

(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  
2022年7月14日(14.07.2022)



(10) 国際公開番号

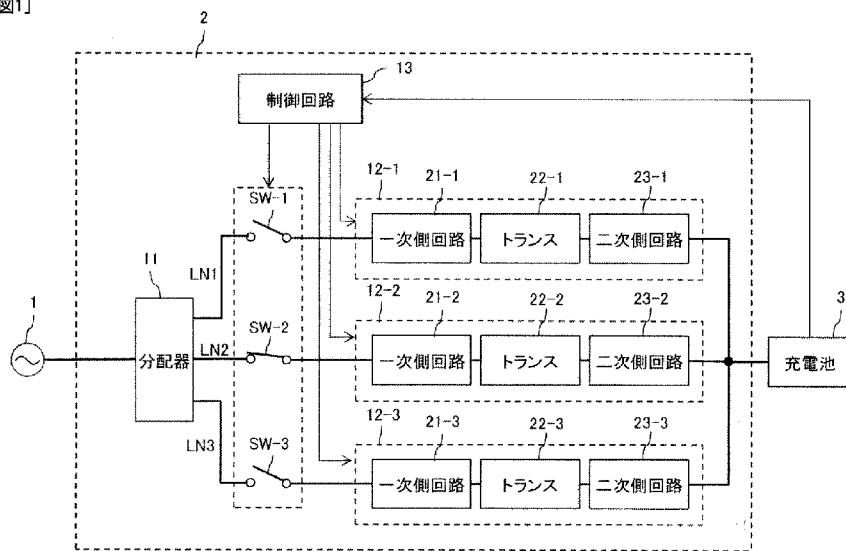
WO 2022/149525 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02M 3/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/048553
- (22) 国際出願日: 2021年12月27日(27.12.2021)
- (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 2021-001556 2021年1月7日(07.01.2021) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社(PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番6-1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 山川 岳彦(YAMAKAWA, Takehiko). 松本 啓(MATSUMOTO, Hiromu). 中村 進(NAKAMURA, Susumu). 宮本豊(MIYAMOTO, Yutaka).
- (74) 代理人: 山尾 憲人, 外(YAMAO, Norihito et al.); 〒5300017 大阪府大阪市北区角田町8番1号梅田阪急ビルオフィスタワー青山特許事務所 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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: POWER CONVERSION DEVICE

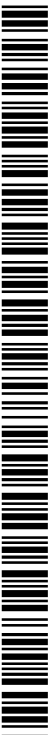
(54) 発明の名称: 電力変換装置

[図1]



- 3 Rechargeable battery
- 11 Distributor
- 13 Control circuit
- 21-1 to 21-3 Primary-side circuit
- 22-1 to 22-3 Transformer
- 23-1 to 23-3 Secondary-side circuit

(57) **Abstract:** A power conversion device (2) comprises: a plurality of power conversion circuits (12), each comprising a transformer (22) and supplying direct-current power to a shared rechargeable battery (3); a control circuit (13) which controls the power conversion circuits (12); and a cooling device which cools the power conversion circuits (12). The cooling device comprises at least one flow path (F1 to F3) for a cooling liquid, the at least one of flow path (F1 to F3) being in thermal contact with the transformer (22) of the corresponding power conversion circuit (12). When the load voltage of the rechargeable battery 3 has become at least a predetermined threshold value, the control circuit (13) actuates a power conversion circuit (12), from among the plurality of power conversion circuits (12), having the transformer (22) with the largest region of thermal contact with the flow paths (F1 to F3) and stops the operation of other power conversion circuits (12).



WO 2022/149525 A1

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,  
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))

(57) 要約：電力変換装置 (2) は、トランス (22) をそれぞれ備え、共通の充電池 (3) に直流電力をそれぞれ供給する複数の電力変換回路 (12) と、各電力変換回路 (12) を制御する制御回路 (13) と、各電力変換回路 (12) を冷却する冷却装置とを備える。冷却装置は、冷却液のための少なくとも1つの流路 (F1～F3) であって、各電力変換回路 (12) のトランス (22) に熱的に接触した少なくとも1つの流路 (F1～F3) を備える。制御回路 (13) は、充電池3の負荷電圧が予め決められたしきい値以上になったとき、複数の電力変換回路 (12) のうち、流路 (F1～F3) に熱的に接触した領域の面積が最も大きいトランス (22) を備える電力変換回路 (12) を動作させ、他の電力変換回路 (12) の動作を停止する。

## 明 細 書

**発明の名称**：電力変換装置

**技術分野**

[0001] 本開示は、電力変換装置、電力変換装置の制御方法、及び充電システムに関する。

**背景技術**

[0002] 電気自動車及びプラグインハイブリッド自動車は、車載の充電電池を充電するために、商用交流電源から取得した交流電力を直流電力に変換する車載の電力変換装置を備える。例えば、特許文献1は、電気自動車又はハイブリッド自動車の充電装置に適用可能なスイッチング電源装置を開示している。

**先行技術文献**

**特許文献**

[0003] 特許文献1：特許第6643678号公報  
特許文献2：特許第6509472号公報

**発明の概要**

**発明が解決しようとする課題**

[0004] 電力変換装置には、トランスを備えた絶縁型の回路として構成されたものがある。このような電力変換装置において、トランスのコアの温度は、電力変換装置の動作が継続するにつれて次第に増大する。トランスのコアの温度が過度に増大すると、トランスの部品（ボビン及びポッティングなど）の熱膨張に起因してコアに外力がかかり、また、コアの不均衡な温度分布に起因してコアに応力が生じる。このような外力及び応力が生じる結果、コアが破損するおそれがある。

[0005] 例えば、特許文献2は、冷却用の水路を備えたトランスを開示している。特許文献2のように冷却水を用いてトランスを冷却しても、トランスに流れる電流の大きさによってはトランスの冷却性能を超える熱が発生することがあり、コアが破損することがある。

[0006] 本開示の目的は、トランスを備えた絶縁型の電力変換装置であって、トランスの過熱によるコアの破損が従来よりも生じにくい電力変換装置を提供することにある。また、本開示の目的は、そのような電力変換装置の制御方法を提供することにある。また、本開示の目的は、そのような電力変換装置を備えた充電システムを提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0007] 本開示の一態様に係る電力変換装置によれば、  
トランスをそれぞれ備え、共通の負荷装置に直流電力をそれぞれ供給する複数の電力変換回路と、  
前記各電力変換回路を制御する制御回路と、  
前記各電力変換回路を冷却する冷却装置とを備え、  
前記冷却装置は、冷却液のための少なくとも1つの流路であって、前記各電力変換回路のトランスに熱的に接触した少なくとも1つの流路を備え、  
前記制御回路は、前記負荷装置の負荷電圧が予め決められたしきい値以上になったとき、前記複数の電力変換回路のうち、前記流路に熱的に接触した領域の面積が最も大きいトランスを備える電力変換回路を動作させ、他の電力変換回路の動作を停止する。

### 発明の効果

[0008] 本開示の一態様に係る電力変換装置によれば、トランスの過熱によるコアの破損を従来よりも生じにくくすることができる。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1の実施形態に係る電力変換装置2を備えた充電システムの構成を示すブロック図である。

[図2]図1の電力変換回路12-1~12-3の例示的な構成を示す回路図である。

[図3]図1のトランス22-1~22-3の例示的な構成を示す断面図である。

[図4]図1の電力変換装置2の冷却装置を説明するための筐体41の縦断面図

である。

[図5]図1の電力変換装置2の冷却装置を説明するための筐体41の横断面図である。

[図6]図1の充電電池3に充電するときの負荷電力及び負荷電圧の例示的な変化を示すグラフである。

[図7]図1のトランス22-1~22-3のコア52の鉄損の温度特性を示すグラフである。

[図8]図1のトランス22-1~22-3が互いに熱的に接触しているときのトランス22-1~22-3間における熱の伝導を示す図である。

[図9]第1の実施形態の変形例に係る電力変換装置2Aを備えた充電システムの構成を示すブロック図である。

[図10]図9の電力変換装置2Aの冷却装置を説明するための筐体41の縦断面図である。

[図11]図9の電力変換装置2Aの冷却装置を説明するための筐体41の横断面図である。

[図12]図1の電力変換装置2を重負荷動作から軽負荷動作に切り換えたときのトランス22-1~22-3のコア52の温度の時間的変化を概略的に示すグラフである。

[図13]第2の実施形態に係る電力変換装置2の制御回路13によって実行される充電制御処理を示すフローチャートである。

[図14]図13の充電制御処理を実行するときにおける電力変換回路12-1~12-3の動作を示すタイミングチャートである。

[図15]第2の実施形態の第1の変形例に係る電力変換装置2Bを備えた充電システムの構成を示すブロック図である。

[図16]図15の電力変換装置2Bの制御回路13Bによって実行される充電制御処理を示すフローチャートである。

[図17]図16の充電制御処理を実行するときにおけるトランス22-1~22-3のコア52の温度の時間的変化を概略的に示すグラフである。

[図18]図16の充電制御処理を実行するときにおける電力変換回路12-1～12-3の動作を示すタイミングチャートである。

[図19]第2の実施形態の第2の変形例に係る電力変換装置2Cを備えた充電システムの構成を示すブロック図である。

[図20]図19の電力変換装置2Cの制御回路13Cによって実行される充電制御処理を示すフローチャートである。

[図21]第2の実施形態の第3の変形例に係る電力変換装置2Dを備えた充電システムの構成を示すブロック図である。

[図22]図21の電力変換装置2Dの制御回路13Dによって実行される充電制御処理を示すフローチャートである。

### 発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照して、本開示に係る実施形態について説明する。ただし、以下に説明する構成は、本開示の一例に過ぎず、本開示は下記の実施形態に限定されることはなく、これら実施形態以外であっても、本開示に係る技術的思想を逸脱しない範囲であれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。

[0011] [第1の実施形態]

本開示の各実施形態では、トランスをそれぞれ備え、共通の負荷装置に直流電力をそれぞれ供給する複数の電力変換回路を備えた電力変換装置について説明する。第1の実施形態では、複数の電力変換回路のうちの1つのみを動作させるとき、トランスの過熱を防止するために、最も高い冷却性能を有するトランスを備えた電力変換回路を動作させる電力変換装置について説明する。

[0012] [第1の実施形態の構成]

図1は、第1の実施形態に係る電力変換装置2を備えた充電システムの構成を示すブロック図である。図1の充電システムは、電力変換装置2及び充電電池3を備える。電力変換装置2は、商用交流電源などの交流電源1から供給された交流電力を直流電力に変換し、充電のために充電電池3に供給する。

図1の充電システムは、例えば、電気自動車又はプラグインハイブリッド自動車に搭載される。

[0013] 電力変換装置2は、分配器11、スイッチSW-1～SW-3、電力変換回路12-1～12-3、及び制御回路13を備える。また、電力変換装置2は、図4及び図5を参照して後述するように、筐体41、放熱器45、及びポンプ46をさらに備える。

[0014] 分配器11は、交流電源1から供給された100V又は200Vの交流電力を、LN1相、LN2相、及びLN3相の交流電力に分配し、分配された交流電力を、スイッチSW-1～SW-3を介して電力変換回路12-1～12-3にそれぞれ供給する。交流電源1は、例えば三相交流電源であり、LN1相、LN2相、及びLN3相は、例えば、三相交流電力の各相の交流電力である。

[0015] スイッチSW-1は、分配器11から電力変換回路12-1に供給されるLN1相の交流電力を通過又は阻止する。スイッチSW-2は、分配器11から電力変換回路12-2に供給されるLN2相の交流電力を通過又は阻止する。スイッチSW-3は、分配器11から電力変換回路12-3に供給されるLN3相の交流電力を通過又は阻止する。

スイッチSW-1～SW-3は、例えば、メカニカルリレーなどである。

[0016] 電力変換回路12-1はLN1相の交流電力を直流電力に変換し、電力変換回路12-2はLN2相の交流電力を直流電力に変換し、電力変換回路12-3はLN3相の交流電力を直流電力に変換する。電力変換回路12-1～12-3は、共通の負荷装置である充電電池3に直流電力をそれぞれ供給する。電力変換回路12-1～12-3は、充電電池3を充電するために要求される負荷電圧に等しい出力電圧を発生する。電力変換回路12-1は、一次側回路21-1、トランス22-1、及び二次側回路23-1を備える。また、電力変換回路12-2は、一次側回路21-2、トランス22-2、及び二次側回路23-2を備える。また、電力変換回路12-3は、一次側回路21-3、トランス22-3、及び二次側回路23-3を備える。このよ

うに、電力変換回路12-1~12-3は、トランス22-1~22-3をそれぞれ備えた絶縁型の回路として構成される。電力変換回路12-1~12-3の出力端子は、充電電池3に並列に接続される。

[0017] 制御回路13は、充電電池3から、充電電池3を充電するために要求される負荷電流及び負荷電圧の大きさを示す制御信号を受信する。制御回路13は、要求される負荷電流及び負荷電圧の大きさに従って、電力変換回路12-1~12-3のうちの1つ、2つ、又は3つを動作させるように、スイッチSW-1~SW-3及び電力変換回路12-1~12-3を制御する。制御回路13は、電力変換回路12-1~12-3のいずれかを動作させるとき、その電力変換回路に対応するスイッチSW-1~SW-3をオンし、また、その電力変換回路のスイッチング素子Q1~Q4（図2を参照して後述）を所定の周期でスイッチング動作させる。一方、制御回路13は、電力変換回路12-1~12-3のいずれかの動作を停止するとき、その電力変換回路に対応するスイッチSW-1~SW-3をオフし、また、その電力変換回路のスイッチング素子Q1~Q4のスイッチング動作を停止する。制御回路13は、例えば、CPU及びメモリを備えるマイクロコンピュータなどで構成される。

[0018] 本明細書では、スイッチSW-1~SW-3を総称して「スイッチSW」とも呼ぶ。また、本明細書では、電力変換回路12-1~12-3を総称して「電力変換回路12」とも呼ぶ。また、本明細書では、一次側回路21-1~21-3を総称して「一次側回路21」とも呼ぶ。また、本明細書では、トランス22-1~22-3を総称して「トランス22」とも呼ぶ。また、本明細書では、二次側回路23-1~23-3を総称して「二次側回路23」とも呼ぶ。

[0019] 図2は、図1の電力変換回路12-1~12-3の例示的な構成を示す回路図である。

[0020] 図2を参照すると、一次側回路21は、ダイオードD1~D4、キャパシタC1~C2、力率改善回路31、及びスイッチング素子Q1~Q4を備え

る。ダイオードD 1～D 4は、スイッチSW-1～SW-3のいずれかを介して入力されたLN 1相、LN 2相、又はLN 3相の交流電力を整流する。キャパシタC 1は、ダイオードD 1～D 4によって整流された電力を平滑化する。力率改善回路3 1は、整流及び平滑化された直流電力の高調波を抑制してその力率を改善する。スイッチング素子Q 1～Q 4は、フルブリッジ型のインバータ回路を構成し、力率改善回路3 1から出力された直流電力を交流電力に変換する。スイッチング素子Q 1～Q 4は、例えば、NチャンネルMOSFETである。スイッチング素子Q 1～Q 4は、そのゲートに制御回路1 3から印加される制御信号に従ってオン／オフする。キャパシタC 2は、スイッチング素子Q 1～Q 4とトランス2 2の一次巻線L 1との間に接続される。

[0021] また、図2を参照すると、トランス2 2は一次巻線L 1及び二次巻線L 2を備える。一次巻線L 1及び二次巻線L 2は、励磁インダクタンスをそれぞれ有する。トランス2 2は、漏れインダクタンスL 3をさらに有する。トランス2 2の構成については、図3を参照してさらに詳述する。

[0022] また、図2を参照すると、二次側回路2 3は、ダイオードD 5～D 8及びキャパシタC 3を備える。ダイオードD 5～D 8は、トランス2 2の二次巻線L 2に生じた交流電力を整流する。キャパシタC 3は、ダイオードD 5～D 8によって整流された電力を平滑化する。整流及び平滑化された直流電力は、充電池3に供給される。

[0023] トランス2 2の一次巻線L 1の励磁インダクタンスと、漏れインダクタンスL 3と、キャパシタC 2とは、LLC共振回路を構成する。従って、一次側回路2 1のスイッチング素子Q 1～Q 4及びキャパシタC 2、トランス2 2、及び二次側回路2 3は、LLC共振型DC/DCコンバータ回路を構成する。LLC共振型DC/DCコンバータ回路は、産業用のスイッチング電源装置、車載充電装置、パワーコンバータなど、高効率の電源装置において広く用いられている。制御回路1 3は、充電池3を充電するために要求される負荷電圧をモニタリングしながら、スイッチング素子Q 1～Q 4のスイッ

チング周波数を変化させる周波数変調方式を用いて電力変換回路12-1～12-3の出力電圧を負荷電圧に近づけるように、電力変換回路12-1～12-3を制御する。電力変換回路12-1～12-3は、スイッチング素子Q1～Q4をゼロ電圧スイッチングで動作させることにより、スイッチング損失を低減することができる。また、電力変換回路12-1～12-3は、正弦波に近いスイッチング電流を発生することにより、サージ電流及び電圧を低減し、ノイズを低減することができる。

[0024] 図3は、図1のトランス22-1～22-3の例示的な構成を示す断面図である。トランス22は、前述したように一次巻線L1及び二次巻線L2を備え、さらに、ボビン51、コア52、及びポッティング53を備える。一次巻線L1及び二次巻線L2は、ボビン51に巻回される。コア52はコア部分52a、52bからなり、コア部分52a、52bは、一次巻線L1及び二次巻線L2が巻回されたボビン51を挟持する。コア52は、例えばフェライトからなる。コア52は、シリコーンゴムなどからなるポッティング53に埋設される。一次巻線L1及び二次巻線L2には銅損が発生し、コア52には鉄損が発生し、これらの損失により一次巻線L1、二次巻線L2、及びコア52の温度は上昇する。一次巻線L1、二次巻線L2、及びコア52の熱は、ポッティング53を介して外部に放出される。また、コア部分52a、52bの間で相互に熱を伝導することにより、コア部分52a、52bの温度差を低減することができる。一般的にポッティング53に使用される材料の熱伝導率は1～2W/(m・K)程度であるのに対して、コア52に使用されるフェライトの熱伝導率は5W/(m・K)であり、高い放熱性を有する。コア52の周りのポッティング53の厚さは、一定であってもよく、場所によって異なってもよい。図3の例では、コア52から外部の熱伝導体(例えば、図4のチャンバ44の壁部44bなど)への放熱を容易化するために、トランス22の底部のポッティング53は他の部分よりも薄くなっている。

[0025] 図4は、図1の電力変換装置2の冷却装置を説明するための筐体41の縦

断面図である。図5は、図1の電力変換装置2の冷却装置を説明するための筐体41の横断面図である。図5は、図4のA-A'線における断面を示す。電力変換装置2は、図4及び図5に示すように、筐体41、放熱器45、及びポンプ46をさらに備える。

[0026] 筐体41は、その内部の構成要素を、水、塵、ノイズなどに対して保護する。筐体41は、アルミダイキャストなどにより形成された複数の部品を互いに嵌合させて構成される。筐体41は、チャンバ42~44を備える。チャンバ42、43は、図1に示す電力変換装置2の各構成要素を収容する。チャンバ44の内部には、冷却液44a、例えば、冷却水又はLLC (Long Life Coolant) と呼ばれる不凍液が循環する。冷却液44aは、チャンバ44の壁部44b、44cを介して、電力変換装置2の各構成要素に熱的に接触する。チャンバ44は、流入口44d及び流出口44eを介して、筐体41の外部の放熱器45及びポンプ46に連結される。冷却液44aは、ポンプ46によって、チャンバ44、放熱器45、及びポンプ46を循環する。電力変換装置2の発熱部品（一次側回路21、トランス22、及び二次側回路23など）によって発生された熱は、壁部44b、44cを介して冷却液44aに移動し、冷却液44aの熱は放熱器45から放出される。チャンバ44は、冷却性能を向上させるために、1つ又は複数のフィン44fを備えてもよい。

[0027] 図4及び図5では、説明のため、図1に示す電力変換装置2の各構成要素のうち、電力変換回路12の一次側回路21、トランス22、及び二次側回路23のみを示し、他の構成要素を省略する。

[0028] また、図5は、電力変換回路12の一次側回路21、トランス22、及び二次側回路23のフットプリントを概略的に示す。図5の例では、各電力変換回路12-1~12-3が互いに同じ構成を有し、従って、一次側回路21-1~21-3が互いに同じ寸法を有し、トランス22-1~22-3が互いに同じ寸法を有し、二次側回路23-1~23-3が互いに同じ寸法を有する場合を示す。

[0029] 図5に示すように、チャンバ44は、冷却液44aを流すための流路F1～F3であって、少なくともトランス22-1～22-3にそれぞれ熱的に接触した流路F1～F3を含む。流路F1～F3はさらに、一次側回路21-1～21-3及び二次側回路23-1～23-3にそれぞれ熱的に接触してもよい。一次側回路21-1～21-3、トランス22-1～22-3、及び二次側回路23-1～23-3は、チャンバ44の壁部44b（図4を参照）を介して、流路F1～F3に熱的に接触する。また、図5の例では、流路F1～F3は、少なくとも部分的に互いに連結していてもよい。

[0030] 筐体41、放熱器45、及びポンプ46は、電力変換装置2の冷却装置を構成し、電力変換装置2の発熱部品を冷却する。

[0031] [第1の実施形態の動作]

充電電池3を充電するために要求される負荷電圧の大きさは、充電電池3の充電状態、すなわち充電された電圧（以下、「充電電池3の電圧」という）に応じて、充電電池3の下限電圧から満充電の電圧まで変化する。充電電池3を充電するために要求される負荷電流及び負荷電力の大きさもまた、充電電池3の充電状態に応じて変化する。電力変換装置2は、充電電池3を充電するために要求される負荷電流又は負荷電力の大きさに応じて、動作する電力変換回路12-1～12-3の個数を変化させる。概して、電力変換装置2は、充電電池3を充電するために大電流又は大電力が要求される重負荷状態では、すべての電力変換回路12-1～12-3を動作させ、充電電池3を充電するために小電流又は小電力が要求される軽負荷状態では、電力変換回路12-1～12-3のうちの1つのみを動作させる。本明細書では、すべての電力変換回路12-1～12-3を動作させるときの電力変換装置2の動作を「重負荷動作」と呼び、電力変換回路12-1～12-3のうちの1つのみを動作させるときの電力変換装置2の動作を「軽負荷動作」と呼ぶ。

[0032] 図6は、図1の充電電池3に充電するときの負荷電力及び負荷電圧の例示的な変化を示すグラフである。電力変換装置2は、充電電池3の充電を開始するとき、まず、電力変換回路12-1～12-3のすべてを動作させる（重負

荷動作)。ただし、時刻  $t_0 \sim t_1$  の期間において、充電電池 3 の電圧が低いとき、電力変換装置 2 は、充電電池 3 の劣化を防止するため、電力変換回路 12-1 ~ 12-3 のすべてを動作させるものの、小電力で充電電池 3 に充電する。このとき、電力変換装置 2 は定電流で充電電池 3 に充電し、負荷電力は負荷電圧の上昇に応じて次第に増大する。充電電池 3 の充電を継続し、時刻  $t_1$  において、充電電池 3 を充電するために要求される負荷電圧が充電電池 3 の下限電圧より高い所定のしきい値  $T_{h0}$  に達したとき、電力変換装置 2 は、電力変換回路 12-1 ~ 12-3 の出力電力を増大させ、一定の大電力で充電電池 3 に充電する。充電電池 3 の電圧がさらに増大して満充電の電圧  $T_h$  に近づくと、充電電池 3 の内部抵抗と電流による電圧降下分が負荷電圧に重畳されることにより充電電池 3 に過大な電圧が印加され、充電電池 3 が損傷してその寿命が短くなるおそれがある。従って、時刻  $t_2$  において負荷電圧が満充電の電圧  $T_h$  に達したとき、電力変換装置 2 は、電力変換回路 12-1 ~ 12-3 のうちの 1 つのみを動作させ、他の電力変換回路の動作を停止する（軽負荷動作）。動作する電力変換回路 12-1 ~ 12-3 の個数を減らし、出力電流を減少させるので、充電電池 3 の電圧降下が減少し、その結果、負荷電圧が一時的に低下する。その後、動作中の電力変換回路は、充電電池 3 に流れる電流を次第に低減させる。充電電池 3 に流れる電流を低減させることにより、充電電池 3 の電圧降下もさらに減少し、充電電池 3 の電圧は満充電の電圧  $T_h$  に近づく。

[0033] 前述したように、充電電池 3 を充電するために要求される負荷電圧、負荷電流、及び負荷電力の大きさはいずれも、充電電池 3 の充電状態に応じて変化する。従って、負荷電流及び負荷電力の変化は、負荷電圧の変化に対して相関性を有する。本開示の実施形態では、電力変換装置 2 は、負荷電流又は負荷電力の大きさに代えて、負荷電圧の大きさに応じて、動作する電力変換回路 12-1 ~ 12-3 の個数を変化させる。

[0034] 図 7 は、図 1 のトランス 22-1 ~ 22-3 のコア 52 の鉄損の温度特性を示すグラフである。トランス 22 では、一次巻線 L1 及び二次巻線 L2 に

電流が流れることにより銅損が発生し、また、コア 5 2 に磁束が流れることにより鉄損が発生する。一次巻線 L 1 に励磁電流が流れることにより磁束が発生するので、励磁電流が大きくなると磁束が増大し、鉄損が増大する。また、出力電圧が高いほど励磁電流が増大し、出力電流が小さいほど励磁電流が増大するので、充電機 3 の電圧が満充電に近づいて電力変換回路 1 2 の出力電流を低減するにつれて鉄損が増大し、コア 5 2 の発熱が増大する。一般的にトランス 2 2 のコア 5 2 に使用されるフェライトなどの材料は、図 4 に示すような鉄損の温度特性を有する。80～90℃において鉄損が最小になる。電力変換回路 1 2 の動作時に、コア 5 2 の温度が80～90℃を超えると鉄損が増大し、コア 5 2 の温度がさらに上昇する。コア 5 2 の温度が上昇するとまた鉄損が増大する。このサイクルを繰り返すことにより熱暴走が発生し、トランス 2 2 のコア 5 2 が破損するおそれがある。トランス 2 2 の熱暴走を低減するためにも、トランス 2 2 によって発生する熱を低減又は管理することが重要である。

[0035] 電力変換回路 1 2 の動作時において、トランス 2 2 の一次側電流は、磁束の発生に寄与する電流成分（すなわち励磁電流）と、二次側電流の発生に寄与する電流成分とを含む。重負荷動作では、後者の電流成分が支配的であり、電力変換回路 1 2 は高効率で動作する。一方、軽負荷動作では、出力電力及び出力電流が低下し、共振電流が低下し、二次側電流の発生に寄与しない励磁電流が支配的となり、電力変換回路 1 2 の効率は低下する。このため、軽負荷動作において、電力変換回路 1 2 - 1 ~ 1 2 - 3 のすべてを動作させることなく、1つの電力変換回路のみを動作させることにより、動作中の電力変換回路の出力電流の低下量を削減し、効率の低下を緩和することができる。

[0036] 第 1 の実施形態に係る電力変換装置 2 は、以下に説明するように、軽負荷動作において複数の電力変換回路 1 2 のうちの1つのみを動作させるとき、最も高い冷却性能を有するトランス 2 2 を備えた電力変換回路 1 2 を動作させる。

[0037] 図4に示すように、トランス22の底面は、チャンバ44の壁部44bを介して流路F1～F3に熱的に接触する。また、図5を参照すると、トランス22-2は、その底面の全体が流路F2に面しているのに対して、トランス22-1、22-3は、それらの底面の一部が流路F1、F3に面している。従って、トランス22-2が流路F2に熱的に接触する面積は、トランス22-1、22-3が流路F1、F3にそれぞれ熱的に接触する面積よりも大きい。これにより、トランス22-2の冷却性能は、トランス22-1、22-3の冷却性能よりも高くなる。制御回路13は、電力変換装置2が軽負荷動作するとき、すなわち、充電電池3の負荷電圧が予め決められたしきい値 $T_h$ 以上になったとき、複数の電力変換回路12のうち、流路F1～F3に熱的に接触した領域の面積が最も大きいトランス22を備える電力変換回路12を動作させ、他の電力変換回路12の動作を停止する。従って、図5の例では、制御回路13は、電力変換装置2が軽負荷動作するとき、電力変換回路12-2のみを動作させ、電力変換回路12-1、12-3の動作を停止する。このように、流路F1～F3に熱的に接触した領域の面積が最も大きいトランス22を備える電力変換回路12を動作させることにより、最も高い冷却性能を有するトランス22を備える電力変換回路12が動作し、トランス22の過熱によるコア52の破損を従来よりも生じにくくすることができる。

[0038] 図8は、図1のトランス22-1～22-3が互いに熱的に接触しているときのトランス22-1～22-3間における熱の伝導を示す図である。動作を停止した電力変換回路12のトランス22は、比較的短時間で冷却液44aの温度に近づく。従って、各電力変換回路12の各トランス22を互いに熱的に接触するように配置することにより、動作中の電力変換回路12のトランス22から停止中の電力変換回路12のトランス22に放熱することができる。特に、動作中の電力変換回路12のトランス22に、複数の停止中の電力変換回路12のトランス22を接触させることにより、1つの停止中の電力変換回路12のトランス22を接触させる場合よりも冷却性能が

向上する。制御回路13は、電力変換装置2が軽負荷動作するとき、複数の電力変換回路12のうち、少なくとも2つの他のトランス22と熱的に接触するトランス22を備える1つの電力変換回路12を動作させ、他の電力変換回路12の動作を停止する。従って、図8の例では、制御回路13は、電力変換装置2が軽負荷動作するとき、トランス22-2を備える電力変換回路12-2のみを動作させ、トランス22-1, 22-3を備える電力変換回路12-1, 12-3の動作を停止する。このように、少なくとも2つの他のトランス22と熱的に接触するトランス22を備える1つの電力変換回路12を動作させることにより、最も高い冷却性能を有するトランス22を備える電力変換回路12が動作し、トランス22の過熱によるコア52の破損を従来よりも生じにくくすることができる。

[0039] 各電力変換回路12の各トランス22を互いに熱的に接触するように配置することにより、各トランス22が流路F1~F3に熱的に接触した領域の面積に違いがない場合であっても、最も高い冷却性能を有するトランス22を備えた電力変換回路12を動作させることができる。また、流路F1~F3に熱的に接触した領域の面積が最も大きいトランス22が少なくとも2つの他のトランス22と熱的に接触するように各トランス22を配置することにより、トランス22の冷却性能をさらに向上させることができる。

[0040] [第1の実施形態の変形例]

図9は、第1の実施形態の変形例に係る電力変換装置2Aを備えた充電システムの構成を示すブロック図である。電力変換装置2Aは、図1の制御回路13に代えて制御回路13Aを備え、さらに、バルブ47-1~47-3を備える。バルブ47-1~47-3は、図10及び図11を参照して後述するように、流路F1~F3に流れる冷却液44aを通過又は阻止する。バルブ47-1~47-3は、例えば電磁弁である。制御回路13Aは、図1の制御回路13と同様にスイッチSW-1~SW-3及び電力変換回路12-1~12-3を制御し、さらに、バルブ47-1~47-3の開閉を制御する。

- [0041] 本明細書では、バルブ47-1~47-3を総称して「バルブ47」とも呼ぶ。
- [0042] 図10は、図9の電力変換装置2Aの冷却装置を説明するための筐体41の縦断面図である。図11は、図9の電力変換装置2Aの冷却装置を説明するための筐体41の横断面図である。図11は、図10のB-B'線における断面を示す。チャンバ44は、流路F1~F3を互いに分離する仕切り板44gを備える。バルブ47-1~47-3は、流路F1~F3にそれぞれ設けられ、流路F1~F3に流れる冷却液44aを通過又は阻止する。
- [0043] バルブ47-1~47-3のいずれかを閉じることにより、すべてのバルブ47-1~47-3を開いているときよりも、開いたバルブ47が設けられた流路の流速は増大し、従って、この流路に熱的に接触したトランス22の冷却性能は向上する。制御回路13Aは、電力変換装置2Aが軽負荷動作するとき、前述したように、複数の電力変換回路12のうちの1つの電力変換回路12を動作させ、他の電力変換回路12の動作を停止する。さらに、制御回路13Aは、電力変換装置2Aが軽負荷動作するとき、動作中の電力変換回路12のトランス22に熱的に接触した流路F1~F3に設けられたバルブを開き、停止中の電力変換回路12のトランス22に熱的に接触した流路F1~F3に設けられたバルブを閉じる。図11の例は、バルブ47-2のみを開き、バルブ47-1、47-3を閉じた場合を示す。このように、動作中の電力変換回路12のトランス22に熱的に接触した流路F1~F3の流速を増大させることにより、動作中の電力変換回路12のトランス22の冷却性能が向上し、トランス22の過熱によるコア52の破損を従来よりも生じにくくすることができる。
- [0044] 一例として、本発明者らは、コア52の鉄損が最大化される時、流速を4リットル/分から6リットル/分に増大させることにより、コア52の温度が20℃低下することを確認した。
- [0045] 図10及び図11の例では、バルブ47をトランス22よりも上流に設けているが、バルブ47は、流路F1~F3に沿った任意の場所、例えばトラ

ンス 2 2 の下流に設けられてもよい。

[0046] なお、バルブ 4 7 は、流路 F 1 ~ F 3 を完全に塞ぐ必要はなく、部分的に流れにくくすることにより、開いた流路の流速を増大させることができる。

[0047] バルブ 4 7 を用いることにより、トランス 2 2 が流路 F 1 ~ F 3 に熱的に接触した領域の面積に違いがない場合であっても、動作中の電力変換回路 1 2 のトランス 2 2 を良好に冷却することができる。また、制御回路 1 3 A は、流路 F 1 ~ F 3 に熱的に接触した領域の面積が最も大きいトランス 2 2 を備える電力変換回路 1 2 を動作させ、他の電力変換回路 1 2 の動作を停止するとき、動作中の電力変換回路 1 2 のトランス 2 2 に熱的に接触した流路 F 1 ~ F 3 に設けられたバルブ 4 7 を開き、停止中の電力変換回路 1 2 のトランス 2 2 に熱的に接触した流路 F 1 ~ F 3 に設けられたバルブ 4 7 を閉じてもよい。これにより、トランス 2 2 の冷却性能をさらに向上させることができる。

[0048] バルブ 4 7 を用いることにより、各電力変換回路 1 2 の各トランス 2 2 が互いに熱的に接触していない場合であっても、動作中の電力変換回路 1 2 のトランス 2 2 を良好に冷却することができる。また、制御回路 1 3 A は、少なくとも 2 つの他のトランス 2 2 と熱的に接触するトランス 2 2 を備える 1 つの電力変換回路 1 2 を動作させ、他の電力変換回路 1 2 の動作を停止するとき、動作中の電力変換回路 1 2 のトランス 2 2 に熱的に接触した流路 F 1 ~ F 3 に設けられたバルブ 4 7 を開き、停止中の電力変換回路 1 2 のトランス 2 2 に熱的に接触した流路 F 1 ~ F 3 に設けられたバルブ 4 7 を閉じてもよい。これにより、トランス 2 2 の冷却性能をさらに向上させることができる。

[0049] [第 1 の実施形態の効果]

以上説明したように、第 1 の実施形態に係る電力変換装置 2, 2 A によれば、複数の電力変換回路 1 2 のうちの 1 つのみを動作させるとき、最も高い冷却性能を有するトランス 2 2 を備えた電力変換回路 1 2 を動作させることができる。これにより、トランス 2 2 の過熱によるコア 5 2 の破損を従来よ

りも生じにくくすることができ、電力変換装置 2、2 A の信頼性を向上することができる。

[0050] [第 2 の実施形態]

第 2 の実施形態では、トランスの過熱を防止するために、複数の電力変換回路を選択的かつ逐次に動作させる電力変換装置について説明する。

[0051] 図 12 は、図 1 の電力変換装置 2 を重負荷動作から軽負荷動作に切り換えたときのトランス 22-1 ~ 22-3 のコア 52 の温度の時間的変化を概略的に示すグラフである。図 12 は、図 1 の電力変換装置 2 のトランス 22-1 ~ 22-3 が十分な冷却性能を有していない場合を示す。電力変換装置 2 が重負荷動作するとき、すなわち、すべての電力変換回路 12-1 ~ 12-3 が動作するとき、トランス 22-1 ~ 22-3 のコア 52 の温度は互いに等しい。一方、電力変換装置 2 が軽負荷動作するとき、図 12 の例では、電力変換回路 12-1 のみが動作し、電力変換回路 12-2, 12-3 の動作が停止するとき、トランス 22-1 のコア 52 の温度は約 0.01°C/秒の速度で概ね直線的に上昇し、トランス 22-2, 22-3 のコア 52 の温度は約 0.1°C/秒の速度で直線的に低下する。図 12 の動作を継続すると、トランス 22-1 のコア 52 が過熱して破損するおそれがある。このため、第 2 の実施形態では、制御回路 13 は、電力変換装置 2 が軽負荷動作するとき、すなわち、充電電池 3 の負荷電圧がしきい値  $T_h$  以上になったとき、複数の電力変換回路 12 のうちの 1 つの電力変換回路 12 が動作しかつ他の電力変換回路 12 の動作が停止するように、複数の電力変換回路 12 を選択的かつ逐次に動作させる。

[0052] まず、第 2 の実施形態に係る電力変換装置が、図 1 の電力変換装置 2 と同様の構成を有する場合について説明する。

[0053] 図 13 は、第 2 の実施形態に係る電力変換装置 2 の制御回路 13 によって実行される充電制御処理を示すフローチャートである。

[0054] ステップ S1 において、制御回路 13 は、充電電池 3 を充電するために要求される負荷電圧の大きさが予め決められたしきい値  $T_h$  以上であるか否かを

判断し、YESのときはステップS3に進み、NOのときはステップS2に進む。しきい値Thは、例えば、図6を参照して説明したように、充電電池3の満充電の電圧に設定される。

- [0055] ステップS2において、制御回路13は、すべての電力変換回路12-1～12-3をオンして動作させ（重負荷動作）、その後、定期的にステップS1に戻る。
- [0056] ステップS3において、制御回路13は、すべての電力変換回路12-1～12-3の動作を停止する。
- [0057] ステップS4において、制御回路13は、電力変換回路12-1～12-3のうちの1つを選択する。
- [0058] ステップS5において、制御回路13は、選択された電力変換回路12をオンして動作させ（軽負荷動作）、充電電池3への電力供給を開始する。
- [0059] ステップS6において、制御回路13は、選択された電力変換回路12について、その動作時間の計時を開始する。
- [0060] ステップS7において、制御回路13は、充電電池3が満充電に達したか否かを判断し、YESのときはステップS10に進み、NOのときはステップS8に進む。
- [0061] ステップS8において、制御回路13は、選択された電力変換回路12のための動作時間、すなわち、選択された電力変換回路12について予め決められた時間期間が満了したか否かを判断し、YESのときはステップS9に進み、NOのときはステップS7に戻る。
- [0062] ステップS9において、制御回路13は、電力変換回路12-1～12-3のうち、予め決められた順序で次の電力変換回路12を選択し、ステップS5に戻る。ステップS5～S9を繰り返すことにより、例えば、電力変換回路12-1の次に電力変換回路12-2が動作し、電力変換回路12-2の次に電力変換回路12-3が動作し、電力変換回路12-3の次に電力変換回路12-1が動作し、以後同様に、電力変換回路12-1～12-3が選択的かつ逐次に動作する。

- [0063] ステップS10において、制御回路13は、すべての電力変換回路12-1～12-3の動作を停止する。
- [0064] 図14は、図13の充電制御処理を実行するときにおける電力変換回路12-1～12-3の動作を示すタイミングチャートである。図13のステップS2では、電力変換装置2は重負荷動作し、図13のステップS3～S9では、電力変換装置2は軽負荷動作する。制御回路13は、電力変換装置2が軽負荷動作するとき、予め決められた時間期間が経過するごとに、電力変換回路12-1～12-3のうち、動作する電力変換回路12を切り換える。これにより、電力変換装置2が軽負荷動作するとき、電力変換回路12-1～12-3は、例えば同じ時間期間ずつ動作する。電力変換装置2が軽負荷動作する時間期間全体のうち、電力変換回路12-1～12-3のそれぞれは1/3の時間期間に動作し、残りの2/3の時間期間にその動作を停止する。図12を参照して説明した例によれば、停止中の電力変換回路12におけるトランス22のコア52の温度低下速度は、動作中の電力変換回路12におけるトランス22のコア52の温度上昇速度の10倍である。従って、図14に示すように、電力変換装置2が軽負荷動作するとき、動作する電力変換回路12を切り換えることにより、コア52の温度は実効的に上昇しない。
- [0065] なお、図13のステップS8の時間期間は、コア52の温度上昇速度、コア52の温度低下速度、熱暴走しない温度の上限値、などに基づいて決定される。図13のステップS8の時間期間は、温度上昇するコア52を分散させるために、例えば1分又は2分に設定されてもよい。
- [0066] 図13のステップS8の時間期間は、複数の電力変換回路12について同じであってもよく、異なってもよい。後者の場合、制御回路13は、電力変換装置2が軽負荷動作するとき、所定の長期の時間期間にわたる各電力変換回路12の各合計動作時間長が互いに等しくなるように、複数の電力変換回路12を選択的かつ逐次に動作させてもよい。また、制御回路13は、電力変換装置2が軽負荷動作するとき、より高い冷却性能を有するトランス

22を備える電力変換回路12により長い動作時間長を割り当てるように、複数の電力変換回路12を選択的かつ逐次に動作させてもよい。例えば、前述したように、より大きな面積で流路F1～F3に熱的に接触したトランス22は、より高い冷却性能を有し、また、より多くのトランス22と熱的に接触したトランス22は、より高い冷却性能を有する。

[0067] このように、複数の電力変換回路12をその動作時間に基づいて選択的かつ逐次に動作させることにより、トランス22の過熱によるコア52の破損を従来よりも生じにくくすることができる。複数の電力変換回路12を選択的かつ逐次に動作させることにより、長時間にわたって使用し続けることによる回路及び装置の劣化を分散することができ、製品の長寿命化に寄与する。

[0068] [第2の実施形態の第1の変形例]

図15は、第2の実施形態の第1の変形例に係る電力変換装置2Bを備えた充電システムの構成を示すブロック図である。電力変換装置2Bは、図1の制御回路13に代えて制御回路13Bを備え、さらに、温度センサ14-1～14-3を備える。温度センサ14-1～14-3は、トランス22-1～22-3のコア52の温度をそれぞれ測定する。制御回路13Bは、温度センサ14-1～14-3によって測定されたコア52の温度に基づいて、図16を参照して説明する充電制御処理を実行する。

[0069] 図16は、図15の電力変換装置2Bの制御回路13Bによって実行される充電制御処理を示すフローチャートである。図16の充電制御処理は、図13のステップS6及びS8に代えて、ステップS21～S22を含む。制御回路13Bは、ステップS5の次にステップS7に進み、ステップS7がNOのとき、ステップS21に進む。

[0070] ステップS21において、制御回路13Bは、選択された電力変換回路12におけるトランス22のコア52の温度Tempを測定する。

[0071] ステップS22において、制御回路13Bは、温度Tempが予め決められたしきい値ThA以上であるか否かを判断し、YESのときはステップS

9に進み、NOのときはステップS7に戻る。しきい値ThAは、例えば、図7に示すコア52の鉄損が最小になる温度、すなわち、コア52の鉄損が増大し始める温度である80℃～90℃に設定されてもよい。

[0072] 図16の充電制御処理を実行することにより、制御回路13Bは、電力変換装置2Bが軽負荷動作するとき、動作中の電力変換回路12のトランス22の温度がしきい値ThA以上になると、動作する電力変換回路12を切り換える。

[0073] 図17は、図16の充電制御処理を実行するときにおけるトランス22-1～22-3のコア52の温度の時間的変化を概略的に示すグラフである。図18は、図16の充電制御処理を実行するときにおける電力変換回路12-1～12-3の動作を示すタイミングチャートである。図16のステップS2では、電力変換装置2Bは重負荷動作し、図16のステップS3～S5, S7, S21, S22, S9では、電力変換装置2Bは軽負荷動作する。図18の例では、軽負荷動作を開始するとき、最初に電力変換回路12-1が動作する。トランス22-1のコア52の温度は、コア52の鉄損などに起因して上昇する。制御回路13Bは、トランス22-1のコア52の温度をモニタリングし、コア52の温度がしきい値ThA以上になったとき、電力変換回路12-1の動作を停止し、電力変換回路12-2の動作を開始する。これにより、停止した電力変換回路12-1のトランス22-1のコア52の温度は減少に転じ、冷却液44aの温度に速やかに近づく。電力変換回路12-2のトランス22-2のコア52は、電力変換回路12-2が動作を開始する前に冷却されているが、電力変換回路12-2が動作を開始したことにより次第に上昇する。制御回路13Bは、トランス22-2のコア52の温度をモニタリングし、コア52の温度がしきい値ThA以上になったとき、電力変換回路12-2の動作を停止し、電力変換回路12-3の動作を開始する。電力変換装置2Bが軽負荷動作するとき、コア52の鉄損は著しく増加するが、コア52の不均衡な温度分布は発生せず、これによりコア52の破損は生じにくくなり、高い信頼性を有する電力変換装置2Bが得

られる。

[0074] また、トランス 22 のコア 52 の鉄損が図 7 に示すような温度特性を有する場合、制御回路 13B は、鉄損が最小となる 80～90℃の前後、例えば 70～100℃の範囲で動作するように、動作する電力変換回路 12 を切り換えてもよい。これにより、電力変換装置 2B は、一般的に効率が低下する軽負荷動作時であっても、高効率に動作可能である。

[0075] このように、複数の電力変換回路 12 をそのトランス 22 の温度に基づいて選択的かつ逐次に動作させることにより、トランス 22 の過熱によるコア 52 の破損を従来よりも生じにくくすることができる。

[0076] [第 2 の実施形態の第 2 の変形例]

図 19 は、第 2 の実施形態の第 2 の変形例に係る電力変換装置 2C を備えた充電システムの構成を示すブロック図である。電力変換装置 2C は、図 1 の制御回路 13 に代えて制御回路 13C を備え、さらに、電流センサ 15 を備える。電流センサ 15 は、各電力変換回路 12 の入力電流を測定する。制御回路 13C は、電流センサ 15 によって測定された入力電流に基づいて、図 20 を参照して説明する充電制御処理を実行する。

[0077] 図 20 は、図 19 の電力変換装置 2C の制御回路 13C によって実行される充電制御処理を示すフローチャートである。図 20 の充電制御処理は、図 16 のステップ S21～S22 に代えて、ステップ S31～S33 を含む。制御回路 13C は、ステップ S7 が NO のとき、ステップ S31 に進む。

[0078] ステップ S31 において、制御回路 13C は、選択された電力変換回路 12 の入力電流  $I_{in}$  を測定する。

[0079] ステップ S32 において、制御回路 13C は、充電電池 3 を充電するために要求される負荷電流の大きさに基づいて、入力電流のしきい値  $T_{hB}$  を設定する。

[0080] ステップ S33 において、制御回路 13C は、入力電流  $I_{in}$  がしきい値  $T_{hB}$  以上であるか否かを判断し、YES のときはステップ S9 に進み、NO のときはステップ S7 に戻る。

[0081] 図20の充電制御処理を実行することにより、制御回路13Cは、電力変換装置2Cが軽負荷動作するとき、動作中の電力変換回路12の入力電流が、充電電池3の負荷電流に基づいて決定されたしきい値 $T_{hb}$ 以上になると、動作する電力変換回路12を切り換える。

[0082] 一般に、電力変換回路12の出力電流は、充電電池3を充電するために要求される負荷電流の大きさに基づいて制御される。しかしながら、トランス22のコア52の鉄損が増大して電力変換回路12の効率が低下すると、入力電流を増加させなければ所望の出力電流を達成できなくなる。このため、制御回路13Cは、トランス22の一次側回路21の入力電流 $I_{in}$ を測定し、入力電流 $I_{in}$ が所定のしきい値 $T_{hb}$ 以上になったとき、動作する電力変換回路12を切り換える。また、図6を参照して説明したように、軽負荷動作時において、充電電池3を充電するために要求される負荷電流は次第に減少するので、制御回路13Cは、負荷電流が変化したとき、しきい値 $T_{hb}$ を再計算する。このように、複数の電力変換回路12をその入力電流 $I_{in}$ に基づいて選択的かつ逐次に動作させることにより、トランス22の過熱によるコア52の破損を従来よりも生じにくくすることができる。

[0083] また、電力変換装置2Cが軽負荷動作するとき、電力変換回路12-1~12-3のうちの1つのみが動作するので、図19に示すように分配器11の上流に設けられた1つの電流センサ15を用いて、各電力変換回路12-1~12-3の入力電流を測定することができる。それに代わって、各電力変換回路12-1~12-3の入力電流を測定するための電流センサを、電力変換回路12-1~12-3ごとに設けてもよい。

[0084] [第2の実施形態の第3の変形例]

図21は、第2の実施形態の第3の変形例に係る電力変換装置2Dを備えた充電システムの構成を示すブロック図である。電力変換装置2Dは、図1の制御回路13に代えて制御回路13Dを備え、さらに、電力センサ16を備える。電力センサ16は、各電力変換回路12の入力電力を測定する。電力センサ16は、単一のセンサであってもよく、電流センサ及び電圧センサ

の組み合わせであってもよい。制御回路13Dは、電力センサ16によって測定された入力電力に基づいて、図22を参照して説明する充電制御処理を実行する。

[0085] 図22は、図21の電力変換装置2Dの制御回路13Dによって実行される充電制御処理を示すフローチャートである。図22の充電制御処理は、図16のステップS21～S22に代えて、ステップS41～S43を含む。制御回路13Dは、ステップS7がNOのとき、ステップS41に進む。

[0086] ステップS41において、制御回路13Dは、選択された電力変換回路12の入力電力 $P_{in}$ を測定する。

[0087] ステップS42において、制御回路13Dは、入力電力 $P_{in}$ と、充電電池3を充電するために要求される負荷電力 $P_{out}$ とに基づいて、選択された電力変換回路12の効率 $E_{ff} = P_{out} / P_{in}$ を計算する。制御回路13Dは、充電電池3から、充電電池3を充電するために要求される負荷電流及び負荷電圧の大きさを示す制御信号を受信し、負荷電流及び負荷電圧に基づいて負荷電力 $P_{out}$ を計算してもよい。また、制御回路13Dは、充電電池3から負荷電力 $P_{out}$ の大きさを示す制御信号を受信してもよい。

[0088] ステップS43において、制御回路13Dは、効率 $E_{ff}$ が予め決められたしきい値 $ThC$ 以下であるか否かを判断し、YESのときはステップS9に進み、NOのときはステップS7に戻る。

[0089] 図22の充電制御処理を実行することにより、制御回路13Dは、電力変換装置2Dが軽負荷動作するとき、動作中の電力変換回路12の入力電力及び充電電池3の負荷電力に基づいて動作中の電力変換回路12の効率を計算し、効率がしきい値 $ThC$ 以下になるときに、動作する電力変換回路12を切り換える。

[0090] このように、複数の電力変換回路12をその効率 $E_{ff}$ に基づいて選択的かつ逐次に動作させることにより、トランス22の過熱によるコア52の破損を従来よりも生じにくくすることができる。

[0091] また、電力変換装置2Dが軽負荷動作するとき、電力変換回路12-1～

12-3のうちの一つのみが動作するので、図21に示すように分配器11の上流に設けられた一つの電力センサ16を用いて、各電力変換回路12-1~12-3の入力電力を測定することができる。それに代わって、各電力変換回路12-1~12-3の入力電力を測定するための電力センサを、電力変換回路12-1~12-3ごとに設けてもよい。

[0092] [第2の実施形態の効果]

第2の実施形態に係る電力変換装置2, 2B~2Dによれば、複数の電力変換回路12を選択的かつ逐次に動作させることにより、トランス22の過熱によるコア52の破損を従来よりも生じにくくすることができ、その信頼性を向上することができる。

[0093] 第2の実施形態に係る電力変換装置2, 2B~2Dによれば、図4及び図5に示すような冷却装置を備えていなくても、複数の電力変換回路12を選択的かつ逐次に動作させることにより、トランス22のコア52の温度が従来よりも上昇しにくくなる。

[0094] 例えば特許文献2のようにトランスが冷却用の水路を備える場合であっても、コアの一部のみが冷却されることによりコアに大きな温度差が生じ、この温度差に起因してコアに応力が生じてコアが破損するおそれがある。一方、第2の実施形態に係る電力変換装置2, 2B~2Dによれば、複数の電力変換回路12を選択的かつ逐次に動作させることにより、トランス22のコア52の温度が上昇しにくくなり、従って、大きな温度差も生じにくくなる。これにより、コア52の破損を従来よりも生じにくくすることができる。

[0095] [他の変形例]

図9~図11を参照して説明したバルブ47を第2の実施形態に係る電力変換装置2, 2B~2Dに適用してもよい。この場合、制御回路13, 13B~13Dは、動作中の電力変換回路12のトランス22に熱的に接触した流路F1~F3に設けられたバルブを開き、停止中の電力変換回路12のトランス22に熱的に接触した流路F1~F3に設けられたバルブを閉じる。これにより、トランス22の冷却性能をさらに向上させることができる。

- [0096] 以上の説明では、充電電池 3 を充電するために要求される負荷電圧が充電電池 3 の満充電の電圧  $T_h$  に達したときに、電力変換装置 2 が重負荷動作から軽負荷動作に遷移する場合について説明したが、これに限定されない。電力変換装置 2 は、負荷電圧が満充電の電圧  $T_h$  よりも低い予め決められたしきい値以上になったとき、重負荷動作から軽負荷動作に遷移してもよい。
- [0097] 以上の説明では、充電電池 3 を充電するために要求される負荷電圧に基づいて電力変換装置 2 が重負荷動作から軽負荷動作に遷移する場合について説明したが、これに限定されない。電力変換装置 2 は、充電電池 3 を充電するために要求される負荷電流又は負荷電力に基づいて、重負荷動作から軽負荷動作に遷移してもよい。
- [0098] 以上の説明では、主にトランス 2 2 の過熱を生じにくくする場合について説明したが、本開示の実施形態に係る電力変換装置は、一次側回路 2 1、二次側回路 2 3、及び／又は他の発熱部品の過熱を生じにくくするように構成されてもよい。
- [0099] 図 1 等では、電力変換装置 2 が例えば三相の交流電源 1 から三相の交流電力供給を受ける場合について説明したが、本開示の実施形態に係る電力変換装置は、1 つ又は複数の単相交流電源から電力供給を受けるように構成されてもよく、1 つの二相交流電源から電力供給を受けるように構成されてもよい。電力変換装置が 1 つの単相交流電源から電力供給を受ける場合、分配器 1 1 は、3 つの電力変換回路 1 2 に同じ交流電力を供給してもよい。また、電力変換装置が 2 つの単相交流電源から電力供給を受ける場合、分配器 1 1 は、一方の交流電源の交流電力を 1 つの電力変換回路 1 2 に供給し、他方の交流電源の交流電力を他の 1 つの電力変換回路 1 2 に供給してもよい。この場合、制御回路 1 3 は、残りの 1 つの電力変換回路 1 2 の動作を停止する。また、電力変換装置が 3 つの単相交流電源から電力供給を受ける場合、分配器 1 1 は、各交流電源の交流電力を各電力変換回路 1 2 に 1 対 1 に供給してもよい。また、電力変換装置が二相交流電源から電力供給を受ける場合、分配器 1 1 は、ある相の交流電力を 1 つの電力変換回路 1 2 に供給し、他相の

交流電力を他の1つの電力変換回路12に供給してもよい。この場合、制御回路13は、残りの1つの電力変換回路12の動作を停止する。

[0100] 本開示の実施形態に係る電力変換装置は、1つ又は複数の直流電源から電力供給を受けるように構成されてもよい。この場合、分配器11は、1つ又は複数の単相交流電源から電力供給を受ける場合と同様に3つの電力変換回路12に電力を供給し、また、各電力変換回路12の一次側回路21のダイオードD1～D4及び力率改善回路31は省略される。

[0101] 本開示の実施形態に係る電力変換装置は、2つ又は4つ以上の電力変換回路を備えてもよい。

[0102] 本開示の実施形態に係る電力変換装置は、LLC共振型DC/DCコンバータ回路を含む電力変換回路12に限らず、トランスをそれぞれ含む任意の電力変換回路を備えてもよい。

[0103] 本開示の実施形態に係る電力変換装置は、充電池3に限らず、負荷電圧の大きさが変化する任意の負荷装置に直流電力を供給するように構成されてもよい。

### 産業上の利用可能性

[0104] 本開示の一態様に係る電力変換装置は、例えば、電気自動車又はプラグインハイブリッド自動車のための車載充電システムに適用可能である。

### 符号の説明

- [0105] 1 交流電源  
2, 2A～2D 電力変換装置  
3 充電池  
11 分配器  
12-1～12-3 電力変換回路  
13, 13A～13D 制御回路  
14-1～14-3 温度センサ  
15 電流センサ  
16 電力センサ

- 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 一次側回路
- 2 2 - 1 ~ 2 2 - 3 トランス
- 2 3 - 1 ~ 2 3 - 3 二次側回路
- 3 1 力率改善回路
- 4 1 筐体
- 4 2, 4 3, 4 4 チャンバ
- 4 4 a 冷却液
- 4 4 b, 4 4 c 壁部
- 4 4 d 流入口
- 4 4 e 流出口
- 4 4 f フィン
- 4 4 g 仕切り板
- 4 5 放熱器
- 4 6 ポンプ
- 4 7 - 1 ~ 4 7 - 3 バルブ
- 5 1 ボビン
- 5 2 コア
- 5 3 ポットティング
- C 1 ~ C 3 キャパシタ
- D 1 ~ D 8 ダイオード
- L 1 一次巻線
- L 2 二次巻線
- L 3 漏れインダクタンス
- Q 1 ~ Q 4 スイッチング素子
- SW - 1 ~ SW - 3 スイッチ

## 請求の範囲

- [請求項1]           トランスをそれぞれ備え、共通の負荷装置に直流電力をそれぞれ供給する複数の電力変換回路と、  
                  前記各電力変換回路を制御する制御回路と、  
                  前記各電力変換回路を冷却する冷却装置とを備え、  
                  前記冷却装置は、冷却液のための少なくとも1つの流路であって、  
                  前記各電力変換回路のトランスに熱的に接触した少なくとも1つの流路を備え、  
                  前記制御回路は、前記負荷装置の負荷電圧が予め決められたしきい値以上になったとき、前記複数の電力変換回路のうち、前記流路に熱的に接触した領域の面積が最も大きいトランスを備える電力変換回路を動作させ、他の電力変換回路の動作を停止する、  
                  電力変換装置。
- [請求項2]           前記各電力変換回路の前記各トランスは、互いに熱的に接触するように配置される、  
                  請求項1記載の電力変換装置。
- [請求項3]           前記電力変換装置は3つ以上の電力変換回路を備え、  
                  前記各電力変換回路の前記各トランスは、前記流路に熱的に接触した領域の面積が最も大きいトランスが少なくとも2つの他のトランスと熱的に接触するように配置される、  
                  請求項2記載の電力変換装置。
- [請求項4]           前記冷却装置は、前記冷却液のための複数の流路と、前記複数の流路にそれぞれ設けられた複数のバルブとをさらに備え、  
                  前記制御回路は、前記負荷装置の負荷電圧が予め決められたしきい値以上になったとき、前記動作中の電力変換回路のトランスに熱的に接触した流路に設けられたバルブを開き、前記停止中の電力変換回路のトランスに熱的に接触した流路に設けられたバルブを閉じる、  
                  請求項1～3のうちの1つに記載の電力変換装置。

- [請求項5]           トランスをそれぞれ備え、共通の負荷装置に直流電力をそれぞれ供給する3つ以上の電力変換回路と、
- 前記各電力変換回路を制御する制御回路と、
- 前記各電力変換回路を冷却する冷却装置とを備え、
- 前記冷却装置は、冷却液のための少なくとも1つの流路であって、前記各電力変換回路のトランスに熱的に接触した少なくとも1つの流路を備え、
- 前記各電力変換回路の前記各トランスは、互いに熱的に接触するように配置され、
- 前記制御回路は、前記負荷装置の負荷電圧が予め決められたしきい値以上になったとき、前記3つ以上の電力変換回路のうち、少なくとも2つの他のトランスと熱的に接触するトランスを備える1つの電力変換回路を動作させ、他の電力変換回路の動作を停止する、電力変換装置。
- [請求項6]           前記冷却装置は、前記冷却液のための複数の流路と、前記複数の流路にそれぞれ設けられた複数のバルブとをさらに備え、
- 前記制御回路は、前記負荷装置の負荷電圧が予め決められたしきい値以上になったとき、前記動作中の電力変換回路のトランスに熱的に接触した流路に設けられたバルブを開き、前記停止中の電力変換回路のトランスに熱的に接触した流路に設けられたバルブを閉じる、請求項5記載の電力変換装置。
- [請求項7]           トランスをそれぞれ備え、共通の負荷装置に直流電力をそれぞれ供給する複数の電力変換回路と、
- 前記各電力変換回路を制御する制御回路と、
- 前記各電力変換回路を冷却する冷却装置とを備え、
- 前記冷却装置は、冷却液のための複数の流路であって、前記各電力変換回路のトランスにそれぞれ熱的に接触した複数の流路と、前記複数の流路にそれぞれ設けられた複数のバルブとを備え、

前記制御回路は、前記負荷装置の負荷電圧が予め決められたしきい値以上になったとき、前記複数の電力変換回路のうちの1つの電力変換回路を動作させ、他の電力変換回路の動作を停止し、前記動作中の電力変換回路のトランスに熱的に接触した流路に設けられたバルブを開き、前記停止中の電力変換回路のトランスに熱的に接触した流路に設けられたバルブを閉じる、  
電力変換装置。

[請求項8] 前記電力変換装置は3つの電力変換回路を備え、  
前記3つの電力変換回路は、三相交流電源から供給された三相交流電力の各相の交流電力を直流電力にそれぞれ変換する、  
請求項1～7のうちの1つに記載の電力変換装置。

[請求項9] 請求項1～8のうちの1つに記載の電力変換装置と、  
前記電力変換装置の前記複数の電力変換回路に共通の負荷装置として、前記複数の電力変換回路から直流電力の供給を受けて充電される充電電池とを含む、  
充電システム。

[請求項10] トランスをそれぞれ備え、共通の負荷装置に直流電力をそれぞれ供給する複数の電力変換回路と、前記各電力変換回路を冷却する冷却装置とを備えた電力変換装置の制御方法であって、

前記冷却装置は、冷却液のための少なくとも1つの流路であって、前記各電力変換回路のトランスに熱的に接触した少なくとも1つの流路を備え、

前記制御方法は、前記負荷装置の負荷電圧が予め決められたしきい値以上になったとき、前記複数の電力変換回路のうち、前記流路に熱的に接触した領域の面積が最も大きいトランスを備える電力変換回路を動作させ、他の電力変換回路の動作を停止する、  
電力変換装置の制御方法。

[請求項11] トランスをそれぞれ備え、共通の負荷装置に直流電力をそれぞれ供

給する複数の電力変換回路と、前記各電力変換回路を冷却する冷却装置とを備えた電力変換装置の制御方法であって、

前記冷却装置は、冷却液のための少なくとも1つの流路であって、前記各電力変換回路のトランスに熱的に接触した少なくとも1つの流路を備え、

前記各電力変換回路の前記各トランスは、互いに熱的に接触するように配置され、

前記制御方法は、前記負荷装置の負荷電圧が予め決められたしきい値以上になったとき、前記複数の電力変換回路のうち、少なくとも2つの他のトランスと熱的に接触するトランスを備える1つの電力変換回路を動作させ、他の電力変換回路の動作を停止する、電力変換装置の制御方法。

[請求項12]

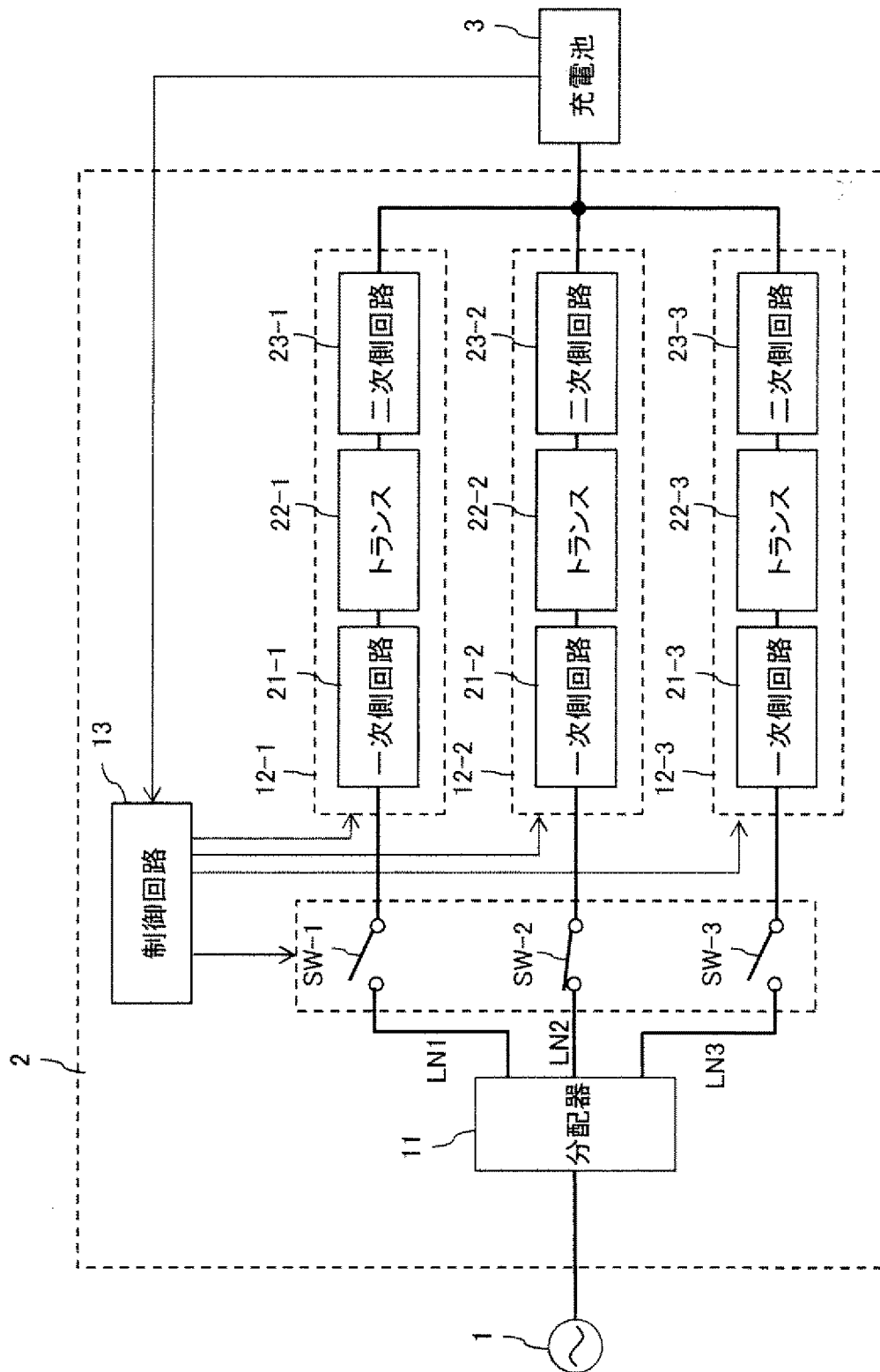
トランスをそれぞれ備え、共通の負荷装置に直流電力をそれぞれ供給する複数の電力変換回路と、前記各電力変換回路を冷却する冷却装置とを備えた電力変換装置の制御方法であって、

前記冷却装置は、冷却液のための複数の流路であって、前記各電力変換回路のトランスにそれぞれ熱的に接触した複数の流路と、前記複数の流路にそれぞれ設けられた複数のバルブとを備え、

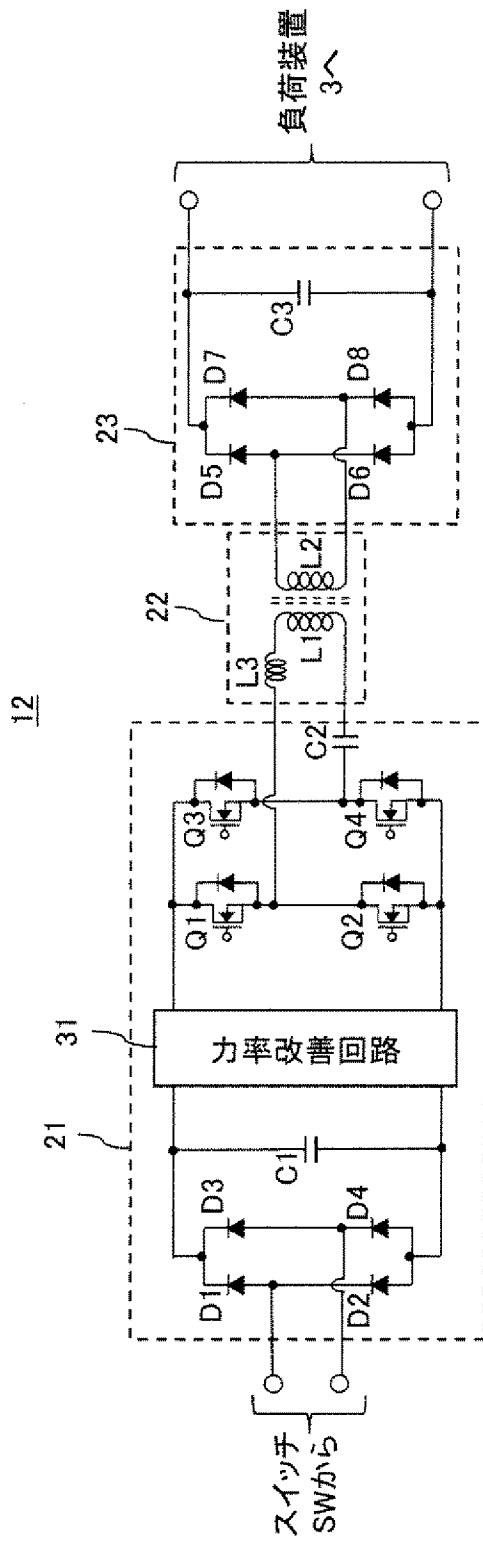
前記制御方法は、前記負荷装置の負荷電圧が予め決められたしきい値以上になったとき、前記複数の電力変換回路のうちの1つの電力変換回路を動作させ、他の電力変換回路の動作を停止し、前記動作中の電力変換回路のトランスに熱的に接触した流路に設けられたバルブを開き、前記停止中の電力変換回路のトランスに熱的に接触した流路に設けられたバルブを閉じる、

電力変換装置の制御方法。

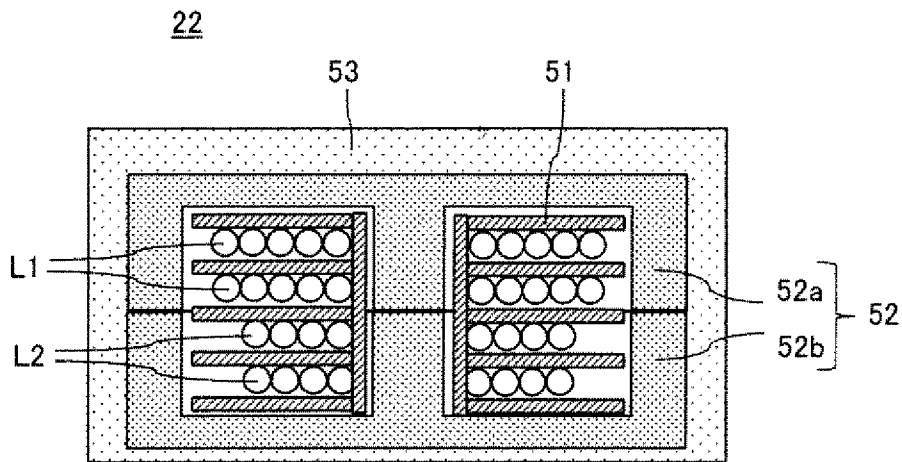
[図1]



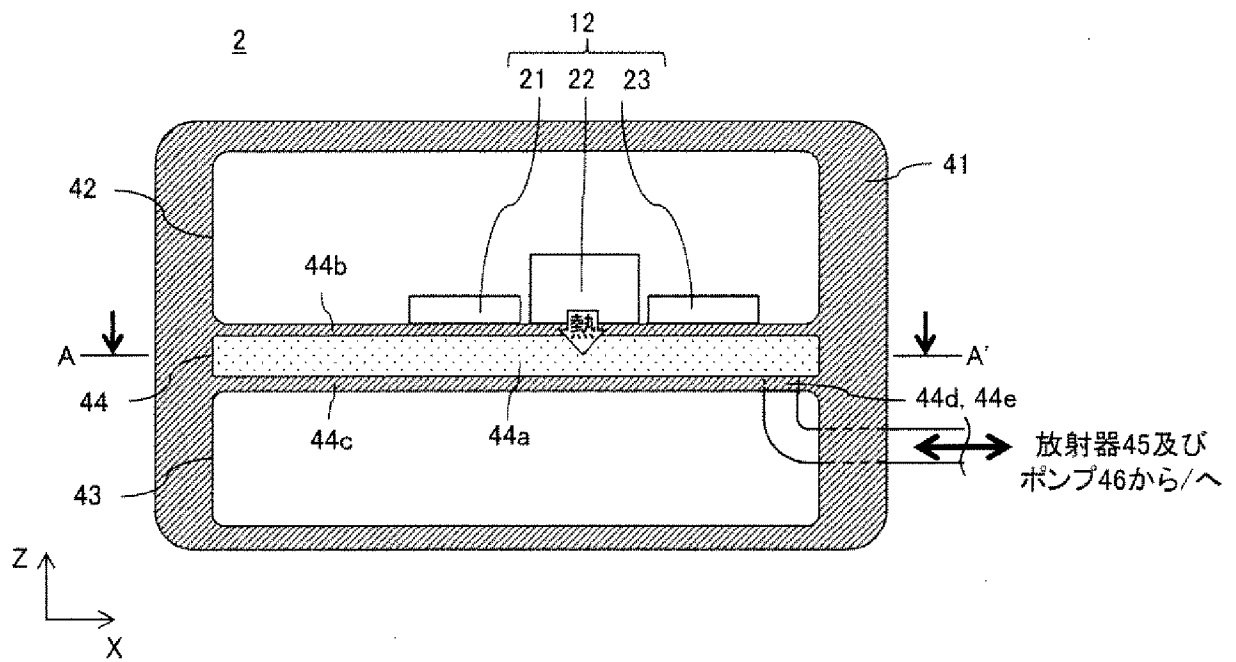
[図2]



[図3]

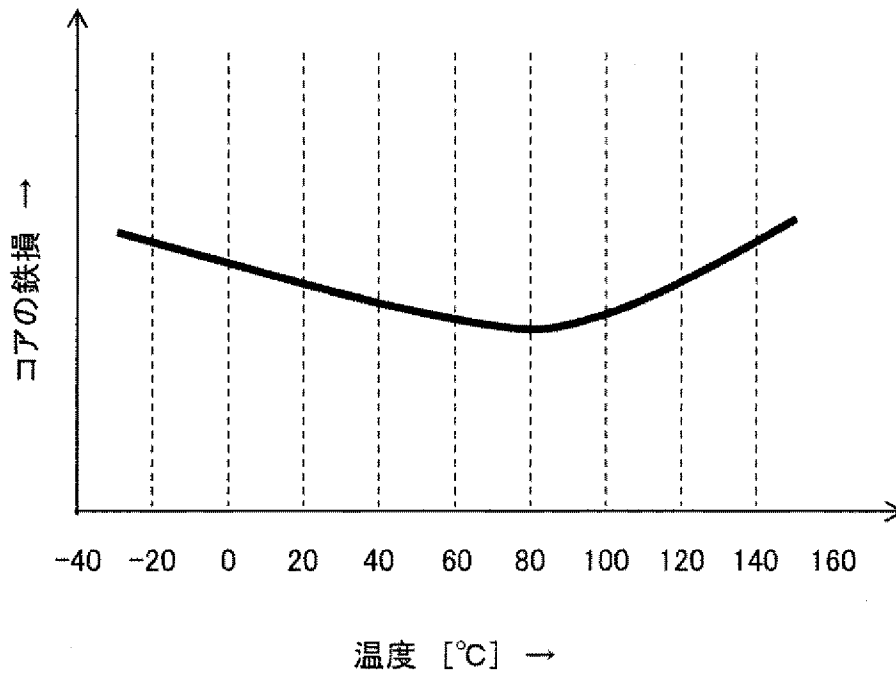


[図4]

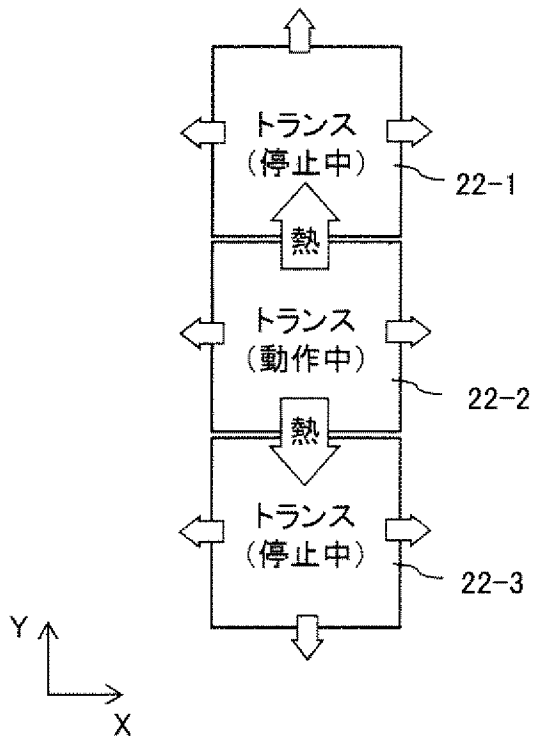




[図7]

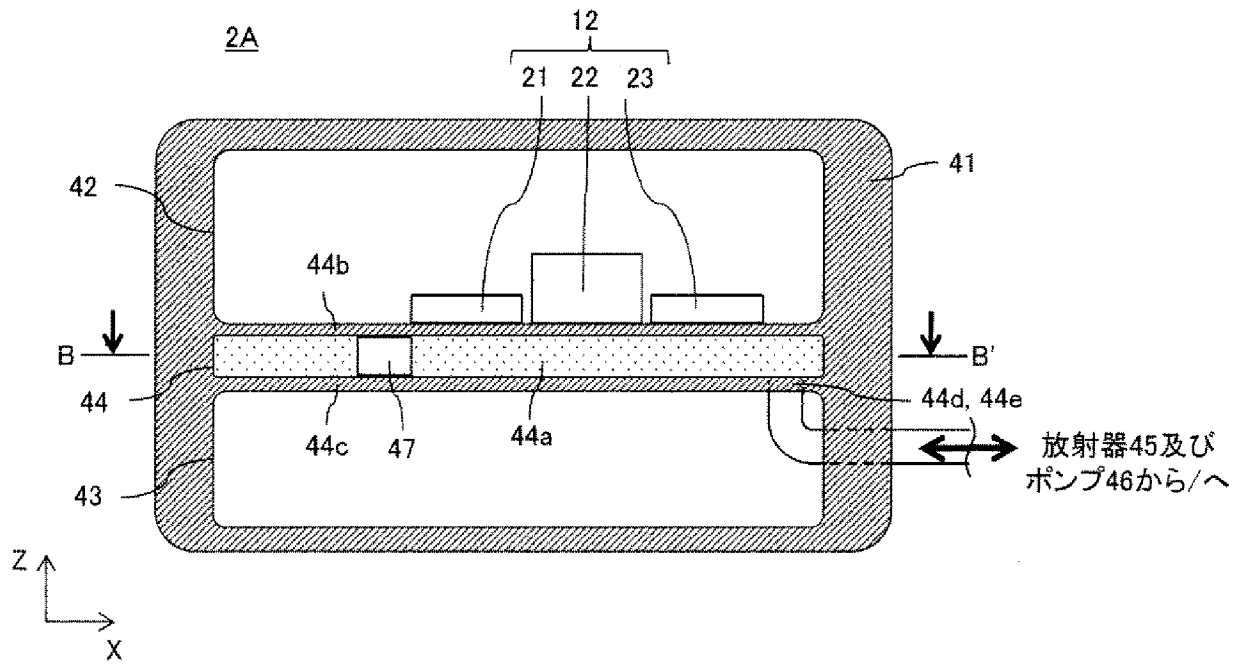


[図8]

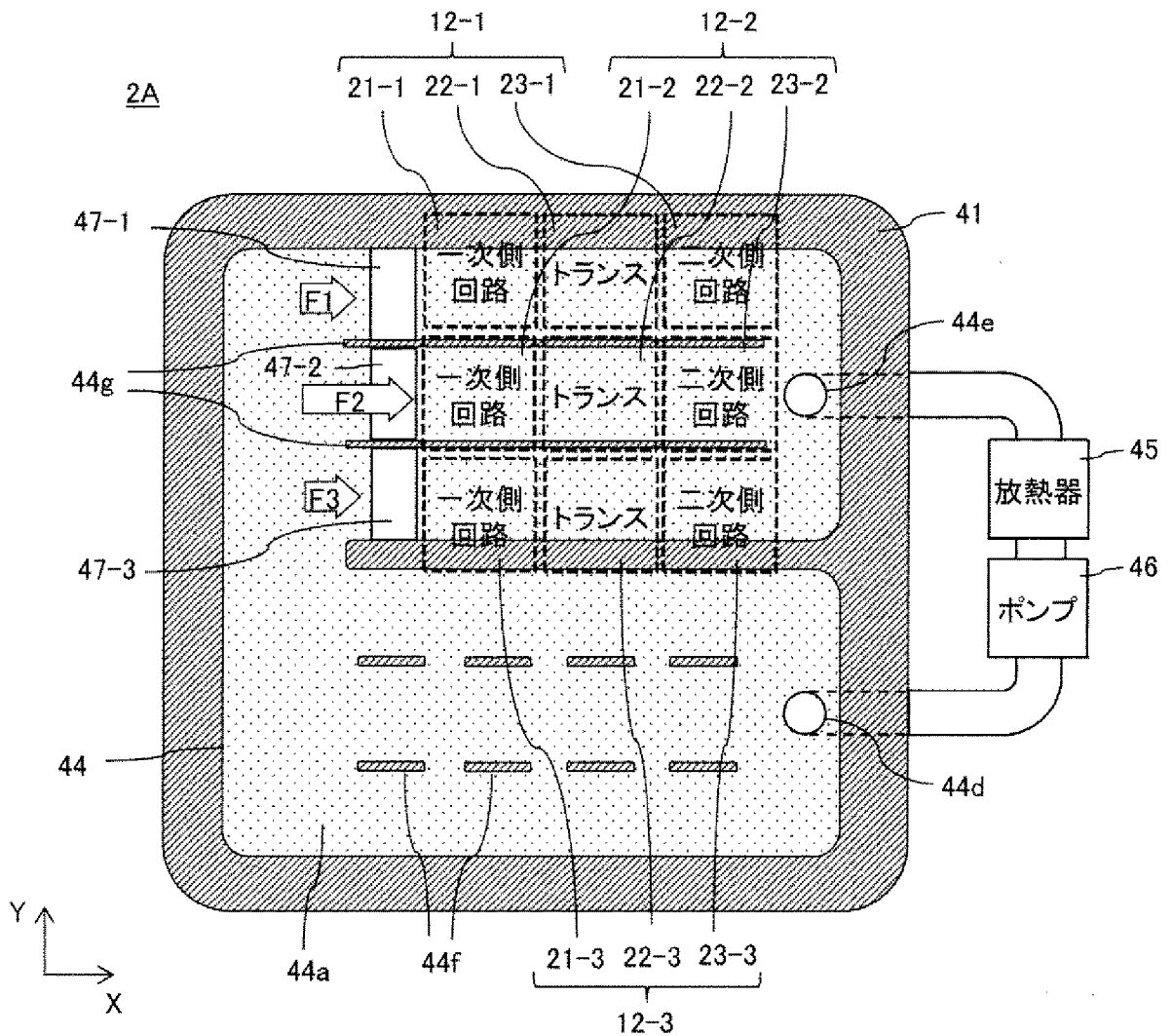




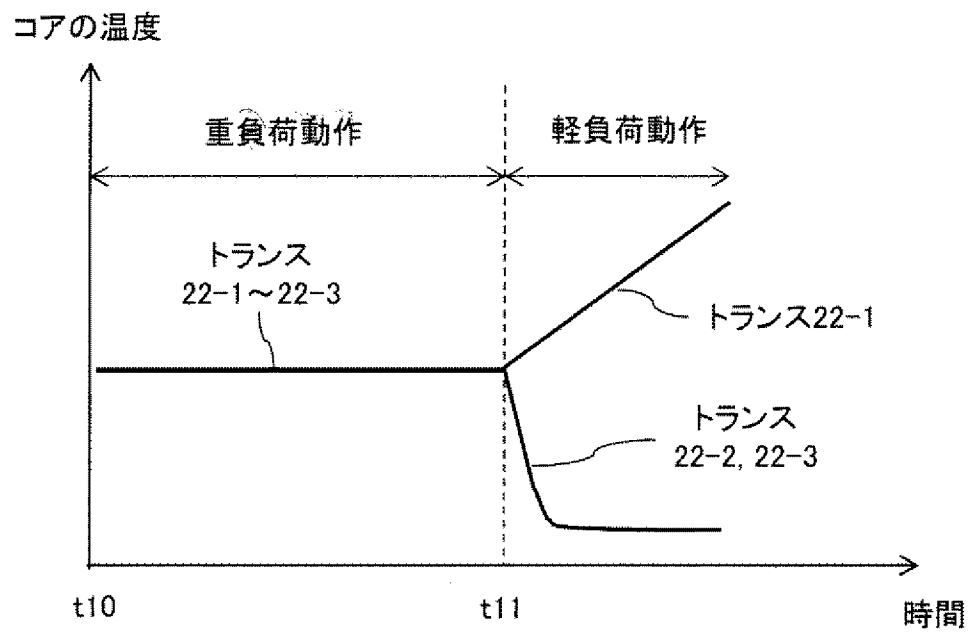
[図10]



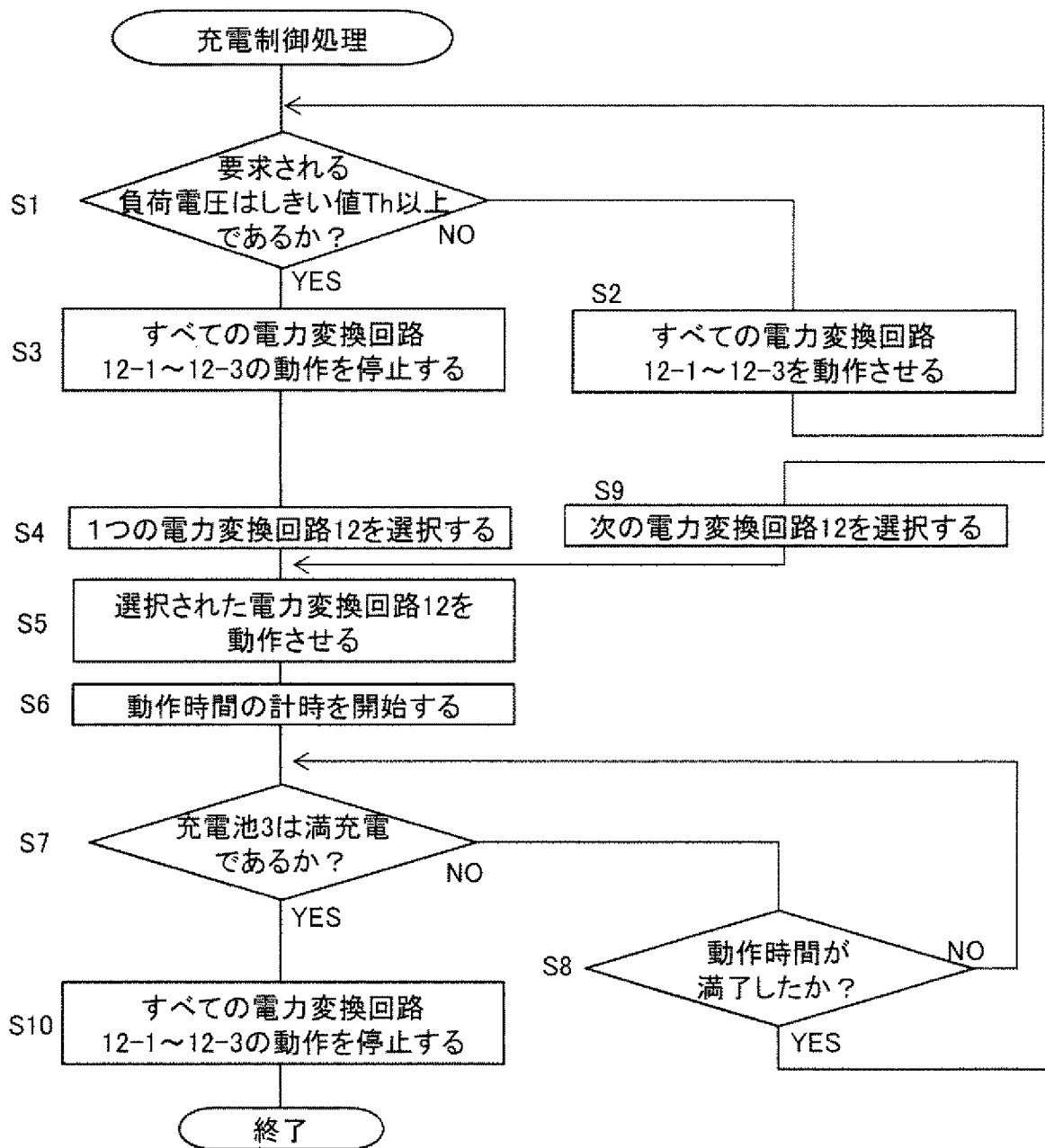
[図11]



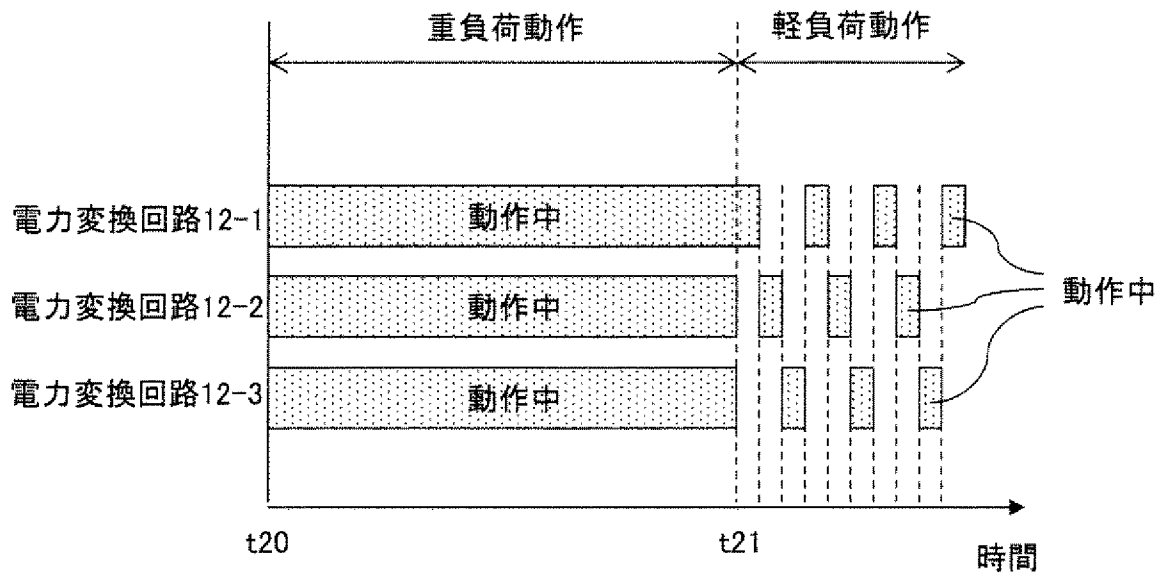
[図12]



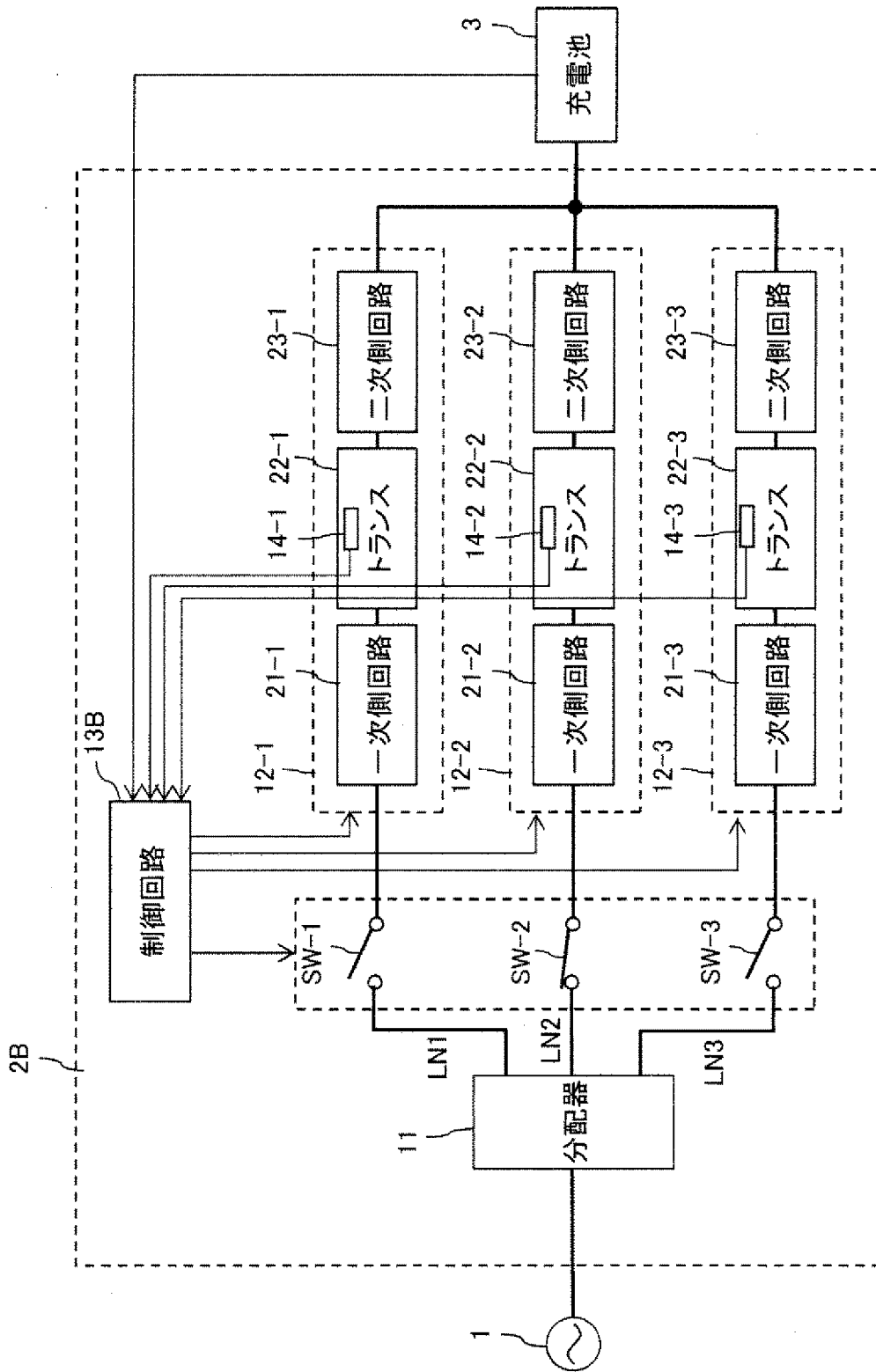
[図13]



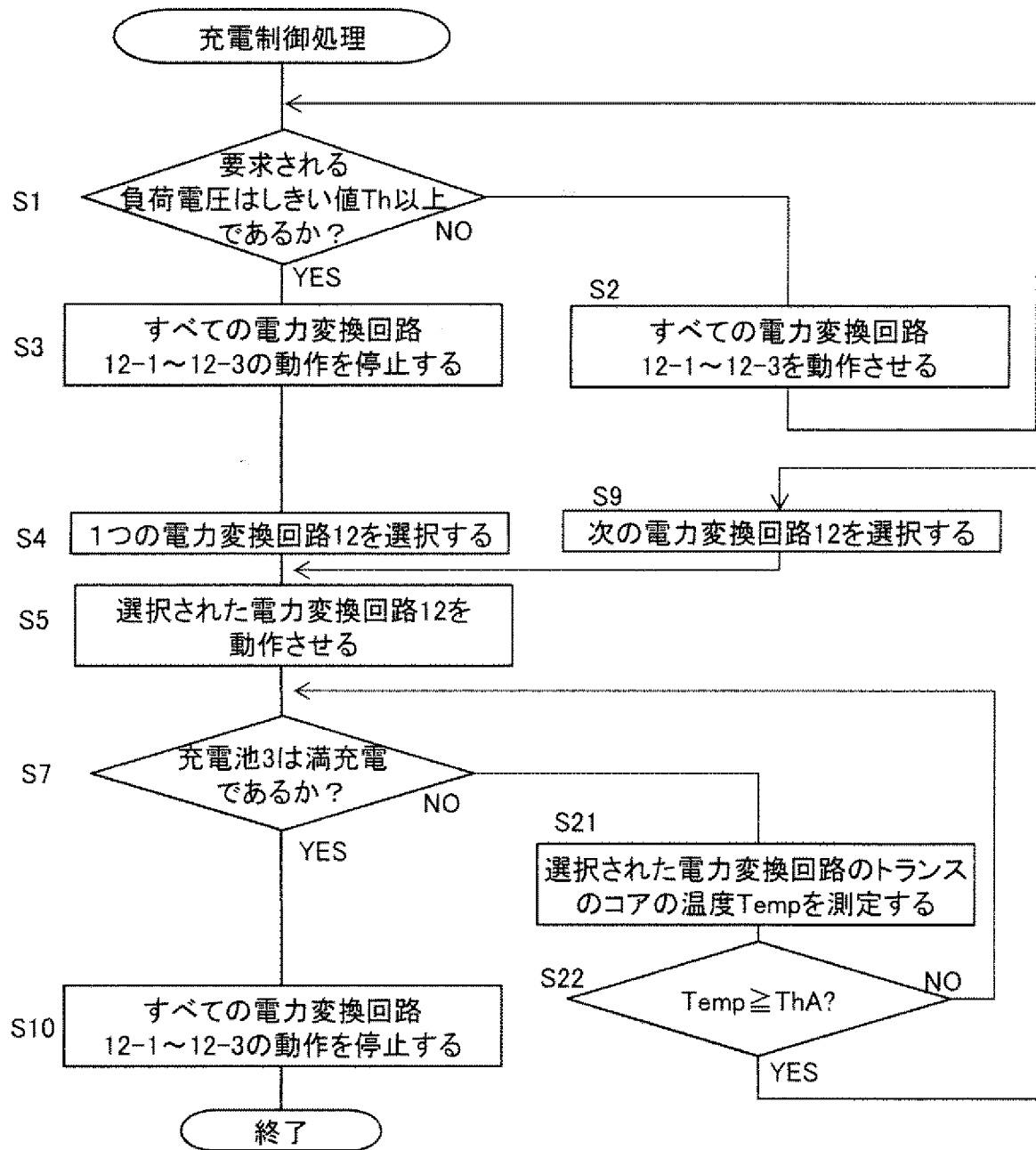
[図14]



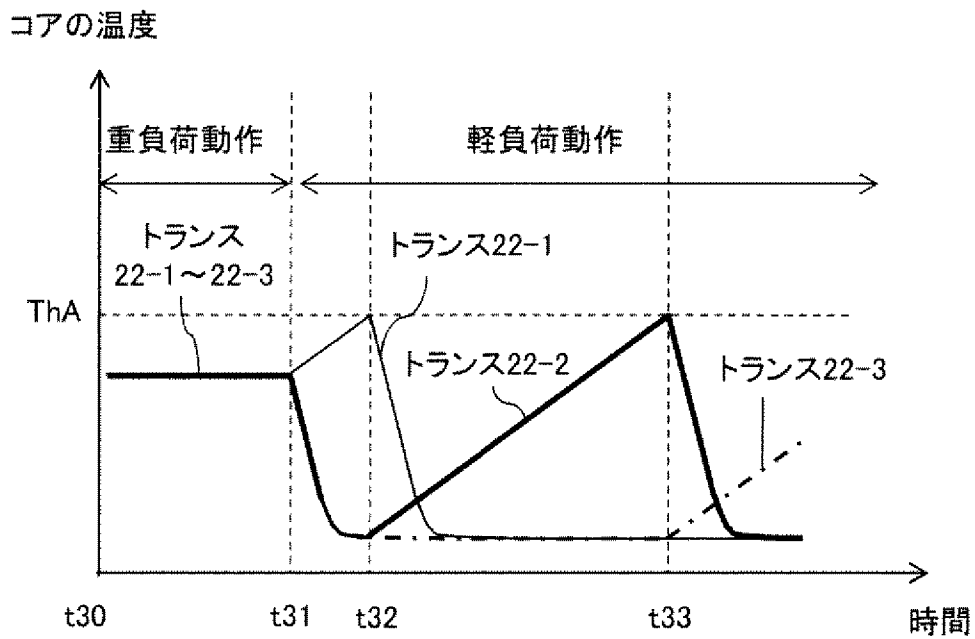
[図15]



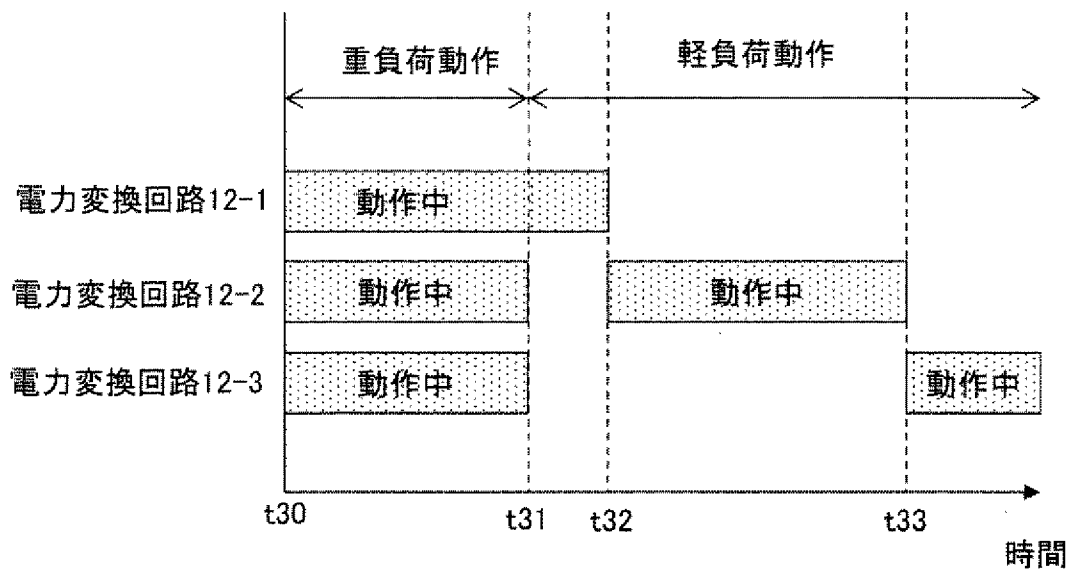
[図16]



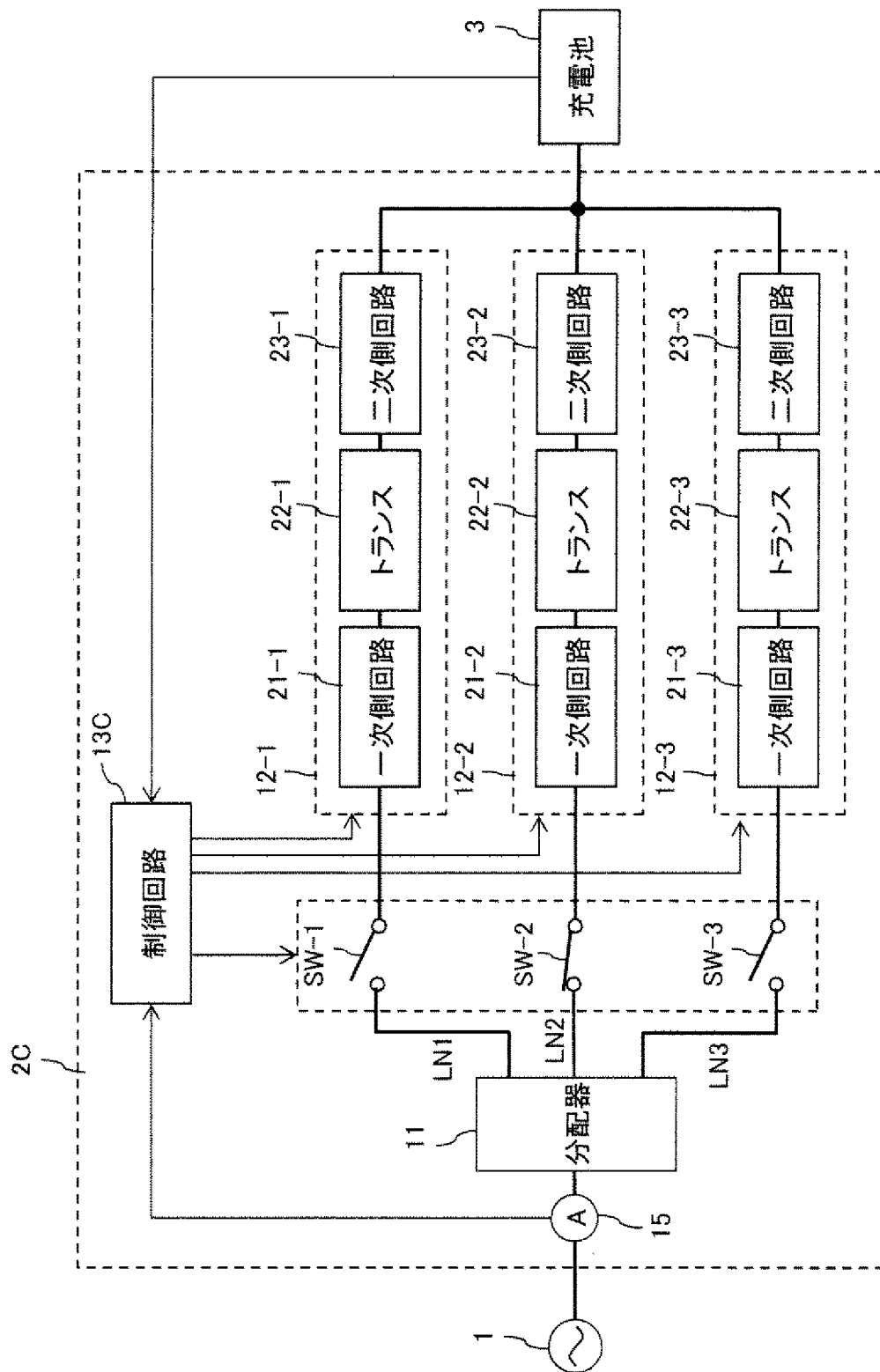
[図17]



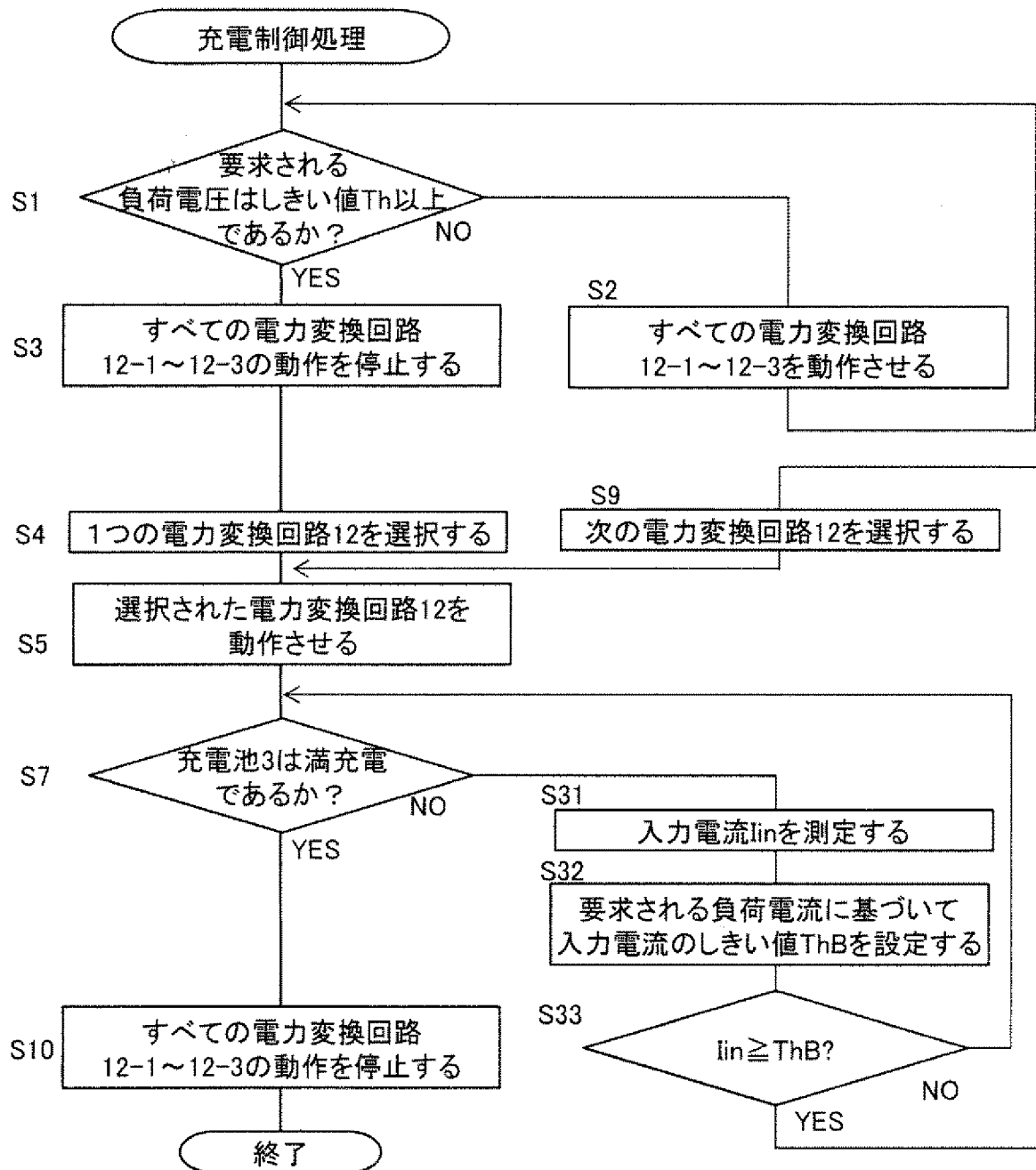
[図18]



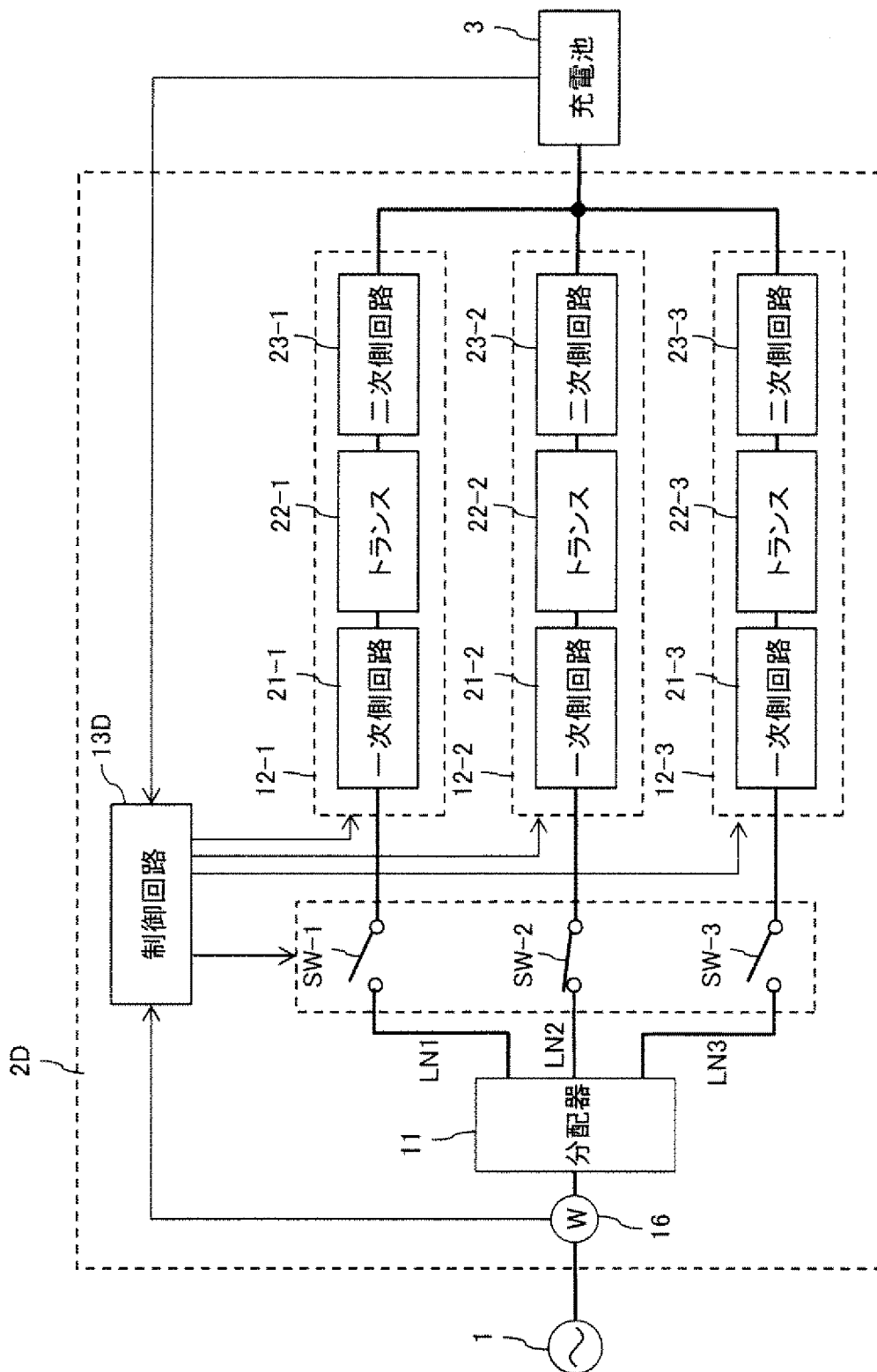
[図19]



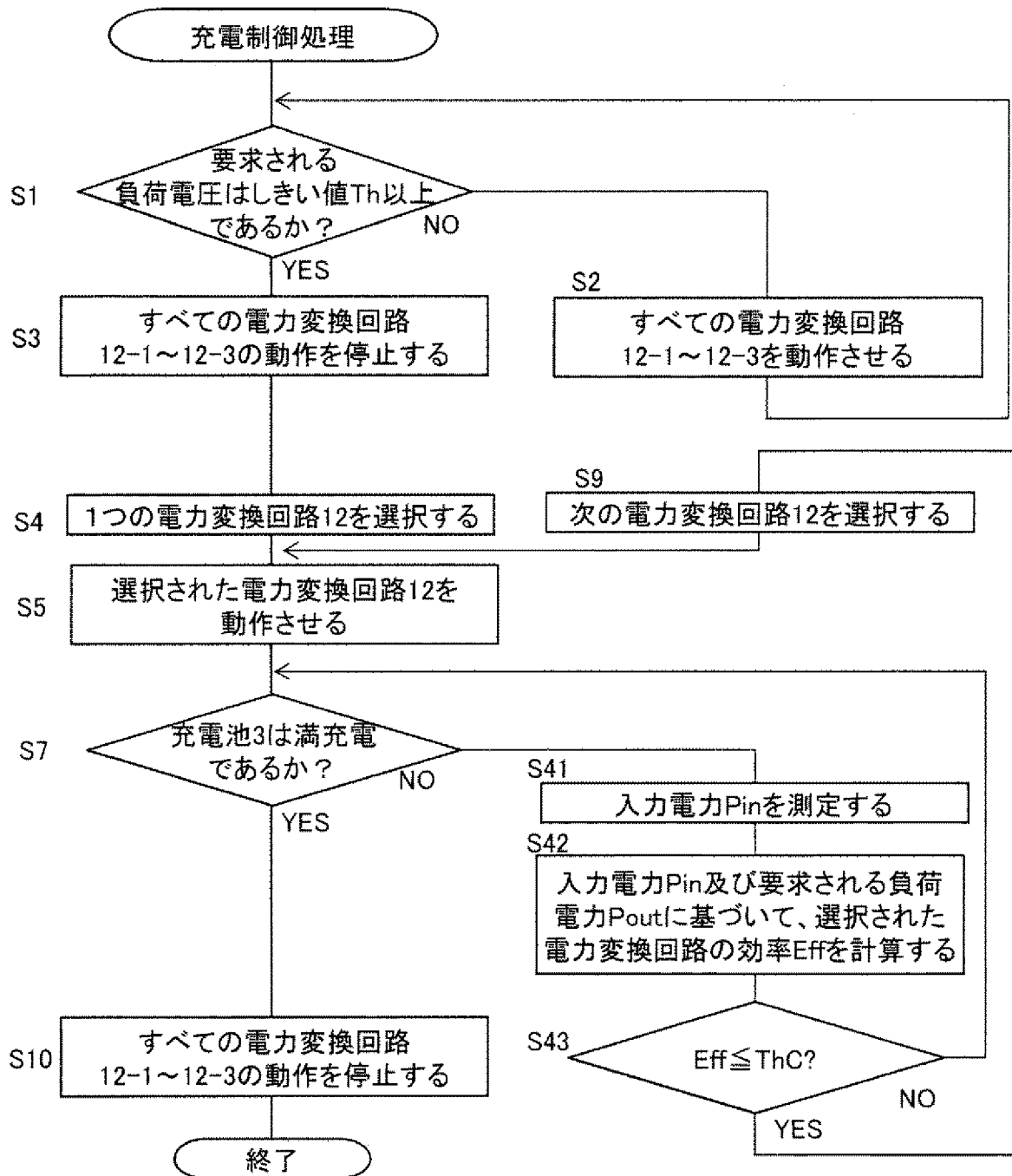
[図20]



[図21]



[図22]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/048553

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>H02M 3/28</i> (2006.01)i FI: H02M3/28 C; H02M3/28 Z		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02M3/28		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2019/073650 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 18 April 2019 (2019-04-18) entire text, all drawings	1-12
A	JP 2017-17911 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD) 19 January 2017 (2017-01-19) entire text, all drawings	1-12
A	JP 2019-126184 A (TOYOTA MOTOR CORP) 25 July 2019 (2019-07-25) entire text, all drawings	1-12
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>10 February 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>22 February 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/JP2021/048553</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2019/073650	A1	18 April 2019	US 2020/0286668 entire text, all drawings	A1
				EP 3696832	A1
JP	2017-17911	A	19 January 2017	US 2018/0191263 entire text, all drawings	A1
				WO 2017/006845	A1
				CN 107852093	A
JP	2019-126184	A	25 July 2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02M 3/28(2006.01)i FI: H02M3/28 C; H02M3/28 Z		
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）） H02M3/28 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 - 2022年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2022年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2022年		
国際調査でを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	WO 2019/073650 A1（三菱電機株式会社）18.04.2019（2019 - 04 - 18） 全文,全図	1-12
A	JP 2017-17911 A（日立オートモティブシステムズ株式会社）19.01.2017（2017 - 01 - 19） 全文,全図	1-12
A	JP 2019-126184 A（トヨタ自動車株式会社）25.07.2019（2019 - 07 - 25） 全文,全図	1-12
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" 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	“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、一般的な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 “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	10.02.2022	国際調査報告の発送日 22.02.2022
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）  遠藤 尊志 5G 3052  電話番号 03-3581-1101 内線 3526	

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/JP2021/048553

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2019/073650	A1	18.04.2019	US	2020/0286668	A1	
				全文, 全図			
				EP	3696832	A1	
JP	2017-17911	A	19.01.2017	US	2018/0191263	A1	
				全文, 全図			
				WO	2017/006845	A1	
				CN	107852093	A	
JP	2019-126184	A	25.07.2019	(ファミリーなし)			