

(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
2023年1月19日(19.01.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/286233 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 27/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/026590

(22) 国際出願日: 2021年7月15日(15.07.2021)

(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:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者:吉田 裕紀(YOSHIDA Yuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 大坪 道夫(OTSUBO

Michio); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

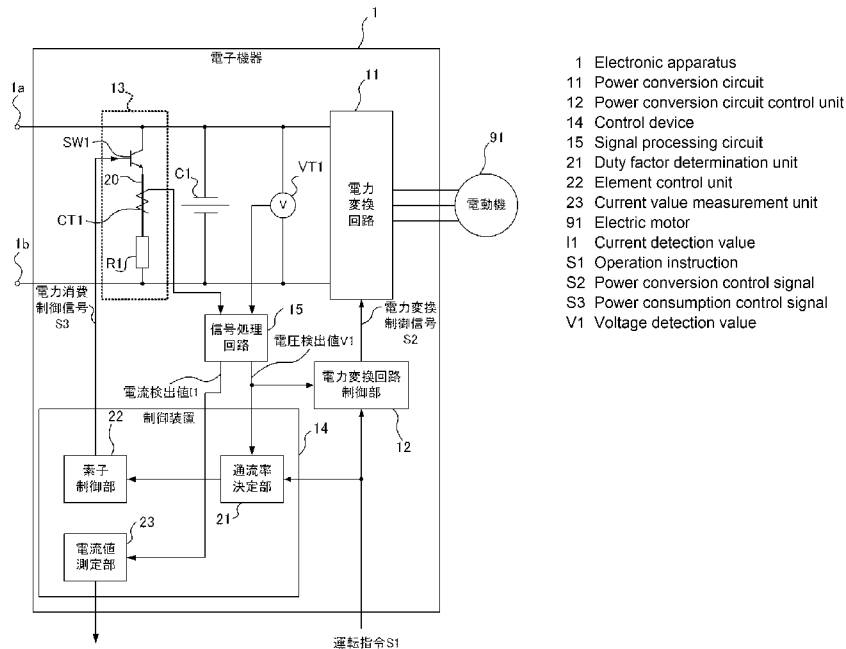
(74) 代理人:木村 満(KIMURA Mitsuru); 〒1010054 東京都千代田区神田錦町二丁目7番地 協販ビル2階 Tokyo (JP).

(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, IT, 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,

(54) Title: CONTROL DEVICE, ELECTRONIC APPARATUS, AND CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 制御装置、電子機器および制御方法

[図1]



(57) Abstract: This control device (14) controls a switching element (SW1) which is connected to a conductor (20) and switches the conductor (20) between conducting and non-conducting states by means of a switching action. The control device (14) includes an element control unit (22) and a current value measurement unit (23). When a target duty factor is a positive number less than 1, the element control unit (22) turns on the switching element (SW1) only for the time determined by the switching period and the duty factor for detection, which is a value of 1 or less that is higher than the

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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))

target duty factor in at least one switching period. The current value measurement unit (23) measures the value of the direct current flowing through the conductor (20), from a current detection value (I1) which is digital data generated by detecting a current sensor signal output by a current sensor (CT1) in each sampling cycle independent of a switching cycle.

(57) 要約: 制御装置 (14) は、導体 (20) に接続され、スイッチング動作によって導体 (20) の導通状態と非導通状態とを切り替えるスイッチング素子 (SW1) を制御する。制御装置 (14) は、素子制御部 (22) と、電流値測定部 (23) と、を備える。素子制御部 (22) は、目標通流率が1未満の正数である場合に、少なくとも1回のスイッチング周期において目標通流率より高い1以下の値である検出用通流率とスイッチング周期とにより定まる時間だけスイッチング素子 (SW1) をオンにする。電流値測定部 (23) は、電流センサ (CT1) が出力する電流センサ信号をスイッチング周期とは独立したサンプリング周期ごとに検出することで生成されたデジタルデータである電流検出値 (I1) から導体 (20) に流れる直流電流の値を測定する。

明 細 書

発明の名称： 制御装置、電子機器および制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、制御装置、電子機器および制御方法に関する。

背景技術

[0002] 直流電力で充電されるコンデンサを備える電子機器には、コンデンサの過電圧を抑制するために、コンデンサを放電する電力消費回路と、電力消費回路を制御する制御部と、を備えるものがある。この種の電子機器の一例が特許文献 1 に開示されている。

[0003] 電子機器の一例として特許文献 1 に開示される電気車駆動装置は、電力消費回路として、直列に接続されたスイッチング素子および抵抗を有する。電気車駆動装置が備える電気車制御装置がスイッチング素子をオンにすると、コンデンサと抵抗が電氣的に接続され、コンデンサが放電される。電気車制御装置は、コンデンサの電圧値に対応付けられた通流率とスイッチング周期とにより定まる時間だけスイッチング素子をオンにする。この結果、コンデンサに印加される電圧の値が目標電圧範囲内に維持される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開 2 0 0 7 - 2 8 2 3 7 9 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述の電子機器が備える制御部には、抵抗での消費電力量、抵抗の温度等を推定するために、スイッチング素子と抵抗とを電氣的に接続する導体に流れる電流の値を測定する機能を有するものがある。導体に取り付けられる電流センサは、導体に流れる直流電流を測定し、アナログデータであるセンサ信号を出力する。制御部は、電流センサが出力するセンサ信号の値をサンプリング周期ごとに検出することで生成されるデジタルデータから導体に流れ

る電流の値を測定する。しかしながら、スイッチング素子の通流率が低い場合、スイッチング素子がオンになっている期間に、サンプリング周期ごとの検出タイミングが含まれないことがある。この場合、導体に流れる電流の値を正確に測定することができない。

[0006] 本開示は上述の事情に鑑みてなされたものであり、導体に流れる電流の値を精度よく測定可能な制御装置、電子機器、および制御方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するために、本開示の制御装置は、導体に接続され、スイッチング動作によって導体の導通状態と非導通状態とを切り替えるスイッチング素子を制御する制御装置であって、素子制御部と、電流値測定部と、を備える。素子制御部は、スイッチング周期に対するスイッチング素子がオンとなる時間の比率を表す通流率の目標値を示す目標通流率が1未満の正数である場合に、少なくとも1回のスイッチング周期において目標通流率より高い1以下の値である検出用通流率とスイッチング周期とにより定まる時間だけスイッチング素子をオンにする。電流値測定部は、導体に流れる直流電流の値を測定する電流センサが出力するアナログデータである電流センサ信号をスイッチング周期とは独立したサンプリング周期ごとに検出することで生成されたデジタルデータである電流検出値から導体に流れる直流電流の値を測定する。

発明の効果

[0008] 本開示の制御装置は、目標通流率が1未満の正数である場合に、少なくとも1回のスイッチング周期において目標通流率より高い1以下の値である検出用通流率とスイッチング周期とにより定まる時間だけスイッチング素子をオンにする。この結果、スイッチング素子がオンになっている期間が長くなり、スイッチング素子がオンになっているタイミングで電流センサ信号が検出されると、導体に流れる直流電流の値を精度よく測定することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態に係る電力変換装置の構成を示すブロック図

[図2]実施の形態に係る電力変換装置のハードウェアの構成を示すブロック図

[図3]実施の形態に係る制御装置が行うスイッチング素子制御の動作の一例を示すフローチャート

[図4]実施の形態における電圧検出値と目標通流率との関係の例を示す図

[図5]実施の形態に係る制御装置の動作を示すタイミングチャートであって、
（A）は電力消費制御信号を示し、（B）は導体に流れる実電流を示し、（C）はサンプリングタイミングを示し、（D）は電流検出値を示すタイミングチャート

[図6]実施の形態に係る電力変換装置の第1変形例の構成を示すブロック図

[図7]実施の形態に係る電力変換装置の第2変形例の構成を示すブロック図

[図8]実施の形態に係る電力変換装置の第3変形例の構成を示すブロック図

[図9]実施の形態に係る制御装置の動作の第1変形例を示すタイミングチャートであって、（A）は電力消費制御信号を示し、（B）は導体に流れる実電流を示し、（C）はサンプリングタイミングを示し、（D）は電流検出値を示すタイミングチャート

[図10]実施の形態に係る制御装置の動作の第2変形例を示すタイミングチャートであって、（A）は電力消費制御信号を示し、（B）は導体に流れる実電流を示し、（C）はサンプリングタイミングを示し、（D）は電流検出値を示すタイミングチャート

[図11]実施の形態に係る電力変換装置のハードウェアの構成の変形例を示すブロック図

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示の実施の形態に係る制御装置、電子機器、および制御方法について図面を参照して詳細に説明する。なお図中、同一または同等の部分には同一の符号を付す。

[0011] 電子機器の一例として、鉄道車両に搭載され、電源から供給される直流電

力を三相交流電力に変換して負荷機器に供給する直流－三相変換装置がある。鉄道車両に搭載される直流－三相変換装置を例にして、実施の形態１に係る電子機器１について説明する。実施の形態１では、図１に示す電子機器１は、直流き電方式の鉄道車両に搭載されている。電子機器１から三相交流電力の供給を受ける電動機９１は、三相交流電力の供給を受けて駆動されて鉄道車両の推進力を生じさせる三相誘導電動機である。詳細には、電動機９１は、駆動されると、継手および歯車等を介して鉄道車両の車軸に動力を与える。

[0012] 電子機器１は、電源に接続される入力端子１ａと、接地される入力端子１ｂと、を備える。電子機器１はさらに、電源から供給された直流電力を三相交流電力に変換し、三相交流電力を電動機９１に供給し、または、発電機として動作する電動機９１から供給される三相交流電力を直流電力に変換し、直流電力を出力する電力変換回路１１と、電力変換回路１１を制御する電力変換回路制御部１２と、を備える。

[0013] 電子機器１はさらに、電力変換回路１１の入力端子１ａ，１ｂに接続される一对の一次端子の間に接続されるコンデンサＣ１と、コンデンサＣ１から供給される電力を消費する電力消費回路１３と、電力消費回路１３を制御する制御装置１４と、を備える。電子機器１はさらに、コンデンサＣ１に並列に接続され、コンデンサＣ１に印加される電圧の値を測定する電圧センサＶＴ１と、電力消費回路１３に流れる電流の値を測定する電流センサＣＴ１と、電圧センサＶＴ１および電流センサＣＴ１の測定値をデジタルデータに変換する信号処理回路１５と、を備える。

[0014] 入力端子１ａは、図示しない接触器、リアクトル等を介して、電源、具体的には、変電所から電力供給線を介して供給される電力を取得する集電装置に電氣的に接続される。例えば、集電装置は、電力供給線の一例である架線を介して電力を取得するパンタグラフ、または、電力供給線の一例である第三軌条を介して電力を取得する集電靴等である。入力端子１ｂは、図示しない接地リング、接地ブラシ、車輪等を介して接地される。

- [0015] 電力変換回路 11 は、例えば、出力される交流電力の実効電圧と周波数とが可変であるインバータで形成される。電力変換回路 11 は、複数のスイッチング素子を有し、各スイッチング素子のスイッチング動作は、電力変換回路制御部 12 によって制御される。各スイッチング素子は、例えば、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor : 絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ) で形成される。
- [0016] 電力変換回路制御部 12 は、図示しない運転台から運転指令 S1 を取得する。運転指令 S1 は、運転台に設けられたマスターコントローラに対する運転員の操作に応じた指令を示す。具体的には、運転指令 S1 は、力行指令、ブレーキ指令、および惰行指令のいずれかを示す。電力変換回路制御部 12 は、運転指令 S1 に応じて電力変換回路 11 の各スイッチング素子を制御する電力変換制御信号 S2 を生成し、出力する。電力変換制御信号 S2 は、例えば、PWM (Pulse Width Modulation : パルス幅変調) 信号である。
- [0017] コンデンサ C1 の一端は、入力端子 1a と電力変換回路 11 の一方の一次端子との接続点に接続される。コンデンサ C1 の他端は、入力端子 1b と電力変換回路 11 の他方の一次端子との接続点に接続される。コンデンサ C1 は、電源から供給される直流電力または電力変換回路 11 が出力する直流電力で充電される。
- [0018] コンデンサ C1 に並列に電圧センサ VT1 が設けられる。電圧センサ VT1 は、例えば、VT (Voltage Transformer : 計器用変圧器) で形成される。電圧センサ VT1 は、コンデンサ C1 に印加される電圧の値を測定し、アナログデータである測定値を示す電圧センサ信号を出力する。
- [0019] 電力消費回路 13 は、コンデンサ C1 に並列に接続される。電力消費回路 13 は、直列に接続されたスイッチング素子 SW1 および抵抗 R1 を有する。スイッチング素子 SW1 は、例えば、IGBT で形成される。スイッチング素子 SW1 は、スイッチング素子 SW1 に電氣的に接続される導体、例えば、スイッチング素子 SW1 のエミッタ端子と抵抗 R1 とを電氣的に接続する導体 20 の導通状態と非導通状態とを切り替える。具体的には、スイッ

ング素子SW1がオンになると導体20が導通状態となり、スイッチング素子SW1がオフになると導体20が非導通状態となる。

[0020] 上述のスイッチング動作によって、スイッチング素子SW1がオンになると、コンデンサC1が抵抗R1に電氣的に接続され、コンデンサC1から供給される電力が抵抗R1で消費される。この結果、コンデンサC1が放電され、コンデンサC1に印可される電圧の値が減少する。スイッチング素子SW1がオフになると、コンデンサC1と抵抗R1とは電氣的に切り離される。

[0021] 電力消費回路13に設けられる電流センサCT1は、例えば、スイッチング素子SW1と抵抗R1とを電氣的に接続するバスバーである導体20に取り付けられるCT (Current Transformer : 変流器) を有する。電流センサCT1は、導体20に流れる電流の値を測定し、アナログデータである測定値を示す電流センサ信号を出力する。

[0022] 信号処理回路15は、電圧センサVT1が出力する電圧センサ信号および電流センサCT1が出力する電流センサ信号をサンプリング周期ごとにサンプリングし、検出値を示すデジタルデータを出力する。詳細には、信号処理回路15は、電圧センサVT1が出力する電圧センサ信号が示す測定値をサンプリング周期ごとに検出し、コンデンサC1に印加される電圧の値を示すデジタルデータである電圧検出値V1を生成し、電力変換回路制御部12および制御装置14に出力する。信号処理回路15は、電流センサCT1が出力する電流センサ信号が示す測定値をサンプリング周期ごとに検出し、導体20に流れる直流電流の値を示すデジタルデータである電流検出値I1を生成し、制御装置14に出力する。

[0023] 制御装置14は、スイッチング素子SW1の通流率の目標値を示す目標通流率を決定する通流率決定部21と、目標通流率とスイッチング周期とにより定まるオン時間だけスイッチング素子SW1をオンにする電力消費制御信号S3を生成する素子制御部22と、電流検出値I1から導体20に流れる電流の値を測定する電流値測定部23と、を備える。

[0024] 制御装置 14 の各部について以下に説明する。

通流率決定部 21 は、運転台から運転指令 S1 を取得する。通流率決定部 21 は、運転指令 S1 がブレーキ指令を含む場合に、コンデンサ C1 に印加される電圧の値に応じて目標通流率を決定し、出力する。スイッチング素子 SW1 の通流率は、0 以上かつ 1 以下の値であって、スイッチング素子 SW1 のスイッチング周期に対するスイッチング素子 SW1 がオンとなる時間の比率を表す。

[0025] 素子制御部 22 は、通流率決定部 21 から目標通流率を取得し、目標通流率とスイッチング周期とにより定まるオン時間だけスイッチング素子 SW1 をオンにする。具体的には、素子制御部 22 は、図示しない発振器から出力される基準信号に基づき、基準信号の周期によって決定されるスイッチング周期の内、目標通流率とスイッチング周期とにより定まるオン時間だけオンになる PWM 信号である電力消費制御信号 S3 を生成する。オン時間は、スイッチング周期に目標通流率を乗算して得られる値である。そして、素子制御部 22 は、スイッチング素子 SW1 に電力消費制御信号 S3 を出力する。

[0026] 素子制御部 22 は、目標通流率が 1 未満の正数である場合に、少なくとも 1 回のスイッチング周期において目標通流率より高い 1 以下の値である検出用通流率とスイッチング周期とにより定まるオン時間だけオンになる電力消費制御信号 S3 を生成する。例えば、素子制御部 22 は、検出用通流率として、目標通流率に 1 以上の係数を乗算して得られる値および 1 の内、低い値を用いる。

[0027] 電流値測定部 23 は、電流検出値 I1 から、導体 20 に流れる電流の値を測定する。詳細には、電流値測定部 23 は、電流検出値 I1 に、電流センサ CT1 が有する CT の巻線比を乗算し、乗算結果を導体 20 に流れる電流の測定値とする。そして、電流値測定部 23 は、測定した導体 20 に流れる電流の値を、例えば、導体 20 に流れる電流の値が過電流であるか否かを監視する監視装置、例えば、列車情報管理システムに出力する。

[0028] 上記構成を有する制御装置 14 は、図 2 に示すように、処理回路 71 で実

現される。処理回路 7 1 は、インターフェース回路 7 2 を介して、信号処理回路 1 5、図 2 に示さない運転台、電力消費回路 1 3 のスイッチング素子 S W 1 等に接続される。処理回路 7 1 が専用のハードウェアである場合、処理回路 7 1 は、例えば、単回路、複合回路、プロセッサ、A S I C (Application Specific Integrated Circuit)、F P G A (Field Programmable Gate Array)、またはこれらを組み合わせたものである。制御装置 1 4 の各部が個別の処理回路 7 1 で実現されてもよいし、制御装置 1 4 の各部は共通の処理回路 7 1 で実現されてもよい。

[0029] 上記構成を有する電子機器 1 の動作について以下に説明する。

運転指令 S 1 が力行指令を含む場合、図 1 に示す電子機器 1 は、入力端子 1 a、1 b を介して供給される直流電力を三相交流電力に変換し、三相交流電力を電動機 9 1 に供給する。電動機 9 1 は、三相交流電力の供給を受けて駆動され、鉄道車両の推進力を生じさせる。

[0030] 詳細には、運転指令 S 1 が力行指令を含む場合、電力変換回路制御部 1 2 は図示しない電流センサで測定された電動機 9 1 に流れる相電流の値を取得し、力行指令が示す鉄道車両の加速度の目標値および相電流の値に応じて、電動機 9 1 のトルクの目標値である目標トルクを決定する。そして、電力変換回路制御部 1 2 は、目標トルクを得るための電力変換回路 1 1 の出力電圧の目標値を示す電圧指令値を決定する。そして、電力変換回路制御部 1 2 は、電圧指令値に応じて電力変換回路 1 1 が有する各スイッチング素子のスイッチング動作を制御する電力変換制御信号 S 2 を生成し、出力する。

[0031] 電力変換制御信号 S 2 が電力変換回路 1 1 の各スイッチング素子のゲート信号に供給されると、各スイッチング素子がスイッチング動作を行う。この結果、電力変換回路 1 1 は、直流電力を三相交流電力に変換し、三相交流電力を電動機 9 1 に供給する。

[0032] 運転指令 S 1 がブレーキ指令を含む場合、発電機として動作する電動機 9 1 は、三相交流電力を電子機器 1 に供給する。電子機器 1 は、電動機 9 1 から供給される三相交流電力を直流電力に変換し、集電装置および電力供給線

を介して、電子機器 1 が搭載されている鉄道車両の近隣を走行している他の鉄道車両に直流電力を供給する。電動機 9 1 で生じた三相交流電力を他の鉄道車両に供給して消費することで、鉄道車両を減速させる回生ブレーキ力が生じる。

[0033] 詳細には、運転指令 S 1 がブレーキ指令を含む場合、電力変換回路制御部 1 2 は、信号処理回路 1 5 から電圧検出値 V 1 を取得し、図示しない電流センサで測定された電動機 9 1 から電力変換回路 1 1 に流れる相電流の値を取得する。そして、電力変換回路制御部 1 2 は、電圧検出値 V 1 および電動機 9 1 から電力変換回路 1 1 に流れる相電流の値に応じて、電力変換回路 1 1 の出力電圧の目標値を示す電圧指令値を決定する。

[0034] 電力変換回路 1 1 の出力電圧の目標値は、例えば、架線電圧より高い電圧範囲であって、回生ブレーキが利用可能となる電圧の範囲を示す目標電圧範囲に含まれる値である。そして、電力変換回路制御部 1 2 は、電圧指令値に応じて電力変換回路 1 1 が有する各スイッチング素子のスイッチング動作を制御する電力変換制御信号 S 2 を生成し、出力する。

[0035] 電力変換制御信号 S 2 が電力変換回路 1 1 の各スイッチング素子のゲート信号に供給されると、各スイッチング素子がスイッチング動作を行う。この結果、電力変換回路 1 1 は、電動機 9 1 から供給される三相交流電力を直流電力に変換し、直流電力でコンデンサ C 1 を充電する。

[0036] 電子機器 1 が搭載されている鉄道車両の近隣に加速中の他の鉄道車両が位置していれば、上述のように、電動機 9 1 で生じた電力が他の鉄道車両に供給されて消費され、鉄道車両を減速させる回生ブレーキ力が生じる。

[0037] 電子機器 1 が搭載されている鉄道車両の近隣に加速中の他の鉄道車両が位置していない場合、電動機 9 1 で生じた電力が消費されないため、回生ブレーキ力が生じない。電動機 9 1 で生じた電力が消費されない場合、コンデンサ C 1 の電圧値が上昇する。そこで、制御装置 1 4 は、電力消費回路 1 3 によってコンデンサ C 1 を介して電動機 9 1 から供給される電力を消費させる。この結果、発電ブレーキ力が生じる。制御装置 1 4 は、電力消費回路 1 3

によって電力が消費されている間に、導体20に流れる電流の値を測定する。制御装置14が行う上記の動作について、図3を用いて説明する。

[0038] 制御装置14は、運転指令S1を取得すると、図3に示す動作を開始する。運転指令S1がブレーキ指令を含まない場合は（ステップS11；No）、ステップS11の処理が繰り返される。運転指令S1がブレーキ指令を含む場合（ステップS11；Yes）、通流率決定部21は、電圧検出値V1に応じて、スイッチング素子SW1の通流率の目標値を示す目標通流率を決定する（ステップS12）。

[0039] 詳細には、通流率決定部21は、例えば、図4に示すように、予め定められた電圧検出値V1と目標通流率との関係から、目標通流率を決定する。例えば、通流率決定部21は、電圧検出値V1が閾値電圧値V_{th1}以下である場合、目標通流率を0に設定する。通流率決定部21は、電圧検出値V1が閾値電圧値V_{th1}より大きく、電圧値V_{th2}未満である場合、目標通流率を、電圧検出値V1に対して正の相関関係を有した状態で、電圧検出値V1の変化に応じて線形的に増加させる。閾値電圧値V_{th1}は、コンデンサC1の放電が必要となる場合のコンデンサC1の電圧値である。例えば、電圧検出値V1 = V_aである場合、通流率決定部21は、目標通流率を α 1とする。通流率決定部21は、電圧検出値V1が電圧値V_{th2}以上になると、目標通流率を1に設定する。そして、通流率決定部21は、上述のように決定した目標通流率を素子制御部22に送る。

[0040] 目標通流率が1未満の正数でない場合（図3ステップS13；No）、換言すれば、目標通流率が0または1である場合、素子制御部22は、ステップS12で決定された目標通流率に基づく電力消費制御信号S3を生成し、出力する（ステップS14）。詳細には、素子制御部22は、目標通流率とスイッチング周期とにより定まるオン時間だけオンになる電力消費制御信号S3を出力する。この結果、スイッチング素子SW1は、各スイッチング周期において、目標通流率とスイッチング周期とにより定まるオン時間だけオンになる。

- [0041] 目標通流率が1未満の正数である場合（ステップS13；Yes）、素子制御部22は、少なくとも1回のスイッチング周期において目標通流率より高い1以下の値である検出用通流率に基づく電力消費制御信号S3を生成し、出力する（ステップS15）。詳細には、素子制御部22は、少なくとも1回のスイッチング周期において検出用通流率とスイッチング周期とにより定まるオン時間だけオンになる電力消費制御信号S3を出力する。この結果、スイッチング素子SW1は、少なくとも1回のスイッチング周期において、検出用通流率とスイッチング周期とにより定まるオン時間だけオンになる。換言すれば、少なくとも1回のスイッチング周期において、スイッチング素子SW1のオン時間は、目標通流率とスイッチング周期とにより定まるオン時間より長くなる。
- [0042] ステップS14、S15の後、電流値測定部23は、電流検出値I1に応じて導体20に流れる電流の値を測定する（ステップS16）。その後、ステップS11から上述の処理が繰り返される。
- [0043] ステップS13～S16の処理の詳細について図5を用いて説明する。電圧検出値V1が閾値電圧値V_{th1}より高い電圧値V_aになる時刻をT1とする。例えば、時刻T1から、導体20に流れる電流の値を測定するための測定期間が開始され、測定期間は時刻T2において終了するものとする。図示しないが、測定期間は、時刻T2以降も繰り返される。測定期間は、複数のスイッチング周期を含むものとする。電圧検出値V1がV_aである場合の通流率を図4に示すように α_1 とする。図5に示す時刻T1において、通流率決定部21は目標通流率を α_1 に設定する。
- [0044] 図5（A）に示すように、素子制御部22は、測定期間の最初のスイッチング周期において目標通流率 α_1 より高い検出用通流率 α_2 に応じた時間だけオンになり、後続のスイッチング周期において目標通流率 α_1 に応じた時間だけオンになる電力消費制御信号S3を生成する。具体的には、スイッチング周期を τ_1 とすると、最初のスイッチング周期において、電力消費制御信号S3が示すオン時間は検出用通流率 α_2 にスイッチング周期 τ_1 を乗算

して得られる値 $\alpha 2 \cdot \tau 1$ となる。後続のスイッチング周期において、電力消費制御信号 S 3 が示すオン時間は目標通流率 $\alpha 1$ にスイッチング周期 $\tau 1$ を乗算して得られる値 $\alpha 1 \cdot \tau 1$ となる。

[0045] 電力消費制御信号 S 3 がスイッチング素子 SW 1 のゲート端子に供給されると、スイッチング素子 SW 1 がスイッチング動作を行う。具体的には、電力消費制御信号 S 3 がオンを示すと、スイッチング素子 SW 1 がオンになる。スイッチング素子 SW 1 がオンになると、抵抗 R 1 がコンデンサ C 1 に電氣的に接続され、導体 20 および抵抗 R 1 に電流が流れる。電力消費制御信号 S 3 がオフを示すと、スイッチング素子 SW 1 はオフとなる。スイッチング素子 SW 1 がオフになると、抵抗 R 1 とコンデンサ C 1 とは電氣的に切り離され、導体 20 および抵抗 R 1 に電流は流れない。

[0046] 図 5 (A) に示す電力消費制御信号 S 3 に従ってスイッチング素子 SW 1 がスイッチング動作を行うと、図 5 (B) に示すように、導体 20 および抵抗 R 1 に直流電流が流れる。図 5 (B) は、導体 20 に流れる実電流の例を示す。例えば、スイッチング素子 SW 1 がオンの場合に、導体 20 に流れる電流の値を I_a とする。

[0047] 信号処理回路 15 が電流センサ信号が示す測定値を検出する周期であるサンプリング周期 $\tau 2$ は、スイッチング周期とは独立したクロックに基づいて決定される。図 5 (C) に示すように、測定期間に含まれる最初のスイッチング周期において、検出用通流率 $\alpha 2$ にスイッチング周期 $\tau 1$ を乗算して得られる値 $\alpha 2 \cdot \tau 1$ で表されるスイッチング素子 SW 1 がオンになる期間に、サンプリング周期 $\tau 2$ ごとの検出タイミングであるサンプリングタイミングが含まれる。

[0048] この結果、図 5 (D) に示すように、信号処理回路 15 は、導体 20 を流れる電流の検出値である電流検出値 I_1 として、電流値 I_a を出力する。

[0049] スwitchング素子 SW 1 がオフになると、導体 20 に流れる電流の値は徐々に減少する。図 5 (C) に示す 6 番目のサンプリングタイミングは、図 5 (A) に示すオン時間に含まれていないが、6 番目のサンプリングタイミン

グにおいて、上述のように徐々に減少している導体 20 に流れる電流の値が検出される。詳細には、図 5 (C) に示す 6 番目のサンプリングタイミングにおいて、信号処理回路 15 は、導体 20 を流れる電流の検出値である電流検出値 I_1 として、図 5 (D) に示すように、電流値 I_a より小さい電流値 $I_{a'}$ を出力する。

[0050] 電流値測定部 23 は、測定期間における電流検出値 I_1 の最大値から、導体 20 に流れる電流の値を測定する。図 5 (D) に示すように、電流検出値 I_1 の最大値は電流値 I_a である。このため、電流値測定部 23 は、電流値 I_a に電流センサ CT1 が有する CT の巻線比を乗算した結果を導体 20 に流れる電流の値として出力する。時刻 T_2 以降も、コンデンサ C1 の電圧、すなわち、電圧検出値 V_1 が閾値電圧値 V_{th1} より高い間は、測定期間が繰り返され、上述の処理が繰り返される。

[0051] 以上説明した通り、実施の形態に係る制御装置によれば、目標通流率が 1 未満の正数である場合に、少なくとも 1 回のスイッチング周期において目標通流率より高い 1 以下の値である検出用通流率とスイッチング周期とにより定まるオン時間だけスイッチング素子 SW1 をオンにする。この結果、スイッチング素子 SW1 がオンになる期間が目標通流率とスイッチング周期とにより定まるオン時間より長くなる。これにより、スイッチング素子 SW1 がオンになっているタイミングで電流センサ CT1 が出力する電流センサ信号が検出されると、導体 20 に流れる電流の値を精度よく測定することが可能となる。

[0052] 本開示の実施の形態は、上述の例に限られない。実施の形態に係る制御装置 14 は、測定した電流の値を外部の監視装置に出力しているが、制御装置 14 は、測定した電流の値に応じてスイッチング素子 SW1 を制御してもよい。一例として、図 6 に示す電子機器 1 は、抵抗 R1 の温度を推定する制御装置 16 を備える。制御装置 16 は、制御装置 14 の構成に加えて、電流値測定部 23 で測定された電流の値から抵抗 R1 の温度を推定する温度推定部 24 をさらに備える。制御装置 16 のハードウェア構成は、制御装置 14 と

同様である。

[0053] 温度推定部 24 は、信号処理回路 15 から電圧検出値 V_1 を取得し、電流値測定部 23 から測定された電流の値を取得する。上述の取得値に応じて、温度推定部 24 は、抵抗 R_1 の温度を推定する。温度推定部 24 は、抵抗 R_1 の温度の推定値を素子制御部 22 に送る。

[0054] 具体的には、温度推定部 24 は、下記 (1) 式に基づいて、抵抗 R_1 の温度を推定する。下記 (1) 式において、 T_1 は抵抗 R_1 の温度を示し、 T_0 は抵抗 R_1 に電流が流れていない場合の抵抗 R_1 の温度である初期温度を示し、 ΔT は、電流が流れることによる抵抗 R_1 の温度上昇値であって、下記 (2) 式で表される。下記 (2) 式において、 k は定められた温度係数を示し、 V_1 は電圧検出値を示し、 I_d は電流値測定部 23 で測定された電流の値を示す。温度推定部 24 は、予め定められた温度上昇曲線によって決定される消費電力量に対する抵抗 R_1 の温度上昇量を示す温度係数 k および初期温度 T_0 についての情報を予め保持している。

$$T_1 = T_0 + \Delta T \quad \cdots (1)$$

$$\Delta T = k \cdot V_1 \cdot I_d \quad \cdots (2)$$

[0055] 素子制御部 22 は、温度推定部 24 から取得した抵抗 R_1 の温度の推定値が閾値温度以上となると、通流率決定部 21 で決定された目標通流率より低い通流率でスイッチング素子 SW_1 を制御する。例えば、素子制御部 22 は、温度推定部 24 から取得した抵抗 R_1 の温度の推定値が閾値温度以上となると、目標通流率を 0 として、電力消費制御信号 S_3 を生成し、出力する。

[0056] 閾値温度は、抵抗 R_1 を形成する素子が耐え得る温度範囲に応じて定められればよい。例えば、閾値温度は、抵抗 R_1 を形成する素子が耐え得る温度の上限値に 0.8 を乗算した値とすればよい。上述のように素子制御部 22 がスイッチング素子 SW_1 を制御することで、抵抗 R_1 の温度が過度に上昇することが抑制される。

[0057] 他の一例として、図 7 に示す電子機器 1 は、抵抗 R_1 の消費電力量を推定する制御装置 17 を備える。制御装置 17 は、制御装置 14 の構成に加えて

、電流値測定部 23 で測定された電流の値から抵抗 R1 における消費電力量を推定する消費電力量推定部 25 をさらに備える。制御装置 17 のハードウェア構成は、制御装置 14 と同様である。

[0058] 消費電力量推定部 25 は、信号処理回路 15 から電圧検出値 V1 を取得し、電流値測定部 23 から測定された電流の値を取得し、素子制御部 22 からスイッチング素子 SW1 がオンとなっている時間を取得する。上述の取得値に応じて、消費電力量推定部 25 は、測定期間における抵抗 R1 の消費電力量を推定する。そして、消費電力量推定部 25 は、推定した消費電力量を素子制御部 22 に送る。

[0059] 具体的には、消費電力量推定部 25 は、下記 (3) 式に基づいて、測定期間における抵抗 R1 の消費電力量を算出する。下記 (3) 式において、W1 は抵抗 R1 の消費電力を示し、V1 は電圧検出値を示し、I_d は電流値測定部 23 で測定された電流の値を示し、t1 は、測定期間におけるオン時間の合計を示す。

$$W1 = V1 \cdot I_d \cdot t1 \quad \dots (3)$$

[0060] 素子制御部 22 は、消費電力量推定部 25 から取得した抵抗 R1 の消費電力量が閾値電力量以上となると、通流率決定部 21 で決定された目標通流率より低い通流率でスイッチング素子 SW1 を制御する。例えば、素子制御部 22 は、消費電力量推定部 25 から取得した抵抗 R1 の消費電力量が閾値電力量以上となると、目標通流率を 0 として、目標通流率とスイッチング周期とにより定まるオン時間だけオンになる電力消費制御信号 S3 を生成し、出力する。

[0061] 上記 (2) 式に示すように、抵抗 R1 の温度は、電圧検出値 V1 と電流値測定部 23 で測定された電流の値 I_d との乗算結果に比例して上昇する。換言すれば、抵抗 R1 の温度は、消費電力量に比例して上昇するため、閾値電力量は、抵抗 R1 を形成する素子が耐え得る温度範囲に応じて定められればよい。例えば、閾値電力量は、抵抗 R1 を形成する素子が耐え得る温度上昇量を温度係数 k で除算した値に 0.8 を乗算した値とすればよい。上述のよ

うに素子制御部 22 がスイッチング素子 SW 1 を制御することで、抵抗 R 1 の消費電力量が増大し、抵抗 R 1 の温度が過度に上昇することが抑制される。

[0062] 上述の例では、消費電力量推定部 25 は、測定期間における抵抗 R 1 の消費電力量を推定するが、消費電力量推定部 25 は、測定期間と異なる期間における抵抗 R 1 の消費電力量を推定してもよい。例えば、消費電力量推定部 25 は、測定期間を含む期間であって、消費電力量を推定するための期間である推定期間において、抵抗 R 1 の消費電力量を推定してもよい。

[0063] 他の一例として、図 8 に示す電子機器 1 は、抵抗 R 1 の温度を推定し、抵抗 R 1 における消費電力量を推定する制御装置 18 を備える。制御装置 18 は、上述の温度推定部 24 および消費電力量推定部 25 を両方とも備える。制御装置 18 のハードウェア構成は、制御装置 14 と同様である。素子制御部 22 は、温度推定部 24 から取得した抵抗 R 1 の温度の推定値が閾値温度以上となる場合、または、消費電力量推定部 25 から取得した消費電力量が閾値電力量以上となる場合に、通流率決定部 21 で決定された目標通流率より低い通流率でスイッチング素子 SW 1 を制御する。詳細には、素子制御部 22 は、抵抗 R 1 の温度の推定値が閾値温度以上となる場合、または、消費電力量の推定値が閾値電力量以上となる場合に、目標通流率より低い通流率とスイッチング周期とにより定まるオン時間だけオンになる電力消費制御信号 S 3 を生成し、出力する。

[0064] 通流率決定部 21 は、制御装置 14, 16 - 18 とは独立した装置として設けられてもよい。この場合、制御装置 14, 16 - 18 は、通流率決定部 21 から取得した目標通流率に応じて上述の制御を行えばよい。

[0065] 素子制御部 22 によるスイッチング素子 SW 1 の通流率の調節は上述の例に限られない。一例として、図 9 に示すように、素子制御部 22 は、連続するスイッチング周期のそれぞれにおいて、検出用通流率に応じてスイッチング素子 SW 1 を制御してもよい。図 9 の見方は、図 5 と同様である。

[0066] 図 9 (A) に示すように、素子制御部 22 は、測定期間に含まれる連続す

る複数のスイッチング周期、具体的には、連続する3つのスイッチング周期において目標通流率 $\alpha 1$ より高い検出用通流率 $\alpha 3$ とスイッチング周期とにより定まる時間だけオンになり、後続のスイッチング周期において目標通流率 $\alpha 1$ とスイッチング周期とにより定まる時間だけオンになる電力消費制御信号 $S 3$ を生成する。例えば、スイッチング周期を $\tau 1$ とすると、連続する3つのスイッチング周期において、電力消費制御信号 $S 3$ が示すオン時間は、検出用通流率 $\alpha 3$ にスイッチング周期 $\tau 1$ を乗算して得られる値 $\alpha 3 \cdot \tau 1$ となる。後続のスイッチング周期において、電力消費制御信号 $S 3$ が示すオン時間は、目標通流率 $\alpha 1$ にスイッチング周期 $\tau 1$ を乗算して得られる値 $\alpha 1 \cdot \tau 1$ となる。

[0067] 図9 (A) に示す電力消費制御信号 $S 3$ がスイッチング素子 $SW 1$ のゲート端子に供給されると、スイッチング素子 $SW 1$ がスイッチング動作を行う。この結果、図9 (B) に示すように、導体 $2 0$ および抵抗 $R 1$ に直流電流が流れる。図9 (B) は、導体 $2 0$ に流れる実電流の例を示す。例えば、スイッチング素子 $SW 1$ がオンの場合に、導体 $2 0$ に流れる電流の値を $I a$ とする。

[0068] 図9 (C) に示すように、サンプリング周期 $\tau 2$ は、スイッチング周期とは独立したクロックに基づいて決定される。測定期間に含まれる複数のスイッチング周期において、検出用通流率 $\alpha 3$ にスイッチング周期 $\tau 1$ を乗算して得られる値 $\alpha 3 \cdot \tau 1$ の時間だけスイッチング素子 $SW 1$ がオンになる複数のスイッチング周期の内、3番目のスイッチング周期においては、スイッチング素子 $SW 1$ がオンになる期間にサンプリング周期ごとの検出タイミングであるサンプリングタイミングが含まれる。

[0069] この結果、図9 (D) に示すように、信号処理回路 $1 5$ は、導体 $2 0$ を流れる電流の検出値である電流検出値 $I 1$ として、電流値 $I a$ を出力する。

[0070] 電流値測定部 $2 3$ は、測定期間における電流検出値 $I 1$ の最大値に応じて、導体 $2 0$ に流れる電流の値を測定する。図9 (D) に示すように、測定期間における電流検出値 $I 1$ の最大値は電流値 $I a$ である。このため、電流値

測定部 23 は、電流値 I_a に電流センサ CT1 を形成する CT の巻線比を乗算した結果を導体 20 に流れる電流の値として出力する。

[0071] 他の一例として、図 10 に示すように、素子制御部 22 は、互いに間隔が空いている複数のスイッチング周期のそれぞれにおいて、検出用通流率に応じてスイッチング素子 SW1 を制御してもよい。図 10 の見方は、図 5 と同様である。

[0072] 図 10 (A) に示すように、素子制御部 22 は、測定期間に含まれる互いに間隔が空いている複数のスイッチング周期、具体的には、最初のスイッチング周期および 3 番目のスイッチング周期において目標通流率 α_1 より高い検出用通流率 α_4 とスイッチング周期とにより定まる時間だけオンになり、その他のスイッチング周期において目標通流率 α_1 とスイッチング周期とにより定まる時間だけオンになる電力消費制御信号 S3 を生成する。例えば、スイッチング周期を τ_1 とすると、最初のスイッチング周期および 3 番目のスイッチング周期において、電力消費制御信号 S3 が示すオン時間は、検出用通流率 α_4 にスイッチング周期 τ_1 を乗算して得られる値 $\alpha_4 \cdot \tau_1$ となる。その他のスイッチング周期において、電力消費制御信号 S3 が示すオン時間は、目標通流率 α_1 にスイッチング周期 τ_1 を乗算して得られる値 $\alpha_1 \cdot \tau_1$ となる。

[0073] 図 10 (A) に示す電力消費制御信号 S3 がスイッチング素子 SW1 のゲート端子に供給されると、スイッチング素子 SW1 がスイッチング動作を行う。この結果、図 10 (B) に示すように、導体 20 に電流が流れる。図 10 (B) は導体 20 に流れる実電流の例を示す。例えば、スイッチング素子 SW1 がオンの場合に、導体 20 に流れる電流の値を I_a とする。

[0074] 図 10 (C) に示すように、サンプリング周期 τ_2 は、スイッチング周期とは独立したクロックに基づいて決定される。検出用通流率 α_4 にスイッチング周期 τ_1 を乗算して得られる値 $\alpha_4 \cdot \tau_1$ の時間だけスイッチング素子 SW1 がオンになる複数のスイッチング周期の内、3 番目のスイッチング周期においては、スイッチング素子 SW1 がオンになる期間にサンプリング周

期ごとの検出タイミングであるサンプリングタイミングが含まれる。

[0075] この結果、図10(D)に示すように、信号処理回路15は、導体20を流れる電流の検出値である電流検出値I1として、電流値Iaを出力する。

[0076] 電流値測定部23は、測定期間における電流検出値I1の最大値に応じて、導体20に流れる電流の値を測定する。図10(D)に示すように、測定値における電流検出値I1の最大値は電流値Iaである。このため、電流値測定部23は、電流値Iaに電流センサCT1を形成するCTの巻線比を乗算した結果を導体20に流れる電流の値として出力する。

[0077] 素子制御部22は、目標通流率が閾値通流率以下の場合にのみ、上述のように通流率を調節してもよい。具体的には、素子制御部22は、目標通流率が閾値通流率より高い場合は、目標通流率に基づく電力消費制御信号S3を生成し、目標通流率が閾値通流率以下である場合は、検出用通流率に基づく電力消費制御信号S3を生成してもよい。閾値通流率は、スイッチング周期およびサンプリング周期に応じて定められればよい。

[0078] 例えば、サンプリング周期がスイッチング周期より長い場合、スイッチング素子SW1のオン時間がサンプリング周期の $1/2$ になる場合のスイッチング素子SW1の通流率を閾値通流率としてもよい。この場合、素子制御部22は、閾値通流率より高い固定値を検出用通流率として用いてもよい。

[0079] 例えば、サンプリング周期がスイッチング周期以下の長さである場合、素子制御部22は、スイッチング素子SW1のオン時間がサンプリング周期に一致する場合のスイッチング素子SW1の通流率を閾値通流率として用いてもよい。この場合、素子制御部22は、閾値通流率と同じ値を検出用通流率として用いてもよい。換言すれば、この場合の検出用通流率は、スイッチング素子SW1のオン時間がサンプリング周期に一致する場合のスイッチング素子SW1の通流率に一致する。

[0080] 上記のハードウェア構成およびフローチャートは一例であり、任意に変更および修正が可能である。

[0081] 制御装置14, 16, 17, 18の機能は、ソフトウェアで実現されても

よい。図 11 に示す制御装置 14, 16, 17, 18 は、プロセッサ 81 と、メモリ 82 と、インターフェース 83 と、を備える。プロセッサ 81、メモリ 82、およびインターフェース 83 は互いにバス 80 で接続されている。

[0082] 制御装置 14, 16, 17, 18 の機能は、ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェアおよびファームウェアはプログラムとして記述され、メモリ 82 に格納される。プロセッサ 81 が、メモリ 82 に記憶されたプログラムを読み出して実行することにより、上述の各部の機能が実現される。すなわち、メモリ 82 には、制御装置 14, 16, 17, 18 の処理を実行するためのプログラムが格納される。

[0083] メモリ 82 は、例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read-Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM (Electrically Erasable and Programmable Read-Only Memory) 等の不揮発性または揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、DVD (Digital Versatile Disc) 等を含む。

[0084] 制御装置 14, 16, 17, 18 の各機能の一部が専用のハードウェアで実現され、他の一部がソフトウェアまたはファームウェアで実現されてもよい。例えば、制御装置 14 の場合、素子制御部 22 は図 2 に示す処理回路 71 で実現され、通流率決定部 21 および電流値測定部 23 は図 11 に示すプロセッサ 81 がメモリ 82 に格納されたプログラムを読み出して実行することで実現されてもよい。

[0085] 制御装置 14, 16, 17, 18 による電流値の測定対象は、上述の例に限られず、スイッチング素子のスイッチング動作によって導通状態と非導通状態とが切り替わる任意の導体であればよい。

[0086] 電力変換回路 11 は、上述の例に限られず、例えば、DC (Direct Current) - DC コンバータでもよいし、3 レベルインバータでもよい。

- [0087] コンデンサC 1は、複数のコンデンサで形成されるコンデンサユニットでもよい。この場合、通流率決定部2 1は、コンデンサユニットの端子間の電圧に応じて、目標通流率を決定すればよい。
- [0088] 電力消費回路1 3の構成は、上述の例に限られない。電力消費回路1 3は、複数の抵抗R 1と、それぞれが対応する抵抗に接続される複数のスイッチング素子SW 1と、を有してもよい。この場合、素子制御部2 2は、電力消費回路1 3が有する各スイッチング素子SW 1に電力消費制御信号S 3を供給する。例えば、電力消費回路1 3が有する複数の抵抗R 1のいずれかの温度の推定値が閾値温度より高い場合、素子制御部2 2は、温度の推定値が閾値温度より高い抵抗R 1に接続されるスイッチング素子SW 1をオフにし、他の抵抗R 1に接続されているスイッチング素子SW 1をオンにしてもよい。
- [0089] 電子機器1は、電力変換装置に限られず、コンデンサC 1と電力消費回路1 3とを備える任意の電子機器である。
- [0090] 電子機器1が搭載される鉄道車両は、電気ブレーキ力として、回生ブレーキ力を用いずに、発電ブレーキ力のみを用いてもよい。
- [0091] 電子機器1は、直流き電方式の鉄道車両に限られず、交流き電方式の鉄道車両に搭載されてもよい。この場合、電子機器1は、集電装置から、変圧器およびコンバータを介して供給される直流電力を三相交流電力に変換し、三相交流電力を電動機9 1に供給すればよい。
- [0092] 電子機器1は、鉄道車両に限られず、自動車、船舶、飛行機等の移動体に搭載されてもよい。あるいは、電子機器1は、屋内または屋外に設置されてもよい。
- [0093] 本開示は、本開示の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、この開示を説明するためのものであり、本開示の範囲を限定するものではない。すなわち、本開示の範囲は、実施の形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。そして、特許請求の範囲内及びそれと同等の開示の意義の範囲

内で施される様々な変形が、この開示の範囲内とみなされる。

符号の説明

[0094] 1 電子機器、1 a, 1 b 入力端子、1 1 電力変換回路、1 2 電力変換回路制御部、1 3 電力消費回路、1 4, 1 6, 1 7, 1 8 制御装置、1 5 信号処理回路、2 0 導体、2 1 通流率決定部、2 2 素子制御部、2 3 電流値測定部、2 4 温度推定部、2 5 消費電力量推定部、7 1 処理回路、7 2 インターフェース回路、8 0 バス、8 1 プロセッサ、8 2 メモリ、8 3 インターフェース、9 1 電動機、C 1 コンデンサ、C T 1 電流センサ、I 1 電流検出値、R 1 抵抗、S 1 運転指令、S 2 電力変換制御信号、S 3 電力消費制御信号、S W 1 スイッチング素子、V 1 電圧検出値、V T 1 電圧センサ。

請求の範囲

- [請求項1] 導体に接続され、スイッチング動作によって前記導体の導通状態と非導通状態とを切り替えるスイッチング素子を制御する制御装置であって、
- スイッチング周期に対する前記スイッチング素子がオンとなる時間の比率を表す通流率の目標値を示す目標通流率が1未満の正数である場合に、少なくとも1回の前記スイッチング周期において前記目標通流率より高い1以下の値である検出用通流率と前記スイッチング周期とにより定まる時間だけ前記スイッチング素子をオンにする素子制御部と、
- 前記導体に流れる直流電流の値を測定する電流センサが出力するアナログデータである電流センサ信号を前記スイッチング周期とは独立したサンプリング周期ごとに検出することで生成されたデジタルデータである電流検出値から前記導体に流れる直流電流の値を測定する電流値測定部と、
- を備える制御装置。
- [請求項2] 前記電流値測定部は、前記直流電流の値を測定するための期間であって複数の前記スイッチング周期を含む測定期間における前記電流検出値の最大値から、前記導体に流れる直流電流の値を測定する、
- 請求項1に記載の制御装置。
- [請求項3] 前記素子制御部は、前記測定期間に含まれる最初の前記スイッチング周期において、前記検出用通流率と前記スイッチング周期とにより定まる時間だけ前記スイッチング素子をオンにし、前記測定期間に含まれる他の前記スイッチング周期において、前記目標通流率と前記スイッチング周期とにより定まる時間だけ前記スイッチング素子をオンにする、
- 請求項2に記載の制御装置。
- [請求項4] 前記素子制御部は、前記測定期間に含まれる連続する複数の前記ス

スイッチング周期のそれぞれにおいて、前記検出用通流率と前記スイッチング周期とにより定まる時間だけ前記スイッチング素子をオンにし、前記測定期間に含まれる他の前記スイッチング周期において、前記目標通流率と前記スイッチング周期とにより定まる時間だけ前記スイッチング素子をオンにする、

請求項 2 に記載の制御装置。

[請求項5] 前記素子制御部は、前記測定期間に含まれる互いに間隔が空いている複数の前記スイッチング周期のそれぞれにおいて、前記検出用通流率と前記スイッチング周期とにより定まる時間だけ前記スイッチング素子をオンにし、前記測定期間に含まれる他の前記スイッチング周期において、前記目標通流率と前記スイッチング周期とにより定まる時間だけ前記スイッチング素子をオンにする、

請求項 2 に記載の制御装置。

[請求項6] 前記素子制御部は、前記少なくとも 1 回の前記スイッチング周期において、前記スイッチング素子がオンとなる時間が前記サンプリング周期に一致する場合の前記スイッチング素子の通流率に一致する前記検出用通流率に応じて前記スイッチング素子を制御する、

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の制御装置。

[請求項7] 前記スイッチング素子は、前記導体を介して接続される抵抗をコンデンサに電氣的に接続し、または前記抵抗を前記コンデンサから電氣的に切り離す、

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の制御装置。

[請求項8] 前記素子制御部は、前記コンデンサに印加される電圧の値が閾値電圧値を超えると開始される前記測定期間に含まれる少なくとも 1 回の前記スイッチング周期において前記検出用通流率と前記スイッチング周期とにより定まる時間だけ前記スイッチング素子をオンにする、

請求項 7 に記載の制御装置。

[請求項9] 前記素子制御部は、前記コンデンサの電圧が閾値電圧を超えている

間に定められた時間ごとに繰り返される前記測定期間に含まれる少なくとも1回の前記スイッチング周期において前記検出用通流率に応じて前記スイッチング素子を制御する、

請求項7に記載の制御装置。

[請求項10] 前記コンデンサに印加される電圧の値、および前記電流値測定部で測定された前記導体に流れる直流電流の値から前記抵抗の温度を推定する温度推定部をさらに備える、

請求項7から9のいずれか1項に記載の制御装置。

[請求項11] 前記電流値測定部で測定された前記導体に流れる直流電流の値、前記コンデンサに印加される電圧の値、および、前記測定期間における前記スイッチング素子がオンになっている時間の合計値から、前記測定期間における前記抵抗での消費電力量を推定する消費電力量推定部をさらに備える、

請求項7から10のいずれか1項に記載の制御装置。

[請求項12] 直流電力で充電されるコンデンサと、
抵抗と、前記抵抗に直列に接続され、前記抵抗を前記コンデンサに電氣的に接続し、または前記抵抗を前記コンデンサから電氣的に切り離すスイッチング素子と、を有し、前記コンデンサに並列に接続される電力消費回路と、

前記抵抗と前記スイッチング素子とを電氣的に接続する導体に流れる直流電流の値を測定し、測定した前記直流電流の値を示すアナログデータである電流センサ信号を出力する電流センサと、

請求項1から11のいずれか1項に記載の制御装置と、を備え、

前記制御装置は、前記電力消費回路が有する前記スイッチング素子を制御する、

電子機器。

[請求項13] 鉄道車両に搭載され、

前記コンデンサを介して供給される直流電力を前記鉄道車両の推進

力を生じさせる電動機に供給するための電力に変換し、変換した電力を前記電動機に供給し、または、発電機として動作する前記電動機から供給される電力を直流電力に変換し、変換した直流電力で前記コンデンサを充電する電力変換回路をさらに備え、

前記鉄道車両の減速時に、前記素子制御部は、前記コンデンサに印加される電圧の値により定まる前記目標通流率が1未満の正数である場合に、少なくとも1回の前記スイッチング周期において前記検出用通流率と前記スイッチング周期とにより定まる時間だけ前記スイッチング素子をオンにする、

請求項12に記載の電子機器。

[請求項14]

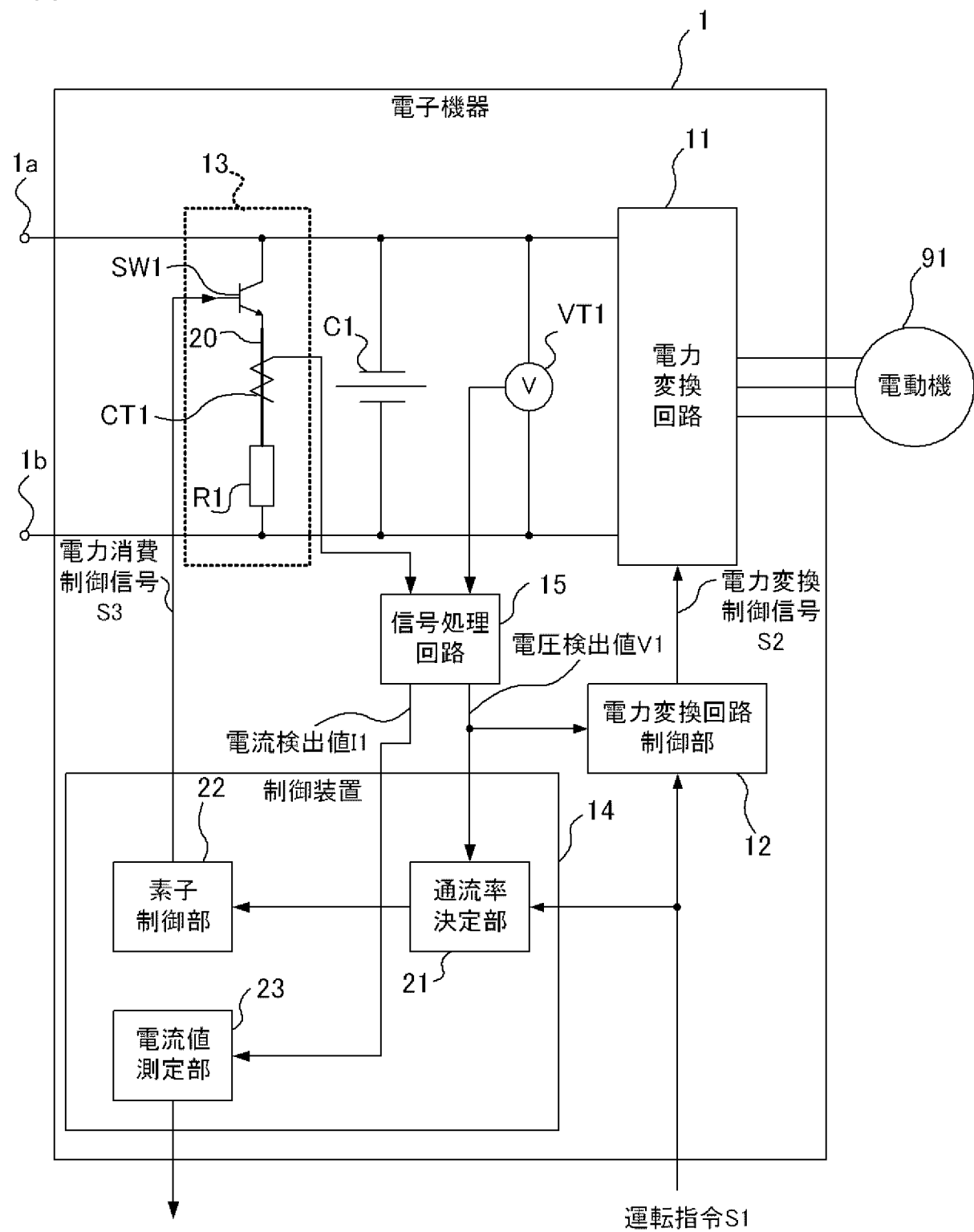
導体に接続され、スイッチング動作によって前記導体の導通状態と非導通状態とを切り替えるスイッチング素子を、スイッチング周期に対する前記スイッチング素子がオンとなる時間の比率を表す通流率の目標値を示す目標通流率が1未満の正数である場合に、少なくとも1回の前記スイッチング周期において前記目標通流率より高い1以下の値である検出用通流率と前記スイッチング周期とにより定まる時間だけ前記スイッチング素子をオンにし、

前記導体に流れる直流電流の値を示すアナログデータである電流センサ信号を前記スイッチング周期とは独立したサンプリング周期ごとに検出することで生成されたデジタルデータである電流検出値から前記導体に流れる直流電流の値を測定する、

制御方法。

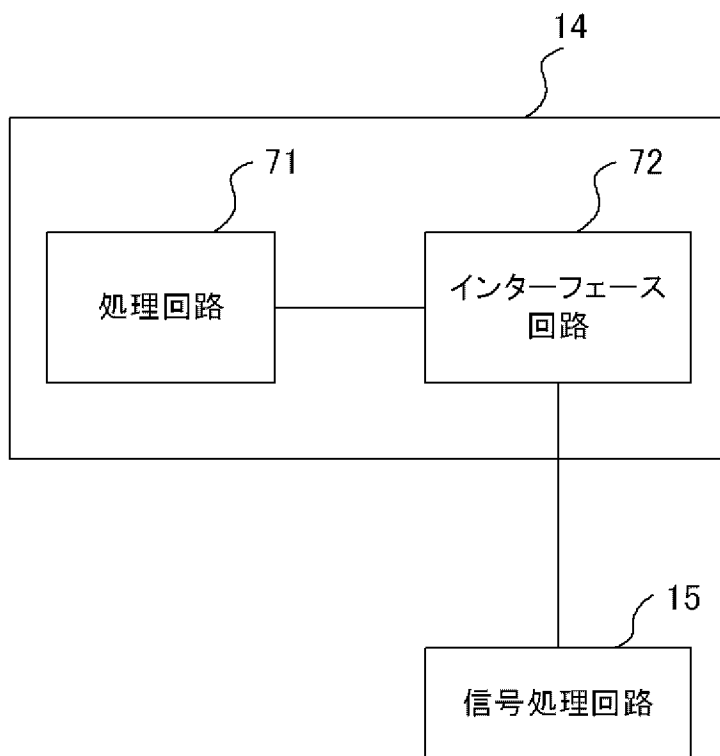
[図1]

図1



[図2]

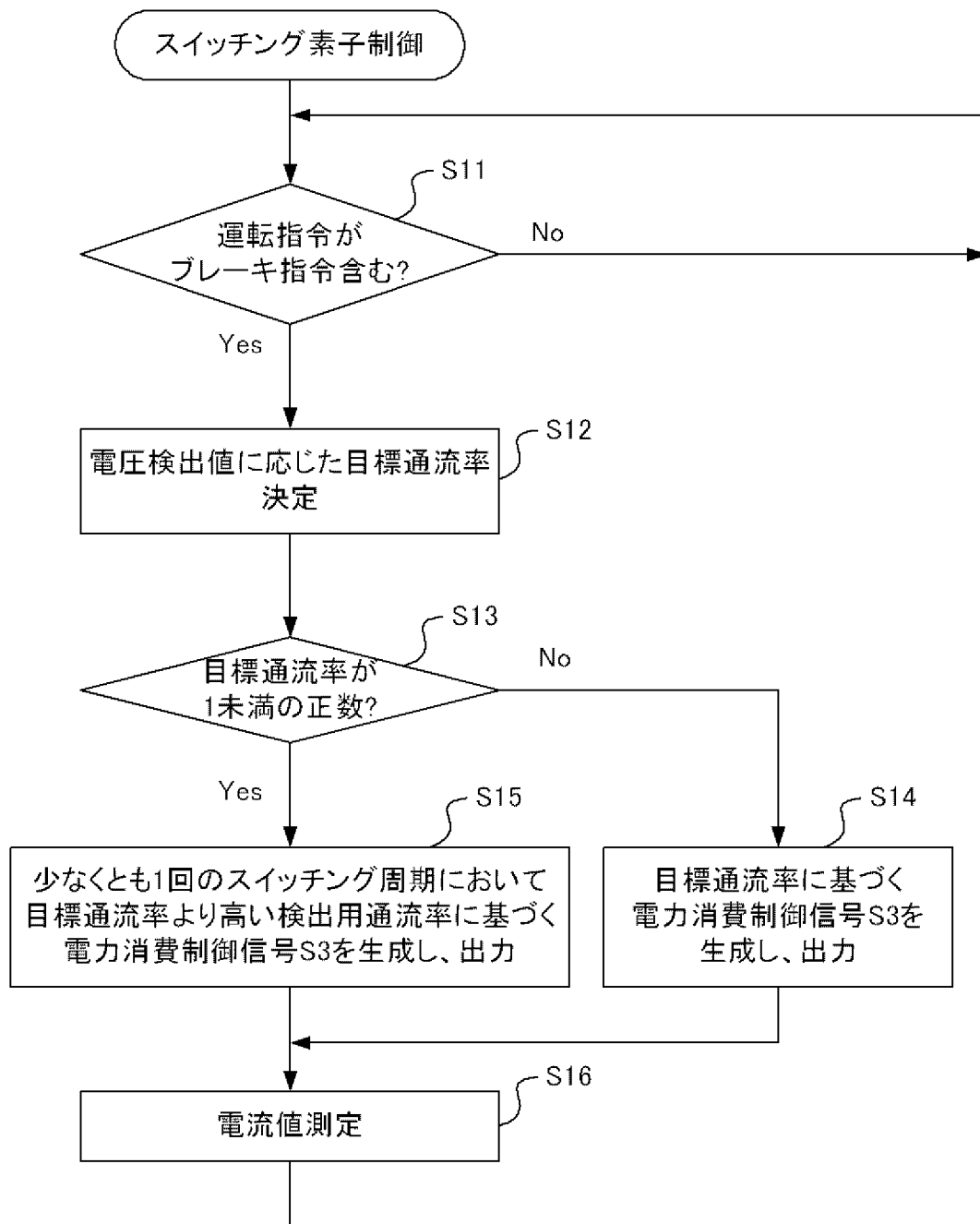
図2



[図3]

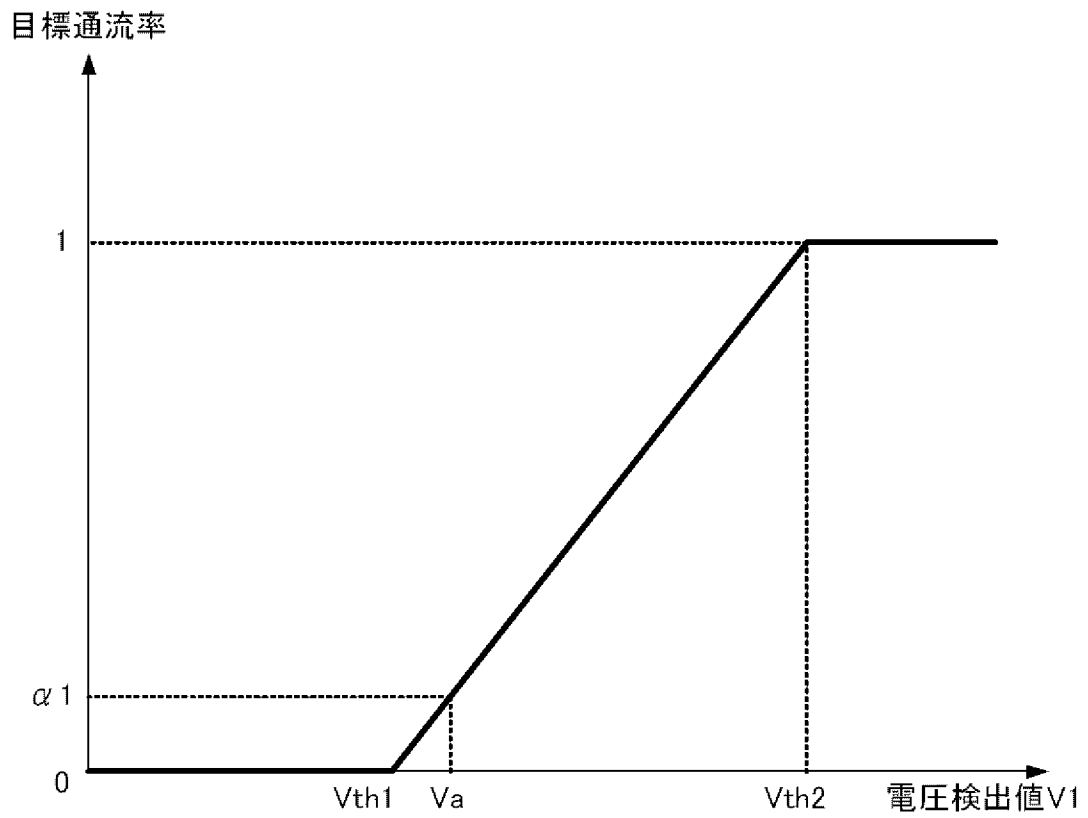
【図3】

図3



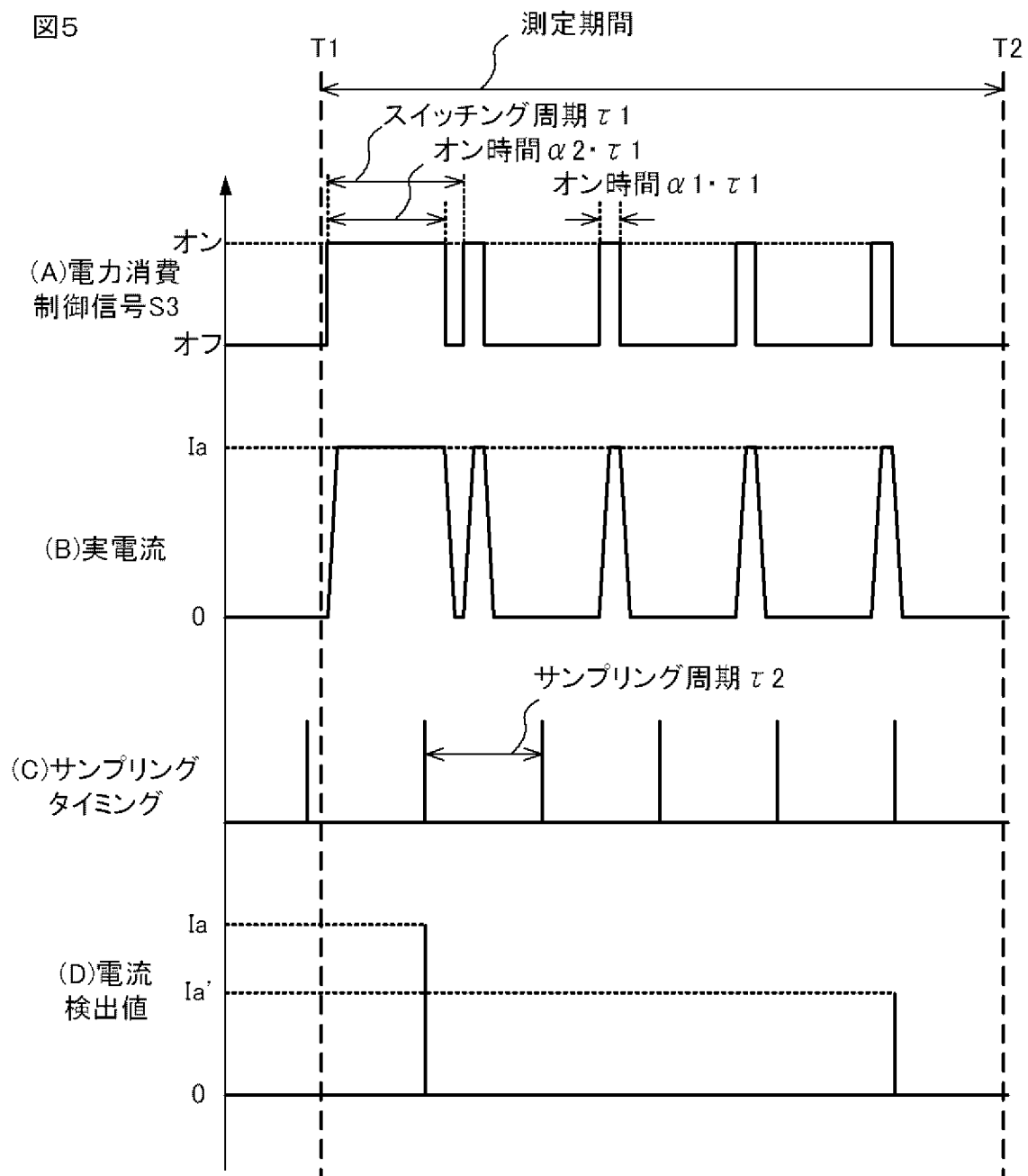
[図4]

図4



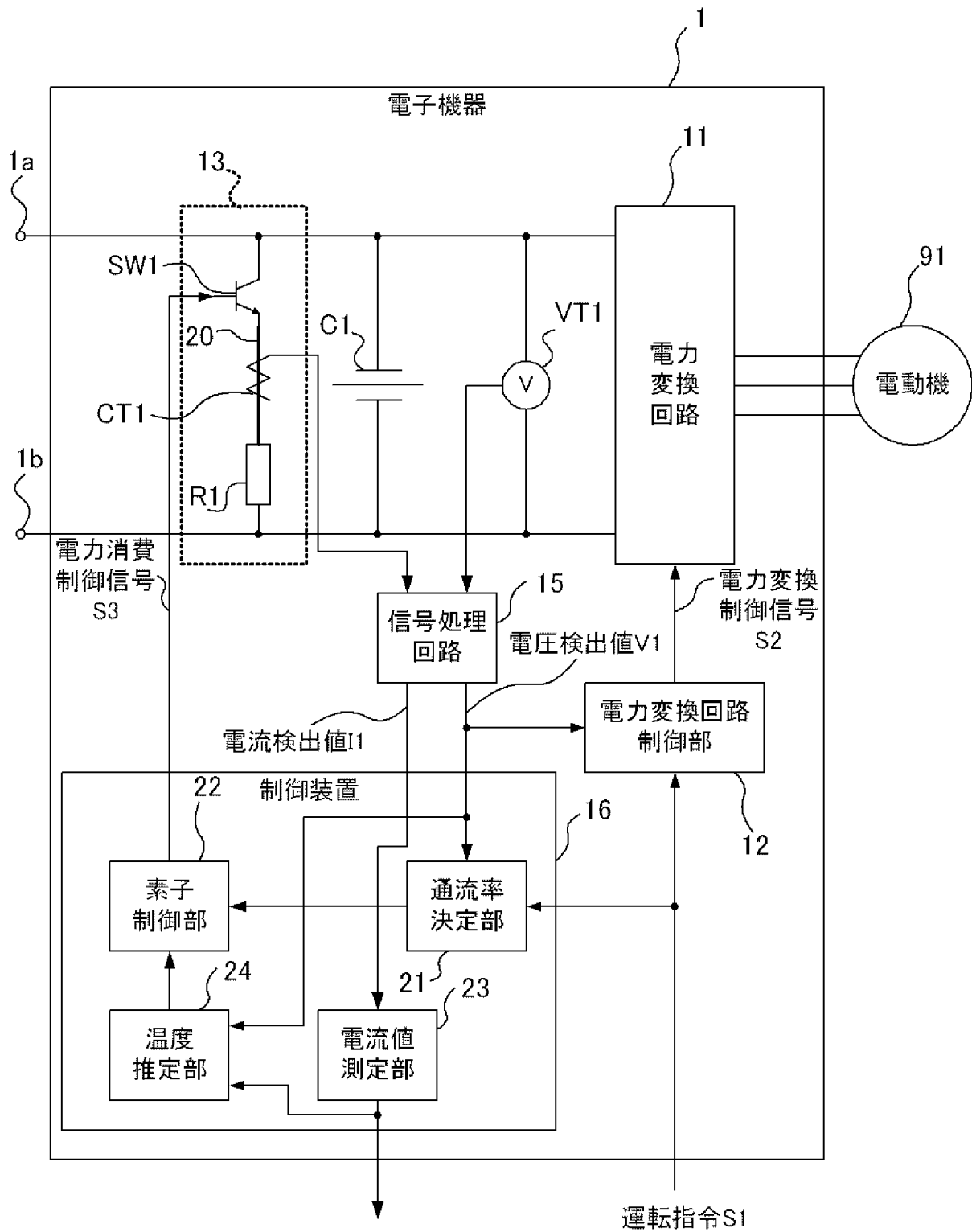
[図5]

図5



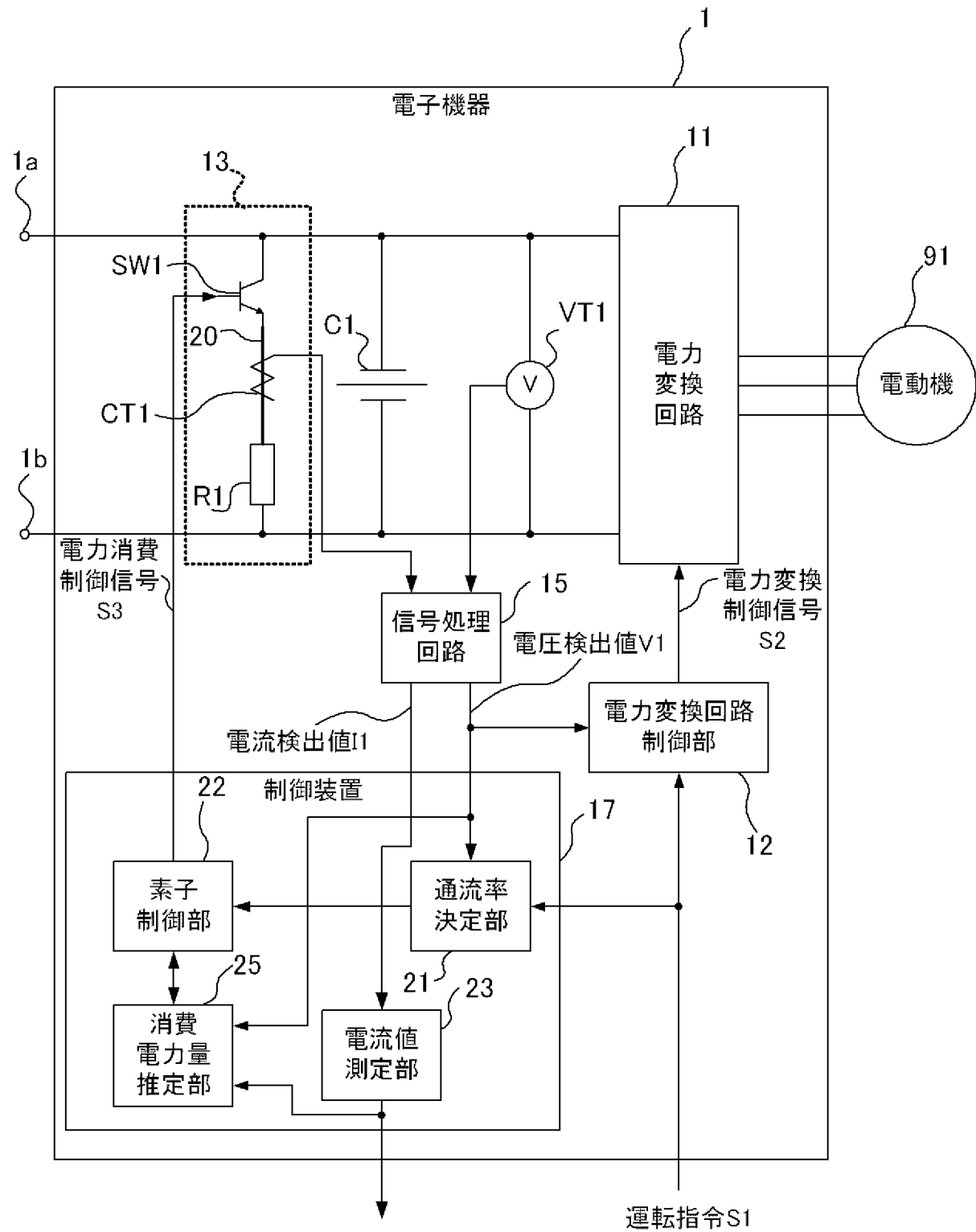
[図6]

図6



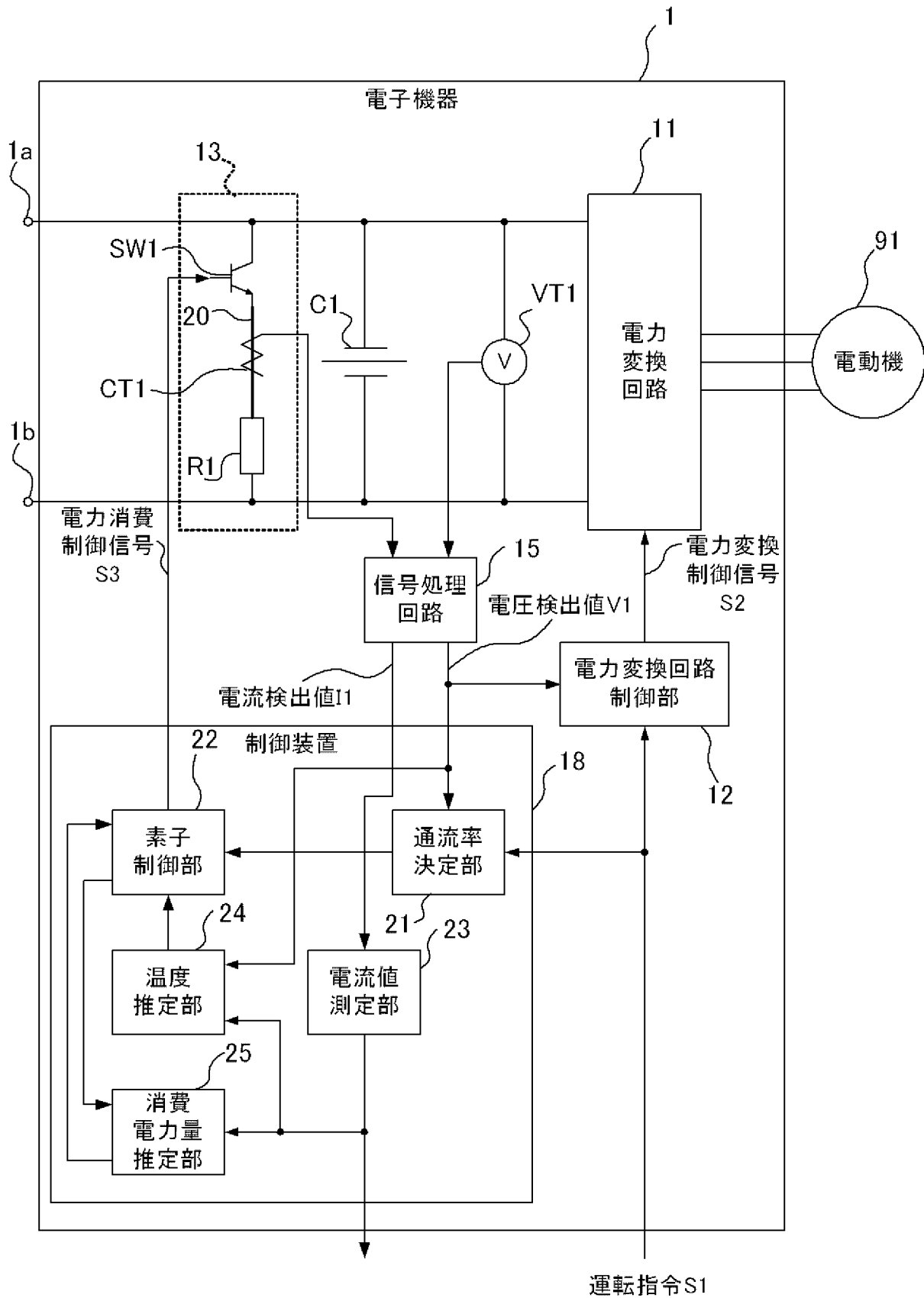
[図7]

図7



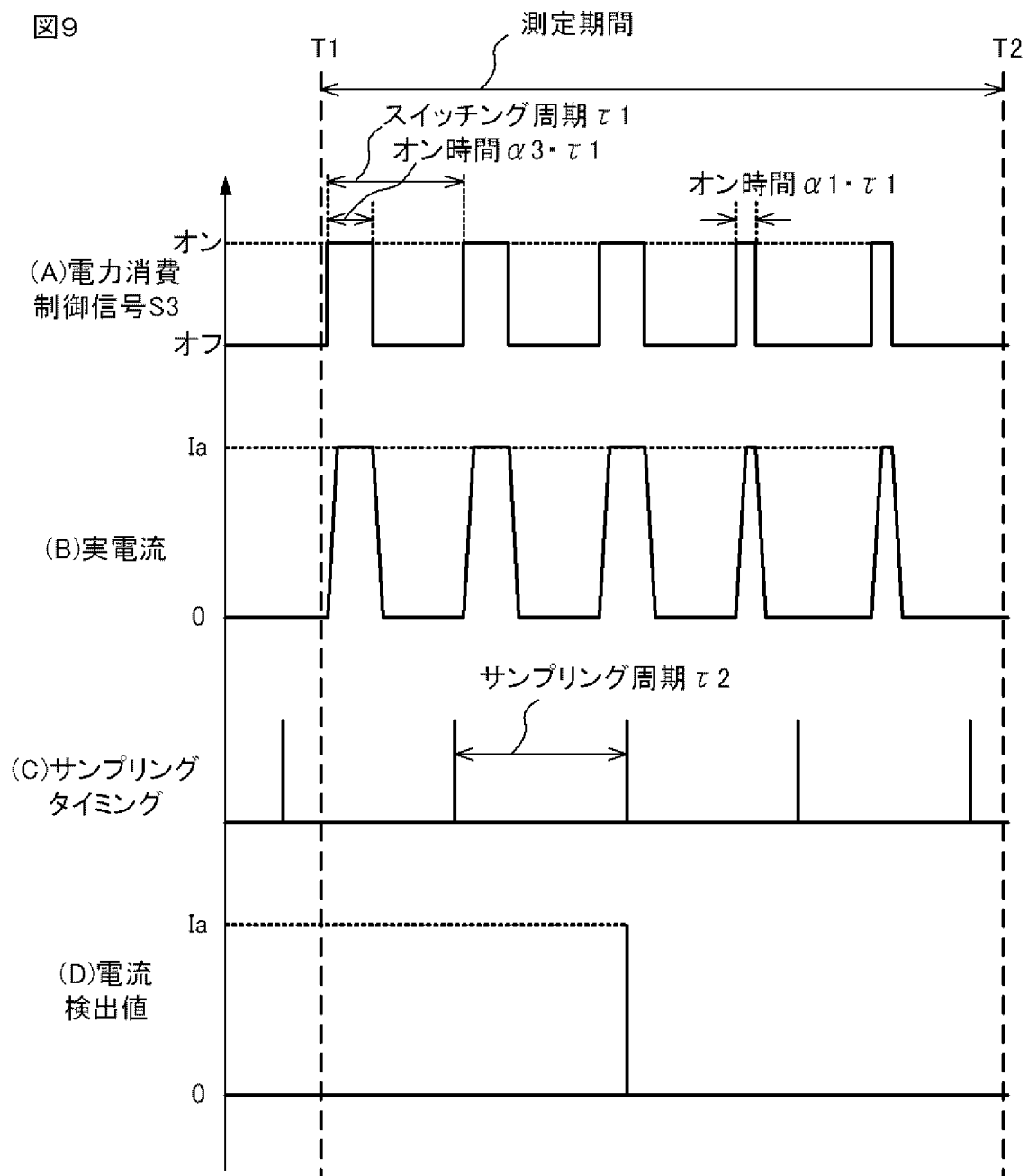
[図8]

図8



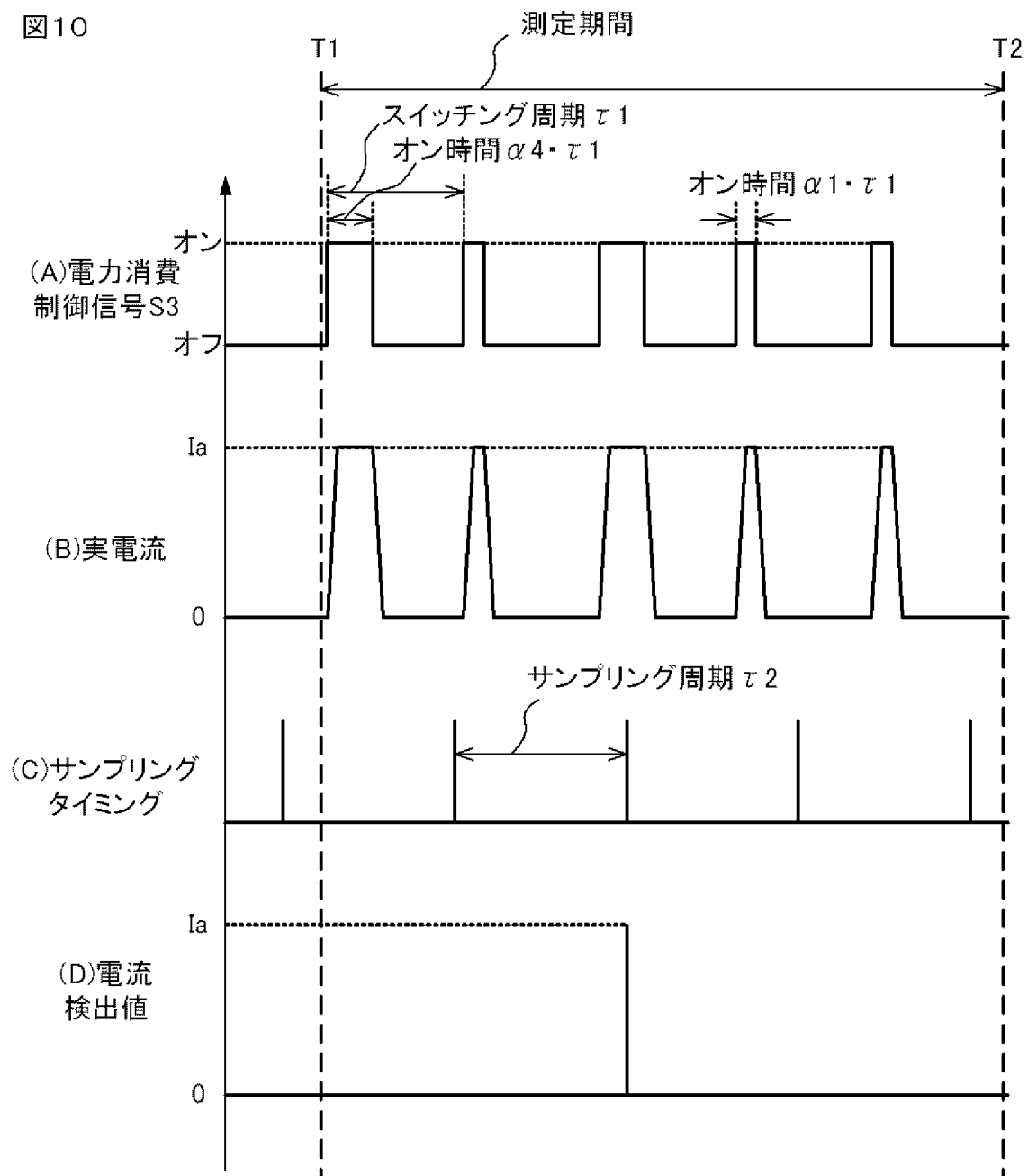
[図9]

図9



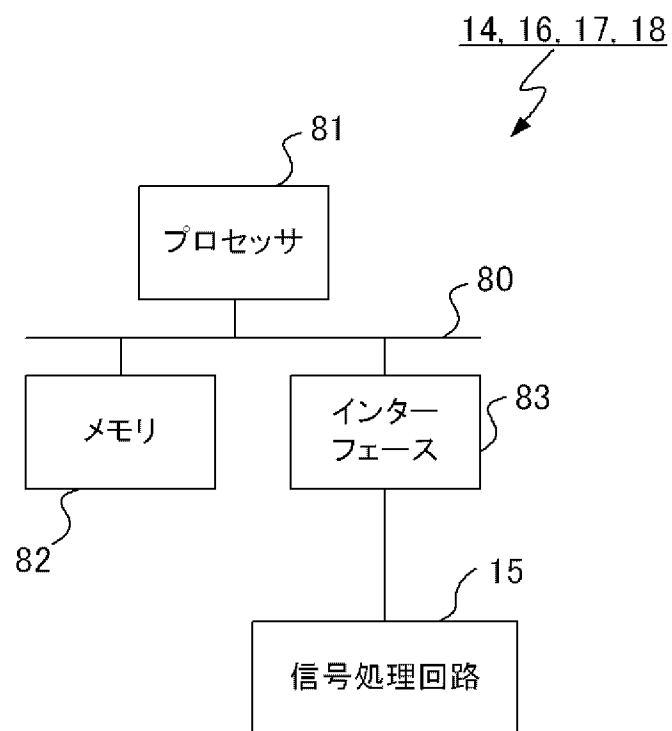
[図10]

図10



[図11]

図11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/026590

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P 27/06(2006.01)i

FI: H02P27/06

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)

H02P27/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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	WO 2019/049188 A1 (HITACHI LTD) 14 March 2019 (2019-03-14) paragraphs [0017]-[0239], fig. 1-47	1-14
A	JP 2011-130619 A (DAIFUKU CO LTD) 30 June 2011 (2011-06-30) paragraphs [0018]-[0078], fig. 1-7	1-14
A	JP 2007-255884 A (HITACHI APPLIANCES INC) 04 October 2007 (2007-10-04) paragraphs [0039]- [0163], fig. 1-22	1-14
A	JP 2003-18877 A (HITACHI LTD) 17 January 2003 (2003-01-17) paragraphs [0009]-[0034], fig. 1-11	1-14

☐ 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 August 2021 (24.08.2021)

Date of mailing of the international search report

31 August 2021 (31.08.2021)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/026590

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2019/049188 A1	14 Mar. 2019	EP 3681035 A1	
		paragraphs [0017]-[0243], fig. 1-47	
JP 2011-130619 A	30 Jun. 2011	(Family: none)	
JP 2007-255884 A	04 Oct. 2007	(Family: none)	
JP 2003-18877 A	17 Jan. 2003	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02P 27/06(2006.01)i FI: H02P27/06														
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）） 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年													
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	WO 2019/049188 A1（株式会社日立製作所）14.03.2019（2019 - 03 - 14） 段落[0017]-[0239], 図1-47	1-14												
A	JP 2011-130619 A（株式会社ダイフク）30.06.2011（2011 - 06 - 30） 段落[0018]-[0078], 図1-7	1-14												
A	JP 2007-255884 A（日立アプライアンス株式会社）04.10.2007（2007 - 10 - 04） 段落[0039]-[0163], 図1-22	1-14												
A	JP 2003-18877 A（株式会社日立製作所）17.01.2003（2003 - 01 - 17） 段落[0009]-[0034], 図1-11	1-14												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 24.08.2021	国際調査報告の発送日 31.08.2021													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 池田 貴俊 3V 9256 電話番号 03-3581-1101 内線 3357													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/026590

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2019/049188	A1	14.03.2019	EP 3681035 A1 段落[0017]-[0243], FIG. 1-47	
JP	2011-130619	A	30.06.2011	(ファミリーなし)	
JP	2007-255884	A	04.10.2007	(ファミリーなし)	
JP	2003-18877	A	17.01.2003	(ファミリーなし)	