 06 March 2014, paragraphs [0016]-[0052], fig. 1-13 & US 2015/0236622 A1, paragraphs [0027]-[0063], fig. 1-13</td> <td>1 2-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2005-73473 A (HITACHI, LTD.) 17 March 2005, entire text, all drawings (Family: none)</td> <td>2-4</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	Y A	WO 2018/235189 A1 (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORP.) 27 December 2018, paragraphs [0011]-[0097], fig. 1-14 (Family: none)	1 2-4	Y A	WO 2014/033849 A1 (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORP.) 06 March 2014, paragraphs [0016]-[0052], fig. 1-13 & US 2015/0236622 A1, paragraphs [0027]-[0063], fig. 1-13	1 2-4	A	JP 2005-73473 A (HITACHI, LTD.) 17 March 2005, entire text, all drawings (Family: none)	2-4
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
Y A	WO 2018/235189 A1 (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORP.) 27 December 2018, paragraphs [0011]-[0097], fig. 1-14 (Family: none)	1 2-4												
Y A	WO 2014/033849 A1 (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORP.) 06 March 2014, paragraphs [0016]-[0052], fig. 1-13 & US 2015/0236622 A1, paragraphs [0027]-[0063], fig. 1-13	1 2-4												
A	JP 2005-73473 A (HITACHI, LTD.) 17 March 2005, entire text, all drawings (Family: none)	2-4												
<p><input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>														
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“I” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“I” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>										
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“I” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>													
<p>Date of the actual completion of the international search 25 March 2019 (25.03.2019)</p>		<p>Date of mailing of the international search report 02 April 2019 (02.04.2019)</p>												
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan</p>		<p>Authorized officer</p> <p>Telephone No.</p>												

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H02P27/06 (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. H02P27/06			
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 1971-2019年 日本国実用新案登録公報 1996-2019年 日本国登録実用新案公報 1994-2019年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
Y A	WO 2018/235189 A1（東芝三菱電機産業システム株式会社） 2018.12.27, 段落[0011]-[0097]、図1-14（ファミリーなし）	1 2-4	
Y A	WO 2014/033849 A1（東芝三菱電機産業システム株式会社） 2014.03.06, 段落[0016]-[0052]、図1-13 & US 2015/0236622 A1, 段落[0027]-[0063]、図1-13	1 2-4	
A	JP 2005-73473 A（株式会社日立製作所）2005.03.17, 全文, 全図（ファミリーなし）	2-4	
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。	
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 25.03.2019		国際調査報告の発送日 02.04.2019	
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） 樋口 幸太郎	3V 5561
		電話番号 03-3581-1101 内線 3357	