(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
2021年6月10日(10.06.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/111601 A1

(51) 国際特許分類:
H02M 3/28 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/047679

(22) 国際出願日： 2019年12月5日(05.12.2019)

(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: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:糸川 祐樹(**ITOGAWA, 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). 泉 喜久夫(**IZUMI, Kikuo**); 〒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). 網本 健志(**AMIMOTO, Takeshi**); 〒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). 川井 由宇(**KAWAI, Yu**); 〒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). 木村 友昭(**KIMURA, Tomoaki**); 〒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).

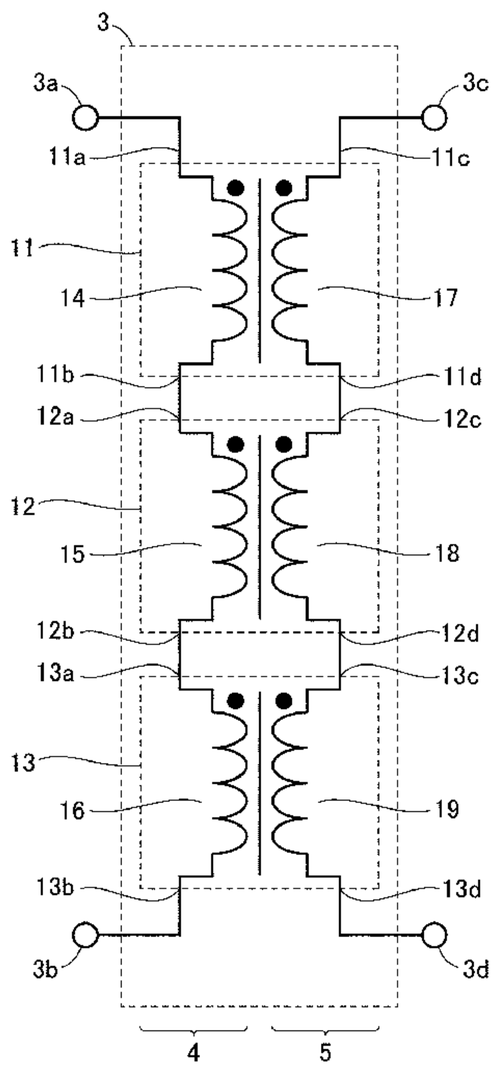
(74) 代理人:特許業務法人深見特許事務所(**FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.**); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目２番４号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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,

(54) Title: INSULATING TRANSFORMER AND POWER CONVERSION DEVICE EQUIPPED WITH SAME

(54) 発明の名称： 絶縁トランスおよびそれを備えた電力変換装置

[図2]



(57) Abstract: An insulating transformer (3) includes a plurality of sub-insulating transformers (11 - 13) connected in series. All sub-windings (14 - 19) are same in polarity direction. When current I flows from a first main terminal (3a) to a third main terminal (3c) via the first sub-winding (11), an interphase capacitor (C5), and the second sub-winding (17), the excitation inductance of the first sub-winding and the excitation inductance of the second sub-winding are configured to become reverse in polarity.

(57) 要約：絶縁トランス（３）は、直列接続された複数の副絶縁トランス（１１～１３）を含む。全ての副巻線（１４～１９）の極性の方向は同じである。第１の主端子（３ａ）から第１の副巻線（１１）、相間容量（Ｃ５）、および第２の副巻線（１７）を介して第３の主端子（３ｃ）に電流Ｉが流れた場合には、第１の副巻線の励磁インダクタンスと第２の副巻線の励磁インダクタンスとが逆極性になるように構成されている。

[続葉有]

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)）

明　細　書

発明の名称 ： 絶縁トランスおよびそれを備えた電力変換装置

技術分野

[0001]　本開示は、絶縁トランスおよびそれを備えた電力変換装置に関する。

背景技術

[0002]　たとえば国際公開第２０１８／０１６１０６号明細書（特許文献１）には、第１および第２の巻線を含む絶縁トランスと、第１の直流電源から供給される直流電力を交流電力に変換して第１の巻線に与える第１の電力変換器と、第２の巻線から受ける交流電力を直流電力に変換して第２の直流電源に供給する第２の電力変換器とを備えた電力変換装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第２０１８／０１６１０６号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　しかし、従来の電力変換装置では、大型で高重量の１つの絶縁トランスを使用していたので、組立性および放熱性が悪く、コスト高になるという問題があった。

[0005]　それゆえに、本開示の主たる目的は、組立性および放熱性が高く、低コストの絶縁トランス、およびそれを備えた電力変換装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0006]　本開示の絶縁トランスは、互いに電気的に結合された第１～第Ｎの副絶縁トランスを備えたものである。Ｎは２以上の整数である。第１～第Ｎの副絶縁トランスの各々は、第１および第２の副巻線と、それぞれ第１の副巻線の第１極性端子および第２極性端子に接続された第１および第２の副端子と、それぞれ第２の副巻線の第１極性端子および第２極性端子に接続された第３

および第４の副端子とを含む。第１および第２の副巻線の極性の方向は同じである。第１～第Ｎの副絶縁トランスの各々は、第１の副端子から第１の副巻線、第１および第２の副巻線間の相間容量、および第２の副巻線を介して第３の副端子に電流が流れた場合には、第１の副巻線の励磁インダクタンスと第２の副巻線の励磁インダクタンスとが逆極性になるように構成されている。

発明の効果

[0007] この絶縁トランスは、複数の副絶縁トランスに分割されている。したがって、絶縁トランスにおける体積の増加および重量の集中を防ぐことができ、基板実装を可能として組み立て性を向上させ、熱源を分散させることによって放熱性を向上させ、流通量が多く入手容易な汎用の副絶縁トランスを使用することによって低コスト化を実現することができる。

[0008] しかも、第１～第Ｎの副絶縁トランスの各々は、第１の副端子から第１の副巻線、第１および第２の副巻線間の相間容量、および第２の副巻線を介して第３の副端子に電流が流れた場合には、第１の副巻線の励磁インダクタンスと第２の副巻線の励磁インダクタンスとが逆極性になるように構成されている。したがって、第１および第２の巻線の励磁インダクタンスの和を低減し、第１および第２の巻線の励磁インダクタンスと相間容量との間で共振現象が発生することを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態１に従う双方向ＤＣ／ＤＣコンバータの構成を示す回路ブロック図である。

[図2]図１に示す絶縁トランスの構成を示す回路図である。

[図3]図１に示す電力変換器の構成を示す回路図である。

[図4]図１～図３に示す双方向ＤＣ／ＤＣコンバータの動作を説明するためのタイムチャートである。

[図5]実施の形態１の比較例の要部を示す回路図である。

[図6]図５に示す絶縁トランスを備える双方向ＤＣ／ＤＣコンバータの構成を

示す回路図である。

[図7]図６に示す双方向ＤＣ／ＤＣコンバータで発生する共振現象を説明するための回路図である。

[図8]図６に示す双方向ＤＣ／ＤＣコンバータで発生する共振現象を説明するための他の回路図である。

[図9]実施の形態１の効果を説明するための回路図である。

[図10]実施の形態１の効果を説明するための他の回路図である。

[図11]実施の形態２に従う絶縁トランスの構成を示す回路図である。

[図12]実施の形態３に従う絶縁トランスを示す図である。

[図13]実施の形態３の比較例を示す図である。

[図14]実施の形態４に従う絶縁トランスの構成を示す回路図である。

発明を実施するための形態

[0010] 実施の形態１.

図１は、実施の形態１に従う双方向ＤＣ／ＤＣコンバータの構成を示す回路ブロック図である。図１において、この双方向ＤＣ／ＤＣコンバータ（電力変換装置）は、ＤＡＢ（Dual Active Bridge）方式であって、直流端子Ｔ１～Ｔ４、電流検出器１，７、電力変換器２，６、絶縁トランス３、操作部８、および制御装置９を備える。

[0011] 直流端子Ｔ１，Ｔ２は、それぞれ直流電源２１（第１の直流電源）の正極および負極に接続される。直流端子Ｔ３，Ｔ４は、それぞれ直流電源２２（第２の直流電源）の正極および負極に接続される。直流端子Ｔ１，Ｔ２間の直流電圧ＶＤＣ１および直流端子Ｔ３，Ｔ４間の直流電圧ＶＤＣ２の各々は、制御装置９によって検出される。

[0012] たとえば、直流電源２１，２２のいずれか一方は直流電力を出力する太陽電池であり、他方は直流電力を蓄えるバッテリ（またはコンデンサ）である。直流電源２１，２２がともにバッテリ（またはコンデンサ）であっても構わない。また、直流電源２１，２２の少なくともいずれか一方に、直流電力によって駆動される負荷が並列接続されていても構わない。

[0013] 絶縁トランス３は、第１および第２の主巻線４，５と、第１～第４の主端子３ａ～３ｄとを含む。第１および第２の主巻線４，５の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の主巻線４の正極端子（第１極性端子）および負極端子（第２極性端子）は、それぞれ第１および第２の主端子３ａ，３ｂに接続されている。第２の主巻線５の正極端子および負極端子は、それぞれ第３および第４の主端子３ｃ，３ｄに接続されている。

[0014] 巻線の負極端子（負極性側の端子）から、その巻線の正極端子（負極性側の端子）に向かう方向を、その巻線の極性の方向とすると、第１および第２の主巻線４，５の極性の方向は同じである。図１では、第１および第２の主巻線４，５の極性の方向がともに上方向である場合が示されている。第１および第２の主巻線４，５の巻数は同一である。

[0015] 第１および第２の主端子３ａ，３ｂ間に交流電圧ＶＡＣ１が与えられると、第３および第４の主端子３ｃ，３ｄ間に交流電圧ＶＡＣ２が現れる。逆に、第３および第４の主端子３ｃ，３ｄ間に交流電圧ＶＡＣ２が与えられると、第１および第２の主端子３ａ，３ｂ間に交流電圧ＶＡＣ１が現れる。交流電圧ＶＡＣ１，ＶＡＣ２は、同極性（すなわち同位相）であり、同じ振幅を有する。

[0016] 電力変換器２（第１の電力変換器）は、それぞれ直流端子Ｔ１，Ｔ２に接続された直流端子２ａ，２ｂと、それぞれ絶縁トランス３の第１および第２の主端子３ａ，３ｂに接続された交流端子２ｃ，２ｄとを含み、制御装置９によって制御される。

[0017] 直流電源２１から直流電源２２に直流電力を供給する第１の伝送モード時には、電力変換器２は、直流電源２１から直流端子２ａ，２ｂに与えられた直流電圧ＶＤＣ１を交流電圧ＶＡＣ１に変換して交流端子２ｃ，２ｄ間に出力する。

[0018] 直流電源２２から直流電源２１に直流電力を供給する第２の伝送モード時には、電力変換器２は、交流端子２ｃ，２ｄ間に与えられた交流電圧ＶＡＣ１を直流電圧ＶＤＣ１に変換して直流端子２ａ，２ｂ間に出力する。

[0019] 電力変換器６（第２の電力変換器）は、それぞれ直流端子Ｔ３，Ｔ４に接続された直流端子６ａ，６ｂと、それぞれ絶縁トランス３の第３および第４の主端子３ｃ，３ｄに接続された交流端子６ｃ，６ｄとを含み、制御装置９によって制御される。

[0020] 第１の伝送モード時には、電力変換器６は、交流端子６ｃ，６ｄ間に与えられた交流電圧ＶＡＣ２を直流電圧ＶＤＣ２に変換して直流端子６ａ，６ｂ間に出力する。第２の伝送モード時には、電力変換器６は、直流電源２２から直流端子６ａ，６ｂに与えられた直流電圧ＶＤＣ２を交流電圧ＶＡＣ２に変換して交流端子６ｃ，６ｄ間に出力する。

[0021] 電流検出器１は、直流端子Ｔ１と電力変換器２の直流端子２ａとの間に流れる電流Ｉ１を検出し、その検出値を示す信号Ｉ１ｆを制御装置９に出力する。電流検出器７は、直流端子Ｔ３と電力変換器６の直流端子６ａとの間に流れる電流Ｉ２を検出し、その検出値を示す信号Ｉ２ｆを制御装置９に出力する。

[0022] 操作部８は、双方向ＤＣ／ＤＣコンバータの使用者によって操作される複数のボタンおよび複数のスイッチ、種々の情報を表示する画像表示部などを有する。使用者は、操作部８を操作することにより、双方向ＤＣ／ＤＣコンバータの電源をオンおよびオフすること、および、第１および第２の伝送モードのうちのいずれかの伝送モードを選択することが可能となっている。操作部８は、選択された伝送モードを示す信号などを制御装置９に出力する。

[0023] 制御装置９は、直流電圧ＶＤＣ１，ＶＤＣ２、電流検出器１，７の出力信号によって示される直流電流Ｉ１，Ｉ２、操作部８からの信号などに基づいて、双方向ＤＣ／ＤＣコンバータ全体を制御する。

[0024] 第１の伝送モード時には、制御装置９は、直流電流Ｉ２が予め定められた参照電流Ｉ２Ｒになるように（または直流電圧ＶＤＣ２が予め定められた参照電圧ＶＤＣ２Ｒになるように）、電力変換器２，６の各々を制御する。

[0025] 第２の伝送モード時には、制御装置９は、直流電流Ｉ１が予め定められた参照電流Ｉ１Ｒになるように（または直流電圧ＶＤＣ１が予め定められた参

照電圧ＶＤＣ１Ｒになるように）、電力変換器２，６の各々を制御する。

[0026] なお、制御装置９は、処理回路９ａを備えている。処理回路９ａは、演算処理装置、記憶装置などのデジタル電子回路により構成されてもよいし、コンパレータ、オペアンプ、差動増幅回路などのアナログ電子回路により構成されてもよいし、デジタル電子回路およびアナログ電子回路の双方により構成されてもよい。

[0027] 図２は、絶縁トランス３の構成を示す回路図である。図２において、絶縁トランス３は、複数の副絶縁トランス１１～１３を含む。副絶縁トランス１１～１３は、第１～第Ｎの副絶縁トランスを構成する。Ｎは２以上の整数である。図２では、Ｎ＝３の場合が示されている。

[0028] 第１の副絶縁トランス１１は、鉄心(図示せず)と、鉄心に巻回された第１および第２の副巻線１４，１７と、第１～第４の副端子１１ａ～１１ｄとを含む。第１および第２の副巻線１４，１７の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の副巻線１４の正極端子および負極端子は、それぞれ第１および第２の副端子１１ａ，１１ｂに接続されている。第２の副巻線１７の正極端子および負極端子は、それぞれ第３および第４の副端子１１ｃ，１１ｄに接続されている。

[0029] 第１および第２の副巻線１４，１７の極性の方向は同じである。図２では、第１および第２の副巻線１４，１７の極性の方向がともに上方向である場合が示されている。第１および第２の副巻線１４，１７の巻数は同一である。

[0030] 第２の副絶縁トランス１２は、鉄心(図示せず)と、鉄心に巻回された第１および第２の副巻線１５，１８と、第１～第４の副端子１２ａ～１２ｄとを含む。第１および第２の副巻線１５，１８の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の副巻線１５の正極端子および負極端子は、それぞれ第１および第２の副端子１２ａ，１２ｂに接続されている。第２の副巻線１８の正極端子および負極端子は、それぞれ第３および第４の副端子１２ｃ，１２ｄに接続されている。

[0031] 第１および第２の副巻線１５，１８の極性の方向は同じである。図２では、第１および第２の副巻線１５，１８の極性の方向がともに上方向である場合が示されている。第１および第２の副巻線１５，１８の巻数は同一である。

[0032] 第３の副絶縁トランス１３は、鉄心（図示せず）と、鉄心に巻回された第１および第２の副巻線１６，１９と、第１～第４の副端子１３ａ～１３ｄとを含む。第１および第２の副巻線１６，１９の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の副巻線１６の正極端子および負極端子は、それぞれ第１および第２の副端子１３ａ，１３ｂに接続されている。第２の副巻線１９の正極端子および負極端子は、それぞれ第３および第４の副端子１３ｃ，１３ｄに接続されている。

[0033] 第１および第２の副巻線１６，１９の極性の方向は同じである。図２では、第１および第２の副巻線１６，１９の極性の方向がともに上方向である場合が示されている。第１および第２の副巻線１６，１９の巻数は同一である。

[0034] ３個の第１の副巻線１４～１６の極性は同じ方向に向けられている。３個の第１の副巻線１４～１６は、絶縁トランス３の第１および第２の主端子３ａ，３ｂ間に直列接続されて第１の主巻線４を構成している。すなわち、第１の副絶縁トランス１１の第１の副端子１１ａは、絶縁トランス３の第１の主端子３ａに接続されている。第１の副絶縁トランス１１の第２の副端子１１ｂは、第２の副絶縁トランス１２の第１の副端子１２ａに接続されている。第２の副絶縁トランス１２の第２の副端子１２ｂは、第３の副絶縁トランス１３の第１の副端子１３ａに接続されている。第３の副絶縁トランス１３の第２の副端子１３ｂは、主絶縁トランス３の第２の主端子３ｂに接続されている。

[0035] ３個の第２の副巻線１７～１９の極性は同じ方向に向けられている。３個の第２の副巻線１７～１９は、絶縁トランス３の第３および第４の主端子３ｃ，３ｄ間に直列接続されて第２の主巻線５を構成している。すなわち、第

１の副絶縁トランス１１の第３の副端子１１ｃは、絶縁トランス３の第３の主端子３ｃに接続されている。第１の副絶縁トランス１１の第４の副端子１１ｄは、第２の副絶縁トランス１２の第３の副端子１２ｃに接続されている。第２の副絶縁トランス１２の第４の副端子１２ｄは、第３の副絶縁トランス１３の第３の副端子１３ｃに接続されている。第３の副絶縁トランス１３の第４の副端子１３ｄは、主絶縁トランス３の第４の主端子３ｄに接続されている。

[0036] 第１の主端子３ａおよび第２の主端子３ｂ間に交流電圧ＶＡＣ１が印加されると、第３の主端子３ｃおよび第４の主端子３ｄ間に交流電圧ＶＡＣ２が現れる。第３の主端子３ｃおよび第４の主端子３ｄ間に交流電圧ＶＡＣ２が印加されると、第１の主端子３ａおよび第２の主端子３ｂ間に交流電圧ＶＡＣ１が現れる。第１の主巻線４の巻数と第２の主巻線５の巻数とが同じであるので、交流電圧ＶＡＣ１の振幅と交流電圧ＶＡＣ２の振幅とは同じになる。第１の主巻線４の極性と第２の主巻線５の極性とが同じであるので、交流電圧ＶＡＣ１，ＶＡＣ２は同極性となり、交流電圧ＶＡＣ１の位相と交流電圧ＶＡＣ２の位相とは同じになる。

[0037] このように、複数の副絶縁トランス１１～１３を直列接続して１個の絶縁トランス３を構成するので、体積の増加および重量の集中を防いで基板実装を可能として組み立て性を向上させ、熱源を分散させることによって放熱性を向上させ、流通量が多く入手性が高い汎用のコアを利用することで低コスト化を実現することができる。また、副巻線１４～１９の極性の方向を同じ方向に揃えているので、双方向ＤＣ／ＤＣコンバータにおいて共振現象が発生することを抑制することができる。共振現象を抑制できる理由については後述する。

[0038] 図３は、電力変換器２，６の構成を示す回路図である。図３において、電力変換器２は、コンデンサＣ１、ＩＧＢＴ（Insulated Gate Bipolar Transistor）Ｑ１～Ｑ４、ダイオードＤ１～Ｄ４、およびリアクトルＬ１，Ｌ２を含む。コンデンサＣ１は、直流端子Ｔ１，Ｔ２間に接続され、直流端子Ｔ

１，Ｔ２間の直流電圧ＶＤＣ１を平滑化および安定化させる。

[0039] ＩＧＢＴＱ１，Ｑ２のコレクタは直流端子Ｔ１に接続され、それらのエミッタはそれぞれノードＮ１，Ｎ２（第１および第２の交流端子）に接続されている。ＩＧＢＴＱ３，Ｑ４のコレクタはそれぞれノードＮ１，Ｎ２に接続され、それらのエミッタはともに直流端子Ｔ２に接続されている。ＩＧＢＴＱ１～Ｑ４の各々は制御装置９によってオンおよびオフされる。

[0040] リアクトルＬ１は、ノードＮ１と絶縁トランス３の第１の主端子３ａとの間に接続されている。リアクトルＬ２は、ノードＮ２と絶縁トランス３の第２の主端子３ｂとの間に接続されている。リアクトルＬ１，Ｌ２の各々は、電磁エネルギーを蓄える。

[0041] 電力変換器６は、リアクトルＬ３～Ｌ５、ＩＧＢＴＱ５～Ｑ８、ダイオードＤ５～Ｄ８、およびコンデンサＣ２を含む。リアクトルＬ３は、絶縁トランス３の第３の主端子３ｃとノードＮ４との間に接続されている。リアクトルＬ４は、絶縁トランス３の第４の主端子３ｄとノードＮ３との間に接続されている。リアクトルＬ３，Ｌ４の各々は、電磁エネルギーを蓄える。

[0042] ＩＧＢＴＱ５，Ｑ６のコレクタは互いに接続され、それらのエミッタはそれぞれノードＮ３，Ｎ４に接続されている。ＩＧＢＴＱ７，Ｑ８のコレクタはそれぞれノードＮ３，Ｎ４に接続され、それらのエミッタはともに直流端子Ｔ４に接続されている。ＩＧＢＴＱ５～Ｑ８の各々は制御装置９によってオンおよびオフされる。

[0043] コンデンサＣ２は、ＩＧＢＴＱ５，Ｑ６のコレクタと直流端子Ｔ４との間に接続される。リアクトルＬ５は、ＩＧＢＴＱ５，Ｑ６のコレクタと直流端子Ｔ３との間に接続される。コンデンサＣ２およびリアクトルＬ５は、低域通過フィルタを構成する。

[0044] なお、ＩＧＢＴの代わりに、ＭＯＳＦＥＴ（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）が使用されていても構わない。また、スイッチング時におけるＩＧＢＴのコレクターエミッタ間電圧をほぼゼロ電圧にするゼロ電圧スイッチング回路として、ＩＧＢＴにコンデンサが並列接続され

ていても構わない。

[0045] 図４は、図１～図３に示した双方向ＤＣ／ＤＣコンバータの動作を説明するためのタイムチャートである。図４では、直流電源２１から直流電源２２に直流電力を伝送する第１の伝送モード時における動作が示されている。直流電源２２は、バッテリである。

[0046] 図４において、（Ａ）～（Ｈ）はそれぞれＩＧＢＴＱ１，Ｑ３，Ｑ２，Ｑ４，Ｑ５，Ｑ７，Ｑ６，Ｑ８のオンおよびオフ動作を示している。ＩＧＢＴＱ１のスイッチング周期Ｔｓｗは、１０の期間ＴＡ～ＴＪに分割されている。

[0047] 第１伝送モード時において制御装置９は、スイッチング周期Ｔｓｗ内にＩＧＢＴＱ１，Ｑ３、ＩＧＢＴＱ４，Ｑ２、ＩＧＢＴＱ５，Ｑ７のそれぞれを短絡防止時間ｔｄを挟んで交互にオンさせるとともに、ＩＧＢＴＱ６，Ｑ８をオフ状態に固定する。

[0048] ＩＧＢＴＱ２をオフさせてからＩＧＢＴＱ４をオンさせるまでを第１位相シフト量θ１とし、ＩＧＢＴＱ２をオフさせてからＩＧＢＴＱ７をオンさせるまでを第２位相シフト量θ２とする。制御装置９は、伝送電力量に基づいて、第１位相シフト量θ１および第２位相シフト量θ２を調整する。

[0049] 直流電源２１の出力電圧ＶＤＣ１を昇圧して直流電源２２（バッテリ）を充電する場合には（ＶＤＣ２＞ＶＤＣ１）、第２位相シフト量θ２が第１位相シフト量θ１よりも大きな値に設定される。直流電源２１の出力電圧ＶＤＣ１を降圧して直流電源２２（バッテリ）を充電する場合には（ＶＤＣ２＜ＶＤＣ１）、第２位相シフト量θ２は第１位相シフト量θ１と同じ値に設定される。

[0050] たとえば期間ＴＢでは、ＩＧＢＴＱ１，Ｑ４がオンされ、直流電源２１の正極からＩＧＢＴＱ１、リアクトルＬ１、第１の主巻線４、リアクトルＬ２、ＩＧＢＴＱ４を介して直流電源２１の負極に電流が流れ、リアクトルＬ１，Ｌ２に電磁エネルギーが蓄えられる。また、ＩＧＢＴＱ５がオンされ、絶縁トランス３の第３の主端子３ｃからリアクトルＬ３、ダイオードＤ６、Ｉ

ＧＢＴＱ５、リアクトルＬ４、および第２の主巻線５を介して第３の端子３ｃに電流が流れ、リアクトルＬ３，Ｌ４に電磁エネルギーが蓄えられる。

[0051] 次に期間ＴＣでは、ＩＧＢＴＱ１，Ｑ４がオン状態に維持され、期間ＴＢと同じ経路で電流が流れ、リアクトルＬ１，Ｌ２に電磁エネルギーが蓄えられる。また、ＩＧＢＴＱ５がオフされ、絶縁トランス３の第３の端子３ｃからリアクトルＬ３、ダイオードＤ６、リアクトルＬ５、直流電源２２（バッテリ）、ダイオードＤ７、リアクトルＬ４、および絶縁トランス３の第２の主巻線５を介して第３の端子３ｃに電流が流れ、リアクトルＬ３，Ｌ４の電磁エネルギーが放出される。

[0052] このとき、絶縁トランス３の第２の主巻線５の端子間電圧とリアクトルＬ３の端子間電圧とリアクトルＬ４の端子間電圧とが加算された電圧が直流電源２２（バッテリ）の端子間に印加される。したがって、図４に示される第１の伝送モードでは、第２の直流電源２２（バッテリ）は、第１の直流電源２１の出力電圧ＶＤＣ１よりも高い電圧に充電される（ＶＤＣ２＞ＶＤＣ１）。

[0053] 直流電源２２から直流電源２１に直流電力を伝送する第２の伝送モードでは、制御装置９は、スイッチング周期Ｔｓｗ内にＩＧＢＴＱ６，Ｑ８、ＩＧＢＴＱ７，Ｑ５、ＩＧＢＴＱ２，Ｑ４のそれぞれを短絡防止時間ｔｄを挟んで交互にオンさせるとともに、ＩＧＢＴＱ１，Ｑ３をオフ状態に固定する。第２の伝送モードでは、第１の伝送モードの逆の動作が行なわれるので、その説明は繰り返さない。

[0054] さて上述のように、複数の副絶縁トランス１１～１３を直列接続して１つの絶縁トランス３を構成することにより、組立性および放熱性の向上および低コスト化を図ることができ、製品の高性能化を図ることができる。

[0055] また、本願発明者らは、複数の副絶縁トランス１１～１３を直列接続して１つの絶縁トランス３を構成する場合に、一般には知られていない問題を認め、さらにこれを解決する手段を見出した。以下、この点について、図面を用いて詳細に説明する。

[0056] 図５は、実施の形態１の比較例の要部を示す回路図であって、図２と対比される図である。図５において、この比較例では、絶縁トランス２５が用いられる。絶縁トランス２５は、第１～第４の主端子２５ａ～２５ｄと、複数の副絶縁トランス３１～３３とを含む。複数の副絶縁トランス３１～３３は、第１および第３の主端子２５ａ，２５ｃと第２および第４の主端子２５ｂ，２５ｄとの間に直列接続される。

[0057] すなわち、第１の副絶縁トランス３１は、鉄心(図示せず)と、鉄心に巻回された第１および第２の副巻線３４，３７と、第１～第４の副端子３１ａ～３１ｄとを含む。第１および第２の副巻線３４，３７の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の副巻線３４の正極端子および負極端子は、それぞれ第１および第２の副端子３１ａ，３１ｂに接続されている。第２の副巻線３７の正極端子および負極端子は、それぞれ第４および第３の副端子３１ｄ，３１ｃに接続されている。

[0058] 第１および第２の副巻線３４，３７の極性の方向は逆である。図５では、第１および第２の副巻線３４，３７の極性の方向がそれぞれ上方向および下方向である場合が示されている。第１および第２の副巻線３４，３７の巻数は同一である。

[0059] 第２の副絶縁トランス３２は、鉄心(図示せず)と、鉄心に巻回された第１および第２の副巻線３５，３８と、第１～第４の副端子３２ａ～３２ｄとを含む。第１および第２の副巻線３５，３８の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の副巻線３５の正極端子および負極端子は、それぞれ第１および第２の副端子３２ａ，３２ｂに接続されている。第２の副巻線３８の正極端子および負極端子は、それぞれ第４および第３の副端子３２ｄ，３２ｃに接続されている。

[0060] 第１および第２の副巻線３５，３８の極性の方向は逆である。図５では、第１および第２の副巻線３５，３８の極性の方向がそれぞれ上方向および下方向である場合が示されている。第１および第２の副巻線３５，３８の巻数は同一である。

[0061] 第３の副絶縁トランス３３は、鉄心(図示せず)と、鉄心に巻回された第１および第２の副巻線３６，３９と、第１～第４の副端子３３ａ～３３ｄとを含む。第１および第２の副巻線３６，３９の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の副巻線３６の正極端子および負極端子は、それぞれ第１および第２の副端子３３ａ，３３ｂに接続されている。第２の副巻線３９の正極端子および負極端子は、それぞれ第４および第３の副端子３３ｄ，３３ｃに接続されている。

[0062] 第１および第２の副巻線３６，３９の極性の方向は逆である。図５では、第１および第２の副巻線３６，３９の極性の方向がそれぞれ上方向および下方向である場合が示されている。第１および第２の副巻線３６，３９の巻数は同一である。

[0063] ３個の第１の副巻線３４～３６の極性は上方向に向けられている。３個の第１の副巻線３４～３６は、絶縁トランス２５の第１および第２の主端子２５ａ，２５ｂ間に直列接続されて第１の主巻線２６を構成している。また、３個の第２の副巻線３７～３９の極性は下方向に向けられている。３個の第２の副巻線３７～３９は、絶縁トランス２５の第３および第４の主端子２５ｃ，２５ｄ間に直列接続されて第２の主巻線２７を構成している。

[0064] 第１の主端子２５ａおよび第２の主端子２５ｂ間に交流電圧ＶＡＣ１が印加されると、第３の主端子２５ｃおよび第４の主端子２５ｄ間に交流電圧ＶＡＣ２が現れる。第３の主端子２５ｃおよび第４の主端子２５ｄ間に交流電圧ＶＡＣ２が印加されると、第１の主端子２５ａおよび第２の主端子２５ｂ間に交流電圧ＶＡＣ１が現れる。第１の主巻線２６の巻数と第２の主巻線２７の巻数とが同じであるので、交流電圧ＶＡＣ１の振幅と交流電圧ＶＡＣ２の振幅とは同じになる。第１の主巻線２６の極性の方向と第２の主巻線２７の極性の方向とが逆であるので、交流電圧ＶＡＣ１，ＶＡＣ２は互いに逆極性となり、交流電圧ＶＡＣ１の位相と交流電圧ＶＡＣ２の位相とは１８０度ずれる。

[0065] 副絶縁トランス３１，３２同士が接続された副端子３１ｂ，３２ａおよび

副端子３１ｄ，３２ｃの各々は、副絶縁トランス３１，３２以外の電気部品が接続されないハイ・インピーダンスな接続点である。副絶縁トランス３２，３３同士が接続された副端子３２ｂ，３３ａおよび副端子３２ｄ，３３ｃの各々は、副絶縁トランス３２，３３以外の電気部品が接続されないハイ・インピーダンスな接続点である。このため、電圧源、コンデンサなどの低インピーダンスな部品が接続される低インピーダンスな接続点とは異なり、副絶縁トランス３１～３３の第１および第２の副巻線間の相間容量が絶縁トランス３１～３３の接続点において顕在化し、第１および第２の副巻線と、それらの間の相間容量とを通過する経路での共振現象が発生する。

[0066] 図６は、図５に示した絶縁トランス２５を含む双方向ＤＣ／ＤＣコンバータの構成を示す回路図であって、図３と対比される図である。図６において、絶縁トランス２５の第１～第４の主端子２５ａ～２５ｄはそれぞれリアクトルＬ１～Ｌ４の一方端子に接続され、リアクトルＬ１～Ｌ４の他方端子はそれぞれノードＮ１～Ｎ４に接続される。また、直流端子Ｔ２と接地電圧ＧＮＤのライン（基準電圧のライン）との間に対地容量Ｃ３が接続され、直流端子Ｔ４と接地電圧ＧＮＤのラインとの間に対地容量Ｃ４が接続される。

[0067] なお、対地容量Ｃ３，Ｃ４は、直流端子Ｔ２，Ｔ４の各々がコンデンサを介して筐体に接続され、その筐体が接地された場合を想定している。ただし、これは直流端子Ｔ２，Ｔ４間が電気回路的に低インピーダンスな経路で結合されている状態を代表している。直流端子Ｔ２，Ｔ４の各々がコンデンサを介さずに筐体に直接接続され、その筐体が接地されていても構わない。また、直流端子Ｔ２，Ｔ４の各々が、対地電位の規定された電力系統にインバータ回路を介して接続されていても構わない。

[0068] たとえば、ＩＧＢＴＱ３がオンしてノードＮ１の電圧が変動した場合には、ノードＮ１からリアクトルＬ１、副絶縁トランス３１の第１の副巻線３４、副巻線３４，３７間の相間容量Ｃ５、第２の副巻線３７、リアクトルＬ３、ＩＧＢＴＱ７、対地容量Ｃ４、接地電圧ＧＮＤのライン、対地容量Ｃ３、およびダイオードＤ３を介してノードＮ１に還る電流経路において、副絶縁

トランス３１の副巻線３４，３７の励磁インダクタンスが励起される。

[0069] この結果、図７に示すように、副絶縁トランス３１の第２および第４の副端子３１ｂ，３１ｄ間に相間容量Ｃ５が接続され、第１の副端子３１ａがリアクトルＬ１、ノードＮ１、および対地容量Ｃ３を介して接地電圧ＧＮＤのラインに接続され、第３の副端子３１ｃがリアクトルＬ３、ノードＮ３、および対地容量Ｃ４を介して接地電圧ＧＮＤのラインに接続されて、共振回路が構成され、第１の副巻線３４の励磁インダクタンスと、相間容量Ｃ５と、第２の副巻線３７の励磁インダクタンスとの間で共振現象が発生する。

[0070] ただし、図７に示した等価回路は説明の簡単化のために単純化したものであり、共振回路は副絶縁トランス３１単体で独立したものではなく、実際には図８に示すような共振回路が構成される。すなわち、図８において、ノードＮ１～Ｎ４は、それぞれ対地容量Ｃ３ａ，Ｃ３ｂ，Ｃ４ａ，Ｃ４ｂを介して接地電圧ＧＮＤのラインに接続される。第２の副絶縁トランス３２の第２および第４の副端子３２ｂ，３２ｄ間に相間容量Ｃ６が接続される。

[0071] 第１の副絶縁トランス３１の第２の副端子３１ｂは、副巻線３５，３６、リアクトルＬ２、および対地容量Ｃ３ｂを介して接地電圧ＧＮＤのラインに接続される。第１の副絶縁トランス３１の第４の副端子３１ｄは、副巻線３８，３９、リアクトルＬ４、および対地容量Ｃ４ｂを介して接地電圧ＧＮＤのラインに接続される。第１の副巻線３４～３６の励磁インダクタンスと、相間容量Ｃ５，Ｃ６と、第２の副巻線３７～３９の励磁インダクタンスとの間で共振現象が発生する。

[0072] このような共振現象においては、副絶縁トランス３１～３３の副巻線３４～３９の励磁インダクタンスが、直流重畳特性を保つリアクトルＬ１～Ｌ４のインダクタンス値等と比較して数百倍以上の値となることが常である。このため、共振現象によって流れる電流が回路の主電流に対して微小であっても無視できない電圧振動を生じ、副絶縁トランス３１～３３の損失にも悪影響を与える。図７で示した共振回路では、第１の副巻線３４の励磁インダクタンスと第２の副巻線３７の励磁インダクタンスとが同極性となり、第１お

よび第２の副巻線３４，３７の励磁インダクタンスの和が大きな値になり、大きな電圧振動が発生する。なお、副巻線３４，３７が１つの巻線を構成すると考えると、巻線のインダクタンスは巻数の２乗に比例するので、副巻線３４，３７の励磁インダクタンスは、副巻線３４，３７の各々の励磁インダクタンスの４倍になる。

[0073] 図９は、図３で示した双方向ＤＣ／ＤＣコンバータで発生する共振回路の構成を示す回路図であって、図７と対比される図である。図９において、副絶縁トランス１１の第２および第４の副端子１１ｂ，１１ｄ間に相間容量Ｃ５が接続され、第１の副端子１１ａがリアクトルＬ１、ノードＮ１、および対地容量Ｃ３を介して接地電圧ＧＮＤのラインに接続され、第３の副端子１１ｃがリアクトルＬ３、ノードＮ３、および対地容量Ｃ４を介して接地電圧ＧＮＤのラインに接続されて、共振回路が構成される。

[0074] この共振回路では、第１の副巻線１４の励磁インダクタンスと第２の副巻線１７の励磁インダクタンスとが逆極性となって互いに相殺され、第１の副巻線１４，１７の励磁インダクタンスの和は０になるので、共振現象は発生しない。

[0075] なお、本実施の形態１では、第１の副巻線１４の巻数と第２の副巻線１７の巻数とが同じである場合に、第１の副巻線１４，１７の励磁インダクタンスの和を０にして、共振現象の発生を最も効果的に防止することができる。しかし、第１の副巻線１４の巻数と第２の副巻線１７の巻数とが異なる場合であっても、第１の副巻線１４，１７の励磁インダクタンスの和を低減して、共振現象の発生を抑制することができる。

[0076] 図１０は、副絶縁トランス１１の構成および動作を示す図である。図１０において、（Ａ）は通常の変圧動作を示し、（Ｂ）は相間容量Ｃ５に電流が流れた場合の動作を示している。

[0077] 図１０（Ａ）において、環状の鉄心１１ｅに副巻線１４，１７の各々が巻回されている。副巻線１４，１７は、鉄心１１ｅ内を通る磁束φを共有している。副巻線１４，１７の巻数をそれぞれｎ１，ｎ２とし、副巻線１４，１

７の端子間電圧をそれぞれＶ１，Ｖ２とすると、Ｖ１＝ｎ１（ｄφ／ｄｔ）、Ｖ２＝ｎ２（ｄφ／ｄｔ）となる。ただし、ｎ１＝ｎ２とする。Ｖ１とＶ２は、同極性となり、同じ位相および同じ振幅を有する。

[0078] 図１０（Ｂ）において、第１の副端子１１ａから第１の副巻線１４、相間容量Ｃ５、および第２の副巻線１１ｃを介して第３の副端子１１ｃに電流Ｉが流れると、第１の副巻線１４に流れる電流Ｉによって鉄心１１ｅ内に磁束φ１が発生するとともに、第２の副巻線１７に流れる電流Ｉによって鉄心１１ｅ内に磁束φ２が発生する。鉄心１１ｅ内において磁束φ１と磁束φ２は逆方向に発生し、磁束φ１と磁束φ２は相殺される。

[0079] ここで、電流Ｉが流れた場合における第１および第２の副巻線１４，１７の励磁インダクタンスをそれぞれＬａ，Ｌｂとすると、φ１＝Ｌａ×Ｉ、φ２＝Ｌｂ×Ｉとなり、φ１＋φ２＝（Ｌａ＋Ｌｂ）Ｉ＝０となる。したがって、第１および第２の副巻線１４，１７の励磁インダクタンスＬａ，Ｌｂは、互いに逆極性となり、互いに相殺される。

[0080] 以上のように、この実施の形態１では、複数の副絶縁トランス１１～１３を直列接続して絶縁トランス３を構成したので、絶縁トランス３における体積の増加および重量の集中を防ぐことができ、基板実装を可能として組み立て性を向上させ、熱源を分散させることによって放熱性を向上させ、流通量が多く入手容易な汎用の副絶縁トランスを利用することで低コスト化を実現することができる。

[0081] しかも、副絶縁トランス１１～１３の副巻線１４～１９の極性の方向は同じであるので、たとえば、第１の主端子３ａから第１の副巻線１４、相間容量Ｃ５、および第２の副巻線１７を介して第３の主端子３ｂに電流Ｉが流れた場合に、第１および第２の副巻線１４，１７の励磁インダクタンスＬａ，Ｌｂの和は０になる。したがって、共振現象が発生することを防止することができる。

[0082] なお、この実施の形態１では、絶縁トランス３がＤＡＢ方式の双方向ＤＣ／ＤＣコンバータに設けられた場合について説明したが、これに限るもので

なく、絶縁トランス３が他の高周波回路に設けられた場合でも、同じ効果が得られることは言うまでもない。

[0083] また、この実施の形態１では、２つの主巻線４，５を含む絶縁トランス３と２つのブリッジ回路（Ｑ１～Ｑ４とＱ５～Ｑ８）とを備えたＤＡＢ方式の双方向ＤＣ／ＤＣコンバータについて説明したが、これに限るものではない。たとえば、３つの主巻線を含む絶縁トランスと、それぞれ３つの主巻線に接続された３つのブリッジ回路と、それぞれ３つのブリッジ回路に接続された３つの直流端子対とを備え、各直流端子対と他の直流端子対との間で相互に電力伝送を行なうＴＡＢ（Triple Active Bridge）方式のＤＣ／ＤＣコンバータにおいて、絶縁トランスを複数の副絶縁トランスに分割し、全副巻線の極性の向きを揃えてもよい。この場合も、各副絶縁トランスにおける共振現象の発生を防止することができる。

[0084] 実施の形態２．

図１１は、実施の形態２に従う絶縁トランス４０の構成を示す回路図である。図１１において、この絶縁トランス４０は、Ｙ－Ｙ形結線を有する三相トランスであって、第１～第６の主端子Ｔ１１～Ｔ１６および第１～第３の副絶縁トランス４１～４３を備える。第１～第３の主端子Ｔ１１～Ｔ１３は、三相交流電圧Ｖｕ１，Ｖｖ１，Ｖｗ１を受ける。第４～第６の主端子Ｔ１４～Ｔ１６には、三相交流電圧Ｖｕ２，Ｖｖ２，Ｖｗ２が出力される。

[0085] 第１の副絶縁トランス４１は、鉄心(図示せず)と、鉄心に巻回された第１および第２の副巻線４４，４７と、第１～第４の副端子４１ａ～４１ｄとを含む。第１および第２の副巻線４４，４７の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の副巻線４４の正極端子および負極端子は、それぞれ第１および第２の副端子４１ａ，４１ｂに接続されている。第２の副巻線４７の正極端子および負極端子は、それぞれ第３および第４の副端子４１ｃ，４１ｄに接続されている。

[0086] 第１および第２の副巻線４４，４７の極性の方向は同じである。図１１では、第１および第２の副巻線４４，４７の極性の方向がともに上方向である

場合が示されている。第１および第２の副巻線４４，４７の巻数は同一である。

[0087] 第２の副絶縁トランス４２は、鉄心（図示せず）と、鉄心に巻回された第１および第２の副巻線４５，４８と、第１～第４の副端子４２ａ～４２ｄとを含む。第１および第２の副巻線４５，４８の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の副巻線４５の正極端子および負極端子は、それぞれ第１および第２の副端子４２ａ，４２ｂに接続されている。第２の副巻線４８の正極端子および負極端子は、それぞれ第３および第４の副端子４２ｃ，４２ｄに接続されている。

[0088] 第１および第２の副巻線４５，４８の極性の方向は同じである。図１１では、第１および第２の副巻線４５，４８の極性の方向がともに上方向である場合が示されている。第１および第２の副巻線４５，４８の巻数は同一である。

[0089] 第３の副絶縁トランス４３は、鉄心（図示せず）と、鉄心に巻回された第１および第２の副巻線４６，４９と、第１～第４の副端子４３ａ～４３ｄとを含む。第１および第２の副巻線４６，４９の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の副巻線４６の正極端子および負極端子は、それぞれ第１および第２の副端子４３ａ，４３ｂに接続されている。第２の副巻線４９の正極端子および負極端子は、それぞれ第３および第４の副端子４３ｃ，４３ｄに接続されている。

[0090] 第１および第２の副巻線４６，４９の極性の方向は同じである。図１１では、第１および第２の副巻線４６，４９の極性の方向がともに上方向である場合が示されている。第１および第２の副巻線４６，４９の巻数は同一である。

[0091] 副絶縁トランス４１，４２，４３の第１の副端子４１ａ，４２ａ，４３ａは、それぞれ第１～第３の主端子Ｔ１１～Ｔ１３に接続されている。副絶縁トランス４１，４２，４３の第３の副端子４１ｃ，４２ｃ，４３ｃは、それぞれ第４～第６の主端子Ｔ１４～Ｔ１６に接続されている。副絶縁トランス

４１，４２，４３の第２の副端子４１ｂ，４２ｂ，４３ｂは、互いに接続されている。副絶縁トランス４１，４２，４３の第４の副端子４１ｄ，４２ｄ，４３ｄは、互いに接続されている。

[0092] 第１～第３の主端子Ｔ１１～Ｔ１３にそれぞれ三相交流電圧Ｖｕ１，Ｖｖ１，Ｖｗ１が印加されると、第４～第６の主端子Ｔ１４～Ｔ１６にそれぞれ三相交流電圧Ｖｕ２，Ｖｖ２，Ｖｗ２が現れる。第４～第６の主端子Ｔ１４～Ｔ１６にそれぞれ三相交流電圧Ｖｕ２，Ｖｖ２，Ｖｗ２が印加されると、第１～第３の主端子Ｔ１１～Ｔ１３にそれぞれ三相交流電圧Ｖｕ１，Ｖｖ１，Ｖｗ１が現れる。

[0093] 第１の主巻線４４，４５，４６の巻数と第２の主巻線４７，４８，４９の巻数とが同じであるので、交流電圧Ｖｕ１，Ｖｖ１，Ｖｗ１の振幅と交流電圧Ｖｕ２，Ｖｖ２，Ｖｗ２の振幅とは同じになる。第１の主巻線４４，４５，４６の極性の方向と第２の主巻線４７，４８，４９の極性の方向とが同じであるので、交流電圧Ｖｕ１，Ｖｖ１，Ｖｗ１と交流電圧Ｖｕ２，Ｖｖ２，Ｖｗ２とはそれぞれ同極性となり、交流電圧Ｖｕ１，Ｖｖ１，Ｖｗ１の位相と交流電圧Ｖｕ２，Ｖｖ２，Ｖｗ２の位相とはそれぞれ同じになる。

[0094] また、何らかの原因で、第１の主端子Ｔ１１から第１の副巻線４４、副巻線４４，４７間の相間容量、および第２の副巻線４７を介して第４の主端子Ｔ１４に電流が流れた場合でも、図９で説明したように、副巻線４４，４７の励磁インダクタンスの和が０となるので、副絶縁トランス４１における共振現象の発生を抑制することができる。同様に、副絶縁トランス４２，４３の各々における共振現象の発生も抑制することができる。

[0095] この実施の形態２でも、実施の形態１と同じ効果が得られる。

実施の形態３．

図１２は、実施の形態３に従う絶縁トランス５０を示す図である。図１２において、（Ａ）は絶縁トランス５０の構成を示し、（Ｂ）は絶縁トランス５０の動作を示している。この絶縁トランス５０は、Ｙ－千鳥形結線を有する三相トランスであって、第１～第６の主端子Ｔ２１～Ｔ２６および第１～

第３の副絶縁トランス５１～５３を備える。第１～第３の主端子Ｔ２１～Ｔ２３は、三相交流電圧Ｖｕ，Ｖｖ，Ｖｗを受ける。第４～第６の主端子Ｔ１４～Ｔ１６には、三相交流電圧Ｖａ，Ｖｂ，Ｖｃが出力される。

[0096] 第１の副絶縁トランス５１は、鉄心(図示せず)と、鉄心に巻回された第１～第３の副巻線５４，５７，６０と、第１～第６の副端子５１ａ～５１ｆとを含む。第１～第３の副巻線５４，５７，６０の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の副巻線５４の正極端子および負極端子は、それぞれ第１および第２の副端子５１ａ，５１ｂに接続されている。第２の副巻線５７の正極端子および負極端子は、それぞれ第３および第４の副端子５１ｃ，５１ｄに接続されている。第３の副巻線６０の正極端子および負極端子は、それぞれ第５および第６の副端子５１ｅ，５１ｆに接続されている。

[0097] 第１～第３の副巻線５４，５７，６０の極性の方向は同じである。図１２（Ａ）では、第１～第３の副巻線５４，５７，６０の極性の方向がともに上方向である場合が示されている。第１～第３の副巻線５４，５７，６０の巻数の比は、２：１：１である。

[0098] 第２の副絶縁トランス５２は、鉄心(図示せず)と、鉄心に巻回された第１～第３の副巻線５５，５８，６１と、第１～第６の副端子５２ａ～５２ｆとを含む。第１～第３の副巻線５５，５８，６１の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の副巻線５５の正極端子および負極端子は、それぞれ第１および第２の副端子５２ａ，５２ｂに接続されている。第２の副巻線５８の正極端子および負極端子は、それぞれ第３および第４の副端子５２ｃ，５２ｄに接続されている。第３の副巻線６１の正極端子および負極端子は、それぞれ第５および第６の副端子５２ｅ，５２ｆに接続されている。

[0099] 第１～第３の副巻線５５，５８，６１の極性の方向は同じである。図１２（Ａ）では、第１～第３の副巻線５５，５８，６１の極性の方向がともに上方向である場合が示されている。第１～第３の副巻線５５，５８，６１の巻数の比は、２：１：１である。

[0100] 第３の副絶縁トランス５３は、鉄心(図示せず)と、鉄心に巻回された第１

～第３の副巻線５６，５９，６２と、第１～第６の副端子５３ａ～５３ｆとを含む。第１～第３の副巻線５６，５９，６２の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の副巻線５６の正極端子および負極端子は、それぞれ第１および第２の副端子５３ａ，５３ｂに接続されている。第２の副巻線５９の正極端子および負極端子は、それぞれ第３および第４の副端子５３ｃ，５３ｄに接続されている。第３の副巻線６２の正極端子および負極端子は、それぞれ第５および第６の副端子５３ｅ，５３ｆに接続されている。

[0101] 第１～第３の副巻線５６，５９，６２の極性の方向は同じである。図１２（Ａ）では、第１～第３の副巻線５６，５９，６２の極性の方向がともに上方向である場合が示されている。第１～第３の副巻線５６，５９，６２の巻数の比は、２：１：１である。

[0102] 副絶縁トランス５１，５２，５３の第１の副端子５１ａ，５２ａ，５３ａは、それぞれ第１～第３の主端子Ｔ２１～Ｔ２３に接続されている。副絶縁トランス５１，５２，５３の第３の副端子５１ｃ，５２ｃ，５３ｃは、それぞれ第４～第６の主端子Ｔ２４～Ｔ２６に接続されている。副絶縁トランス５１，５２，５３の第２の副端子５１ｂ，５２ｂ，５３ｂは、第１の中性点Ｍ１に接続されている。副絶縁トランス５１，５２，５３の第５の副端子５１ｅ，５２ｅ，５３ｅは、第２の中性点Ｍ２に接続されている。副絶縁トランス５１，５２，５３の第６の副端子５１ｆ，５２ｆ，５３ｆは、それぞれ副絶縁トランス５２，５３，５１の第４の副端子５２ｄ，５３ｄ，５１ｄに接続されている。

[0103] 第１～第３の主端子Ｔ２１～Ｔ２３にそれぞれ三相交流電圧Ｖｕ，Ｖｖ，Ｖｗが印加されると、第２の副巻線５７，５８，５９の端子間電圧はそれぞれＶｕ／２，Ｖｖ／２，Ｖｗ／２となり、第３の副巻線６０，６１，６２の端子間電圧はそれぞれＶｕ／２，Ｖｖ／２，Ｖｗ／２となる。第４～第６の主端子Ｔ２４，Ｔ２５，Ｔ２６にはそれぞれ交流電圧Ｖａ，Ｖｂ，Ｖｃが現れる。Ｖａ＝Ｖｕ／２－Ｖｗ／２、Ｖｂ＝Ｖｖ／２－Ｖｕ／２、Ｖｃ＝Ｖｗ／２－Ｖｖ／２となる。

[0104] 図１２（Ｂ）に示すように、三相交流電圧Ｖｕ，Ｖｖ，Ｖｗの位相は１２０度ずつずれており、三相交流電圧Ｖａ，Ｖｂ，Ｖｃの位相も１２０度ずつずれている。三相交流電圧Ｖａ，Ｖｂ，Ｖｃの位相は、それぞれ三相交流電圧Ｖｕ，Ｖｖ，Ｖｗの位相よりも３０度ずつ進んでいる。

[0105] また、何らかの原因で、第１の主端子Ｔ２１から第１の副巻線５１、副巻線５４，６０間の相間容量、第３の副巻線６０、副巻線６０，５７間の相間容量、および第２の副巻線５７を介して第４の主端子Ｔ２４に電流が流れた場合でも、図９で説明したように、副巻線５１，６０，５７の励磁インダクタンスの和が０となるので、副絶縁トランス５１における共振現象の発生を抑制することができる。同様に、副絶縁トランス５２，５３の各々における共振現象の発生も抑制することができる。

[0106] この実施の形態３でも、実施の形態１と同じ効果が得られる。

図１３は、実施の形態３の比較例となる絶縁トランス６５を示す図であって、図１２と対比される図である。図１３において、（Ａ）は絶縁トランス６５の構成を示し、（Ｂ）は絶縁トランス６５の動作を示している。

[0107] この絶縁トランス６５が図１２の絶縁トランス５０と異なる点は、副絶縁トランス５１，５２，５３の第１の副端子５１ａ，５２ａ，５３ａが第１の中性点Ｍ１に接続され、副絶縁トランス５１，５２，５３の第２の副端子５１ｂ，５２ｂ，５３ｂがそれぞれ第１～第３の主端子Ｔ２１，Ｔ２２，Ｔ２３に接続されている点である。

[0108] 第１～第３の主端子Ｔ２１～Ｔ２３にそれぞれ三相交流電圧Ｖｕ，Ｖｖ，Ｖｗが印加されると、第２の副巻線５７，５８，５９の端子間電圧はそれぞれ－Ｖｕ／２，－Ｖｖ／２，－Ｖｗ／２となり、第３の副巻線６０，６１，６２の端子間電圧はそれぞれ－Ｖｕ／２，－Ｖｖ／２，－Ｖｗ／２となる。第４～第６の主端子Ｔ２４，Ｔ２５，Ｔ２６にはそれぞれ交流電圧Ｖａ，Ｖｂ，Ｖｃが現れる。Ｖａ＝－Ｖｕ／２＋Ｖｗ／２、Ｖｂ＝－Ｖｖ／２＋Ｖｕ／２、Ｖｃ＝－Ｖｗ／２＋Ｖｖ／２となる。

[0109] 図１３（Ｂ）に示すように、三相交流電圧Ｖｗ，Ｖｖ，Ｖｕの位相は１２

０度ずつずれており、三相交流電圧Ｖｃ，Ｖｂ，Ｖａの位相も１２０度ずつずれている。三相交流電圧Ｖｂ，Ｖｃ，Ｖａの位相は、それぞれ三相交流電圧Ｖｕ，Ｖｖ，Ｖｗの位相よりも３０度ずつ遅れている。

[0110] 何らかの原因で、たとえば、第１の主端子Ｔ２１から副巻線５４，６０間の相間容量、副巻線６０、副巻線６０，５７間の相間容量、および副巻線５７を介して第４の主端子Ｔ２４に電流が流れた場合には、副巻線６０，５７の励磁インダクタンスが同極性となり、副巻線６０，５７の励磁インダクタンスの和が大きな値になる。このため、副巻線５４，６０間の相間容量と、副巻線６０の励磁インダクタンスと、副巻線６０，５７間の相間容量と、副巻線５７の励磁インダクタンスとの間で共振現象が発生し、大きな電圧振動が発生する。したがって、比較例の絶縁トランス６５では、共振現象の発生を防止することはできない。

[0111] 実施の形態４．

図１４は、実施の形態４に従う絶縁トランス７０の構成を示す回路図であって、図２と対比される図である。この絶縁トランス７０が図２の絶縁トランス３と異なる点は、第１～第４の主端子３ａ～３ｄが第１～第５の主端子７０ａ～７０ｅで置換され、第４の副絶縁トランス７１が追加されている点である。

[0112] 第４の副絶縁トランス７１は、鉄心(図示せず)と、鉄心に巻回された第１および第２の副巻線７２，７３と、第１～第４の副端子７１ａ～７１ｄとを含む。第１および第２の副巻線７２，７３の正極性側には、黒丸（●）が印されている。第１の副巻線７２の正極端子および負極端子は、それぞれ第１および第２の副端子７１ａ，７１ｂに接続されている。第２の副巻線７３の正極端子および負極端子は、それぞれ第３および第４の副端子７１ｃ，７１ｄに接続されている。

[0113] 第１および第２の副巻線７２，７３の極性の方向は同じである。図１４では、第１および第２の副巻線７２，７３の極性の方向が上方向である場合が示されている。第１および第２の副巻線７２，７３の巻数は同一である。

[0114] 第４の副絶縁トランス７１の第１および第３の副端子７１ａ，７１ｃは、それぞれ第３の副絶縁トランス１３の第２および第４の副端子１３ｃ，１３ｄに接続される。第４の副絶縁トランス７１の第２および第４の副端子７１ｂ，７１ｄは、それぞれ第３および第５の主端子７０ｃ，７０ｅに接続される。第１の副絶縁トランス１１の第１および第３の副端子１１ａ，１１ｃは、それぞれ第１および第４の主端子７０ａ，７０ｄに接続される。第２の主端子７０ｂは、第２の副絶縁トランス１２の第２の副端子１２ｂに接続される。

[0115] ８個の副巻線１１～１３，１７～１９，７２，７３の極性は同じ方向に向けられている。副巻線１１，１２は第１の主巻線を構成し、副巻線１３，７２は第２の主巻線を構成し、副巻線１７～１９，７３は第３の主巻線を構成する。第１～第３の主巻線の極性は同じ方向に向けられている。

[0116] 第１および第２の主端子７０ａ，７０ｂ間に交流電圧Ｖ１が印加され、第２および第３の主端子７０ｂ，７０ｃ間に交流電圧Ｖ２が印加されると、第４および第５の主端子７０ｄ，７０ｅ間に交流電圧Ｖ３が現れる。交流電圧Ｖ１，Ｖ２が同極性で同じ振幅を有する場合には、交流電圧Ｖ１，Ｖ２，Ｖ３は同極性となり、交流電圧Ｖ１，Ｖ２，Ｖ３の位相は同じになり、交流電圧Ｖ１，Ｖ２，Ｖ３の振幅の比は１：１：２となる。

[0117] また、何らかの原因で、第１の主端子７０ａから第１の副巻線１４、副巻線１４，１７間の相間容量、および第２の副巻線１７を介して第４の主端子７０ｄに電流が流れた場合でも、図９で説明したように、副巻線１４，１７の励磁インダクタンスの和が０になるので、副絶縁トランス１１における共振現象の発生を防止することができる。同様に、副絶縁トランス１２，１３，７１の各々における共振現象の発生も防止することができる。

[0118] この実施の形態４でも、実施の形態１と同じ効果が得られる。

なお、上記実施の形態１～４を適宜組み合わせてもよいことは言うまでもない。たとえば、図１１の副絶縁トランス４１～４３の各々を図２の絶縁トランス３で置換しても同じ効果が得られる。

[0119] 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

[0120] Ｔ１～Ｔ４　直流端子、１，７　電流検出器、２，６　電力変換器、３，２５，４０，５０，６５，７０　絶縁トランス、４，５，２６，２７　主巻線、８　操作部、９　制御装置、９ａ　処理装置、１１～１３，３１～３３，４１～４３，５１～５３，７１　副絶縁トランス、１１ｅ　鉄心、１４～１９，３４～３９，４４～４９，５４～６２，７２，７３　副巻線、２１，２２　直流電源、Ｃ１，Ｃ２　コンデンサ、Ｑ１～Ｑ８　ＩＧＢＴ、Ｄ１～Ｄ８　ダイオード、Ｌ１～Ｌ５　リアクトル、Ｃ３，Ｃ３ａ，Ｃ３ｂ，Ｃ４，Ｃ４ａ，Ｃ４ｂ　対地容量、Ｃ５，Ｃ６　相間容量。

請求の範囲

[請求項1] 互いに電気的に結合された第１～第Ｎの副絶縁トランスを備え、Ｎは２以上の整数であり、

前記第１～第Ｎの副絶縁トランスの各々は、

第１および第２の副巻線と、

それぞれ前記第１の副巻線の第１極性端子および第２極性端子に接続された第１および第２の副端子と、

それぞれ前記第２の副巻線の第１極性端子および第２極性端子に接続された第３および第４の副端子とを含み、

前記第１および第２の副巻線の極性の方向は同じであり、

前記第１の副端子から前記第１の副巻線、前記第１および第２の副巻線間の相間容量、および前記第２の副巻線を介して前記第３の副端子に電流が流れた場合には、前記第１の副巻線の励磁インダクタンスと前記第２の副巻線の励磁インダクタンスとが逆極性になるように構成されている、絶縁トランス。

[請求項2] 前記第１および第２の副巻線の巻数は同じである、請求項１に記載の絶縁トランス。

[請求項3] 前記絶縁トランスは、

第１および第２の主巻線と、

それぞれ前記第１の主巻線の第１極性端子および第２極性端子に接続された第１および第２の主端子と、

それぞれ前記第２の主巻線の第１極性端子および第２極性端子に接続された第３および第４の主端子とを備え、

前記第１および第２の主巻線の方向は同じであり、

前記第１～第Ｎの副絶縁トランスに含まれるＮ個の前記第１の副巻線の極性の方向は同じであり、Ｎ個の前記第１の副巻線は前記第１および第２の主端子間に直列接続されて前記第１の主巻線を構成し、

前記第１～第Ｎの副絶縁トランスに含まれるＮ個の前記第２の副巻

線の極性の方向は同じであり、Ｎ個の前記第２の副巻線は前記第３および第４の主端子間に直列接続されて前記第２の主巻線を構成している、請求項１に記載の絶縁トランス。

[請求項4] Ｎは３であり、

前記絶縁トランスは、Ｙ－Ｙ形結線を有する三相トランスであって、

第１～第３の副絶縁トランスと、

三相交流電圧を受ける第１～第３の主端子と、

三相交流電圧を出力する第４～第６の主端子とを備え、

前記第１～第３の副絶縁トランスの前記第１の副端子はそれぞれ前記第１～第３の主端子に接続され、

前記第１～第３の副絶縁トランスの前記第２の副端子は互いに接続され、

前記第１～第３の副絶縁トランスの前記第３の副端子はそれぞれ前記第３～第５の主端子に接続され、

前記第１～第３の副絶縁トランスの前記第４の副端子は互いに接続されている、請求項１に記載の絶縁トランス。

[請求項5] 前記第１～第Ｎの副絶縁トランスの各々は、

第３の副巻線と、

それぞれ前記第３の副巻線の第１極性端子および第２極性端子に接続された第５および第６の副端子とをさらに含み、

前記第１～第３の副巻線の極性の方向は同じであり、

前記第１の副端子から前記第１の副巻線、前記第１および第３の副巻線間の相間容量、前記第３の副巻線、前記第２および第３の副巻線間の相間容量、および前記第２の副巻線を介して前記第３の副端子に電流が流れた場合には、前記第１の副巻線の励磁インダクタンスと、前記第２および第３の副巻線の励磁インダクタンスとが逆極性になるように構成されている、請求項１に記載の絶縁トランス。

[請求項6] 前記第１の副巻線の巻数は前記第２の副巻線の巻数の２倍であり、

前記第２および第３の副巻線の巻数は同じである、請求項５に記載の絶縁トランス。

[請求項7] Ｎは３であり、

前記絶縁トランスは、Ｙ－千鳥形結線を有する三相トランスであって、

第１～第３の副絶縁トランスと、

三相交流電圧を受ける第１～第３の主端子と、

三相交流電圧を出力する第４～第６の主端子とを備え、

前記第１～第３の副絶縁トランスの前記第１の副端子はそれぞれ前記第１～第３の主端子に接続され、

前記第１～第３の副絶縁トランスの前記第２の副端子は互いに接続され、

前記第１～第３の副絶縁トランスの前記第３の副端子はそれぞれ前記第４～第６の主端子に接続され、

前記第１～第３の副絶縁トランスの前記第５の副端子は互いに接続され、

前記第１～第３の副絶縁トランスの前記第６の副端子はそれぞれ前記第２、第３、第１の副絶縁トランスの第４の副端子に接続されている、請求項５に記載の絶縁トランス。

[請求項8] 請求項１に記載の絶縁トランスと、

第１の直流電源から供給される直流電力を交流電力に変換する第１の電力変換器と、

前記第１の交流電源から前記絶縁トランスを介して供給される交流電力を直流電力に変換して第２の直流電源に供給する第２の電力変換器とを備え、

前記第１の電力変換器から前記第１の副端子、前記第１の副巻線、前記第１および第２の副巻線間の相間容量、前記第２の副巻線、前記

第３の副端子、前記第２の電力変換器、および基準電圧のラインを介して前記第１の電力変換器に至る経路に電流が流れた場合には、前記第１の副巻線の励磁インダクタンスと前記第２の副巻線の励磁インダクタンスとが逆極性になるように構成されている、電力変換装置。

[請求項9] 前記第１の電力変換器は、

直流電圧を受ける第１および第２の直流端子と、

交流電圧を受ける第１および第２の交流端子と、

前記第１の直流端子と前記第１および第２の交流端子との間にそれぞれ接続された第１および第２のトランジスタと、

前記第１および第２の交流端子と前記第２の直流端子との間にそれぞれ接続された第３および第４のトランジスタと、

それぞれ前記第１～第４のトランジスタに逆並列に接続された第１～第４のダイオードとを含み、

前記第２の電力変換器は、

直流電圧を受ける第３および第４の直流端子と、

交流電圧を受ける第３および第４の交流端子と、

前記第３の直流端子と前記第３および第４の交流端子との間にそれぞれ接続された第５および第６のトランジスタと、

前記第３および第４の交流端子と前記第４の直流端子との間にそれぞれ接続された第７および第８のトランジスタと、

それぞれ前記第５～第８のトランジスタに逆並列に接続された第５～第８のダイオードとを含み、

前記絶縁トランスは、

第１および第２の主巻線と、

それぞれ前記第１の主巻線の第１極性端子および第２極性端子に接続された第１および第２の主端子と、

それぞれ前記第２の主巻線の第１極性端子および第２極性端子に接続された第３および第４の主端子とを備え、

前記第１および第２の主巻線の極性の方向は同じであり、

前記第１および第２の交流端子はそれぞれ前記第１および第２の主端子に結合され、

前記第３および第４の交流端子はそれぞれ前記第４および第３の主端子に結合されている、請求項８に記載の電力変換装置。

[請求項10] 前記第１の電力変換器は、

前記第１の交流端子と前記第１の主端子との間に接続された第１のリアクトルと、

前記第２の交流端子と前記第２の主端子との間に接続された第２のリアクトルとをさらに含み、

前記第２の電力変換器は、

前記第３の交流端子と前記第４の主端子との間に接続された第３のリアクトルと、

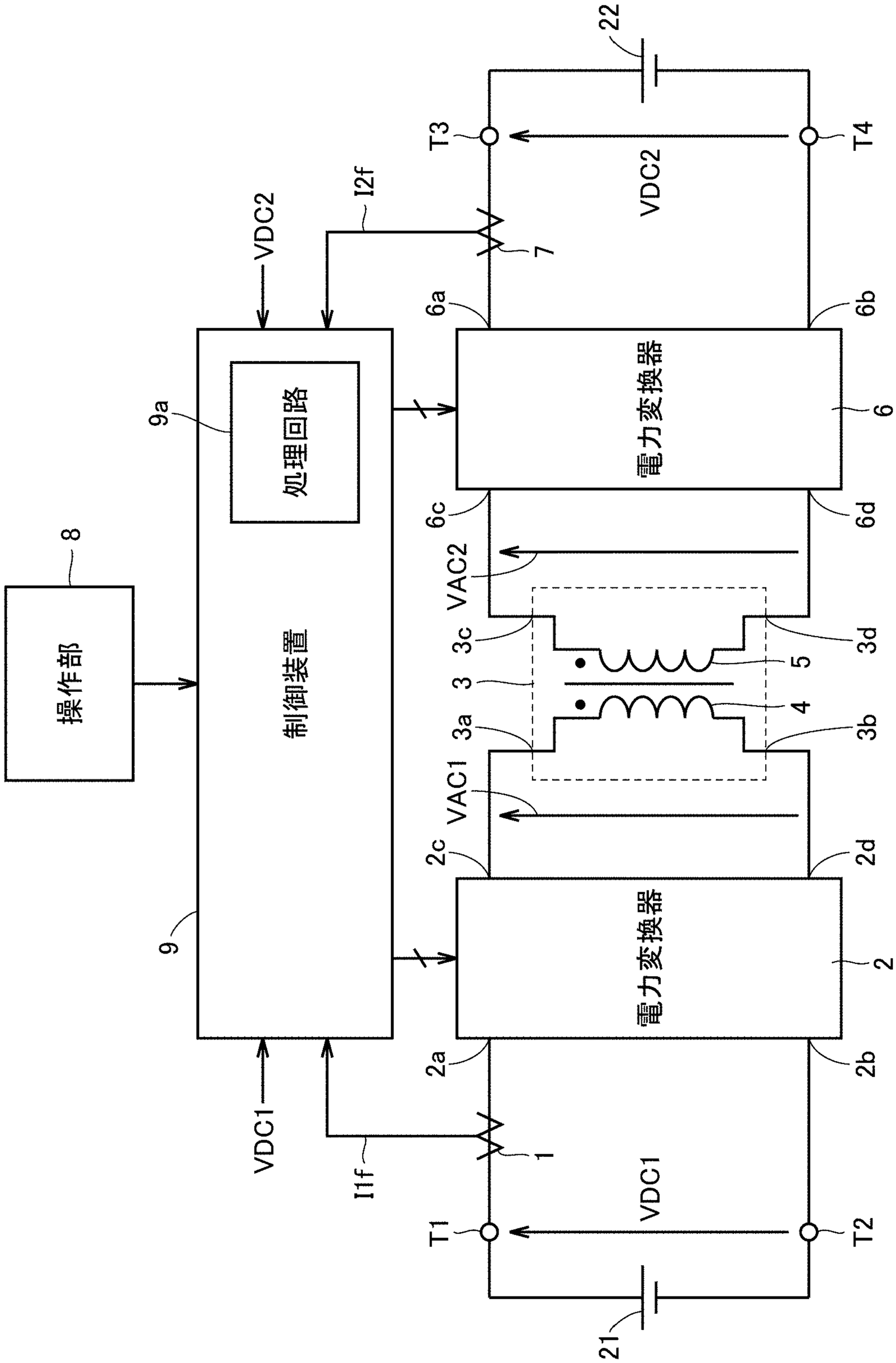
前記第４の交流端子と前記第３の主端子との間に接続された第４のリアクトルとをさらに含み、

前記電力変換装置は、前記第１～第８のトランジスタを制御する制御装置をさらに備え、

前記制御装置は、前記第１の直流電源から前記第２の直流電源に直流電力を供給する場合には、前記第１および第３のトランジスタを交互にオンさせ、前記第４および第２のトランジスタを交互にオンさせ、前記第５および第７のトランジスタを交互にオンさせ、第６および第８のトランジスタをオフ状態に維持する、請求項９に記載の電力変換装置。

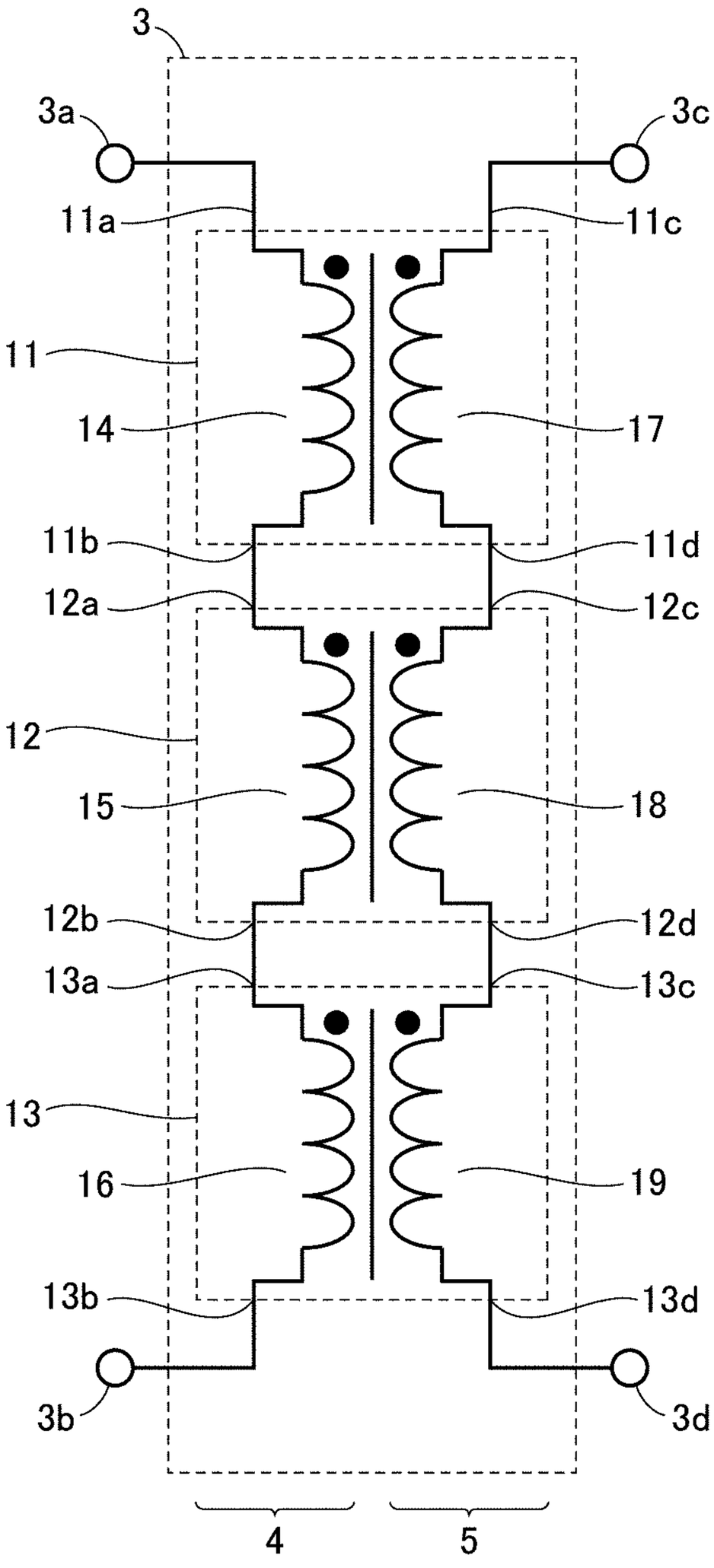
[図1]

図1


22
T3
T4
VDC2
I2f
7
VDC2
6a
6b
処理回路
9a
電力変換器
6
8
6c
6d
VAC2
操作部
制御装置
3c
3d
5
3
4
3a
3b
VAC1
2c
2d
電力変換器
2
9
2a
2b
VDC1
I1f
1
T1
VDC1
T2
21

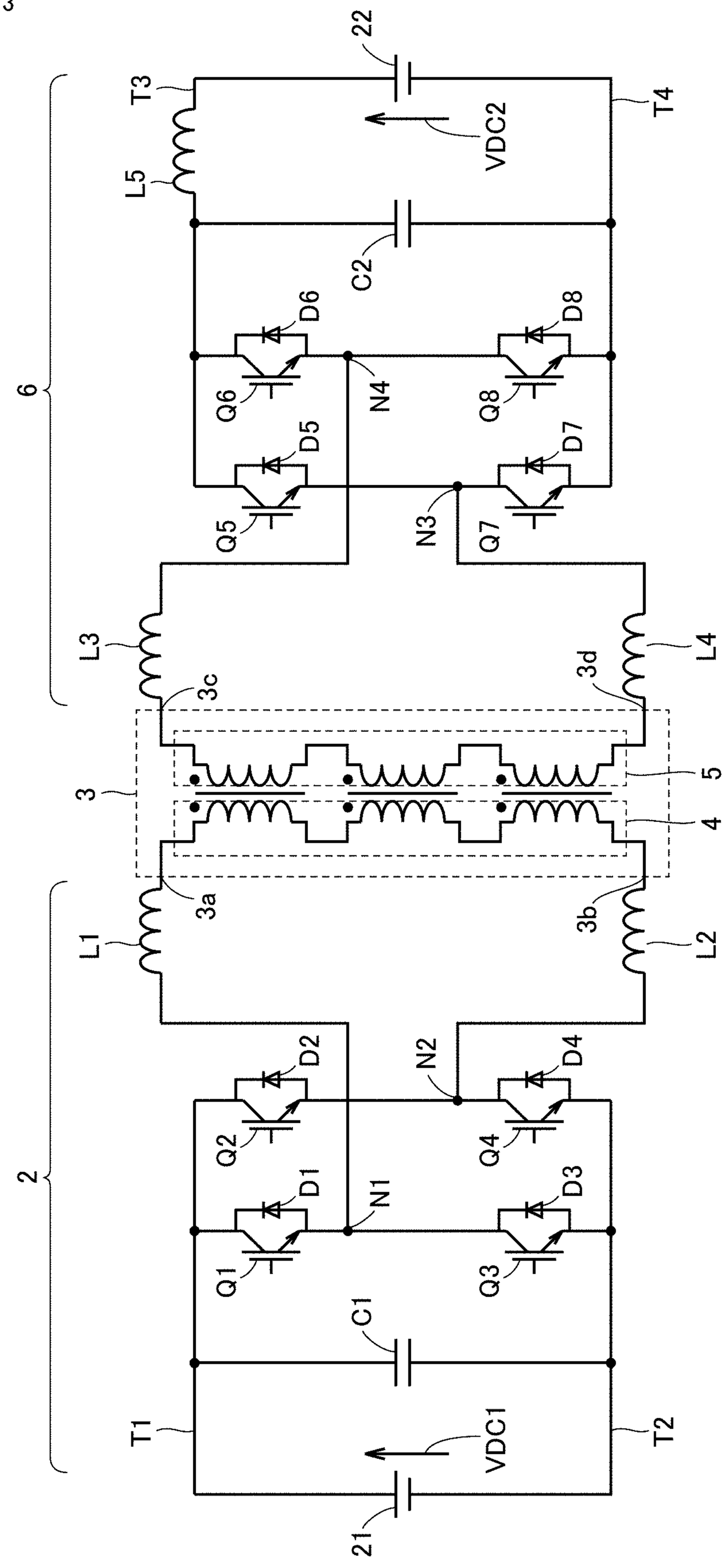
[図2]

図2


3
3a
3c
11a
11c
11
14
17
11b
11d
12a
12c
12
15
18
12b
12d
13a
13c
13
16
19
13b
13d
3b
3d
4
5

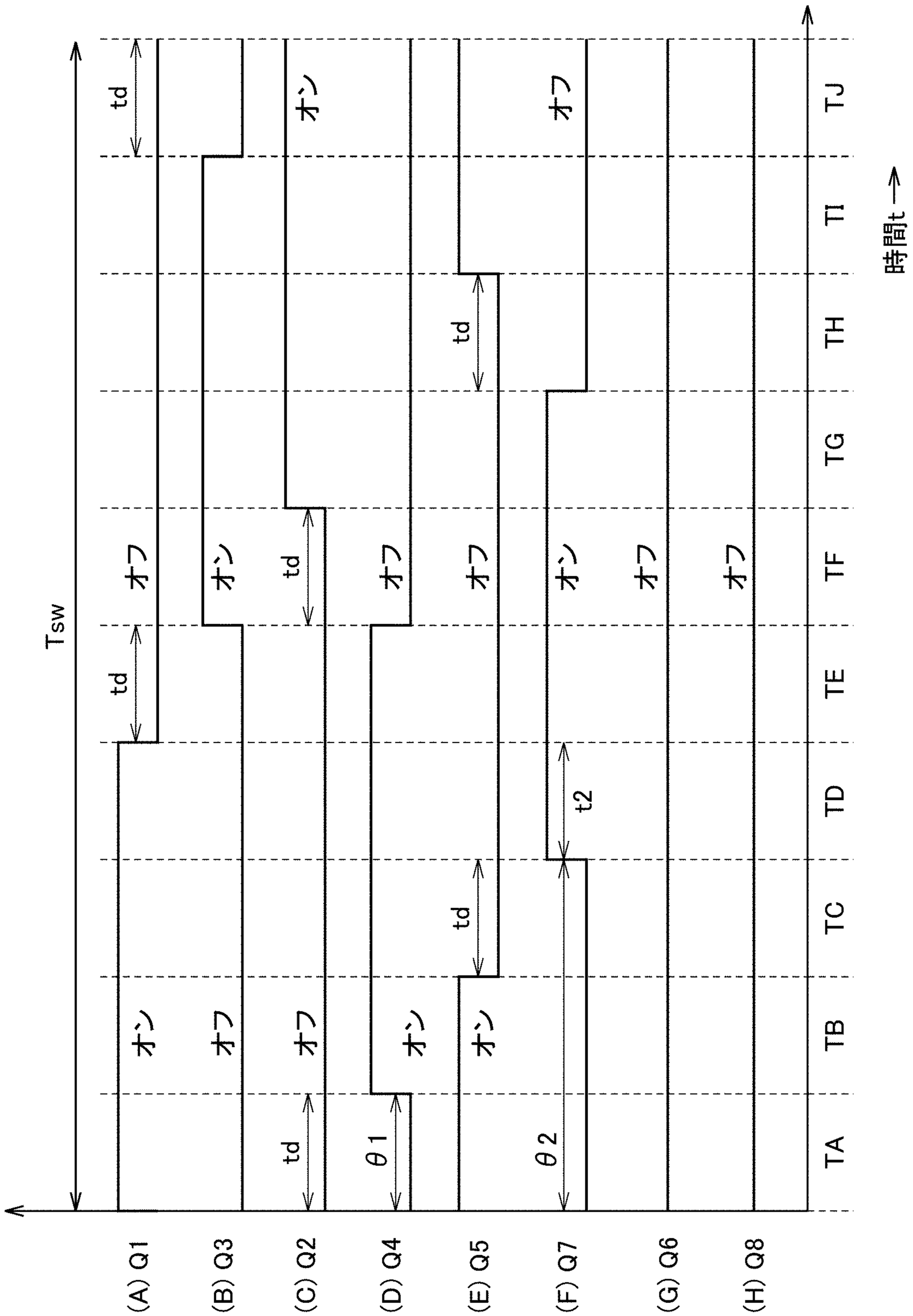
[図3]

図3


22
T3
T4
VDC2
L5
C2
D6
D8
6
Q6
N4
Q8
D5
D7
Q5
N3
Q7
L3
L4
3c
3d
5
4
3a
3b
L1
L2
D2
N2
D4
Q2
Q4
D1
N1
D3
Q1
Q3
C1
T1
VDC1
T2
2
21

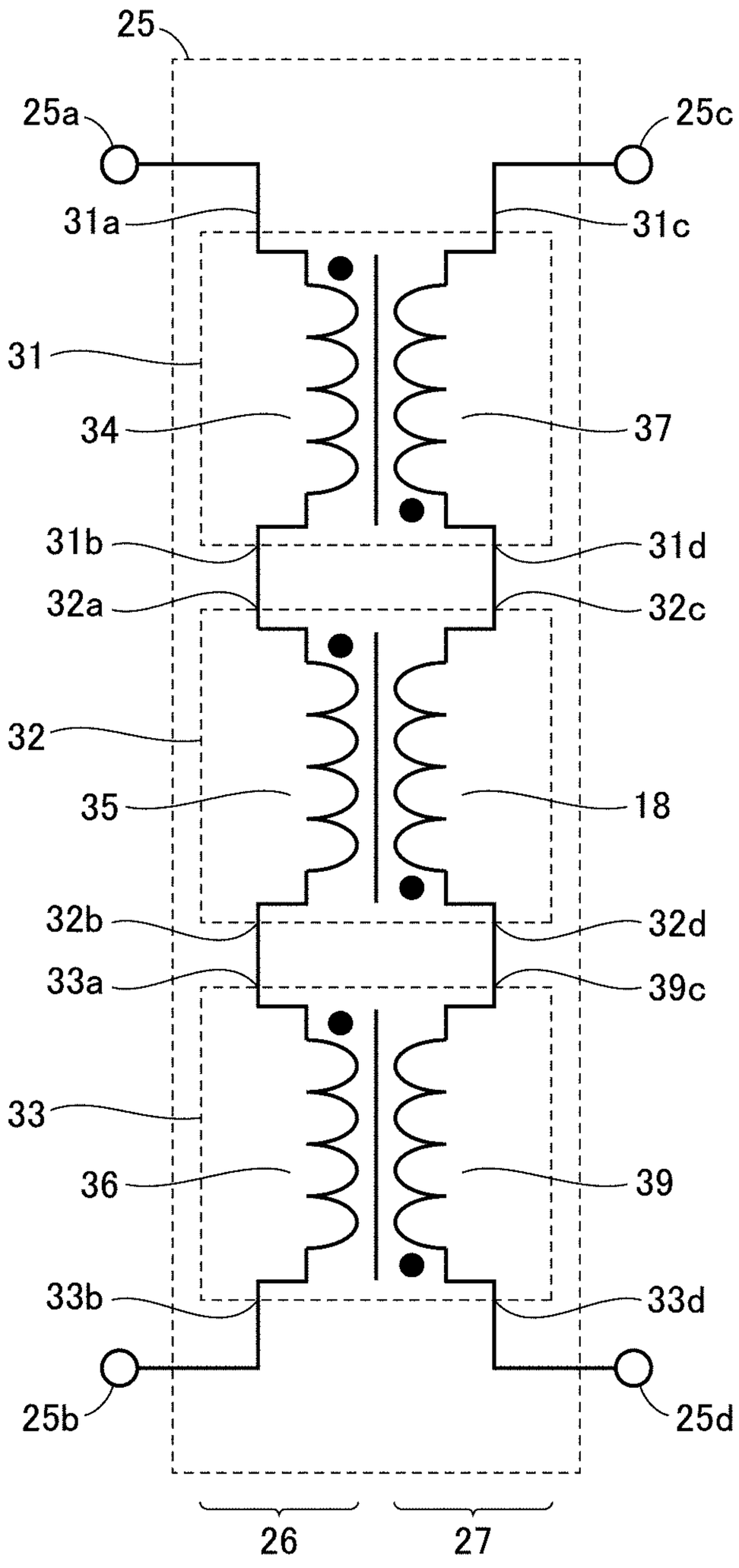
[図4]

図4


Tsw
td
オン
オフ
TJ
TI
TH
TG
TF
TE
TD
TC
TB
TA
時間t
θ1
θ2
t2
(A) Q1
(B) Q3
(C) Q2
(D) Q4
(E) Q5
(F) Q7
(G) Q6
(H) Q8

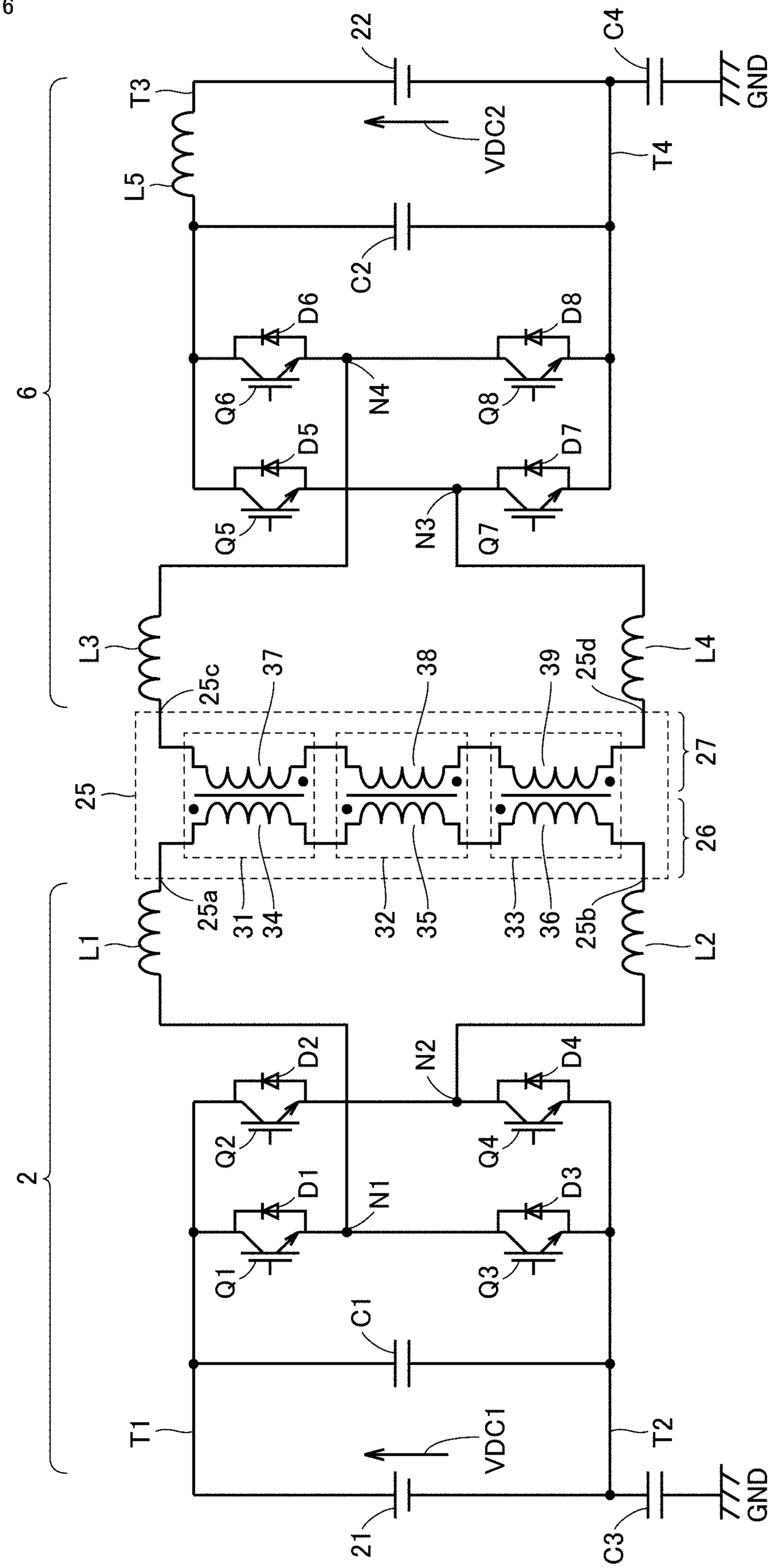
[図5]

図5


25
25a
25c
31a
31c
31
34
37
31b
31d
32a
32c
32
35
18
32b
32d
33a
39c
33
36
39
33b
33d
25b
25d
26
27

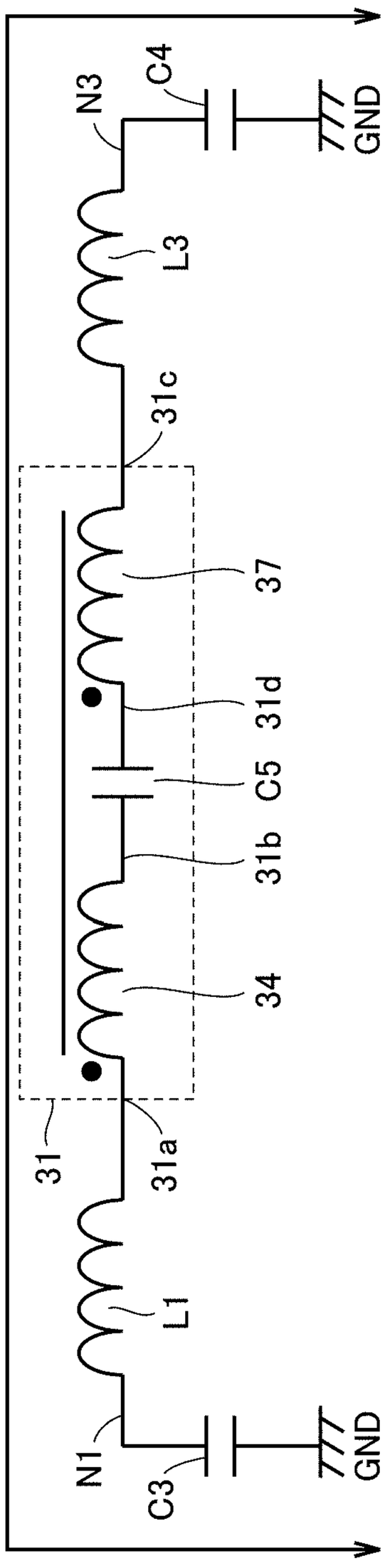
[図6]

図6


6
2
22
C4
GND
T3
VDC2
T4
L5
C2
D6
D8
Q6
N4
Q8
D5
D7
Q5
N3
Q7
L3
L4
25c
37
38
39
25d
27
25
26
25a
31
34
32
35
33
36
25b
L1
L2
D2
N2
D4
Q2
Q4
D1
N1
D3
Q1
Q3
C1
T1
VDC1
T2
21
C3
GND

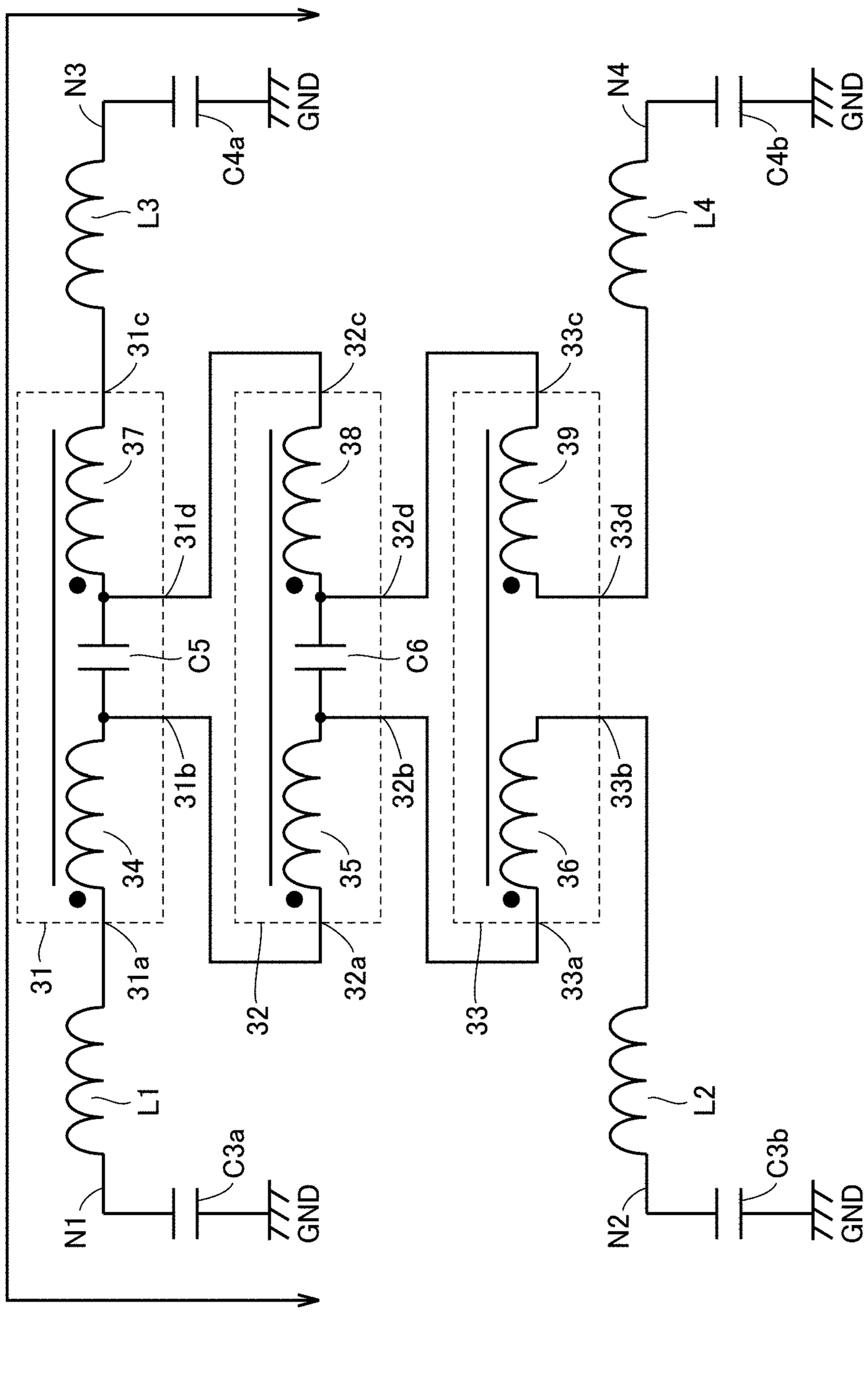
[図7]

図7



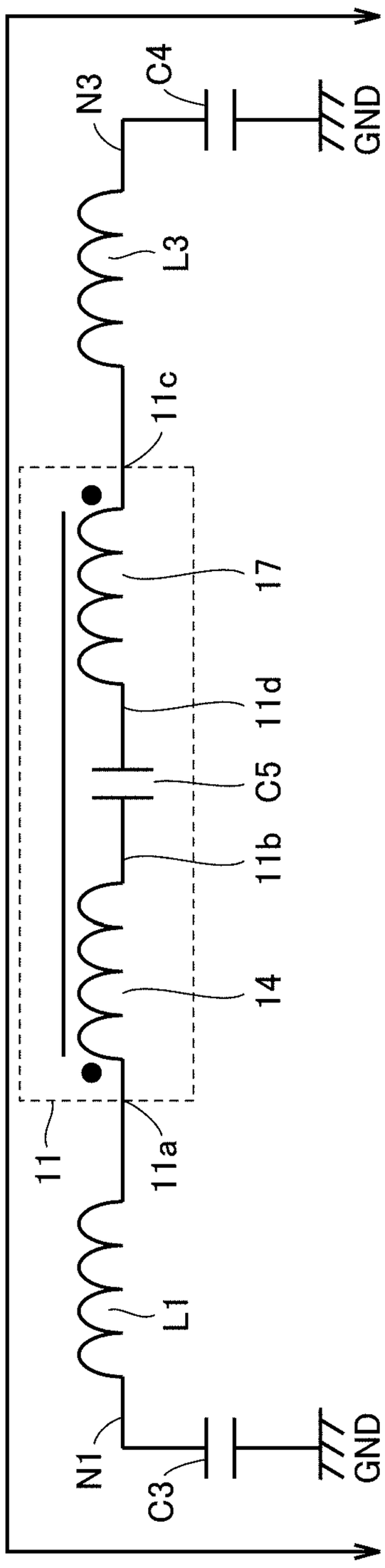
[図8]

図8


N3
L3
C4a
GND
31c
37
31d
C5
34
31b
31
31a
32c
38
32d
C6
35
32b
32
32a
33c
39
33d
36
33b
33
33a
N1
L1
C3a
GND
N4
L4
C4b
GND
N2
L2
C3b
GND

[図9]

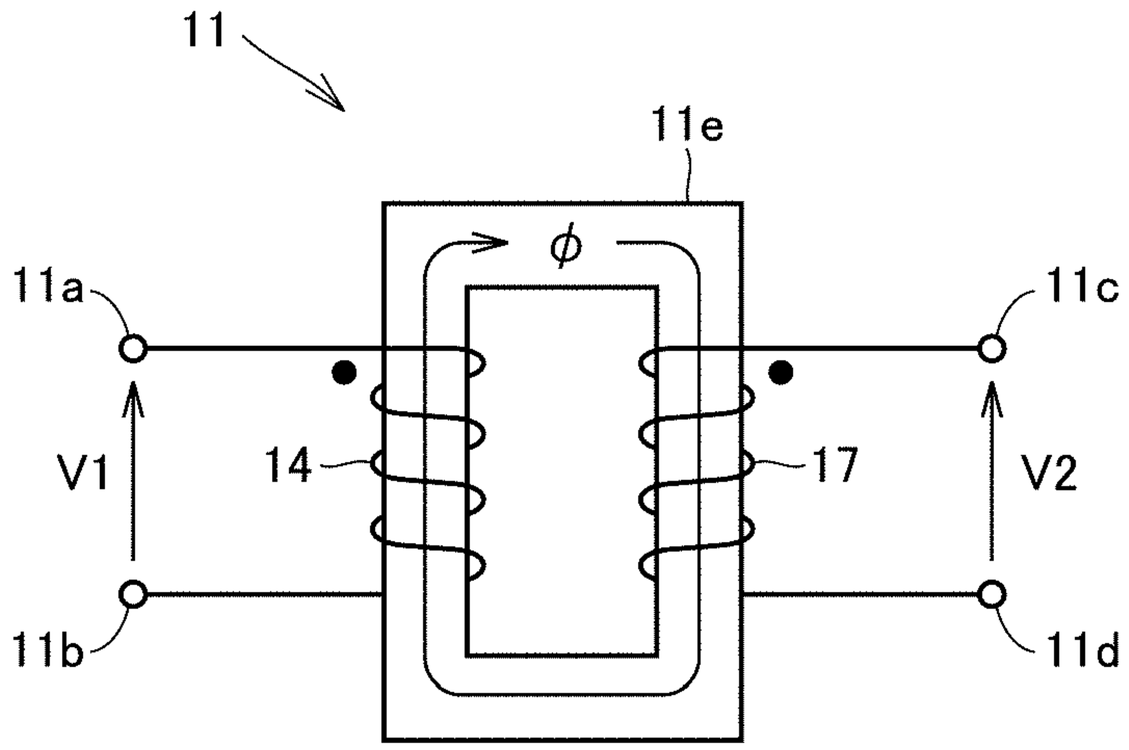
図9



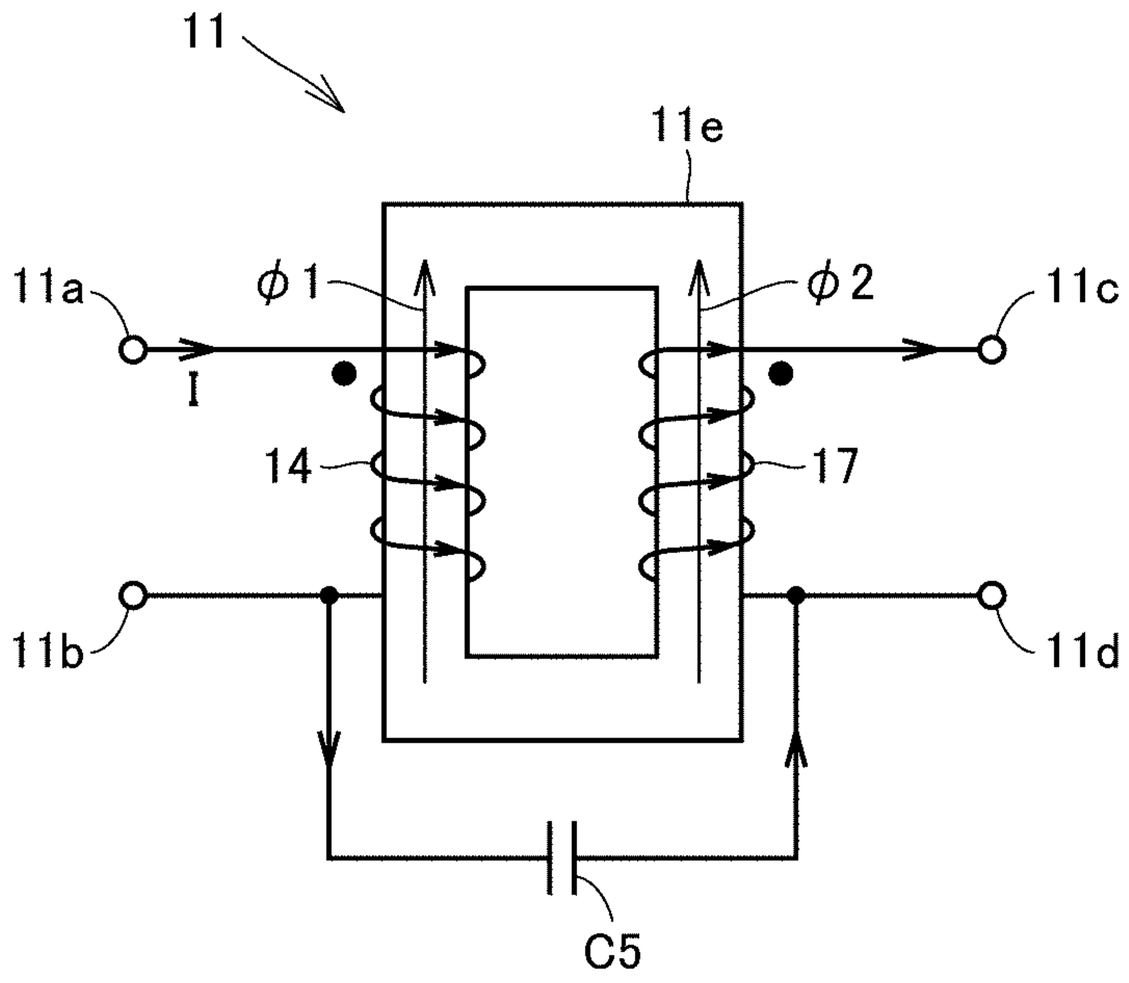
[図10]

図10

(A)

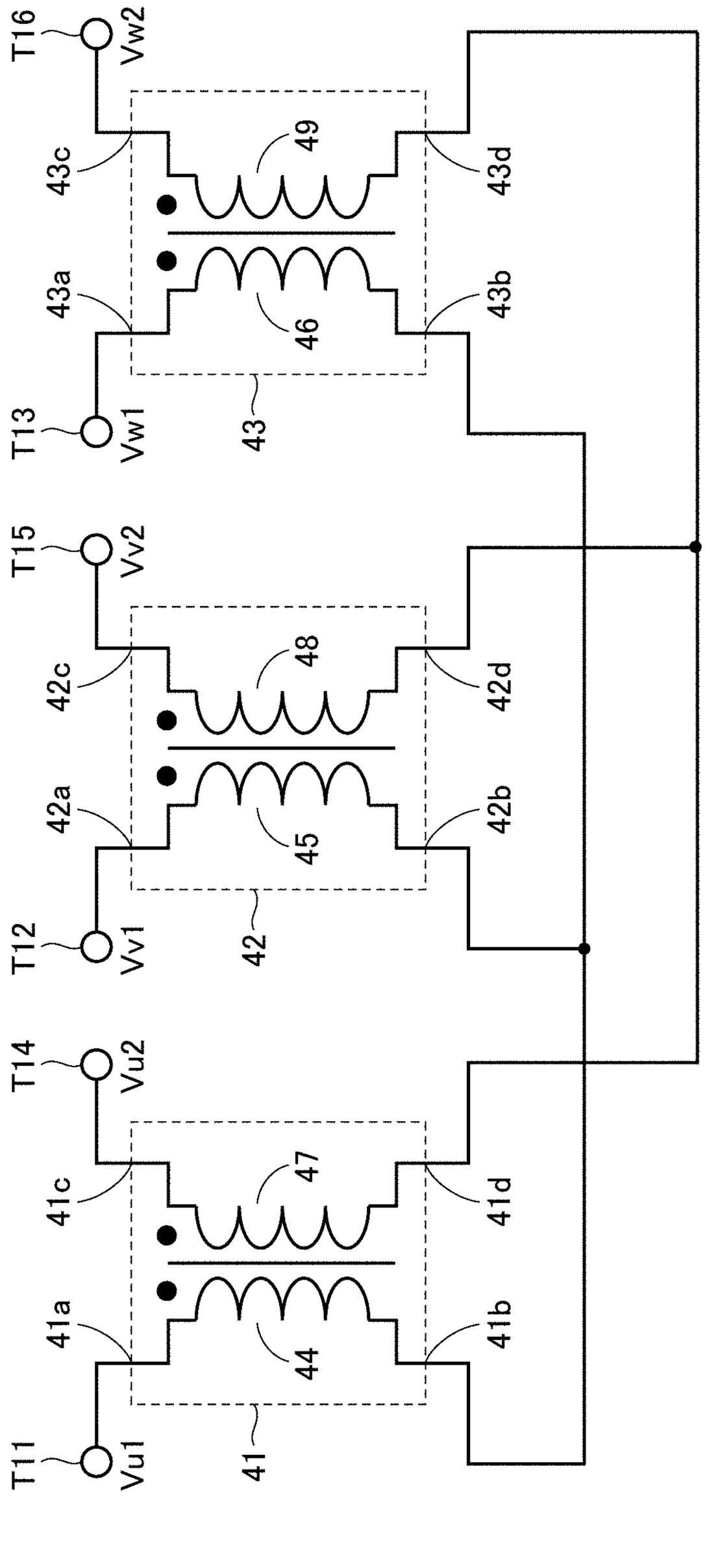

11
11e
11a
11c
ϕ
V1
14
17
V2
11b
11d

(B)


11
11e
11a
ϕ1
ϕ2
11c
I
14
17
11b
11d
C5

[図11]

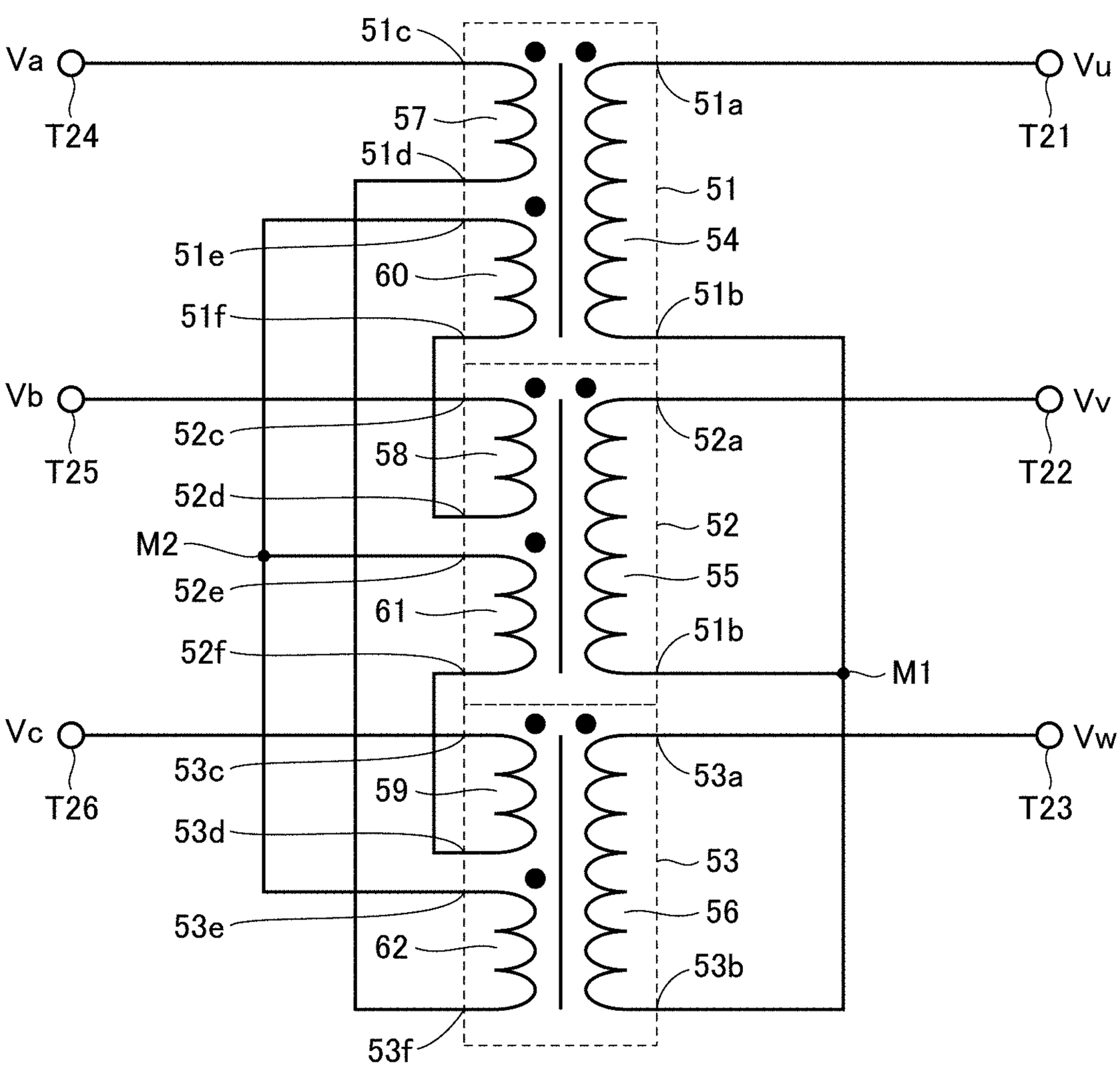
図11


T16
Vw2
43c
49
43d
43a
46
43b
T13
Vw1
43
T15
Vv2
42c
48
42d
42a
45
42b
T12
Vv1
42
T14
Vu2
41c
47
41d
41a
44
41b
T11
Vu1
41
40

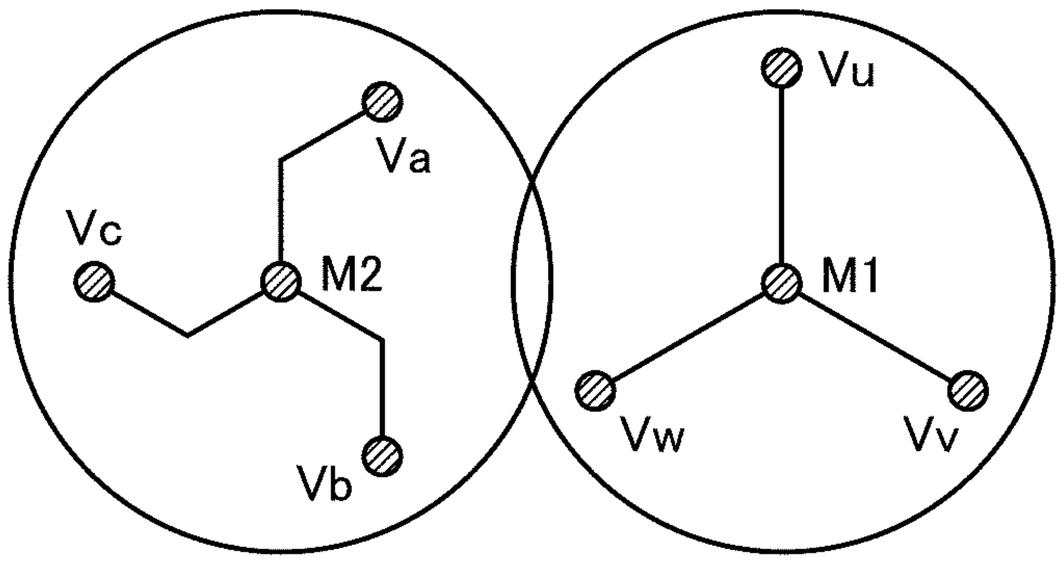
[図12]

図12

(A)


50
51c
Va
T24
57
51d
51e
60
51f
Vb
T25
52c
58
52d
M2
52e
61
52f
Vc
T26
53c
59
53d
53e
62
53f
Vu
T21
51a
51
54
51b
Vv
T22
52a
52
55
51b
M1
Vw
T23
53a
53
56
53b

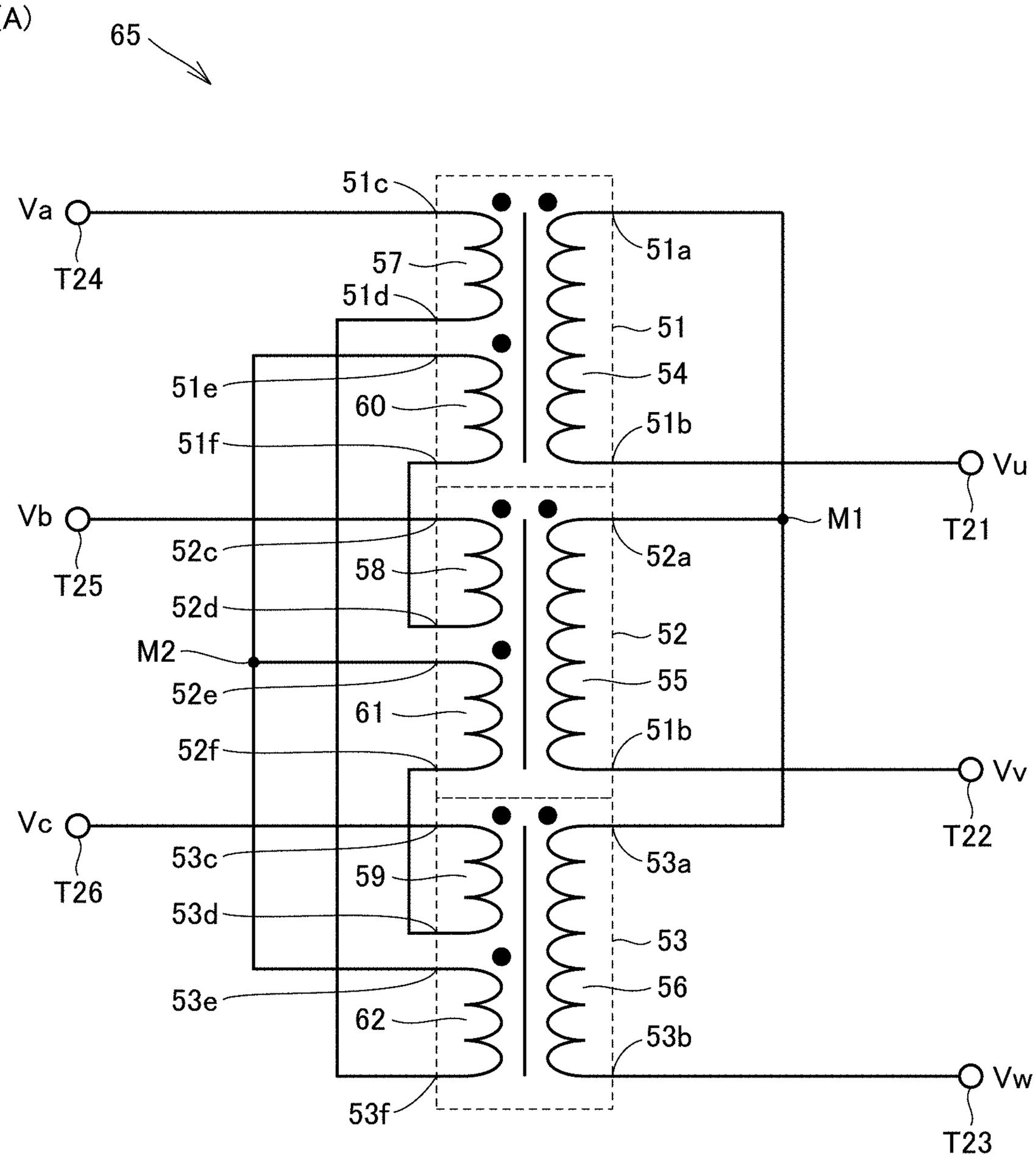
(B)


Va
Vc
M2
Vb
Vu
M1
Vw
Vv

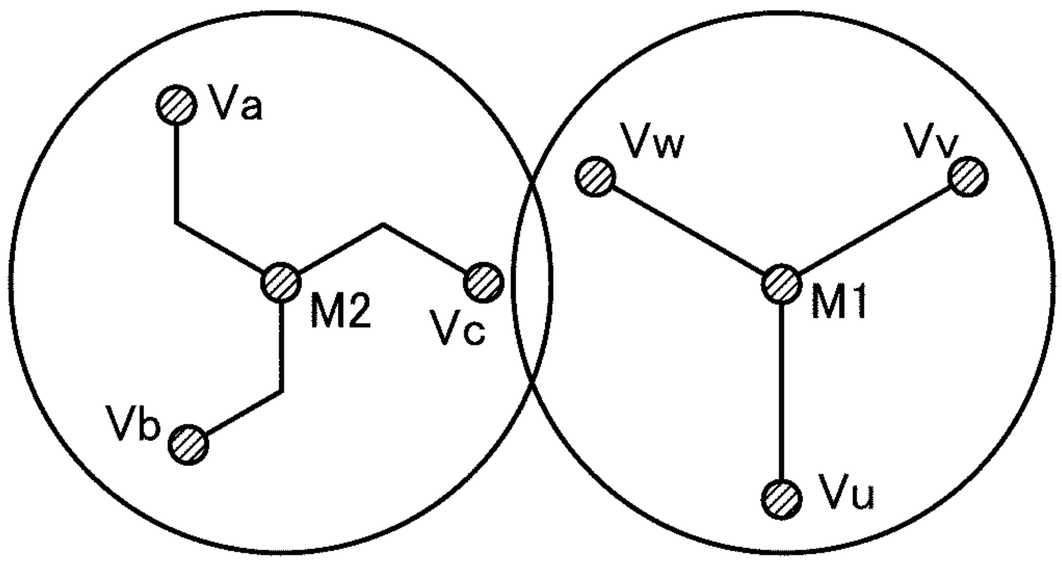
[図13]

図13

(A)

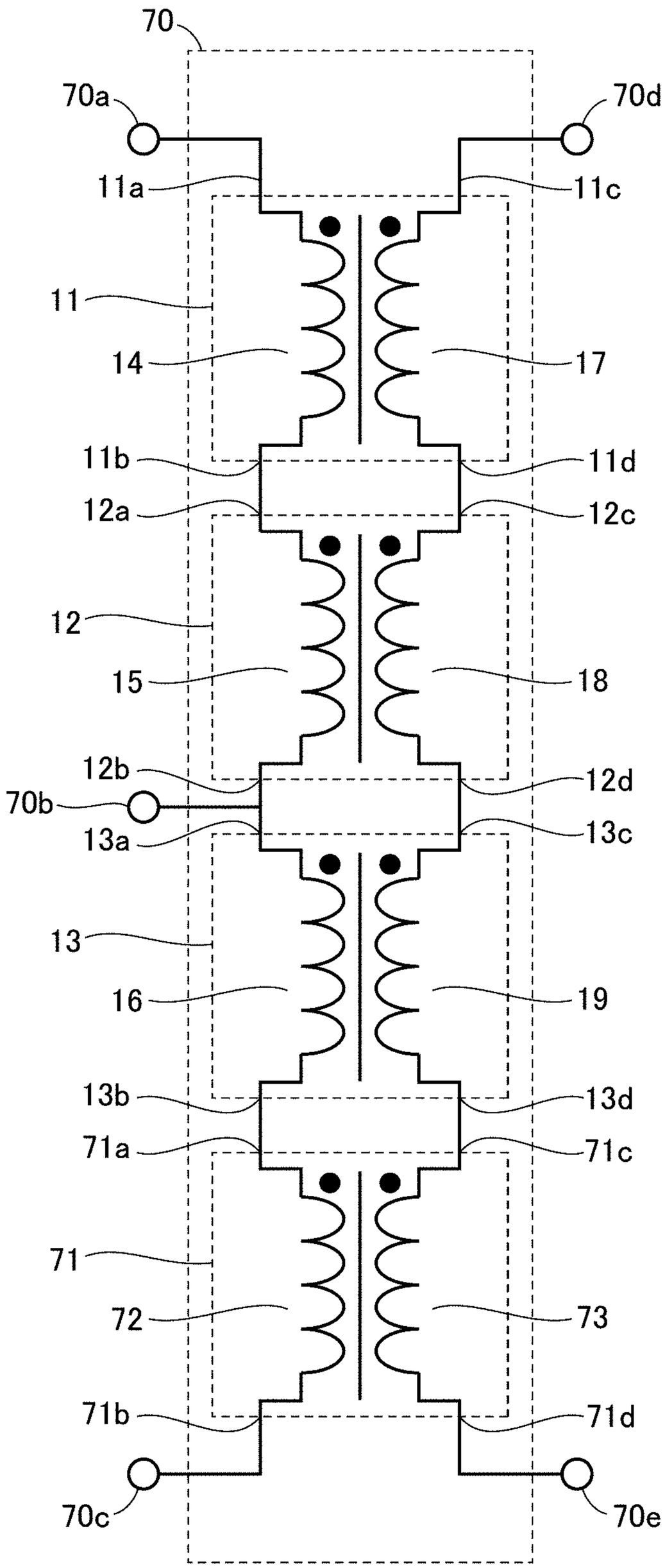

65
51c
Va
T24
57
51d
51a
51
54
51e
60
51b
51f
Vu
T21
Vb
T25
M1
52c
58
52a
52d
52
M2
55
52e
61
51b
52f
Vv
T22
Vc
T26
53c
59
53a
53d
53
56
53e
62
53b
Vw
T23
53f

(B)


Va
M2
Vc
Vb
Vw
Vv
M1
Vu

[図14]

図14


70
70a
70d
11a
11c
11
14
17
11b
11d
12a
12c
12
15
18
12b
12d
70b
13a
13c
13
16
19
13b
13d
71a
71c
71
72
73
71b
71d
70c
70e

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/047679

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02M 3/28(2006.01)i
FI: H02M3/28 Q; H02M3/28 Y

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)
H02M3/28, H01F27/28

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
X	JP 5-268767 A (TOYOTA AUTOMATIC LOOM WORKS, LTD.) 15.10.1993 (1993-10-15) fig. 1, 2, paragraphs [0004]-[0021]	1-4, 8-10
Y	fig. 1, 2, paragraphs [0004]-[0021]	5-7
Y	JP 2015-142419 A (SHINDENGEN ELECTRIC MANUFACTURING CO., LTD.) 03.08.2015 (2015-08-03) fig. 1	5-7
A	WO 2006/046419 A1 (MINEBEA CO., LTD.) 04.05.2006 (2006-05-04) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2009-124861 A (COSEL CO., LTD.) 04.06.2009 (2009-06-04) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2017-216437 A (TOYOTA MOTOR ENGINEERING & MANUFACTURING NORTH AMERICA, INC.) 07.12.2017 (2017-12-07) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2019-79992 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 23.05.2019 (2019-05-23) entire text, all drawings	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 February 2020 (10.02.2020)	25 February 2020 (25.02.2020)

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2019/047679

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 5-268767 A	15 Oct. 1993	(Family: none)	
JP 2015-142419 A	03 Aug. 2015	(Family: none)	
WO 2006/046419 A1	04 May 2006	JP 2008-140547 A entire text, all drawings	
JP 2009-124861 A	04 Jun. 2009	(Family: none)	
JP 2017-216437 A	07 Dec. 2017	US 2017/0322583 A1 entire text, all drawings	
JP 2019-79992 A	23 May 2019	US 2019/0131062 A1 entire text, all drawings CN 109712787 A entire text, all drawings	

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2019/047679

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 Q; H02M3/28 Y

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, H01F27/28

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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
X	JP 5-268767 A (株式会社豊田自動織機製作所) 15.10.1993 (1993-10-15) 図１，２，段落４－２１	1-4,8-10
Y	図１，２，段落４－２１	5-7
Y	JP 2015-142419 A (新電元工業株式会社) 03.08.2015 (2015-08-03) 図１	5-7
A	WO 2006/046419 A1 (ミネベア株式会社) 04.05.2006 (2006-05-04) 全文，全図	1-10
A	JP 2009-124861 A (コーセル株式会社) 04.06.2009 (2009-06-04) 全文，全図	1-10
A	JP 2017-216437 A (トヨタ モーター エンジニアリング アンド マニュファクチャリング ノース アメリカ，インコーポレイティド) 07.12.2017 (2017-12-07) 全文，全図	1-10
A	JP 2019-79992 A (富士電機株式会社) 23.05.2019 (2019-05-23) 全文，全図	1-10

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
10.02.2020	25.02.2020

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）

佐藤　匡 5G 9650

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/JP2019/047679

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 5-268767 A	15.10.1993	（ファミリーなし）	
JP 2015-142419 A	03.08.2015	（ファミリーなし）	
WO 2006/046419 A1	04.05.2006	JP 2008-140547 A 全文，全図	
JP 2009-124861 A	04.06.2009	（ファミリーなし）	
JP 2017-216437 A	07.12.2017	US 2017/0322583 A1 全文，全図	
JP 2019-79992 A	23.05.2019	US 2019/0131062 A1 全文，全図 CN 109712787 A 全文，全図	