

(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
2018年5月24日(24.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/092240 A1

(51) 国際特許分類:
H02M 5/458 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/084084

(22) 国際出願日: 2016年11月17日(17.11.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 東芝三菱電機産業システム株式会社(TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 西村 一輝 (NISHIMURA, Kazuki); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).

中野 俊秀(NAKANO, Toshihide); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).

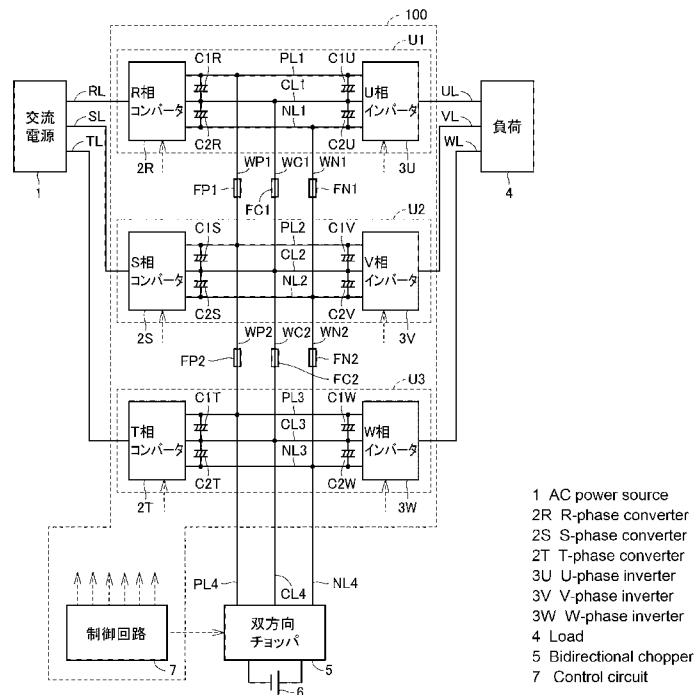
(74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(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, JP, KE, KG, 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,

(54) Title: POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 電力変換装置

【図1】



(57) Abstract: Wiring (WP1, WN1, WC1) is provided between the DC bus bars (PL1, NL1, CL1) of a first converter unit (U1) and the DC bus bars (PL2, NL2, CL2) of a second converter unit (U2). Wiring (WP2, WN2, WC2) is provided between the DC bus bars (PL2, NL2, CL2) of the second converter unit (U2) and the DC bus bars (PL3, NL3, CL3) of a third converter unit (U3). Fuses (FP1, FN1, FC1) are inserted into the wiring (WP1, WN1, WC1). Fuses (FP2, FN2, FC2) are inserted into the wiring (WP2, WN2, WC2).



NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS,
RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 配線 (WP 1, WN 1, WC 1) は、第 1 変換器ユニット (U 1) の直流母線 (PL 1, NL 1, CL 1) と第 2 変換器ユニット (U 2) の直流母線 (PL 2, NL 2, CL 2) との間に設けられる。配線 (WP 2, WN 2, WC 2) は、第 2 変換器ユニット (U 2) の直流母線 (PL 2, NL 2, CL 2) と第 3 変換器ユニット (U 3) の直流母線 (PL 3, NL 3, CL 3) との間に設けられる。ヒューズ (FP 1, FN 1, FC 1) は配線 (WP 1, WN 1, WC 1) にそれぞれ介挿される。ヒューズ (FP 2, FN 2, FC 2) は配線 (WP 2, WN 2, WC 2) にそれぞれ介挿される。

明 細 書

発明の名称：電力変換装置

技術分野

[0001] この発明は、電力変換装置に関する。

背景技術

[0002] 無停電電源装置などに適用される電力変換装置は、一般的に、商用交流電源からの交流電力を直流電力に変換するコンバータと、その直流電力を所望の周波数および電圧の交流電力に変換するインバータとを備えている。

[0003] たとえば、国際公開第2010/095241号（特許文献1）には、3レベルコンバータと3レベルインバータとを備えた電力変換装置により構成された無停電電源装置が開示されている。この電力変換装置において、3レベルコンバータおよび3レベルインバータの各々は、複数の半導体スイッチング素子を含んでいる。

[0004] 上述した電力変換装置では、複数の半導体スイッチング素子のいずれかが破損して短絡状態となった場合に、過電流または過電圧が発生する可能性がある。特許文献1では、各半導体スイッチング素子の一方端子と直流母線（直流正母線、直流負母線または直流中性点母線）との間にヒューズを接続している。このようにすると、いずれかの半導体スイッチング素子が短絡状態となった場合には、ヒューズが熔断されて電流が流れる経路が遮断されるため、過電流または過電圧の発生が防止することができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2010/095241号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に記載される電力変換装置では、半導体スイッチング素子と直流母線との間の電流経路にヒューズを設けているため、3レ

ベルコンバータおよび3レベルインバータが正常に動作している状態において、ヒューズには常に電流が流れる。このような状態においてヒューズが誤って溶断されることがないように、特許文献1では、コンバータおよびインバータを流れる電流よりも大きい定格電流値を有するヒューズが必要となる。

[0007] 上記のように、定格電流値の大きいヒューズを使用した場合においては、定格電流値を上回る短絡電流が流れるまでは、ヒューズが溶断されない。そのため、半導体スイッチング素子の故障からヒューズが溶断されるまでに、電流経路に大きな短絡電流が流れてしまい、他の健全な半導体スイッチング素子およびダイオードなどに被害をもたらす可能性がある。

[0008] また、特許文献1では、3レベルコンバータおよび3レベルインバータの各々に対して、合計9個のヒューズを使用しているため、各ヒューズに定格電流値の大きいものを使用することで、装置の大型化および高コスト化を招いてしまうという問題点がある。

[0009] さらに、特許文献1では、電力変換装置が動作しているときに各ヒューズで発生する電力損失が大きくなってしまい、結果的に電力変換装置の効率を低下させる可能性がある。

[0010] それゆえに、この発明の主たる目的は、簡易な構成で、高い過電流および過電圧の防止効果を実現することができる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

[0011] この発明のある局面に従う電力変換装置は、交流電源から供給される第1～第3相の交流電圧を第4～第6相の交流電圧に変換して負荷に供給するように構成される。電力変換装置は、第1～第3の電力変換器を備える。第1の電力変換器は、第1相の交流電圧を第4相の交流電圧に変換するように構成される。第2の電力変換器は、第2相の交流電圧を第5相の交流電圧に変換するように構成される。第3の電力変換器は、第3相の交流電圧を第6相の交流電圧に変換するように構成される。第1の電力変換器は、第1相コン

バータと、第4相インバータと、第1の直流正母線および第1の直流負母線とを含む。第1相コンバータは、第1相の交流電圧を第1の直流電圧に変換するように構成される。第4相インバータは、第1相コンバータから供給される第1の直流電圧を第4相の交流電圧に変換するように構成される。第1の直流正母線および第1の直流負母線は、第1相コンバータと第4相インバータとの間に接続される。第2の電力変換器は、第2相コンバータと、第5相インバータと、第2の直流正母線および第2の直流負母線とを含む。第2相コンバータは、第2相の交流電圧を第2の直流電圧に変換するように構成される。第5相インバータは、第2相コンバータから供給される第2の直流電圧を第5相の交流電圧に変換するように構成される。第2の直流正母線および第2の直流負母線は、第2相コンバータと第5相インバータとの間に接続される。第3の電力変換器は、第3相コンバータと、第6相インバータと、第3の直流正母線および第3の直流負母線とを含む。第3相コンバータは、第3相の交流電圧を第3の直流電圧に変換するように構成される。第6相インバータは、第3相コンバータから供給される第3の直流電圧を第6相の交流電圧に変換するように構成される。第3の直流正母線および第3の直流負母線は、第3相コンバータと第6相インバータとの間に接続される。電力変換装置は、さらに、第1～第4のヒューズとを備える。第1、第2のヒューズは、第1および第2の直流正母線の間、ならびに、第2および第3の直流正母線との間にそれぞれ接続される。第3、第4のヒューズは、第1および第2の直流負母線の間、ならびに、第2および第3の直流負母線との間にそれぞれ接続される。

発明の効果

[0012] この発明によれば、簡易な構成で、高い過電流および過電圧の防止効果を実現することができる電力変換装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施の形態による電力変換装置の主回路構成を示す概略ブロック図である。

[図2]図1に示した単相コンバータおよび単相インバータの構成を詳細に説明する回路図である。

[図3]図2に示したIGBT素子のオン／オフのタイミングを説明するための波形図である。

[図4]図2に示したヒューズの働きを示す回路図である。

[図5]図2に示したヒューズの働きを示す回路図である。

[図6]図2に示したヒューズの働きを示す回路図である。

[図7]比較例による電力変換装置の構成を説明する回路図である。

[図8]本発明の実施の形態の変形例による電力変換装置の主回路構成を示す概略ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下に本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、以下図中の同一または相当部分には同一符号を付してその説明は原則的に繰返さないものとする。

[0015] 図1は、本発明の実施の形態による電力変換装置100の主回路構成を示す概略ブロック図である。本発明の実施の形態による電力変換装置100は、たとえば、無停電電源装置に適用される。交流電源1は、商用周波数の三相交流電力を電力変換装置100に供給する。負荷4は、電力変換装置100から供給される商用周波数の三相交流電力によって駆動される。

[0016] 図1を参照して、電力変換装置100は、交流電源1と負荷4との間に並列接続された3台の変換器ユニットU1～U3を備える。電力変換装置100は、配線WP1、WP2、WN1、WN2、WC1、WC2と制御回路7とをさらに備える。また、電力変換装置100は、直流正母線PL4、直流負母線NL4、直流中性点母線CL4、双方向チョッパ5、および直流電源6と接続されることで、無停電電源装置を構成する。

[0017] 第1変換器ユニットU1は、R相コンバータ2R、U相インバータ3U、直流正母線PL1、直流負母線NL1、直流中性点母線CL1、およびコンデンサC1R、C2R、C1U、C2Uを含む。

- [0018] R相コンバータ2 Rには、交流電源1からR相ラインRLを介してR相電圧が供給される。R相コンバータ2 Rは、R相電圧VRを直流電圧に変換し、直流母線PL1, CL1, NL1を介してU相インバータ3 Uにその直流電圧を供給する。U相インバータ3 Uは、R相コンバータ2 Rからの直流電圧をU相電圧VUに変換する。U相インバータ3 Uで生成されたU相電圧VUは、U相ラインULを介して負荷4に供給される。コンデンサC1 R, C1 Uは、直流正母線PL1および直流中性点母線CL1の間に並列に接続される。コンデンサC2 R, C2 Uは、直流中性点母線CL1および直流負母線NL1の間に並列に接続される。
- [0019] 第2変換器ユニットU2は、S相コンバータ2 S、V相インバータ3 V、直流正母線PL2、直流負母線NL2、直流中性点母線CL2、およびコンデンサC1 S, C2 S, C1 V, C2 Vを含む。
- [0020] S相コンバータ2 Sには、交流電源1からS相ラインSLを介してS相電圧VSが供給される。S相コンバータ2 Sは、S相電圧VSを直流電圧に変換し、直流母線PL2, CL2, NL2を介してV相インバータ3 Vにその直流電圧を供給する。V相インバータ3 Vは、S相コンバータ2 Sからの直流電圧をV相電圧VVに変換する。V相インバータ3 Vで生成されたV相電圧VVは、V相ラインVLを介して負荷4に供給される。コンデンサC1 S, C1 Vは、直流正母線PL2および直流中性点母線CL2の間に並列に接続される。コンデンサC2 S, C2 Vは、直流中性点母線CL2および直流負母線NL2の間に並列に接続される。
- [0021] 第3変換器ユニットU3は、T相コンバータ2 T、W相インバータ3 W、直流正母線PL3、直流負母線NL3、直流中性点母線CL3、およびコンデンサC1 T, C2 T, C1 W, C2 Wを含む。
- [0022] T相コンバータ2 Tには、交流電源1からT相ラインTLを介してT相電圧が供給される。T相コンバータ2 Tは、T相電圧VTを直流電圧に変換し、直流母線PL3, CL3, NL3を介してW相インバータ3 Wにその直流電圧を供給する。W相インバータ3 Wは、T相コンバータ2 Tからの直流電

圧をW相電圧V_Wに変換する。W相インバータ3_Wで生成されたW相電圧V_Wは、W相ラインW_Lを介して負荷4に供給される。コンデンサC_{1T}、C_{1W}は、直流正母線P_{L3}および直流中性点母線C_{L3}の間に並列に接続される。コンデンサC_{2T}、C_{2W}は、直流中性点母線C_{L3}および直流負母線N_{L3}の間に並列に接続される。

[0023] このように、変換器ユニットU₁～U₃の各々は、1台の単相コンバータ、1台の単相インバータ、3本の直流母線（直流正母線、直流負母線、直流中性点母線）、および4個のコンデンサを含んで構成される。

[0024] 配線W_{P1}、W_{N1}、W_{C1}は、第1変換器ユニットU₁および第2変換器ユニットU₂の間に設けられる。具体的には、配線W_{P1}は、直流正母線P_{L1}およびP_{L2}の間に接続される。配線W_{N1}は、直流負母線N_{L1}およびN_{L2}の間に接続される。配線W_{C1}は、直流中性点母線C_{L1}およびC_{L2}の間に接続される。

[0025] 配線W_{P2}、W_{N2}、W_{C2}は、第2変換器ユニットU₂および第3変換器ユニットU₃の間に設けられる。具体的には、配線W_{P2}は、直流正母線P_{L2}およびP_{L3}の間に接続される。配線W_{N2}は、直流負母線N_{L2}およびN_{L3}の間に接続される。配線W_{C2}は、直流中性点母線C_{L2}およびC_{L3}の間に接続される。

[0026] 直流正母線P_{L4}、直流負母線N_{L4}、直流中性点母線C_{L4}は、第3変換器ユニットU₃および双方向チョッパ5の間に設けられる。具体的には、直流正母線P_{L4}、直流負母線N_{L4}、直流中性点母線C_{L4}は、直流正母線P_{L3}、直流負母線N_{L3}、直流中性点母線C_{L3}、双方向チョッパ5との間にそれぞれ接続される。

[0027] 双方向チョッパ5は、直流正母線P_{L4}、直流負母線N_{L4}および直流中性点母線C_{L4}と直流電源6との間に接続される。双方向チョッパ5は、直流母線P_{L4}、N_{L4}、C_{L4}と直流電源6との間で双方向に直流電圧変換を行なうように構成される。

[0028] 配線W_{P1}、W_{P2}を介して、直流正母線P_{L1}、P_{L2}、P_{L3}が互い

に接続される。これにより、直流正母線 P L 1, P L 2, P L 3 の電圧を一致させることができる。

[0029] また、配線 W N 1, W N 2 を介して、直流負母線 N L 1, N L 2, N L 3 が互いに接続される。これにより、直流負母線 N L 1, N L 2, N L 3 の電圧を一致させることができる。

[0030] さらに、配線 W C 1, W C 2 を介して、直流中性点母線 C L 1, C L 2, C L 3 が互いに接続される。これにより、直流中性点母線 C L 1, C L 2, C L 3 の電圧を一致させることができる。

[0031] このような構成とすることにより、変換器ユニット U 1 ~ U 3 の単相インバータ 3 U, 3 V, 3 W の入力電圧を一致させることができる。したがって、単相インバータ 3 U, 3 V, 3 W から出力される相電圧の振幅を一致させることができる。

[0032] 次に、本実施の形態による電力変換装置 1 0 0 の動作について説明する。

交流電源 1 からの三相交流電力は、R 相ライン R L、S 相ライン S L および T 相ライン T L を介して R 相コンバータ 2 R、S 相コンバータ 2 S および T 相コンバータ 2 T にそれぞれ供給される。R 相コンバータ 2 R、S 相コンバータ 2 S および T 相コンバータ 2 T は三相コンバータを構成する。三相コンバータは、交流電源 1 から供給される三相交流電力を直流電力に変換し、直流正母線、直流負母線および直流中性点母線を介して U 相インバータ 3 U、V 相インバータ 3 V および W 相インバータ 3 W にそれぞれ供給する。U 相インバータ 3 U、V 相インバータ 3 V および W 相インバータ 3 W は三相インバータを構成する。三相インバータは、直流正母線、直流負母線および直流中性点母線を介して供給される直流電力を三相交流電力に変換する。三相インバータで生成された三相交流電力は、U 相ライン U L、V 相ライン V L および W 相ライン W L を介して負荷 4 に供給される。

[0033] 双方向チョッパ 5 は、交流電源 1 から三相交流電力が供給されている通常時は、直流母線 P L 4, C L 4 間の直流電圧および直流母線 C L 4, N L 4 間の直流電圧の各々を降圧して直流電源 6 に供給することにより、直流電源

6を充電する。双方向チョッパ5は、交流電源1からの三相交流電圧の供給が遮断された停電時は、直流電源6の端子間電圧を昇圧して直流母線PL4, CL4間および直流母線CL4, NL4間の各々に供給することにより、直流電源6を放電させる。

[0034] 制御回路7は、交流電源1から供給される三相交流電圧、直流母線PL4, NL4, CL4の各々の直流電圧、直流電源6の端子間電圧、三相インバータ（単相インバータ3U, 3V, 3W）から出力される三相交流電圧、および負荷4に流れる三相交流電流（負荷電流）などに基づいて、三相コンバータ（単相コンバータ2R, 2S, 2T）、三相インバータ（単相インバータ3U, 3V, 3W）および双方向チョッパ5の動作を制御する。

[0035] 図2は、図1に示した単相コンバータ2R, 2S, 2T、および単相インバータ3U, 3V, 3Wの構成を詳細に説明する回路図である。

[0036] 図2を参照して、R相コンバータ2Rは、IGBT素子Q1R~Q4RおよびダイオードD1R~D4Rを含む。S相コンバータ2Sは、IGBT素子Q1S~Q4SおよびダイオードD1S~D4Sを含む。T相コンバータ2Tは、IGBT素子Q1T~Q4TおよびダイオードD1T~D4Tを含む。U相インバータ3Uは、IGBT素子Q1U~Q4UおよびダイオードD1U~D4Uを含む。V相インバータ3Vは、IGBT素子Q1V~Q4VおよびダイオードD1V~D4Vを含む。W相インバータ3Wは、IGBT素子Q1W~Q4WおよびダイオードD1W~D4Wを含む。

[0037] ここで、単相コンバータ2R, 2S, 2Tおよび単相インバータ3U, 3V, 3Wの構成を総括的に説明するため、符号R, S, T, U, V, Wをまとめて符号「x」と示す。また、直流正母線PL1, PL2, PL3をまとめて「PLi」と示し、直流負母線NL1, NL2, NL3をまとめて「NLi」と示し、直流中性点母線CL1, CL2, CL3をまとめて「CLi」と示す。

[0038] IGBT素子Q1xのエミッタはx相ラインxLに接続され、そのコレクタは直流正母線PLiに接続される。IGBT素子Q2xのコレクタはx相

ライン $\times L$ に接続され、そのエミッタは直流負母線 $N L i$ に接続される。IGBT素子 $Q 3 x$ のエミッタは x 相ライン $\times L$ に接続され、そのコレクタはIGBT素子 $Q 4 x$ のコレクタに接続される。IGBT素子 $Q 4 x$ のエミッタは直流中性点母線 $C L i$ に接続される。ダイオード $D 1 x$ 、 $D 2 x$ は還流ダイオードとして機能し、ダイオード $D 3 x$ 、 $D 4 x$ はクランプダイオードとして機能する。IGBT素子 $Q 3 x$ 、 $Q 4 x$ およびダイオード $D 3 x$ 、 $D 4 x$ は、交流スイッチを構成する。

[0039] 次に、単相コンバータ $2 R$ 、 $2 S$ 、 $2 T$ および単相インバータ $3 U$ 、 $3 V$ 、 $3 W$ の動作について説明する。図3は、 R 相電圧 $V R$ とIGBT素子 $Q 1 R \sim Q 4 R$ のオン／オフとの関係を示す波形図である。 R 相電圧 $V R$ と参照信号 $\phi 1 R$ 、 $\phi 2 R$ との高低が比較され、その比較結果に基づいてIGBT素子 $Q 1 R \sim Q 4 R$ のオン／オフの組合せが決定される。

[0040] 参照信号 $\phi 1 R$ 、 $\phi 2 R$ は R 相電圧 $V R$ の5倍の周波数を有し、 R 相電圧 $V R$ に同期した三角波信号である。参照信号 $\phi 2 R$ は参照信号 $\phi 1 R$ と同相の三角波信号である。

[0041] 図3に示すように、 R 相電圧 $V R$ のレベルが参照信号 $\phi 1 R$ 、 $\phi 2 R$ のレベルの間にある期間($t 1$ 、 $t 3$ 、 $t 5$ 、 $t 7$ 、 $t 9$ 、 $t 11$ 、 $t 13$)は、IGBT素子 $Q 3 R$ 、 $Q 4 R$ がオンされ、IGBT素子 $Q 1 R$ 、 $Q 2 R$ がオフされる。 R 相電圧 $V r$ のレベルが参照信号 $\phi 1 R$ 、 $\phi 2 R$ のレベルよりも高い期間($t 2$ 、 $t 4$ 、 $t 10$ 、 $t 12$)は、IGBT素子 $Q 1 R$ 、 $Q 3 R$ がオンされ、IGBT素子 $Q 2 R$ 、 $Q 4 R$ がオフされる。 R 相電圧 $V r$ のレベルが参照信号 $\phi 1 R$ 、 $\phi 2 R$ のレベルよりも低い期間($t 6$ 、 $t 8$)は、IGBT素子 $Q 2 R$ 、 $Q 4 R$ がオンされ、IGBT素子 $Q 1 R$ 、 $Q 3 R$ がオフされる。なお、他の相 S 、 T 、 U 、 V 、 W の回路も、 R 相の回路と同様に動作する。

[0042] 再び図1および図2を参照して、電力変換装置100は、ヒューズ $F P 1$ 、 $F P 2$ 、 $F N 1$ 、 $F N 2$ 、 $F C 1$ 、 $F C 2$ をさらに備える。

[0043] ヒューズ $F P 1$ は配線 $W P 1$ に介挿され、配線 $W P 1$ に過電流が流れた場

合に溶断される。ヒューズF N 1は配線W N 1に介挿され、配線W N 1に過電流が流れた場合に溶断される。ヒューズF C 1は配線W C 1に介挿され、配線W C 1に過電流が流れた場合に溶断される。

[0044] ヒューズF P 2は配線W P 2に介挿され、配線W P 2に過電流が流れた場合に溶断される。ヒューズF N 2は配線W N 2に介挿され、配線W N 2に過電流が流れた場合に溶断される。ヒューズF C 2は配線W C 2に介挿され、配線W C 2に過電流が流れた場合に溶断される。

[0045] 以下、ヒューズF P 1, F P 2, F N 1, F N 2, F C 1, F C 2の働きについて説明する。

[0046] 図4は、I G B T素子Q 1 R, Q 3 Sがオンしている期間において、I G B T素子Q 4 Rが故障して短絡状態になった場合を示す図である。この場合は、図中に破線矢印で示されるように、R相ラインR LからダイオードD 3 R、I G B T素子Q 4 R、配線W C 1、ダイオードD 4 S、I G B T素子Q 3 Sを介してS相ラインS Lに至る経路で短絡電流が流れ、ヒューズF C 1が溶断される。また、図中に実線矢印で示されるように、コンデンサC 1 Sの正側電極から配線W P 1、I G B T素子Q 1 R、ダイオードD 3 R、I G B T素子Q 4 R、配線W C 1を介してコンデンサC 1 Sの負側電極に至る経路で短絡電流が流れ、ヒューズF P 1, F C 1が溶断される。

[0047] 図5は、I G B T素子Q 2 R, Q 4 Sがオンしている期間において、I G B T素子Q 3 Rが故障して短絡状態になった場合を示す図である。この場合は、図中に破線矢印で示されるように、S相ラインS LからダイオードD 3 S、I G B T素子Q 4 S、配線W C 1、ダイオードD 4 R、およびI G B T素子Q 3 Rを介してR相ラインR Lに至る経路で短絡電流が流れ、ヒューズF C 1が溶断される。また、実線矢印で示されるように、コンデンサC 2 Sの正側電極から配線W C 1、ダイオードD 4 R、I G B T素子Q 3 R、I G B T素子Q 2 R、配線W N 1を介してコンデンサC 2 Sの負側電極に至る経路で短絡電流が流れ、ヒューズF C 1, F N 1が溶断される。

[0048] 図6は、I G B T素子Q 3 R, Q 4 Rが故障して短絡状態になった場合を

示す図である。図4および図5に示したように、ヒューズFP1、FC1、FN1が溶断されるため、R相とS相とは完全に切り離される。これにより、過電流が流れたり、過電圧が発生することが防止される。なお、図4から図6では、R相およびS相を例にして説明したが、他の相（T相、U相、V相、W相）でも同様である。

[0049] [本実施の形態の作用効果]

次に、比較例による電力変換装置と対比しながら、本実施の形態による電力変換装置の作用効果について説明する。

[0050] 図7は、比較例による電力変換装置1000の構成を説明する回路図である。比較例による電力変換装置1000は、上述した特許文献1に示される電力変換装置に相当する。比較例による電力変換装置1000は、基本的に図1に示した本実施の形態による電力変換装置100とコンバータおよびインバータで構成される基本構造は同じであるが、変換器ユニットの構成が異なっている。

[0051] 図7を参照して、比較例による電力変換装置1000は、交流電源1および負荷4（ともに図示せず）の間に接続された1台の変換器ユニットUを備える。変換器ユニットUは、三相コンバータ2、三相インバータ3、直流正母線PL、直流負母線NLおよび直流中性点母線CLを含む。

[0052] 三相コンバータ2は、直流正母線PLおよび直流負母線NLの間に、図1および図2に示したR相コンバータ2R、S相コンバータ2SおよびT相コンバータ2Tを並列に接続することにより構成される。この構成において、各相コンバータの直流中性点母線は直流中性点母線CLに共通に接続されている。

[0053] 三相インバータ3は、直流正母線PLおよび直流負母線NLの間に、図1および図2に示したU相インバータ3U、V相インバータ3VおよびW相インバータ3Wを並列に接続することにより構成される。この構成において、各相インバータの直流中性点母線は直流中性点母線CLに共通に接続される。なお、三相コンバータ2および三相インバータ3の動作は、図3で説明し

た、単相コンバータ 2 R, 2 S, 2 T および単相インバータ 3 U, 3 V, 3 W の動作と実質的に同じである。

[0054] 比較例による電力変換装置 1000 は、ヒューズ F 1 R ~ F 3 R, F 1 S ~ F 3 S, F 1 T ~ F 3 T, F 1 U ~ F 3 U, F 1 V ~ F 3 V, F 1 W ~ F 3 W をさらに備える。これらのヒューズの構成を総括的に説明するため、符号 R, S, T, U, V, W をまとめて符号「x」と示す。

[0055] ヒューズ F 1 x は、IGBT 素子 Q 1 x のコレクタと直流正母線 P L との間に接続される。ヒューズ F 2 x は、IGBT 素子 Q 2 x のエミッタと直流負母線 N L との間に接続される。ヒューズ F 3 x は、IGBT 素子 Q 4 x のエミッタと直流中性点母線 C L x との間に接続される。

[0056] 特許文献 1 に示されるように、比較例による電力変換装置 1000 において、たとえば、IGBT 素子 Q 1 R, Q 3 S がオンしている期間において、IGBT 素子 Q 4 R が故障して短絡状態になった場合は、R 相ライン R L からダイオード D 3 R、IGBT 素子 Q 4 R、ヒューズ F 3 R, F 3 S、ダイオード D 4 S、および IGBT 素子 Q 3 S を介して S 相ライン S L に至る経路で短絡電流が流れ、ヒューズ F 3 R, F 3 S が溶断される。また、コンデンサ C 1 S の正側電極からヒューズ F 1 S, F 1 R, IGBT 素子 Q 1 R、ダイオード D 3 R、IGBT 素子 Q 4 R、およびヒューズ F 3 R, F 3 S を介してコンデンサ C 1 S の負側電極に至る経路で短絡電流が流れ、ヒューズ F 1 S, F 1 R, F 3 R, F 3 S が溶断される。

[0057] このように、比較例による電力変換装置 1000 においても、IGBT 素子が故障して短絡状態になった場合には、ヒューズが溶断されることで、故障した相と正常な相とが切り離されるため、過電流が流れたり、過電圧が発生することが防止される。

[0058] しかしながら、比較例による電力変換装置 1000 では、各ヒューズは、三相コンバータ 2 および三相インバータ 3 が動作しているときの電流経路に介挿されている。そのため、三相コンバータ 2 および三相インバータ 3 が正常に動作しているときにヒューズが溶断されることがないように、上記電流

経路を流れる電流の最大値よりも高い定格電流値を有するヒューズを使用する必要がある。なお、本願明細書において、ヒューズの定格電流値は、定常的にヒューズに流した場合に溶断しない電流値をいう。

[0059] 比較例による電力変換装置１０００では、９個のヒューズの全てについて、定格電流値の高いヒューズを使用しなければならなくなる。定格電流値の高いヒューズを使用した場合、定格電流値を超える過電流が流れるまではヒューズが溶断されないため、故障が発生してからヒューズが溶断されるまでに、上記電流経路に過電流が流れてしまうという問題がある。その結果、ヒューズが溶断されるまでの時間に発生した過電流または過電圧によって、他の健全なＩＧＢＴ素子に対して被害をもたらす可能性がある。

[0060] また、定格電流値の高いヒューズを複数個使用するために、変換器ユニットＵの大型化および高コスト化を招く可能性がある。

[0061] さらに、比較例による電力変換装置１０００においては、ＩＧＢＴ素子とヒューズとが電氣的に直列に接続されているため、ＩＧＢＴ素子のスイッチング動作時に、ヒューズの持つリアクトル成分に起因して高いサージ電圧がＩＧＢＴ素子に印加されてしまう可能性がある。そのため、サージ電圧による故障を回避するための対策が必要となる。

[0062] また、三相コンバータ２および三相インバータ３が動作しているときの電流経路に各ヒューズが介挿されていることで、各ヒューズによる抵抗成分により電力損失が発生し、結果的に電力変換装置１０００の効率が低下するという問題がある。

[0063] これに対して、本実施の形態による電力変換装置１００では、変換器ユニットＵ１～Ｕ３の各々において単相コンバータおよび単相インバータが正常に動作している場合、変換器ユニットＵ１～Ｕ３の間で直流正母線ＰＬ１，ＰＬ２，ＰＬ３の電圧が一致する。同様に、直流負母線ＮＬ１，ＮＬ２，ＮＬ３の電圧が一致し、かつ、直流中性点母線ＣＬ１，ＣＬ２，ＣＬ３の電圧が一致する。また、単相コンバータおよび単相インバータの動作のわずかなぶれにより、直流正母線ＰＬ１，ＰＬ２，ＰＬ３の電圧がわずかに異なる場

合も、配線WP 1, WP 2にわずかな電流（ヒューズの定格電流値を超えないほど小さな電流）が流れることで、直流正母線PL 1, PL 2, PL 3の電圧は一致する。直流負母線NL 1, NL 2, NL 3、および、直流中性点母線CL 1, CL 2, CL 3においても同様である。

[0064] 一方、変換器ユニットU 1～U 3のいずれかにおいてIGBT素子が故障して短絡状態になった場合にのみ、図4および図5に示したように、配線WP 1, WP 2, WN 1, WN 2, WC 1, WC 2にヒューズの定格電流値を超える電流が流れる。この場合にヒューズが溶断されることで、過電流および過電圧の発生が回避される。

[0065] すなわち、本実施の形態による電力変換装置100においては、ヒューズについて、正常動作時に流れる電流を考慮する必要がなく、故障発生によって配線に電流が流れたときに確実に溶断される構成とすればよい。よって、比較例による電力変換装置1000に使用されるヒューズに比べて、より低い定格電流値を有するヒューズを使用することができる。

[0066] これにより、故障が発生してから正常時にコンバータまたはインバータなどを流れる電流より大きな電流が流れる前に、ヒューズが溶断されるため、過電流および過電圧から電力変換装置100を保護することができる。

[0067] さらに、本実施の形態による電力変換装置100によれば、比較例による電力変換装置1000に比べてヒューズの個数を減らすことができる。本実施の形態によれば、ヒューズの個数を半減することができる。よって、本実施の形態による電力変換装置100によれば、電力変換装置の小型化および低コスト化を実現することができる。

[0068] また、変換器ユニットU 1～U 3の各々が正常に動作している場合にはヒューズに電流が流れないため、ヒューズによる電力損失を無くすることができる。よって、本実施の形態による電力変換装置100によれば、効率を向上させることができる。

[0069] なお、上述した実施の形態では、単相コンバータ2R, 2S, 2Tを3レベルコンバータとし、かつ、単相インバータ3U, 3V, 3Wを3レベルイ

ンバータとしたが、単相コンバータを2レベルコンバータとし、かつ、単相インバータを2レベルインバータとしてもよい。図8は、実施の形態の変形例による電力変換装置100Aの構成を説明する回路図である。図8に示すように、各変換器ユニットは、2本の直流母線（直流正母線および直流負母線）と、該2本の直流母線の間に並列に接続される2個のコンデンサとを含んで構成される。本変形例でも、単相コンバータおよび単相インバータのいずれかにおいてIGBT素子が故障して短絡状態になった場合には、ヒューズが溶断されるため、実施の形態と同様の効果が得られる。

[0070] また、上記の実施の形態およびその変形例において、「第1～第3の電力変換器」にそれぞれ対応する。R相コンバータ、S相コンバータ、T相コンバータはこの発明における「第1相コンバータ」、「第2相コンバータ」、「第3相コンバータ」にそれぞれ対応し、U相インバータ、V相インバータ、W相インバータはこの発明における「第4相インバータ」、「第5相インバータ」、「第6相インバータ」にそれぞれ対応する。直流正母線PL1～PL4はこの発明における「第1～第4の直流正母線」にそれぞれ対応し、直流負母線NL1～NL4はこの発明における「第1～第4の直流負母線」にそれぞれ対応し、直流中性点母線CL1～CL4はこの発明における「第1～第4の直流中性点母線」にそれぞれ対応する。

[0071] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上述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

[0072] 2 コンバータ、2R R相コンバータ、2S S相コンバータ、2T T相コンバータ、3 インバータ、3U U相インバータ、3V V相インバータ、3W W相インバータ、5 双方向チョッパ、6 直流電源、Q1R～Q4R, Q1S～Q4S, Q1T～Q4T, Q1U～Q4U, Q1V～Q4V, Q1W～Q4W IGBT素子、D1R～D4R, D1S～D4S

, D1T~D4T, D1U~D4U, D1V~D4V, D1W~D4W ダイオード、100, 1000 電力変換装置、PL, PL1~PL4 直流正母線、NL, NL1~NL4 直流負母線、CL, CL1~CL4 直流中性点母線、C1R, C1S, C1T, C2R, C2S, C2T, C3R, C3S, C3T, C1U, C1V, C1W, C2U, C2V, C2W, C3U, C3V, C3W コンデンサ、FP1, FP2, FN1, FN2, FC1, FC2 ヒューズ、WP1, WP2, WN1, WN2, WC1, WC2 配線。

請求の範囲

- [請求項1] 交流電源から供給される第1～第3相の交流電圧を第4～第6相の交流電圧に変換して負荷に供給するための電力変換装置であって、
- 前記第1相の交流電圧を前記第4相の交流電圧に変換するように構成された第1の電力変換器と、
- 前記第2相の交流電圧を前記第5相の交流電圧に変換するように構成された第2の電力変換器と、
- 前記第3相の交流電圧を前記第6相の交流電圧に変換するように構成された第3の電力変換器とを備え、
- 前記第1の電力変換器は、
- 前記第1相の交流電圧を第1の直流電圧に変換する第1相コンバータと、
- 前記第1相コンバータから供給される前記第1の直流電圧を前記第4相の交流電圧に変換する第4相インバータと、
- 前記第1相コンバータと前記第4相インバータとの間に接続される第1の直流正母線および第1の直流負母線とを含み、
- 前記第2の電力変換器は、
- 前記第2相の交流電圧を第2の直流電圧に変換する第2相コンバータと、
- 前記第2相コンバータから供給される前記第2の直流電圧を前記第5相の交流電圧に変換する第5相インバータと、
- 前記第2相コンバータと前記第5相インバータとの間に接続される第2の直流正母線および第2の直流負母線とを含み、
- 前記第3の電力変換器は、
- 前記第3相の交流電圧を第3の直流電圧に変換する第3相コンバータと、
- 前記3相コンバータから供給される前記第3の直流電圧を前記第6相の交流電圧に変換する第6相インバータと、

前記第3相コンバータと前記第6相インバータとの間に接続される第3の直流正母線および第3の直流負母線とを含み、

前記電力変換装置は、さらに、

前記第1および第2の直流正母線の間、ならびに、前記第2および第3の直流正母線の間それぞれに接続される第1および第2のヒューズと、

前記第1および第2の直流負母線の間、ならびに、前記第2および第3の直流負母線の間それぞれに接続される第3および第4のヒューズとを備える、電力変換装置。

[請求項2]

前記電力変換装置は、さらに、

前記第3の直流正母線が接続される第4の直流正母線と、

前記第3の直流負母線が接続される第4の直流負母線とを備え、

前記第4の直流正母線および前記第4の直流負母線と直流電源との間に設けられ、前記第4の直流正母線および前記第4の直流負母線間と前記直流電源との間で双方向に直流電圧変換を行なうように構成される直流電圧変換器をさらに備える、請求項1に記載の電力変換装置。

[請求項3]

前記第1相～第3相コンバータの各々は3レベルコンバータであり、

前記第4相～第6相インバータの各々は3レベルインバータであり、

前記第1の電力変換器は、前記第1相コンバータと前記第4相インバータとの間に接続される第1の直流中性点母線をさらに含み、

前記第2の電力変換器は、前記第2相コンバータと前記第5相インバータとの間に接続される第2の直流中性点母線をさらに含み、

前記第3の電力変換器は、前記第3相コンバータと前記第6相インバータとの間に接続される第3の直流中性点母線をさらに含み、

前記電力変換装置は、さらに、

前記第 1 および第 2 の直流中性点母線の間、ならびに、前記第 2 および第 3 の直流中性点母線の上にそれぞれ接続される第 5 および第 6 のヒューズを備える、請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項 4]

前記電力変換装置は、さらに、

前記第 3 の直流中性点負母線に接続される第 4 の直流中性点母線を備え、

前記第 4 の直流正母線、前記第 4 の直流負母線および前記第 4 の直流中性点母線と直流電源との間に設けられ、前記第 4 の直流正母線、前記第 4 の直流負母線および前記第 4 の直流中性点母線と前記直流電源との間で双方向に直流電圧変換を行なうように構成される直流電圧変換器をさらに備える、請求項 3 に記載の電力変換装置。

[図1]

図1

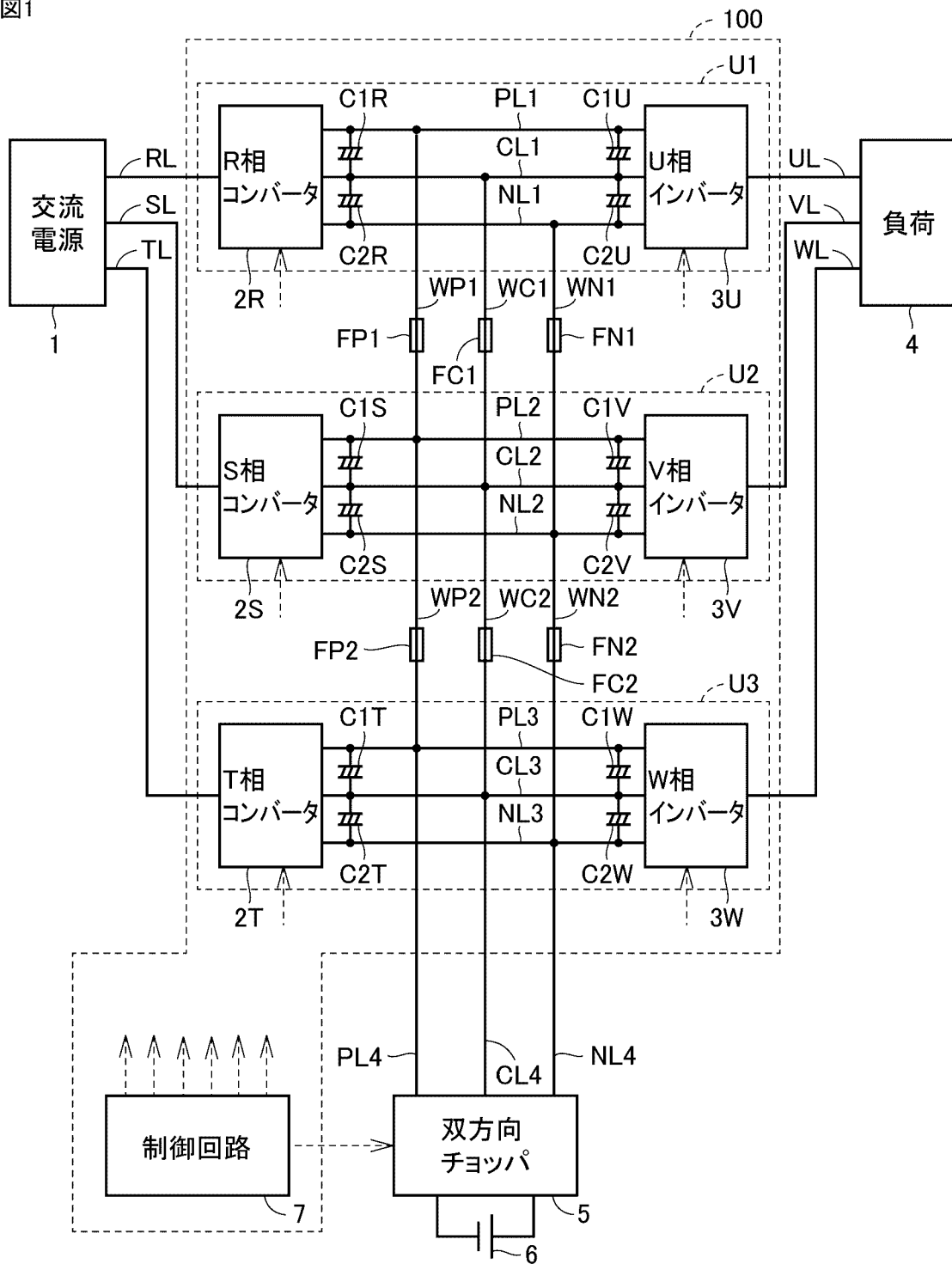
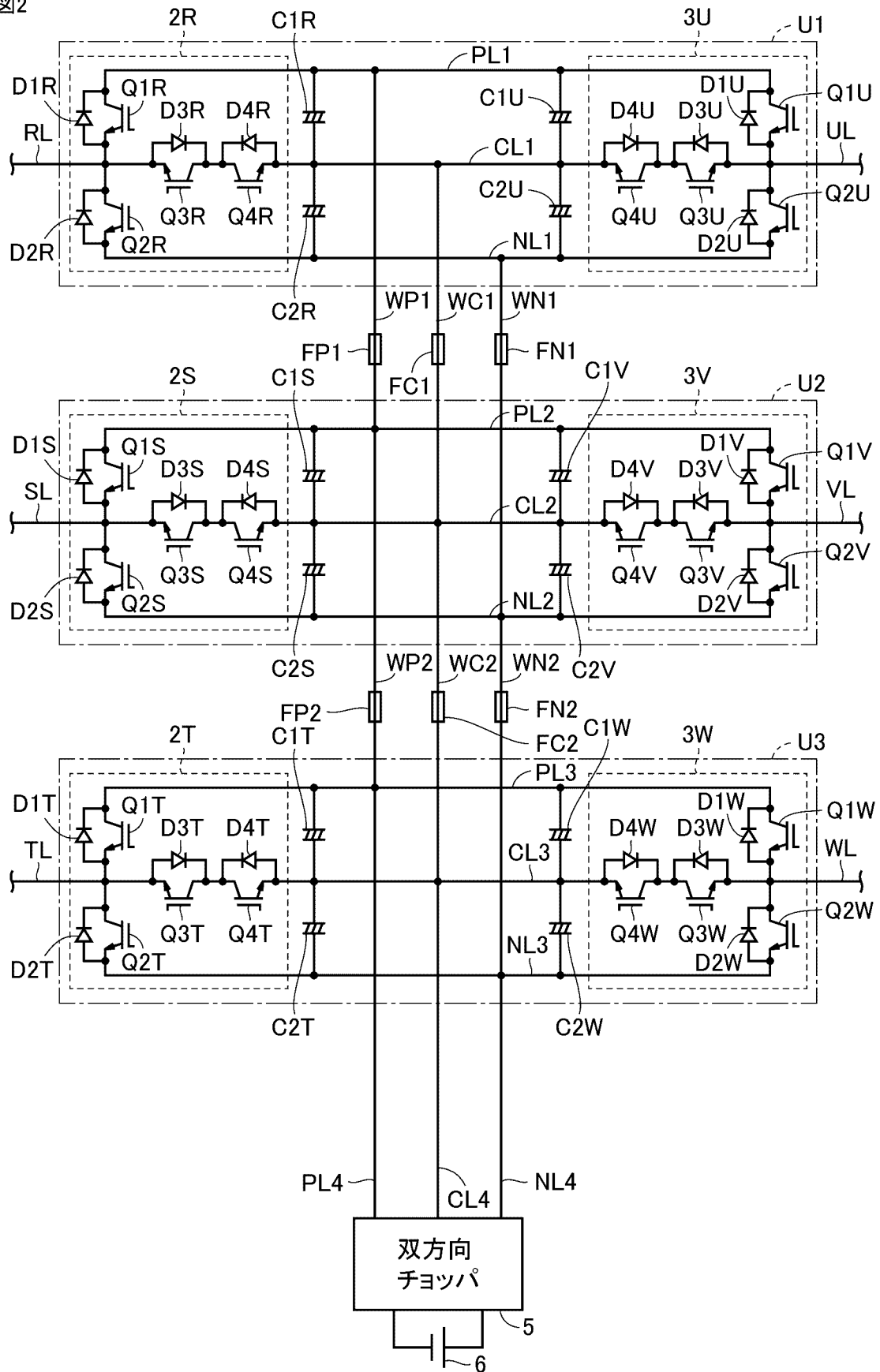
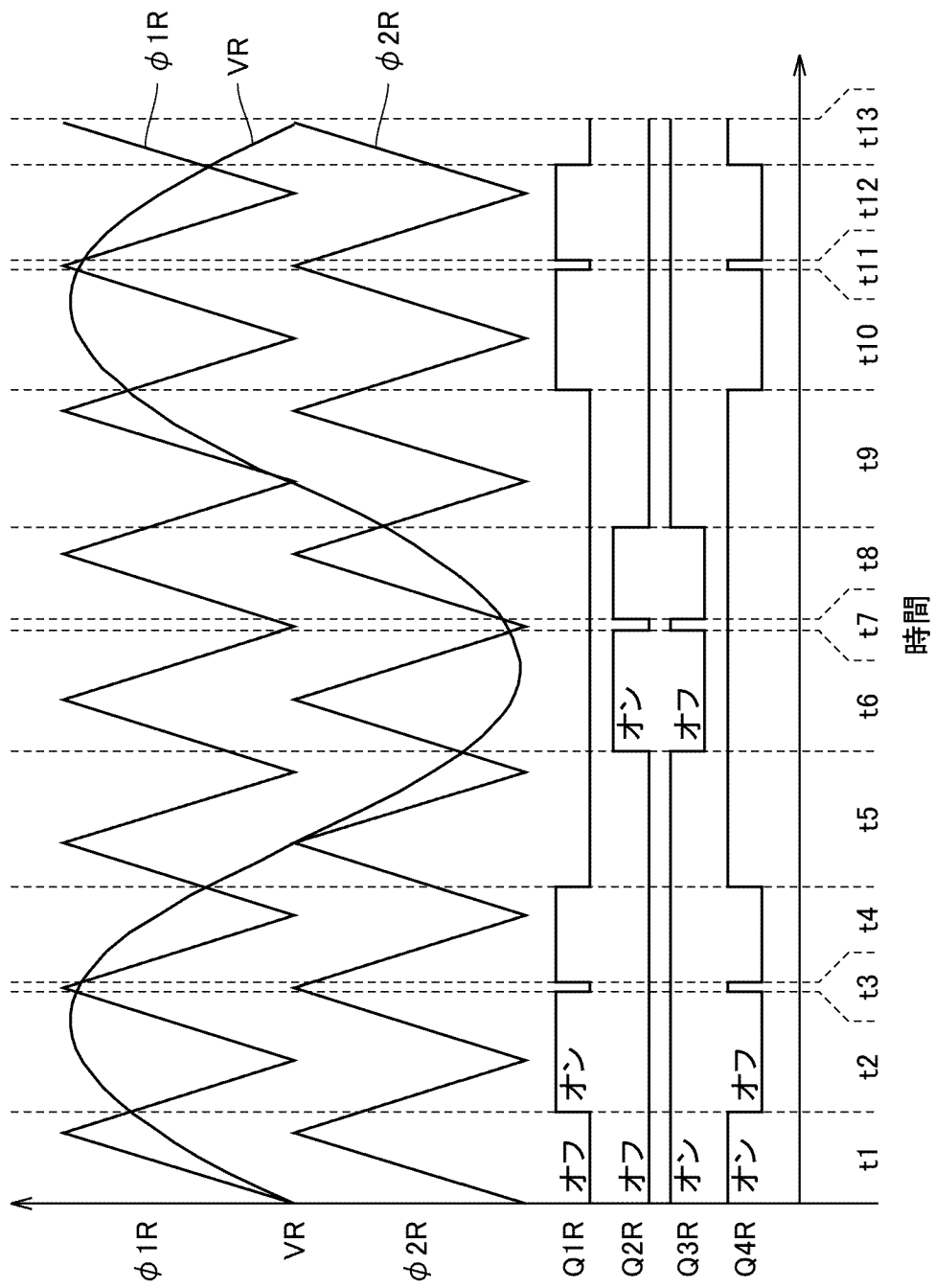


图2



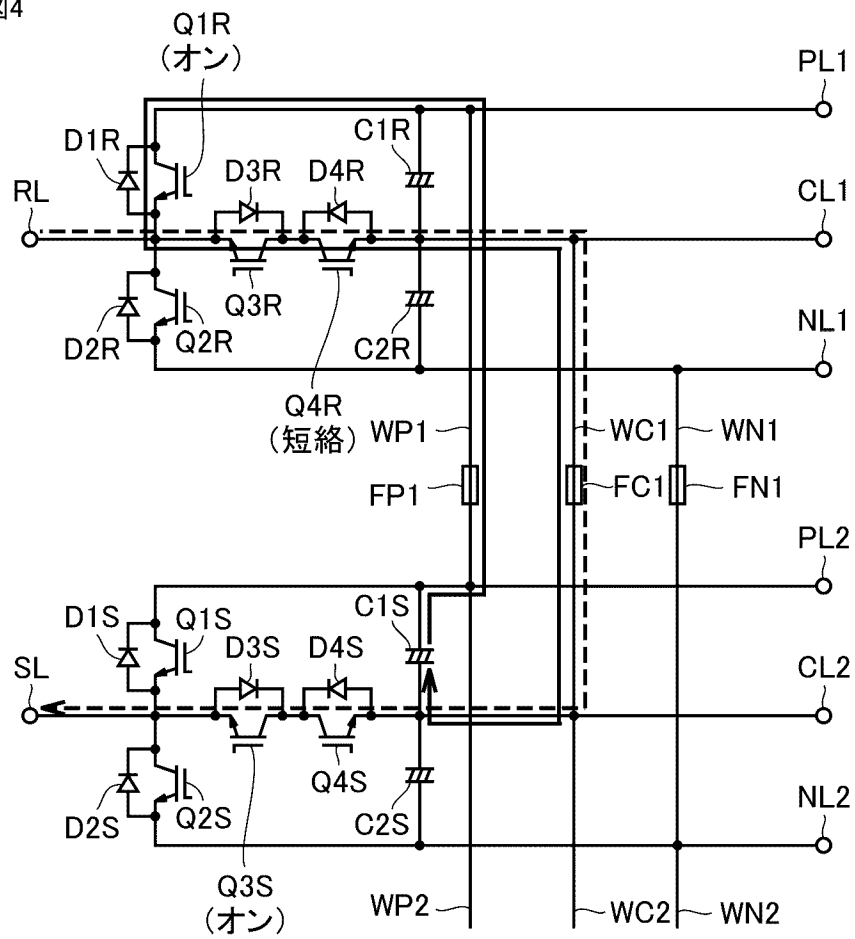
[図3]

図3



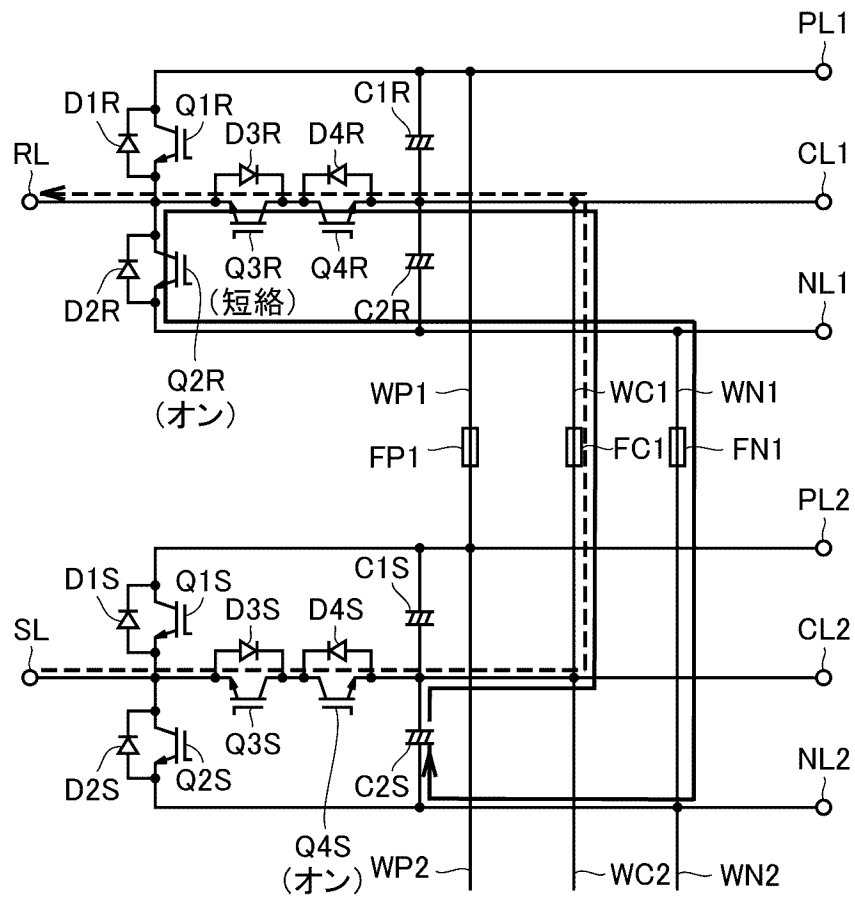
[図4]

図4



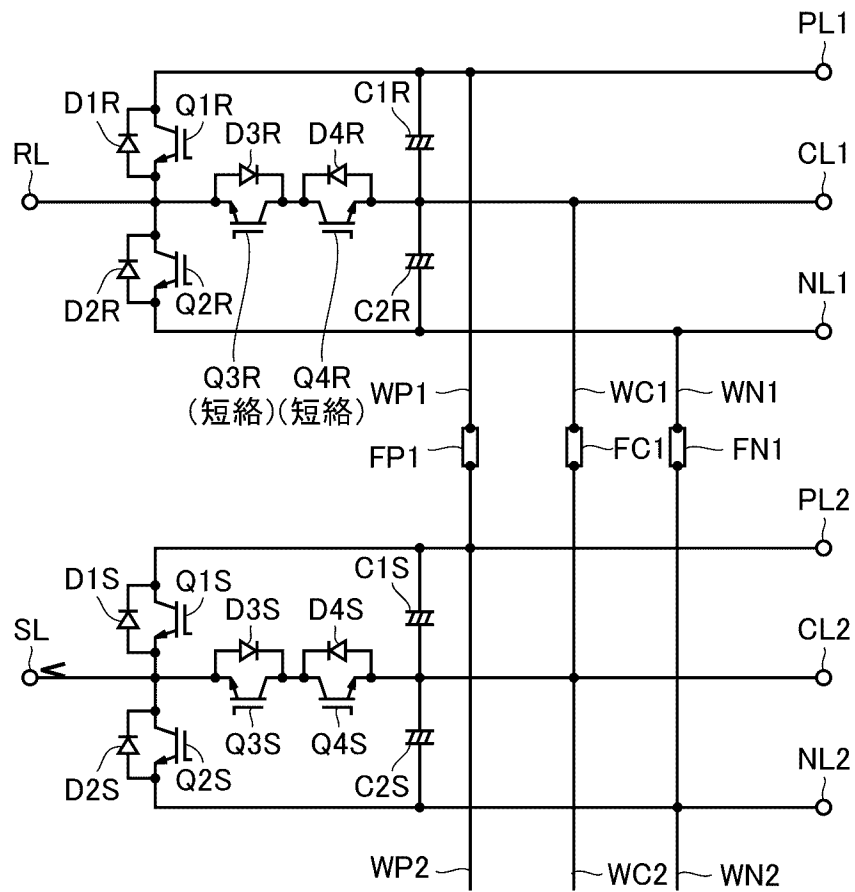
[図5]

図5

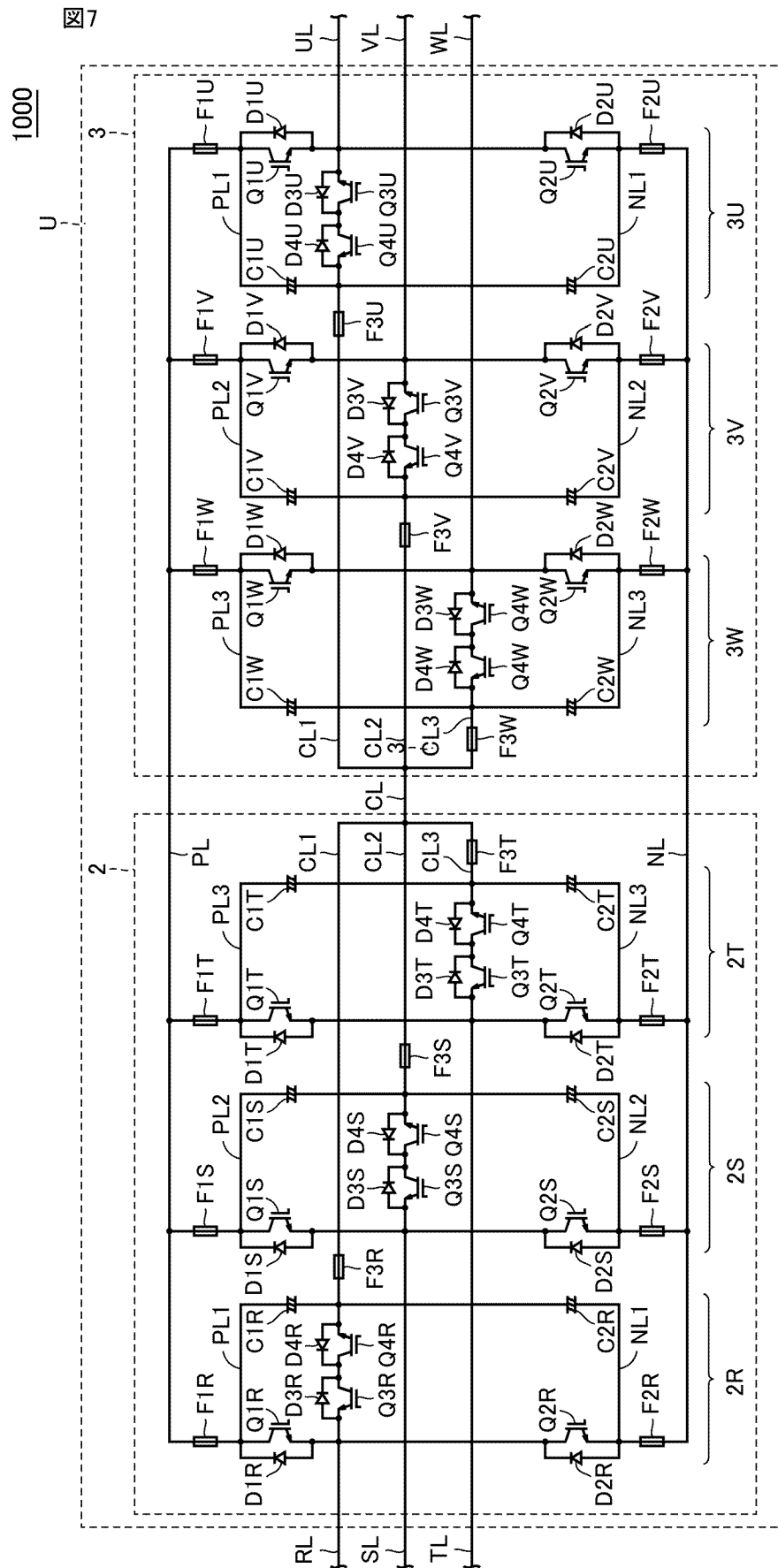


[図6]

図6

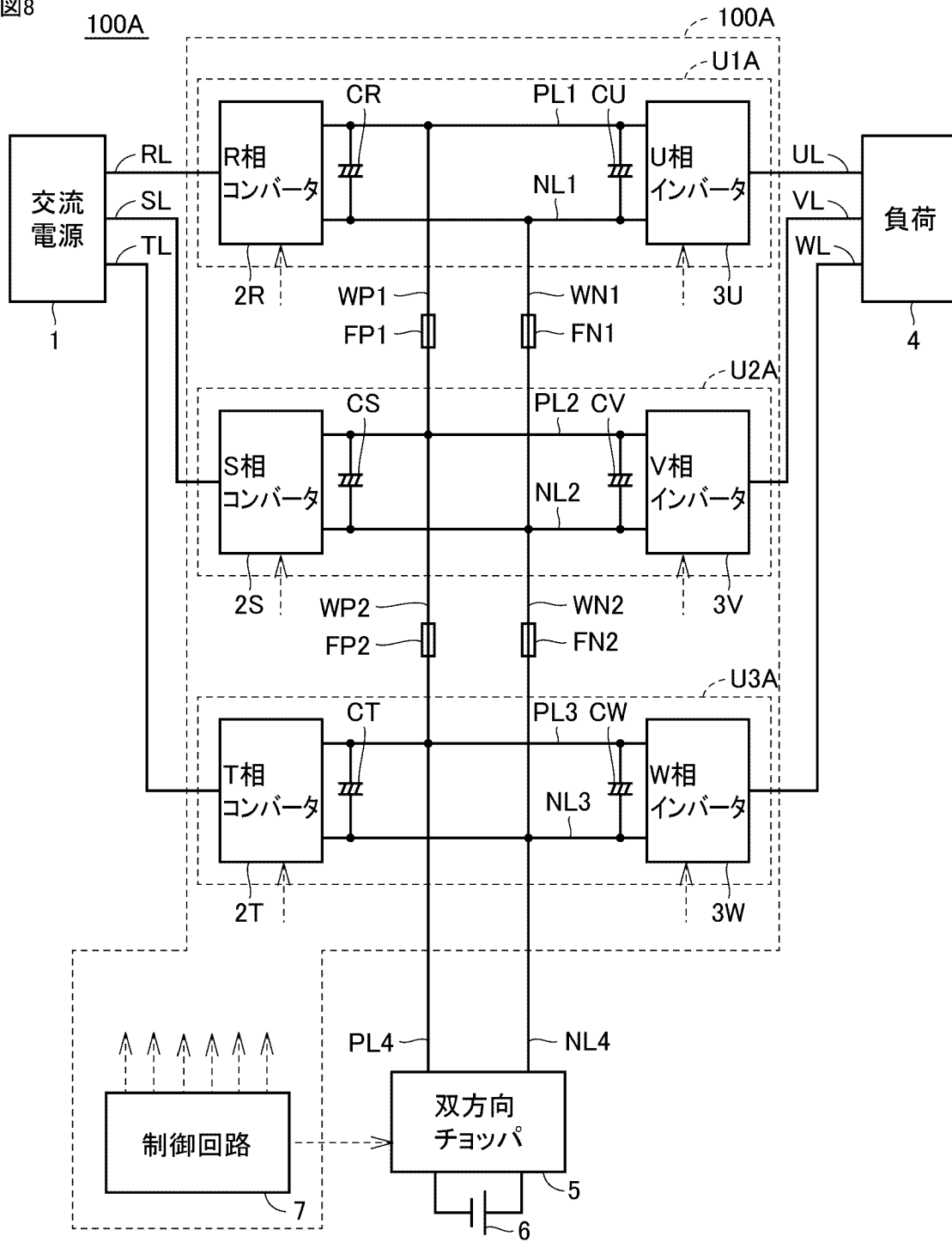


[図7]



[図8]

図8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/084084

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M5/458(2006.01) 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)

H02M1/00-7/00

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.
A	WO 2010/095241 A1 (Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.), 26 August 2010 (26.08.2010), entire text; all drawings & US 2011/0051478 A1 entire text; all drawings & JP 5159888 B2 & KR 10-2010-0103642 A & CN 101953062 A	1-4
A	WO 2007/129469 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 15 November 2007 (15.11.2007), entire text; all drawings & JP 5049964 B2	1-4

☐ 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
30 November 2016 (30.11.16)

Date of mailing of the international search report
13 December 2016 (13.12.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02M5/458(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02M1/00-7/00

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
A	WO 2010/095241 A1（東芝三菱電機産業システム株式会社） 2010.08.26, 全文, 全図 & US 2011/0051478 A1, 全文, 全図 & JP 5159888 B2 & KR 10-2010-0103642 A & CN 101953062 A	1-4
A	WO 2007/129469 A1（三菱電機株式会社）2007.11.15, 全文, 全図 & JP 5049964 B2	1-4

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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

30.11.2016

国際調査報告の発送日

13.12.2016

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）

東 昌秋

5G

3139

電話番号 03-3581-1101 内線 3526