

(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  
2016年7月28日(28.07.2016)



(10) 国際公開番号  
WO 2016/117445 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02M 7/12 (2006.01) H02M 7/48 (2007.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/050976
- (22) 国際出願日: 2016年1月14日(14.01.2016)
- (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 2015-009781 2015年1月21日(21.01.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 中沢 洋介 (NAKAZAWA, Yosuke); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP). 新井 卓郎 (ARAI, Takuro); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP). 長谷川 隆太 (HASEGAWA, Ryuta); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP). 玉田 俊介 (TAMADA, Shunsuke); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝 知的財産

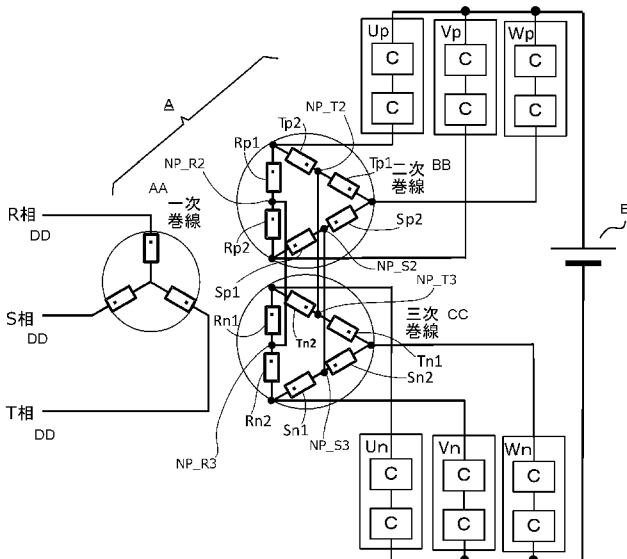
室内 Tokyo (JP). 関口 慧 (SEKIGUCHI, Kei); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP). 鈴木 大地 (SUZUKI, Daichi); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 木内 光春 (KIUCHI, Mitsuharu); 〒1050003 東京都港区西新橋1丁目6番13号虎ノ門吉荒ビルディング5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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) Title: POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 電力変換装置



AA Primary winding  
 BB Secondary winding  
 CC Tertiary winding  
 DD phase

(57) Abstract: Provided is an inexpensive, compact, and highly reliable power conversion device with which there is no concern that an inadvertently outputted high-harmonic current will induce distortion in a power system. In a three-phase three-winding transformer A, the neutral points of same-phase pairs of phase windings in each of a secondary winding and a tertiary winding are connected to each other for the secondary winding and the tertiary winding. The present invention is provided with positive-side unit arms  $U_p$ ,  $V_p$ ,  $W_p$  and negative-side unit arms  $U_n$ ,  $V_n$ ,  $W_n$  in each of which two units C are connected in series, each unit C being formed by connecting in parallel a capacitor and a leg in which two self-extinguishing switching elements are connected in series. One end of each positive-side unit arm is connected to the positive side of a direct-current power supply B, and the other end is connected to the phase output ends of the secondary winding of the three-phase three-winding transformer A. One end of each negative-side unit arm is connected to the negative side of the direct-current power supply B, and the other end is connected to the phase output ends of the tertiary winding of the three-phase three-winding transformer A.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/117445 A1



ロシア (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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

意図せず出力される高調波電流が電力系統の歪を誘発させる懸念のない、安価で小型であり、かつ高い信頼性を発揮する電力変換装置を提供する。3相3巻線トランスAは、二次巻線と三次巻線のそれぞれ同一相同士の間各相巻線の中性点を二次巻線と三次巻線とで互いに接続する。自己消弧能力を持つスイッチング素子を直列に2個接続したレグとコンデンサとを並列に接続して単位ユニットCとして、これを2つ直列に接続した正側の単位アーム $U_p$ 、 $V_p$ 、 $W_p$ および負側の単位アーム $U_n$ 、 $V_n$ 、 $W_n$ を備える。正側の単位アームは、一端を直流電源Bの正側に接続し、他の一端を3相3巻線トランスAの二次巻線の各相出力端に接続する。負側の単位アームは、一端を直流電源Bの負側に接続し、他の一端を3相3巻線トランスAの三次巻線の各相出力端に接続する。

## 明 細 書

発明の名称：電力変換装置

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、交流と直流との間で相互に電力を変換する電力変換装置に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、海底ケーブル等、大規模な直流送電の必要性が増大しており、電力変換装置のニーズが高まっている。このような電力変換装置としては、電力系統の交流を直流に変換するコンバータには3相2レベルコンバータが適用され、直流を交流に変換してモータ駆動に用いるインバータには3相2レベルインバータが適用されている。

[0003] これら3相2レベルの電力変換装置は、3相交流と直流との間で相互に電力を変換する上で必要となる半導体スイッチング素子を、最小限となる6個で構成することが可能である。したがって、3相2レベルの電力変換装置では小型化および低コスト化を図ることができる。このため、3相2レベルの電力変換装置には大きな期待が寄せられており、さらなる性能の向上が求められている。

[0004] 3相2レベルの電力変換装置の制御方法としては、パルス幅の制御により出力電圧の大きさを制御するPWM制御が一般的である。具体的には3相2レベルインバータの場合、入力される直流電圧を $V_{dc}$ としたとき、相ごとに、所定のタイミングで $+V_{dc}/2$ と、 $-V_{dc}/2$ の2値の切替えを、PWM（パルス幅変調）で行う。これにより、3相2レベルインバータからの出力波形を、擬似的に生成された交流の波形とすることができる。

[0005] 一般に、従来の電力変換装置では、3相交流出力に高調波を吸収するフィルタが挿入されている。これは、直流送電などの電力系統接続機器においては、スイッチングによって発生するひずみ波に含まれる高調波成分を低減することが要請されているからである。特に、高耐圧のスイッチング周波数を

使用する高電圧モータドライブ等では、PWMスイッチング周波数を高くできないので、高調波吸収用のフィルタが不可欠となっている。

[0006] このようなフィルタは通常、高調波成分を抑制するリアクトルやコンデンサ等で構成されるが、電力系統に流れ出す高調波成分を、他の機器に悪影響を及ぼさないレベルにまで低減させる責務がある。そのため、高調波抑制用のリアクトルやコンデンサは容量が大きく、高価であり、重量も重いものが多かった。したがって、高調波を吸収するフィルタを挿入することにより、電力変換装置のコスト向上や重量増加といった不具合を招いていた。

[0007] そこで、上記のフィルタを不要とする技術として、非特許文献2に記載の回路方式等が発表されている。例えば図9に示した回路構成では、従来一般的に用いられているトランスでの電圧降圧なしに、電力系統および配電系統電圧に対し電力変換装置を直接接続することができる。なお、図9において、符号 $U_p$ 、 $V_p$ 、 $W_p$ は正側の単位アーム、 $U_n$ 、 $V_n$ 、 $W_n$ は負側の単位アームであり、単位アームとはチョッパブリッジ単位変換器等からなる単位ユニットを構成要素とする。

[0008] 図9に示したトランスを有する電力変換装置によれば、出力電圧および電流波形が多レベル化により正弦波に近づくため、高調波を吸収するためのフィルタが不要になり、低コスト化および軽量化といったメリットを享受することができる。しかも、図9の回路構成を実現することで、トランスの構成を容易に簡略化することができる。トランスは重量および体積が大きく、またシステム全体に占めるコストも比較的大きいので、その簡略化を進めることにより、安価で小型の電力変換装置を得ることができる。

[0009] 図9に示した電力変換装置では、スイッチングに応じて電圧出力の有無を切り替える電圧源として、スイッチング素子に並列に接続した直流コンデンサを備えている。この直流コンデンサは電圧値を常に一定に制御するためのものなので、原理的に直流電源を還流させる還流電流を常時流すことが必要であり、各相に充放電のための短絡経路を設けている。

[0010] しかし、3相用の電力変換装置では3相を同一の直流電源に接続している

ので、各相の直流電圧合成値がわずかでも異なると、相間に過大な短絡電流が流れてしまい、機器に悪影響を与える可能性がある。また、仮に各相の直流電圧合成値の平均値が一致したとしても、オンオフのタイミングや周期が異なれば、やはり過大な短絡電流が流れることになる。

[0011] そこで、相間に流れる過大な短絡電流に対処するために、バッファリアクトルのような大型のリアクトルを各相に挿入して、短絡電流に制限を加えることが考えられる。しかしながら、バッファリアクトル等のリアクトルは大型であり、高価であった。

[0012] すなわち、図9に示した従来技術では、高調波を吸収するフィルタは不要になるものの、バッファリアクトル等、大型のリアクトルの挿入を余儀なくされる。このため、電力変換装置は大きくなり、且つコストも上昇した。その結果、前記フィルタを無くしたことによるメリットが、バッファリアクトル挿入によるデメリットによって相殺されてしまい、安価で小型の電力変換装置の実現が困難となっていた。

[0013] そこで、過大な短絡電流に対処するためのリアクトルを無くす方式として、図8に示すような電力変換装置が提案されている。図8の回路構成を持つ電力変換装置では、二次巻線および三次巻線をスター巻線で構成されるトランスとし、二次巻線および三次巻線の中性点を接続している。このようなトランスを備えた電力変換装置によれば、バッファリアクトルを挿入することなく、過大な短絡電流の発生を抑えることができる。したがって、大型で高価なリアクトルを無くしつつ、高調波吸収用のフィルタなしに低高調波の電圧電流波形を出力することが可能であり、装置の低コスト化および小型化を図ることができる。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0014] 特許文献1：特開2013-115837号公報

### 非特許文献

[0015] 非特許文献1：2009年cigre論文予稿集Paper 401 (Multilevel Voltage-Sour

ced Converters for HVDC and FACTS Applications : Siemens AG)

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0016] ところで、電力変換装置では、3次高調波電流等の高調波電流が意図せずに出力されることがある。高調波電流は、電力変換装置に組み込まれたトランスの励磁電流となり、正弦波電圧である系統電圧をひずませる要因となる。したがって電力変換装置においては、高調波を吸収するフィルタや大型のリアクトルをなくすことに加えて、高調波電流の出力を抑えることが強く望まれている。

[0017] 本発明の実施形態は、以上の課題を解決するために提案されたものであり、二次巻線および三次巻線がそれぞれデルタ結線されたトランスを備えることにより、意図せず出力される高調波電流の発生を抑えて、電力系統の電圧の歪みを誘発させる懸念のない、高い信頼性を発揮することができる電力変換装置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

[0018] 上記のような課題を解決するため、本実施形態の電力変換装置は、以下の構成を有することを特徴としている。

- (1) 二次巻線および三次巻線がそれぞれデルタ結線された3相3巻線トランスを備える。
- (2) 前記3相3巻線トランスの二次巻線と三次巻線のそれぞれ同一相同士の間巻線の中性点を互いに接続する。
- (3) さらに、自己消弧能力を持つスイッチング素子を直列に2個接続したレグとコンデンサとを並列に接続して単位ユニットとし、前記単位ユニットを直列に接続した正側および負側の単位アームを備える。
- (4) 前記正側の単位アームは、一端を直流電源の正側に接続し、他の一端を前記3相3巻線トランスの二次巻線の各相出力端に接続する。
- (5) 前記負側の単位アームは、一端を直流電源の負側に接続し、他の一端を前記3相3巻線トランスの三次巻線の各相出力端に接続する。

## 図面の簡単な説明

- [0019] [図1]第1の実施形態の回路構成図。  
[図2]第1の実施形態の単位ユニットを示す回路構成図。  
[図3]第1の実施形態のトランスの巻線構成を示す回路構成図。  
[図4]第1の実施形態のトランスと単位アームと直流電源との接続関係を示す回路構成図。  
[図5]第1の実施形態の一相を簡略に示した回路構成図。  
[図6] (A) は正側の単位ユニットの電圧波形図、(B) は負側の単位ユニットの電圧波形図、(C) はトランスの二次巻線の電圧波形図、(D) はトランス三次巻線の電圧波形図、(E) はトランスの出力電圧波形図。  
[図7]他の実施形態のトランスの巻線構成を示す回路構成図。  
[図8]従来の電力変換装置の回路構成図。  
[図9]従来の電力変換装置の回路構成図。

## 発明を実施するための形態

[0020] [1]第1の実施形態

[構成]

第1の実施形態の構成について図1～図6を参照して説明する。図1～図5は第1の実施形態の回路構成図、図6は第1の実施形態の電圧波形図である。第1の実施形態は、3相の交流系統と直流系統との間に接続され、絶縁トランスである3相3巻線トランスAを介して、3相50Hzの電源を直流に電力変換する電力変換装置である。

[0021] 図1に示すように、第1の実施形態には、3相3巻線トランスAと、直流電源Bと、2つの単位ユニットCを直列に接続した正側の単位アームUp、Vp、Wpおよび負側の単位アームUn、Vn、Wnが設けられている。図1の例では、単位ユニットCを2個としたが、1個以上であれば、設置数はいくつでもよい。

[0022] (単位アーム)

まず、単位アームについて説明する。図1に示すように、第1の実施形態

では6個の単位アームが設けられている。正側の単位アーム $U_p$ 、 $V_p$ 、 $W_p$ と、負側の単位アーム $U_n$ 、 $V_n$ 、 $W_n$ がそれぞれ3本ずつ設けられている。正側の単位アーム $U_p$ 、 $V_p$ 、 $W_p$ については、一端が直流電源Bの正側に接続され、他の一端が3相3巻線トランスAの二次巻線の各相出力端に接続される。負側の単位アーム $U_n$ 、 $V_n$ 、 $W_n$ については、一端が直流電源Bの負側に接続され、他の一端が3相3巻線トランスAの三次巻線の各相出力端に接続される。

[0023] (単位ユニット)

単位アーム $U_p$ 、 $V_p$ 、 $W_p$ 、 $U_n$ 、 $V_n$ 、 $W_n$ を構成する単位ユニットCについて、図2の回路図を用いて説明する。単位ユニットCはチョップブリッジ単位変換器からなり、図2に示すように、レグ20（点線にて示す）とコンデンサ30が並列に接続されている。レグ20には自己消弧能力を持つスイッチング素子21U、21Xが直列に接続されている。これらのスイッチング素子21U、21Xには、定格が6500V程度のIGBTが用いられており、逆並列に還流ダイオード22U、22Xが接続されている。

[0024] (3相3巻線トランス)

図1に示すように、3相3巻線トランスAは、一次巻線がスター結線され、50Hz電源の3相、つまりR相、S相、T相に接続される。また、3相3巻線トランスAは、二次巻線と三次巻線がそれぞれデルタ結線されている。

[0025] 3相3巻線トランスAは、一次巻線の相ごとにトランス鉄心を分割し、二次巻線の鉄心と三次巻線の鉄心を別々にした構成となっている。また、一次巻線と二次巻線との間の巻線比は1:1である。3相3巻線トランスAは、各相で正側と負側に分けて設けられている。各巻線に示した黒点が付いている側が正側である。

[0026] 3相3巻線トランスAにおいて、二次巻線と三次巻線のそれぞれの各相巻線の中性点は、同一相同士が互いに接続されている。すなわち、二次巻線のR相中性点NP\_R2と三次巻線のR相中性点NP\_R3とが接続され、二次巻線のS

相中性点NP\_S2と三次巻線のS相中性点NP\_S3とが接続され、二次巻線のT相中性点NP\_T2と三次巻線のT相中性点NP\_T3とが接続されている。

[0027] (各部の接続関係)

図3では、3相3巻線トランスAのデルタ結線構造を分けて巻線構成を示している。二次巻線と三次巻線がそれぞれデルタ結線されているので、各単位アームは3相3巻線トランスAの2つの巻線と接続される。すなわち、正側の単位アームU<sub>p</sub>、V<sub>p</sub>、W<sub>p</sub>は二次巻線側に接続されており、より詳しくは、単位アームU<sub>p</sub>は巻線R<sub>p1</sub>と巻線T<sub>p2</sub>と接続され、単位アームV<sub>p</sub>は巻線S<sub>p1</sub>と巻線R<sub>p2</sub>と接続され、単位アームW<sub>p</sub>は巻線T<sub>p1</sub>と巻線S<sub>p2</sub>と接続されている。

[0028] また、負側の単位アームU<sub>n</sub>、V<sub>n</sub>、W<sub>n</sub>は三次巻線側に接続されており、より詳しくは、

単位アームU<sub>n</sub>は巻線R<sub>n1</sub>と巻線T<sub>n2</sub>と接続され、単位アームV<sub>n</sub>は巻線S<sub>n1</sub>と巻線R<sub>n2</sub>と接続され、単位アームW<sub>n</sub>は巻線T<sub>n1</sub>と巻線S<sub>n2</sub>と接続されている。

[0029] 図4では、このような3相3巻線トランスAと単位アームU<sub>p</sub>、V<sub>p</sub>、W<sub>p</sub>、U<sub>n</sub>、V<sub>n</sub>、W<sub>n</sub>と直流電源Bとの接続関係を示している。正側の各相の単位アームU<sub>p</sub>、V<sub>p</sub>、W<sub>p</sub>の一端は、それぞれ直流電源Bの正側に接続されている。また、負側の各相の単位アームW<sub>p</sub>、U<sub>n</sub>、V<sub>n</sub>の一端は、それぞれ直流電源Bの負側に接続されている。

[0030] [作用]

(高調波の抑制)

半導体素子によるスイッチングにおいては、ひずみ波が発生し、このひずみ波に含まれる高調波成分が機器に影響を与えることが知られている。先に述べたように、この高調波成分に対処するため、発生した高調波を吸収するフィルタを挿入することが考えられていた。

[0031] 高調波吸収用のフィルタは高調波成分を抑制するリアクトルやコンデンサから構成できるが、電力系統に流れ出す高調波成分を他の機器に影響を及ぼ

さないレベルまで低減させなくてはならない。そのため、大きな容量を持つフィルタが必要となり、大型化などの不具合を招いていた。

[0032] そこで第1の実施形態においては、単位ユニットCを直列に多段に接続したマルチレベルの電力変換装置を構成している。これにより、第1の実施形態の出力波形を、より正弦波に近づけることができる。したがって、高調波を吸収するフィルタを設けることなく、高調波成分を他の機器に影響を及ぼさないレベルにまで、高調波を確実に抑制することができる。

[0033] しかも、第1の実施形態では、3相3巻線トランスAにおいて、二次巻線、三次巻線がそれぞれデルタ結線構成となっている。そして、二次巻線と三次巻線のそれぞれ同一相同士の各相巻線の中性点を、二次巻線と三次巻線とで互いに接続している。このため、意図せず出力される高調波電流の発生を原理的に抑えることができる。したがって、高調波電流が3相3巻線トランスAの励磁電流となって系統電圧をひずませる心配がない。

[0034] (交流電圧出力動作)

本実施形態による交流波形の出力動作について、図5および図6を用いて説明する。図5においては、単位アームは2個の単位ユニットCで構成された場合である。直流電源Bの中性点を接地点として電圧基準として、接地点からみた交流出力点の電圧を $V_u$ とする。

[0035]  $V_u$ は、50Hz交流電源R、S、T相電圧をデルタスター変換したときの3相交流電圧 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ であり、このデルタスター変換は、一般的な交流理論で既存の技術であるからここでは説明を省略する。直流電源Bの正負それぞれの電圧を $V_{dc}$ 、単位ユニットCのコンデンサ電圧を $V_c$ とし、正側電源側に接続される単位ユニットCの出力電圧を $V_{uP}$ 、負側電源側に接続される単位ユニットCの出力電圧を $V_{uN}$ とする。また、上位のシステムで演算される出力したい交流電圧指令を $V_{uRef}$ とする。

[0036] (数1)

$$\text{正側単位ユニット } V_{uP} = V_{dc} - V_{uRef}$$

この $V_{uP}$ の電圧波形を、図6(A)に示す。また、3相3巻線トランスA

における二次巻線の電圧  $V_{u2}$  の波形を、図 6 (C) に示す。

[0037] この時、出力電圧  $V_u$  は以下のように出力される。

(数 2)

$$V_u = V_{dc} - V_{uP} = V_{dc} - (V_{dc} - V_{uRef}) = V_{uRef}$$

[0038] (数 3)

$$\text{負側単位ユニット } V_{uN} = V_{dc} - V_{uRef}$$

この  $V_{uN}$  の電圧波形を、図 6 (B) に示す。また、3相3巻線トランス A における三次巻線の電圧  $V_{u3}$  の波形を、図 6 (D) に示す。

[0039] この時、出力電圧  $V_u$  は以下のように出力される。

(数 4)

$$V_u = -V_{dc} + V_{uN} = -V_{dc} + (V_{dc} - V_{uRef}) = -V_{uRef}$$

3相3巻線トランス A において、二次巻線は減極性、三次巻線は加極性となっているので、図 6 (E) に示すような電圧  $V_{tr1}$  が出力される。

[0040] (直流充放電動作)

交流負荷電流  $I_u$  は正側の単位ユニット C と負側の単位ユニット C とにそれぞれ流れる。この時、正側の単位ユニット C のコンデンサ 30 は、以下の式で表される電力  $Power_P$  によって充放電がなされる。

(数 5)

$$Power_P = V_{uP} \times I_u = (V_{dc} - V_{uRef}) \times I_u$$

[0041] 出力電圧  $V_{uRef}$  と交流負荷電流  $I_u$  が同位相すなわち力率 1 がで動作している場合について計算すると、交流一周期での  $Power_P$  の平均値はマイナスとなる。すなわち、上記の動作モードのみで出力電圧制御を行うと、正側の単位ユニット C のコンデンサ電圧平均値は一定に保つことができず、運転継続ができない。同様に、負側の単位ユニット C のコンデンサ電圧も、力率が 1 で動作している時の  $Power_N$  は、交流一周期での平均値がプラスとなり、負側の単位ユニット C のコンデンサ電圧平均値を一定に保つことができずに、運転を継続することができない。

[0042] この問題を解決すべく第1の実施形態では、直流電源Bの正側から、正側の単位ユニットC、3相3巻線トランスA、負側の単位ユニットCを経て、直流電源Bの負側に至るという経路で、直流で充放電電流を流している。これによりコンデンサ電圧の平均値を一定にすることができる。

[0043] 具体的には、以下の式により、直流コンデンサ電圧平均値の一定制御補正值 $\Delta V_{fcControl}$ を演算し、正側の単位ユニットCの出力電圧指令 $V_{uP}$ 、 $V_{uN}$ を補正出力する。

(数6)

$$\Delta V_{fcControl} = G(s) \times (V_{Cref} - V_{Cu\_AVE})$$

$V_{Cref}$ は、単位ユニットコンデンサ電圧指令値で、あらかじめ設定された値。

$V_{Cu\_AVE}$ は、U相正負全単位ユニットのコンデンサ電圧平均値。

$G(s)$ は制御ゲインで、 $s$ はラプラス演算子。比例積分制御が適する。

このような動作は従来技術と同様であるが、従来技術では、直流循環電流の急増を防止するためのバッファリアクトルなどの大型のリアクトルを特別に設置する必要があった。

[0044] (漏れインダクタンスの利用)

これに対して、第1の実施形態における回路方式では、直流循環電流の経路の中に、絶縁トランスとしての3相3巻線トランスAが組み込まれている。そのため、このトランスAの漏れインダクタンス成分によって直流循環電流の急増が原理的に発生しない。通常、実際のトランスには、磁気漏れによる漏れ磁束が必ず存在する。この漏れ磁束は、変圧作用に寄与せずに、一次巻線及び二次巻線の漏れインダクタンスとして働く。

[0045] つまり、第1の実施形態においては、直流循環電流が流れる際に、絶縁トランスである3相3巻線トランスAが直流循環電流の経路と含まれているため、3相3巻線トランスAの漏れインダクタンス成分を、リアクトルとして機能させることができる。これにより、直流循環電流の急増を抑制することが可能となり、バッファリアクトル等の高コストで大型のリアクトルが不要

となる。

[0046] [効果]

以上述べたように、第1の実施形態によれば、高調波吸収用のフィルタなしに低高調波の電圧電流波形を出力することができる。また、バッファリアクトルのような高コストで大型のリアクトルを設置すること無しに、直流循環電流の急増を抑えて単位ユニットCのコンデンサ電圧の平均値を一定に制御することが可能になる。したがって、高調波吸収用のフィルタや高コストで大型のリアクトルを省くことができ、安価で小型な電力変換装置を提供することができる。

[0047] さらに、第1の実施形態では、3相3巻線トランスAの二次巻線および三次巻線をそれぞれデルタ結線構成とし、且つ二次巻線と三次巻線のそれぞれ同一相同士の各相巻線の中性点を、互いに接続している。したがって、意図せず出力されてしまう高調波電流の発生を抑えることができる。その結果、高調波電流が3相3巻線トランスAの励磁電流とならず、系統電圧は正弦波電圧を維持することができ、ひずんだ電圧となる懸念がない。これにより、安価で小型であることに加えて、高い信頼性を持つ電力変換装置を提供することが可能になる。

[0048] [2] 他の実施形態

本発明の実施形態は、上記の形態には限定されない。

(1) 例えば、図7に示すように、3相3巻線トランスA'は、一次巻線の相ごとにトランス鉄心を分割し、二次巻線と三次巻線を同一の鉄心に巻き付ける構成としてもよい。このような他の実施形態では、各相それぞれ二次巻線と三次巻線の鉄心を共通化するため、直流成分をキャンセルして、コンデンサの直流充放電電流による発生する直流磁束を、相互に打ち消し合うことが可能になる。このため、鉄心磁気飽和を防止して飽和磁束密度を小さくすることができ、トランス鉄心の更なる小型化が可能になる。

[0049] (2) 3相3脚トランスAの各脚に一次1巻線、二次1巻線、三次1巻線とした構成にするようにしてもよい。これにより、上記の実施形態と同様、各

相直流磁束が相互に打ち消すことができる。さらには、3相3脚鉄心化による通常3相トランスと同様の小型化も達成することが可能になる。

[0050] (3) 上記の実施形態は、同様の構成によって、直流から交流の変換を行うこともできるし、反対に交流から直流の変換を行うことができる。つまり、本実施形態の電力変換装置は、インバータとしてもコンバータとしても構成することができる。

[0051] (4) 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

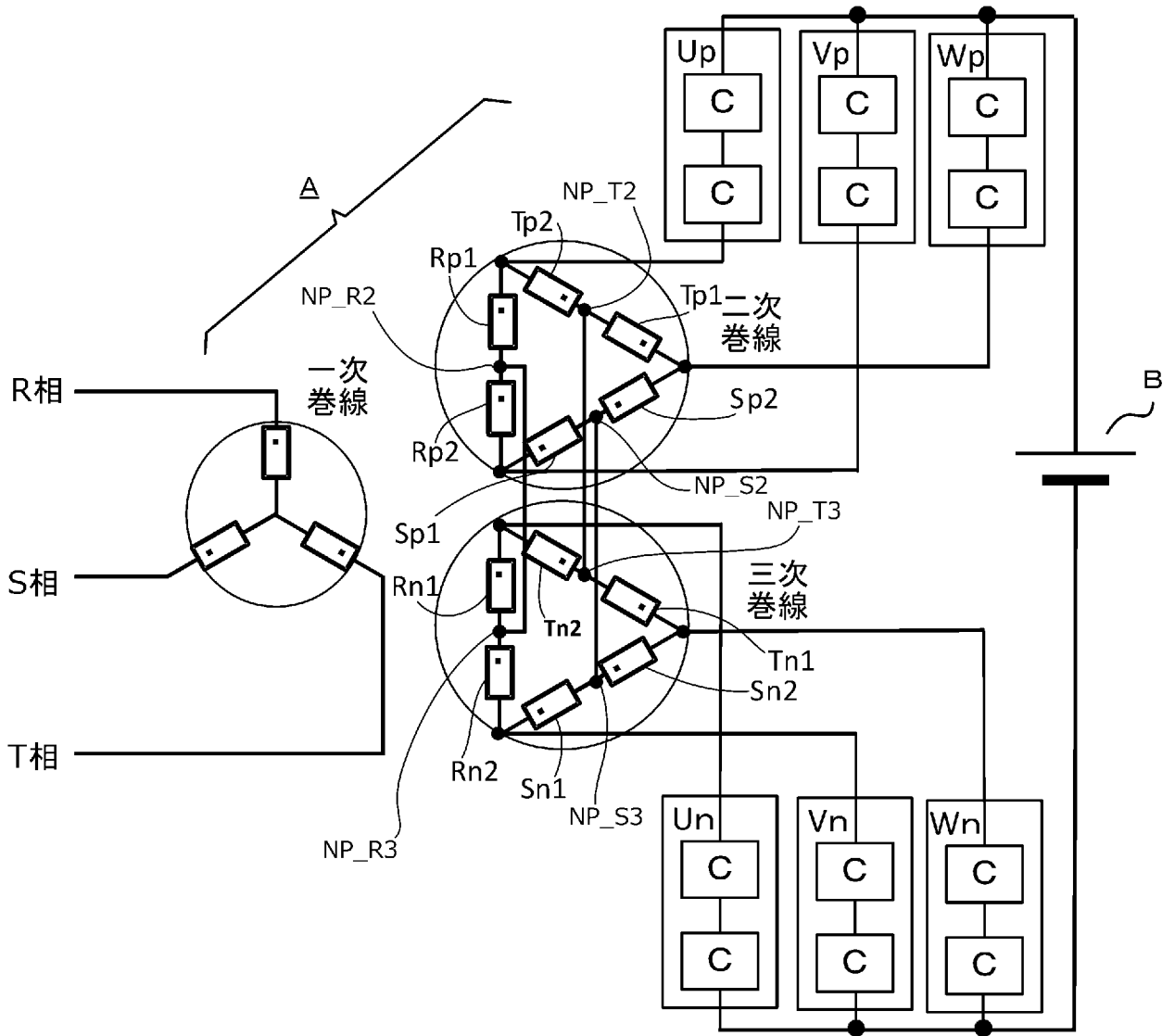
### 符号の説明

- [0052] A、A' … 3相3巻線トランス  
B…直流電源  
C…単位ユニット  
U<sub>p</sub>、V<sub>p</sub>、W<sub>p</sub>…正負側の単位アーム  
U<sub>n</sub>、V<sub>n</sub>、W<sub>n</sub>…正負側の単位アーム  
20…レグ  
21U、21X…スイッチング素子  
22U、22X…還流ダイオード  
30…コンデンサ

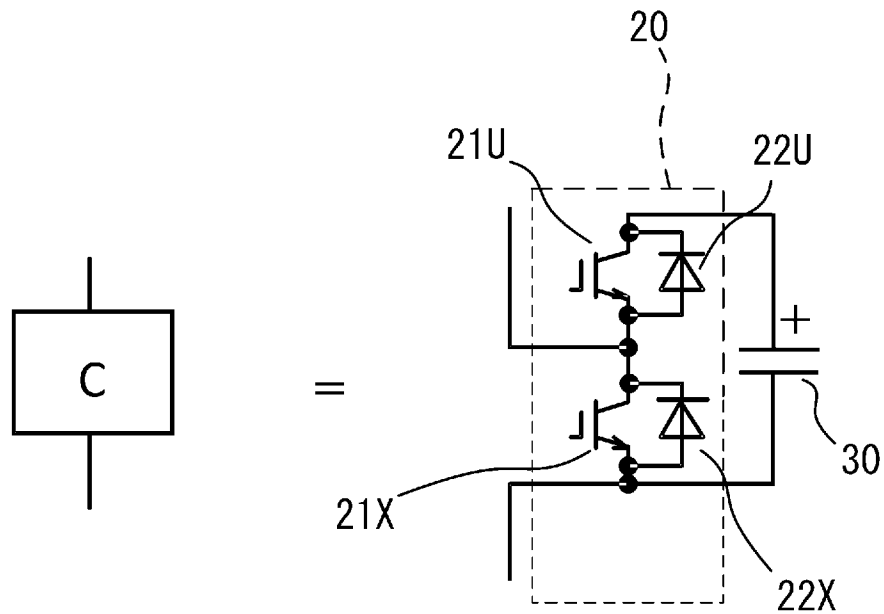
## 請求の範囲

- [請求項1]           二次巻線および三次巻線がそれぞれデルタ結線された3相3巻線トランスを備え、
- 前記3相3巻線トランスの二次巻線と三次巻線のそれぞれ同一相同士の各相巻線の中性点を互いに接続し、
- さらに、自己消弧能力を持つスイッチング素子を直列に2個接続したレグとコンデンサとを並列に接続して単位ユニットとし、前記単位ユニットを直列に接続した正側および負側の単位アームを備え、
- 前記正側の単位アームは、一端を直流電源の正側に接続し、他の一端を前記3相3巻線トランスの二次巻線の各相出力端に接続し、
- 前記負側の単位アームは、一端を直流電源の負側に接続し、他の一端を前記3相3巻線トランスの三次巻線の各相出力端に接続したことを特徴とする電力変換装置。
- [請求項2]           前記3相3巻線トランスの一次巻線の相ごとにトランス鉄心を分割し、二次巻線と三次巻線を一つの鉄心に巻きつけたことを特徴とする請求項1に記載の電力変換装置。

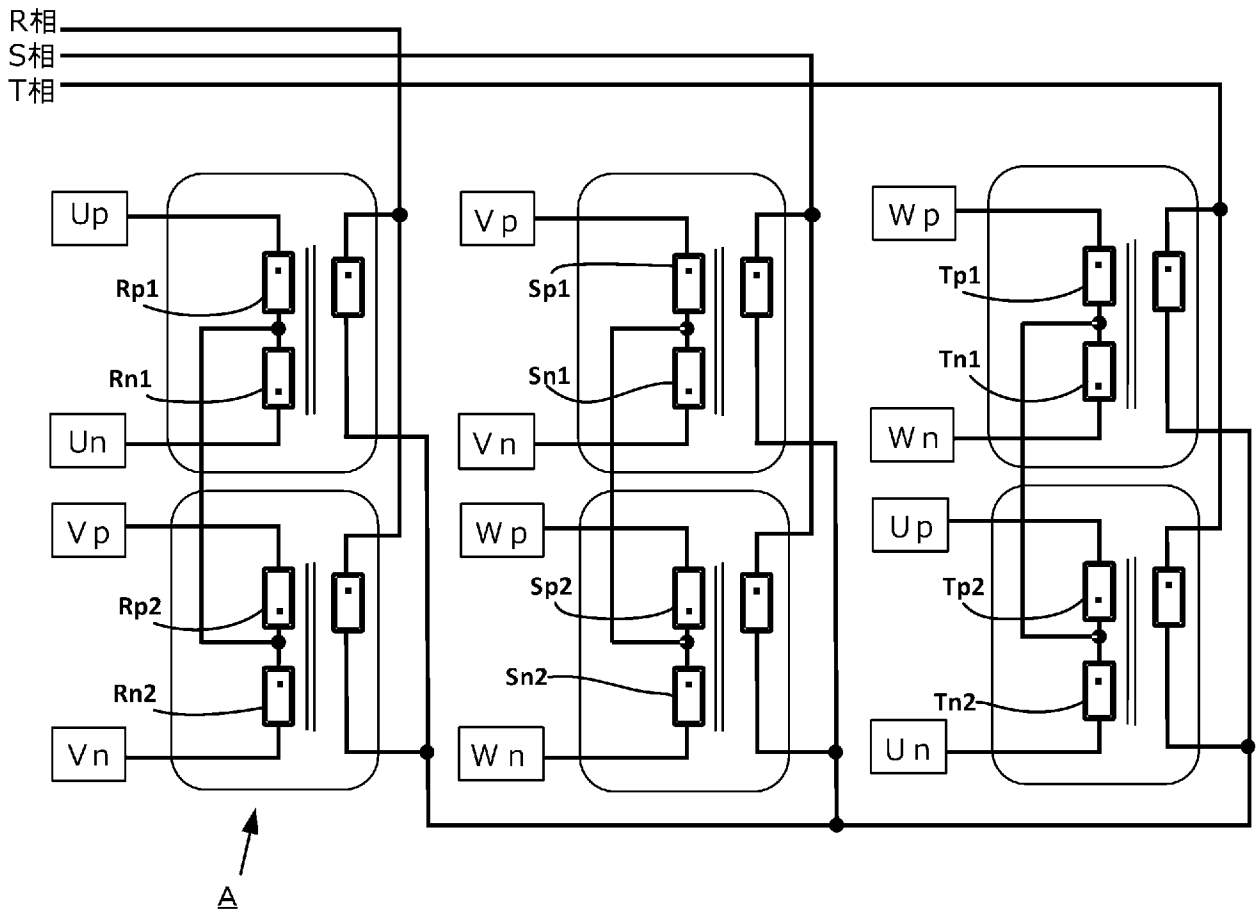
[図1]



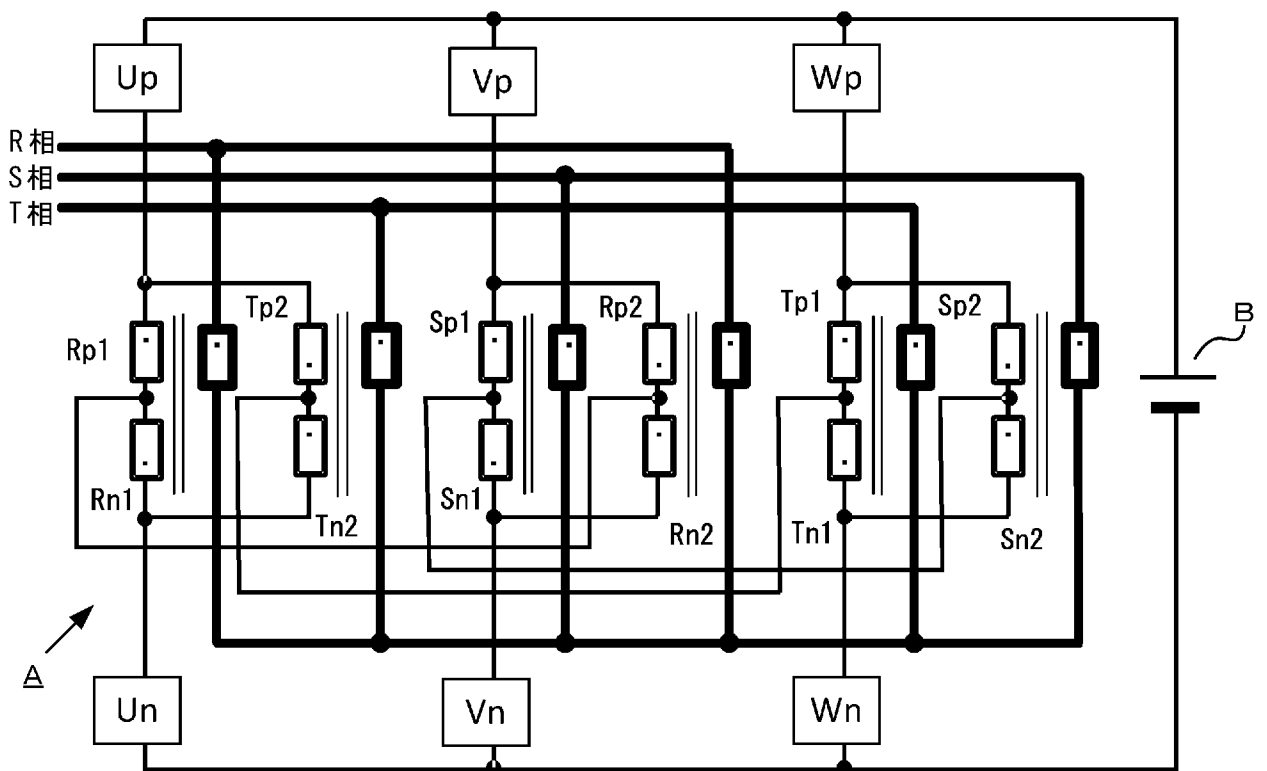
[図2]



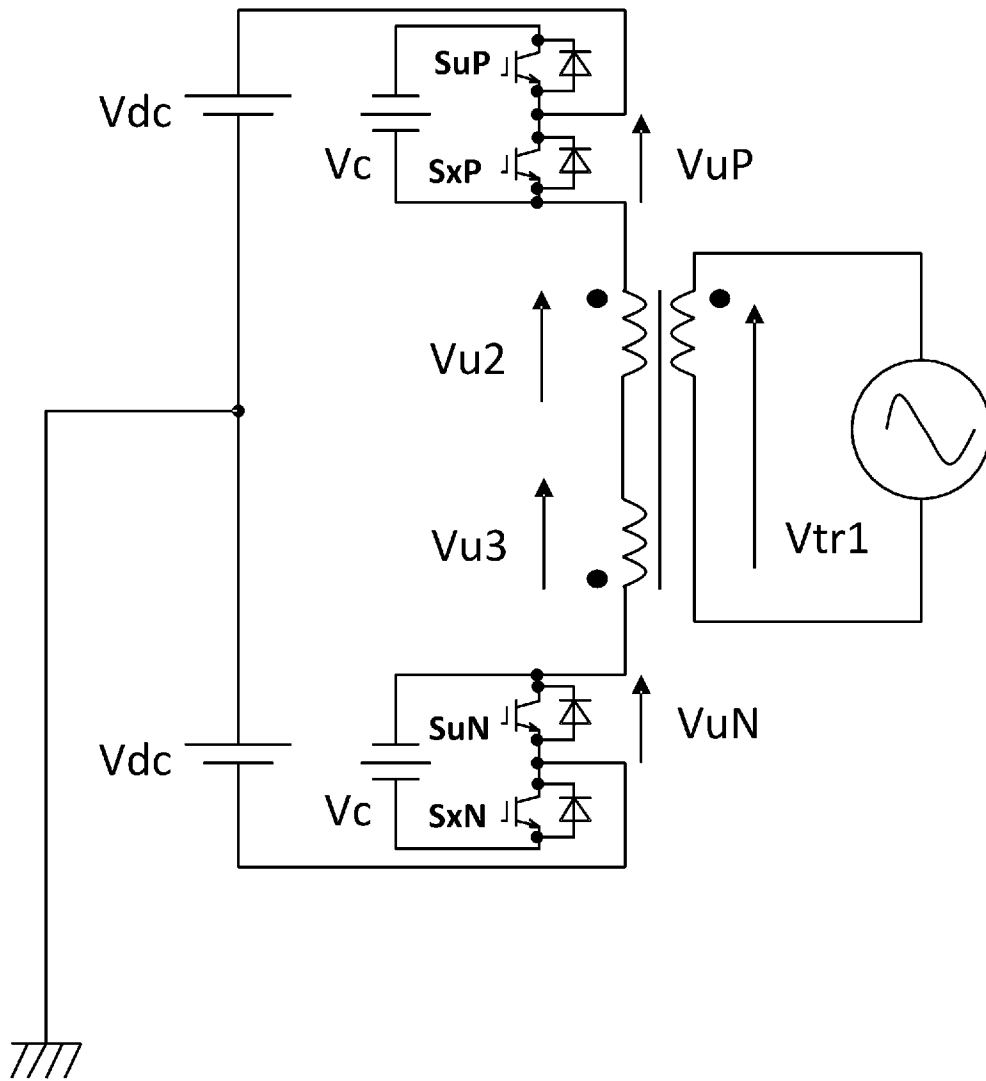
[図3]



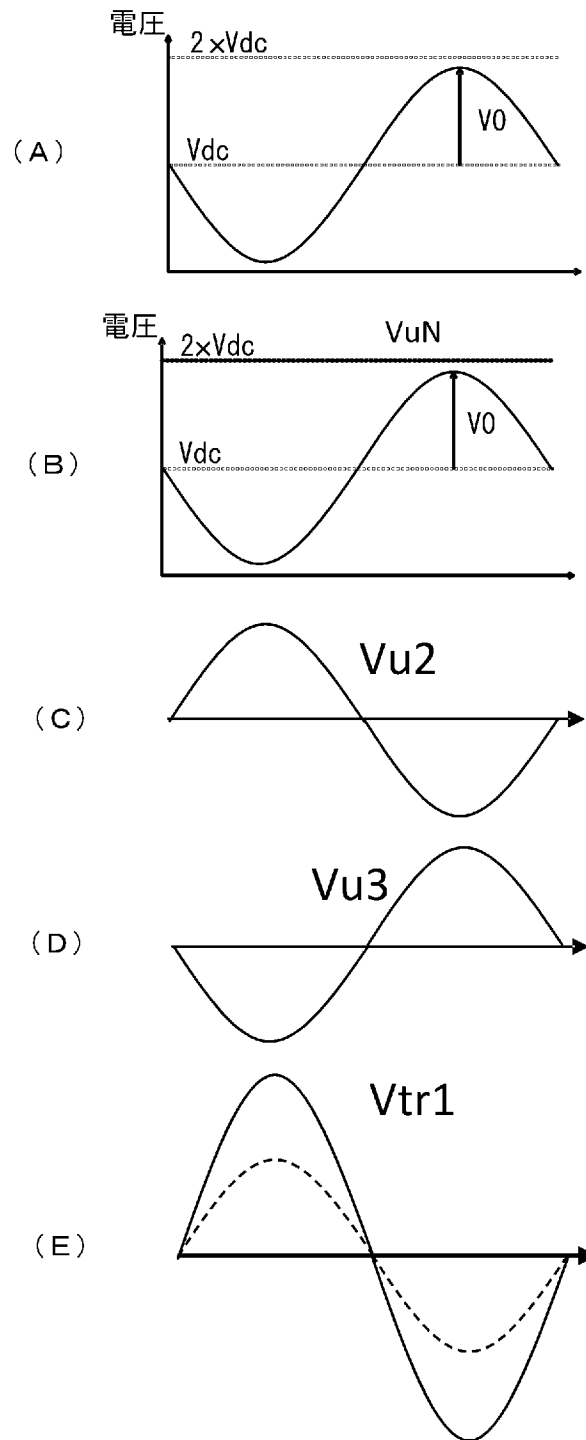
[図4]



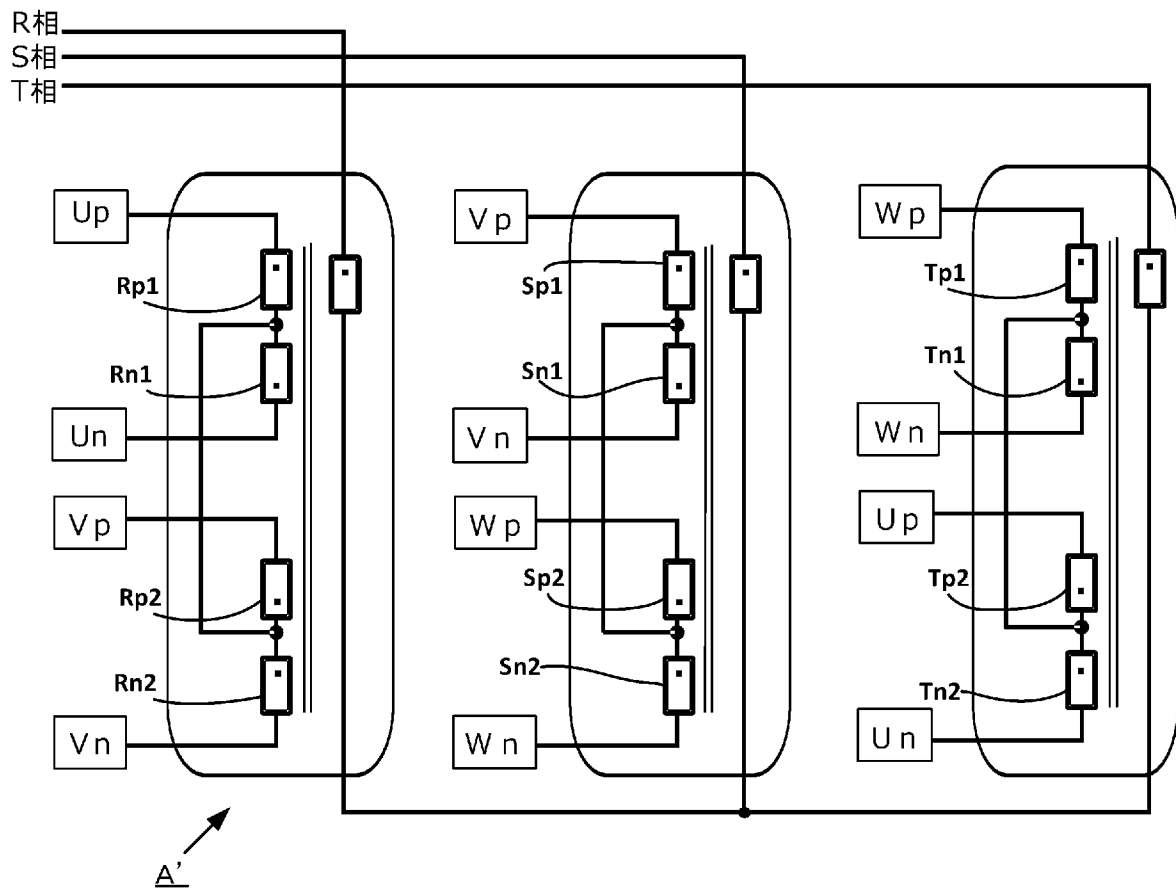
[図5]



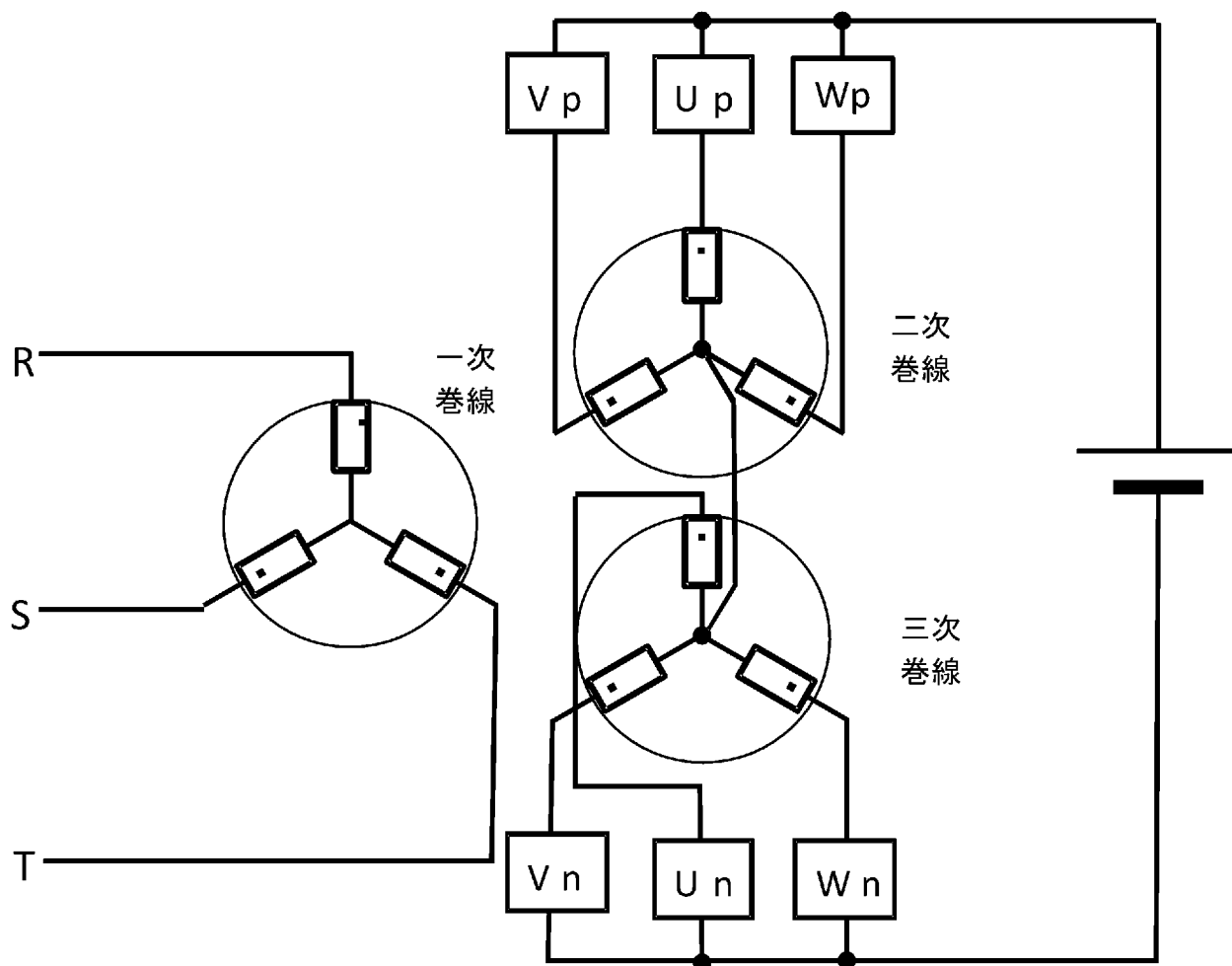
[図6]



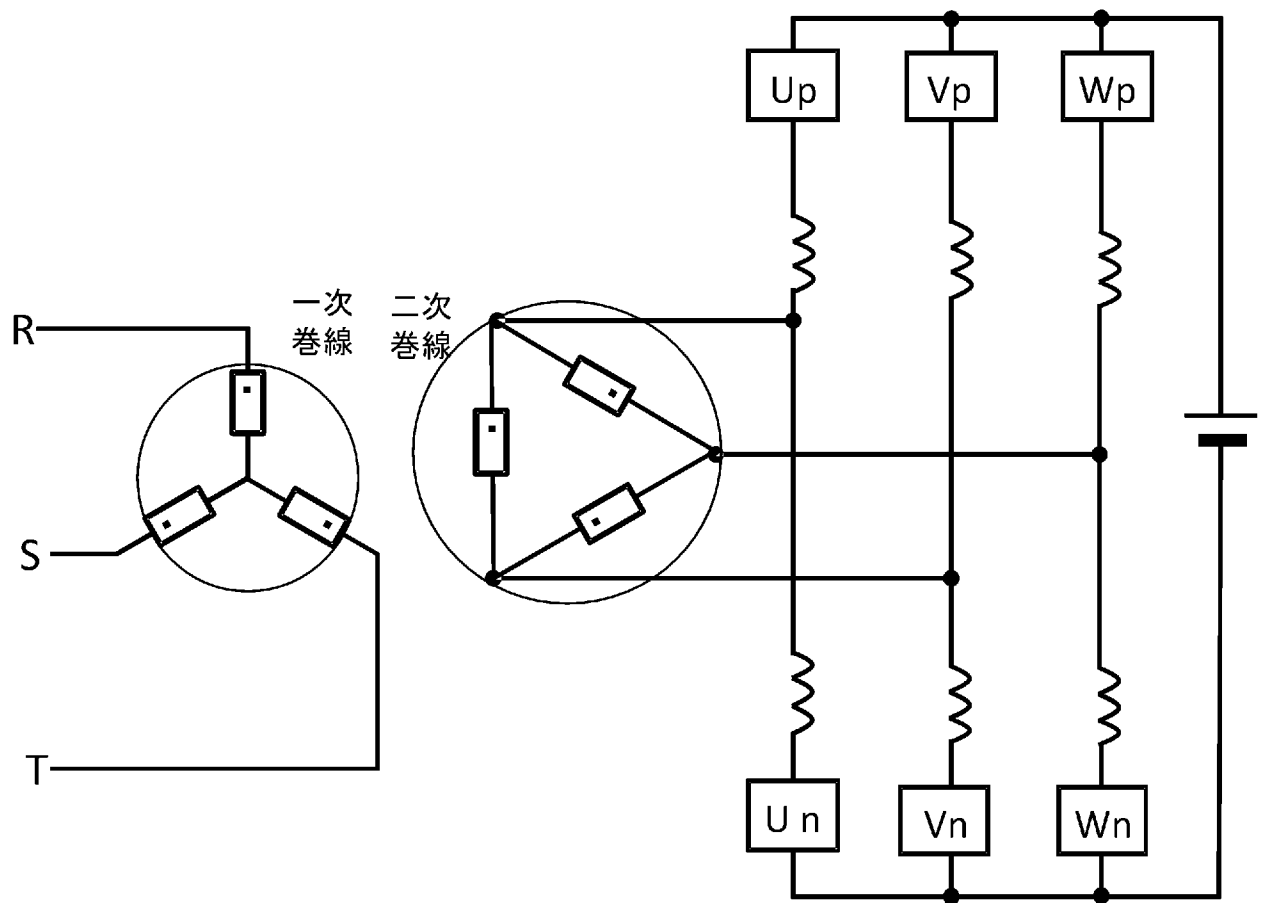
[図7]



[図8]



[図9]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2016/050976

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H02M7/12(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02M7/12, H02M7/48

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
Y	WO 2013/108376 A1 (Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.), 25 July 2013 (25.07.2013), paragraphs [0022], [0042]; fig. 1 to 2, 4 & US 2014/0369096 A1 paragraphs [0030] to [0031], [0053]; fig. 1 to 2, 4 & EP 2806552 A1	1-2
Y	JP 2001-210533 A (Hitachi, Ltd.), 03 August 2001 (03.08.2001), paragraphs [0030] to [0032]; fig. 8 (Family: none)	1-2

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search  
11 April 2016 (11.04.16)

Date of mailing of the international search report  
26 April 2016 (26.04.16)

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**

International application No.

PCT/JP2016/050976

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-115837 A (Toshiba Corp.), 10 June 2013 (10.06.2013), paragraph [0016]; fig. 1 to 2 & US 2014/0254226 A1 paragraphs [0030] to [0033]; fig. 1 to 2 & WO 2013/077421 A1 & EP 2784925 A1 & KR 10-2014-0078732 A & CN 103959633 A	1-2

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H02M7/12(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H02M7/12, H02M7/48		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2016年 日本国実用新案登録公報 1996-2016年 日本国登録実用新案公報 1994-2016年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2013/108376 A1（東芝三菱電機産業システム株式会社） 2013.07.25, 段落[0022], [0042], 図1-2, 4 & US 2014/0369096 A1, 段落[0030]-[0031], [0053], 図1-2, 4 & EP 2806552 A1	1-2
Y	JP 2001-210533 A（株式会社日立製作所）2001.08.03, 段落[0030]-[0032], 図8（ファミリーなし）	1-2
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</span>		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 11.04.2016	国際調査報告の発送日 26.04.2016	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 神田 太郎 電話番号 03-3581-1101 内線 3526	5G 3780

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2013-115837 A (株式会社東芝) 2013.06.10, 段落[0016], 図1-2 & US 2014/0254226 A1, 段落[0030]-[0033], 図1-2 & WO 2013/077421 A1 & EP 2784925 A1 & KR 10-2014-0078732 A & CN 103959633 A	1 - 2