(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年1月19日(19.01.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/286189 A1

(51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/026406

(22) 国際出願日： 2021年7月14日(14.07.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 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).

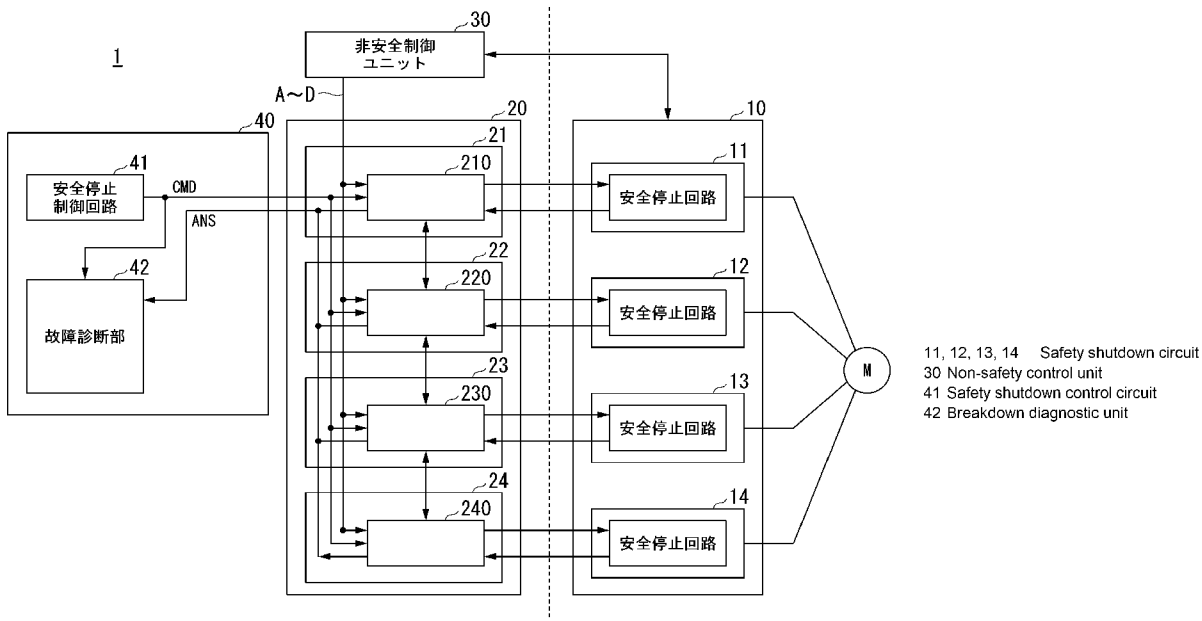
(72) 発明者: 森藤 力(**MORITO Chikara**); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP). 戸林 俊介(**TOBAYASHI Shunsuke**); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (**TANAI Sumio** et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 Tokyo (JP).

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

(54) **Title:** POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称： 電力変換装置



(57) **Abstract:** A power conversion device according to the present invention comprises a first relay unit, one or more second relay units, and a safety control unit. The first relay unit comprises a first logical processing unit that sends, to an upstream side, a response signal from a first power conversion unit and a response signal from a further downstream side than a host first relay unit. Each of the one or more second relay units includes a second logical processing unit that sends, to a further upstream side than the one second relay unit, a response signal from one second power conversion unit of the one or more second power conversion units and a response signal from a further downstream side than the one second relay unit. The safety control unit is disposed at an upstream side of the first logical processing unit, implements functional safety control of the first power conversion unit and the one or more second power conversion units by sending a control

WO 2023/286189 A1

［続葉有］

HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, 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)）

command for functional safety control to the first relay unit, and monitors the state of functional safety control of the first power conversion unit and the state of functional safety control of the one or more second power conversion units.

(57) 要約：電力変換装置は、第１中継ユニットと、１つ以上の第２中継ユニットと、安全制御部と、を備える。前記第１中継ユニットは、第１電力変換ユニットからの応答信号と、自第１中継ユニットよりも下流側からの応答信号とを上流側に送る第１論理処理部を含む。前記１つ以上の第２中継ユニットは、前記１つ以上の第２電力変換ユニットのなかの１つの第２電力変換ユニットからの応答信号と、前記１つの第２中継ユニットよりも下流側からの応答信号とを前記１つの第２中継ユニットよりも上流側に送る第２論理処理部を夫々含む。前記安全制御部は、前記第１論理処理部の上流側に配置され、前記第１中継ユニットに機能安全制御のための制御指令を送ることで前記第１電力変換ユニットと前記１つ以上の第２電力変換ユニットの機能安全制御を実施して、前記第１電力変換ユニットの機能安全制御の状態と前記１つ以上の第２電力変換ユニットの機能安全制御の状態とを監視する。

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、電力変換装置に関する。

背景技術

[0002]　電力変換装置には、スイッチング素子を夫々有する複数の電力変換ユニット（主回路）を冗長化して構成することで可用性を高めているものがある。機能安全制御は、システムの稼働中に生じうるリスクを低減するものである。例えば、電力変換装置に機能安全制御を適用することで、生じたリスクに応じて電力変換装置からの電力の出力を止めて、不安定な状態で稼働することを制限できる。電力変換装置の構成とその規模は、ユーザの要求仕様により決定されるため、電力変換装置として様々な構成と規模に対応できることが要求される。その構成が複雑になるほど、また規模が大きくなるほど、複数の電力変換ユニットの機能安全制御のための構成が複雑になり、機能安全制御の状態を示す情報を収集することが困難な場合があった。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０２０－０１４３２１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　本発明が解決しようとする課題は、冗長化された複数の電力変換ユニットの機能安全制御の状態を示す情報を、簡易な構成で収集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

[0005]　実施形態の一態様の電力変換装置は、複数の電力変換ユニットが複数のバンクに分かれて構成されていて、バンク単位で電力変換ユニットの稼働状態が制御される。電力変換装置は、第１中継ユニットと、１つ以上の第２中継

ユニットと、安全制御部と、を備える。前記第１中継ユニットは、第１電力変換ユニットに対応づけられた第１バンクにおいて、前記第１電力変換ユニットからの応答信号と、自第１中継ユニットよりも下流側からの応答信号とを上流側に送る。前記１つ以上の第２中継ユニットは、１つ以上の第２電力変換ユニットに夫々対応づけられた１つ以上の第２バンクにおいて、前記１つ以上の第２電力変換ユニットのなかの１つの第２電力変換ユニットからの応答信号と、前記１つの第２中継ユニットよりも下流側からの応答信号とを前記１つの第２中継ユニットよりも上流側に送る。前記安全制御部は、前記第１中継ユニットの上流側に配置され、機能安全制御のための制御指令を含む指令信号を前記第１中継ユニットに送ることで前記第１電力変換ユニットの機能安全制御と前記１つ以上の第２電力変換ユニットの機能安全制御とを実施して、前記第１電力変換ユニットの機能安全制御の状態と前記１つ以上の第２電力変換ユニットの機能安全制御の状態とを監視する。

図面の簡単な説明

[0006] [図1A]実施形態の電力変換装置の概略構成図。

[図1B]実施形態の電力変換装置の安全制御に係る概略構成図。

[図2A]実施形態の第１例の電力変換ユニットの構成図。

[図2B]実施形態の第２例の電力変換ユニットの構成図。

[図3A]実施形態の電力変換装置における中継ユニット群の構成図。

[図3B]実施形態の電力変換装置における中継ユニット群の構成図。

[図4]実施形態の中継ユニットの構成図。

[図5]実施形態のバンク選択について説明するための図。

[図6]実施形態のバンク選択について説明するための図。

[図7]実施形態の選択部の構成図。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、実施形態の電力変換装置を、図面を参照して説明する。なお、以下の説明では、同一又は類似の機能を有する構成に同一の符号を付す。そして、それらの構成の重複する説明は省略する場合がある。なお、電気的に接続

されることを、単に「接続される」ということがある。なお、安全制御ユニットは、監視対象である電力変換ユニットの機能安全制御の状態（安全制御状態と呼ぶ。）を監視する。安全制御ユニット側を上流側と呼び、安全制御ユニットから離れる方を下流側と呼ぶ。

[0008] なお、実施形態において例示する電力変換装置１は、可用性に対する要求が比較的高いシステムに適用できるように主回路が冗長化されている。その冗長化の一例として、待機冗長と、容量冗長との何れか又は両方を適用する事例について説明する。待機冗長とは、複数のバンクを含む構成の電力変換装置１において、現用系にしていた特定のバンクの電力変換ユニット１０が故障したときに、待機系にしていたバンクの電力変換ユニット１０を現用系に切り替えて、電力変換装置１の運転を継続する方法である。ここでは、１つのバンクを待機系にした構成を例示する。容量冗長とは、交流電力の必要容量に対して供給可能容量に余裕を持たせて構成し、故障部分を切り離しても残した構成で運転を継続して必要な容量を確保する運転の継続する方法である。

[0009] （第１の実施形態）

図１Ａは、実施形態の電力変換装置１の概略構成図である。図１Ｂは、実施形態の電力変換装置１の安全制御に係る概略構成図である。

[0010] 図１Ａに示す電力変換装置１は、例えば、電力変換ユニット１１から１４と、中継ユニット群２０と、非安全制御ユニット３０（非安全制御部）と、安全制御ユニット４０（安全制御部）とを備える。

[0011] 電力変換ユニット１１から１４は、例えば、図示されない１又は複数のスイッチング素子を夫々備え、そのスイッチングによって電力を変換する。スイッチング素子の種類は、ＩＧＢＴ（Insulated Gate Bipolar Transistor）、ＩＥＧＴ（Injection Enhanced Gate Transistor）、ＭＯＳＦＥＴ（metal-oxide-semiconductor field-effect transistor）などであってよい。電力変換ユニット１１は、第１電力変換ユニットの一例である。電力変換ユニット１２から１４は、１つ以上の第２電力変換ユニットの一例である。以下、

複数の電力変換ユニットの一例である電力変換ユニット１１から１４までを区別することなく纏めて示すときに、単に電力変換ユニット１０と呼ぶことがある。電力変換ユニット１０は、制御により交流電力を生成するインバータとして機能して、その出力に接続されたモーターＭの巻線に電流を流す。

[0012] 各電力変換ユニット１０は、複数のバンクに分かれて構成されている。例えば、電力変換装置１は、バンク単位で各電力変換ユニット１０の稼働状態を制御する。例えば、電力変換装置１は、冗長制御の切り替えを、バンク単位で切り替える。電力変換装置１におけるバンク数は、例えば、１つから４つまでの何れかを選択できる。例えば、バンク数は、電力変換装置１の要求仕様によって決定される。以下の説明では、実施形態における最大のバンク構成のバンク数を４つにした場合を例示して説明する。

[0013] 中継ユニット群２０は、バンク構成に応じて互いに分割されて構成されていて、例えば中継ユニット２１から２４までを含む。例えば、中継ユニット２１は、電力変換ユニット１１とともに第１バンクに対応づけられている。中継ユニット２２は、電力変換ユニット１２とともに第２バンクに対応づけられている。中継ユニット２３は、電力変換ユニット１３とともに第３バンクに対応づけられている。中継ユニット２４は、電力変換ユニット１４とともに第４バンクに対応づけられている。

[0014] 中継ユニット２１は、第１中継ユニットの一例である。また、中継ユニット２２から２４は、３つの第２中継ユニットに相当し、１つ以上の第２中継ユニットの一例である。このように中継ユニット群２０の下流側には、夫々電力変換ユニット１０が設けられている。中継ユニット群２０の上流側には、非安全制御ユニット３０と安全制御ユニット４０が設けられている。少なくとも、安全制御ユニット４０は、中継ユニット群２０よりも上流側に配置されている。中継ユニット群２０は、非安全制御ユニット３０と安全制御ユニット４０からの各電力変換ユニット１０に対する制御を中継する。中継ユニット群２０は、各電力変換ユニット１０の状態を、非安全制御ユニット３０と安全制御ユニット４０に対して中継する。

[0015] 非安全制御ユニット３０は、例えば、各電力変換ユニット１０の容量冗長制御と、各電力変換ユニットの待機冗長制御を実施する。容量冗長制御の場合、非安全制御ユニット３０は、電力変換ユニット１１と、電力変換ユニット１２から１４とにおける電力変換量を調整した冗長運転を実施する。待機冗長制御の場合、非安全制御ユニット３０は、稼働させる電力変換ユニット１０に対応する使用設定信号Ａ－Ｄを出力することで、電力変換ユニット１１と、電力変換ユニット１２から１４とのなかから活性化させる電力変換ユニットを選択する。これにより選択された電力変換ユニット１０が現用系として電力変換を行い、選択されなかった電力変換ユニット１０が電力変換を行わない待機系になる。

[0016] 安全制御ユニット４０は、各電力変換ユニット１０の機能安全制御を実施して、各電力変換ユニット１０の稼働中に生じうるリスクを低減させる。安全制御ユニット４０は、運転指令CMDを生成して、運転指令CMDによって各電力変換ユニット１０の出力状態を制御する。安全制御ユニット４０は、各電力変換ユニット１０からの応答信号ANSを受けて、運転指令CMDに対する機能安全制御の稼働状態を監視する。

[0017] このように構成された電力変換装置１において、各電力変換ユニット１０は、非安全制御ユニット３０と、安全制御ユニット４０とからの制御によって、稼働状態が決定される。各電力変換ユニット１０が夫々備えるスイッチング素子のスイッチング制御は、非安全制御ユニット３０からの制御によって決定される。これのほか、各電力変換ユニット１０は、安全制御ユニット４０からの制御によって出力が制限されることがある。電力変換装置１は、冗長化された複数の電力変換ユニット１０を組み合わせて機能させることによって所望の電力量の電力を変換して、モーターＭを駆動させる。

[0018] 以下、電力変換装置１内の各部のより詳しい説明を順に示す。

図２Ａと図２Ｂを参照して、実施形態の電力変換ユニット１０について説明する。

図２Ａは、実施形態の電力変換ユニット１０Ａの構成図である。電力変換

ユニット１０Ａは、３相交流電力を生成する３レベル型インバータの一例である。図２Ｂは、実施形態の電力変換ユニット１０Ｂの構成図である。電力変換ユニット１０Ｂは、３相交流電力を生成する５レベル型インバータの一例である。電力変換ユニット１０Ａと電力変換ユニット１０Ｂは、電力変換ユニット１０の一例である。以下、電力変換ユニット１０Ａと電力変換ユニット１０Ｂの夫々について順に説明する。

[0019] 図２Ａに示す電力変換ユニット１０Ａは、主回路部１１１Ａと、主回路制御部１１２と、安全停止回路１１３とをそれぞれ備える。上記のほかに、例えば主回路部１１１Ａと、安全停止回路１１３との間、安全停止回路１１３と中継ユニット群２０との間を互いに電気的に絶縁させるインタフェース部が適宜設けられている。以下の説明では、説明を簡単にするため、上記のインタフェース部の説明を省略する。

[0020] 主回路部１１１Ａは、３相交流の各相について、１又は複数のスイッチング素子を夫々備えたＮＰＣ（Neutral-Point-Crumped）型のレグを、相毎に１つずつ備える。主回路部１１１Ａは、後述するゲートパルス(gate）によって、１又は複数のスイッチング素子のスイッチングが制御される。後述する安全停止回路１１３によってその駆動が制限されていない場合に、ゲートパルス(gate）の供給を受け、安全停止回路１１３によってその駆動が制限されている場合には、ゲートパルス(gate）の供給が中断する。図２Ａに示す主回路部１１１Ａの構成は、３レベル型の一例であり、これに制限されず、３レベル型のほかの構成であってもよく、例えば、２レベル型であってもよい。

[0021] 主回路制御部１１２は、非安全制御ユニット３０からの制御と、図示されない各種センサーの検出結果又は制御状態の推定結果とに基づいて、１又は複数のスイッチング素子をスイッチングさせるためのゲートパルス(s_gate)を生成する。非安全制御ユニット３０からの制御指令には、例えば位置制御、速度制御、トルク制御などの基準値を示す制御指令が含まれる。なお、非安全制御ユニット３０から主回路制御部１１２に対する制御指令は、中継ユニット群２０を介さずに直接的に主回路制御部１１２に供給されてよい。

[0022] 安全停止回路１１３は、主回路制御部１１２の出力に接続され、主回路制御部１１２からゲートパルス(s_gate）の供給を受ける。安全停止回路１１３は、所定の条件が満たされた場合に、そのゲートパルス(s_gate）に対応するゲートパルス(gate）を主回路部１１１Ａに供給することで、主回路部１１１Ａを活性化させて電力変換を行わせる。なお、安全停止回路１１３は、所定の条件が満たされない場合には、そのゲートパルスの主回路部１１１Ａに対する供給を制限する。

[0023] 安全停止回路１１３は、後述する中継ユニット２１から２４の何れかに接続されるように形成されている。例えば、電力変換ユニット１１の安全停止回路１１３は、中継ユニット２１を経て安全制御ユニット４０からの制御を受ける。例えば、安全停止回路１１３は、中継ユニット２１を経て運転指令CMDを受けて、これに応答して安全制御ユニット４０に、応答信号ANSを送信する。図２Ａにおいて、運転指令CMDと応答信号ANSを、CMD10とANS10と記す。

[0024] 上記は、図２Ａに示す電力変換ユニット１０Ａに関する説明である。これに対し、図２Ｂに示す電力変換ユニット１０Ｂは、電力変換ユニット１０Ａの主回路部１１１Ａに代えて主回路部１１１Ｂを備える。相違点を中心に説明する。

[0025] 主回路部１１１Ｂは、３相交流の各相について、１又は複数のスイッチング素子を夫々備えたＮＰＣ（Neutral-Point-Crumped）型のレグを、相毎に２つずつ備える。図２Ｂに示す主回路部１１１Ｂの構成は、５レベル型の一例であり、これに制限されない。

[0026] 上記の各相における第１のレグの出力は、モーターＭの巻線に接続され、第２のレグの出力は、交流系の中性点に接続される。例えば、Ｕ相はレグＵとレグＸを含み、Ｖ相はレグＶとレグＹを含み、W相はレグWとレグＺを含む。レグＵとレグＶとレグWの各出力がモーターＭのＵＶW相の各巻線に接続され、レグＸとレグＹとレグＺ各出力が交流系の中性点に夫々接続される。

[0027] 上記のように、電力変換ユニット１０Ａと電力変換ユニット１０Ｂは、主

回路の構成が異なるが、機能安全制御については、同様の制御を適用することができる。

[0028] なお、各電力変換ユニット１０の出力同士がモーターMの特定の巻線の一端にともに接続される場合には、各電力変換ユニット１０の出力とモーターMの特定の巻線のその一端との間にリアクトルを設けて、過大な電流が過渡的に発生することを抑制するとよい。上記の説明は、主たる接続を示したものであり、上記のように、夫々の接続にリアクトルが含まれていてもよい。図１Ａ、図２Ａ、図２Ｂなどに上記のリアクトルの表記を省略する。なお、上記のようにリアクトルを必要としない部分には、上記の図のようにリアクトルを省略できる。リアクトルを設ける場合には、上記の過電流保護などを目的とした一般的な構成を適用してよい。

[0029] 各電力変換ユニット１０は、中継ユニット群２０を介して、安全制御ユニット４０から夫々「出力停止」の運転指令CMDを受けると、安全停止回路１１３によって交流電力の出力が停止するように制御される。これによって、各電力変換ユニット１０は交流電力の供給を停止する。これに応じてモーターMの巻線に対する交流電力の供給が停止する。

[0030] 次に、図１Ａと図１Ｂとを参照して、中継ユニット群２０について説明する。

中継ユニット２１は、電力変換ユニット１１からの応答信号ANSと、中継ユニット２１よりも下流側からの応答信号ANSとを上流側に送る第１論理処理部２１０を含む。中継ユニット２２は、電力変換ユニット１２からの応答信号ANSと、中継ユニット２２よりも下流側からの応答信号ANSとを上流側に送る第２論理処理部２２０を含む。中継ユニット２３は、電力変換ユニット１３からの応答信号ANSと、中継ユニット２３よりも下流側からの応答信号ANSとを上流側に送る第２論理処理部２３０を含む。中継ユニット２４は、電力変換ユニット１４からの応答信号ANSと、中継ユニット２４よりも下流側からの応答信号ANSとを上流側に送る第２論理処理部２４０を含む。なお、中継ユニット２４の下流側には、同様の中継ユニットを設けないため、第２論理処理部

２４０に下流側からの応答信号ANSは供給されない。

[0031] このように、中継ユニット２１から２４は、各電力変換ユニット１０に夫々対応づけられていて、各電力変換ユニット１０からの応答信号ANSと、その中継ユニットよりも下流側からの応答信号ANSとを上流側に送るように構成されている。

[0032] 非安全制御ユニット３０は、電力変換装置１の中で稼働させる各電力変換ユニット１０を指定するための使用設定信号Ａ－Ｄを生成して、中継ユニット２１から２４に供給する。使用設定信号Ａ－Ｄは、稼働させる電力変換ユニット１０を指示するための情報を含む。

[0033] 安全制御ユニット４０は、中継ユニット２１の上流側に配置され、中継ユニット２１に接続されている。換言すれば安全制御ユニット４０は、中継ユニット２１から２４の上流側に配置されている。安全制御ユニット４０と、中継ユニット２１と、中継ユニット２２から２４とは、安全制御ユニット４０を上流側として規定されていて、かつ、その記載の順に基づいた接続順が規定されている。安全制御ユニット４０と、中継ユニット２１と、中継ユニット２２から２４とは、上記の接続順に従い互いに電気的に接続されている。

[0034] 安全制御ユニット４０は、少なくとも各電力変換ユニット１０の機能安全制御の状態を監視する。安全制御ユニット４０は、各電力変換ユニット１０に運転指令CMDを送り、各電力変換ユニット１０を制御してよい。

[0035] 例えば、安全制御ユニット４０は、安全停止制御回路４１と、故障診断部４２とを備える。安全停止制御回路４１は、各電力変換ユニット１０に運転指令CMDを送り、各電力変換ユニット１０における安全停止制御の状態を纏めて制御する。安全停止制御回路４１が出力する運転指令CMDは、例えば、各電力変換ユニット１０の機能安全制御を有効にして、それらを稼働させるための信号である。安全停止制御回路４１と、これを有効にする場合に、例えば運転指令CMDとしてＨレベルの信号を出力する。

[0036] 各電力変換ユニット１０は、この運転指令CMDに対する安全制御信号CMD10

に応答して、応答信号ANS10を出力する。中継ユニット２１から２４は、この応答信号ANS10を中継して、安全制御ユニット４０に対し通知する。安全制御ユニット４０は、この応答信号ANS10に対応する応答信号ANSを、各電力変換ユニット１０の安全制御状態を示す信号として受信する。なお、後述する安全制御信号CMD11から安全制御信号CMD14は、安全制御信号CMD10の一例である。後述する応答信号ANS11から応答信号ANS14は、応答信号ANS10の一例である。

[0037] 安全制御ユニット４０が送出した運転指令CMDの論理と、上記の応答信号ANSの論理とが対応している場合に、故障診断部４２は、電力変換装置１における機能安全制御が有効に機能していると判定する。この詳細について後述する。

[0038] 次に、電力変換装置１に含まれる中継ユニットの種類について説明する。

冗長構成化されている電力変換装置１は、バンク数によらず２種類の中継ユニットを含めて形成される。そのため３バンク以上の構成の場合、電力変換装置１は、同種の中継ユニットを複数用いることになる。本実施形態に適用する同種の複数の中継ユニットは、ユーザによるスイッチ操作、ソフトウェアを用いたフラグの設定などによることなく、その同種の複数の中継ユニットの中の何れであるかの識別をハードウェア的な方法で識別する。

[0039] 中継ユニットの識別について説明する。

上記のように３バンク以上の構成では、共通のハードウェアで構成された同種の中継ユニットが複数用いられる。この場合、各中継ユニットを識別することが必要になる。本実施形態の電力変換装置１は、例えば下記するように、共通のハードウェアで構成された中継ユニットを、その実装位置に基づいて識別する。以下、バンク数ごとの構成例について説明する。

[0040] ２バンク構成の場合：

２バンク構成の場合には、１つの型式Ａの中継ユニット（「ユニットＡ」と呼ぶ。）と、１つの型式Ｂの中継ユニット（「ユニットＢ」と呼ぶ。）が含まれる。なお、この２バンク構成の場合には、各中継ユニットは１つずつ

であり、同種の中継ユニットは存在しない。

[0041] この構成の接続形態を模式化して、次の式（１）に示す。第１項が、第１バンク（A-bankという。）であり、第２項が、第２バンク（B-bankという。）である。「＋」の記号は、接続されていることを示す。以下、同様。

[0042] (ユニットＡ)+(ユニットＢ) （１）

[0043] 上記の式（１）の関係から読み取れるA-bankとB-bankの夫々について、これに対する型式の割り付けと、夫々の接続状態の特徴とを、次の式（２）に整理する。

[0044] A-bank：ユニットＡ

B-bank：ユニットＡに接続されているユニットＢ （２）

[0045] ３バンク構成の場合：

３バンク構成の場合には、１つのユニットＡと、２つのユニットＢが含まれる。この構成の接続形態を模式化して、次の式（３）に示す。第３項が、第３バンク（C-bankという。）である。

[0046] (ユニットＡ)+第１の(ユニットＢ)+第２の(ユニットＢ) （３）

[0047] 上記の式（３）の関係から読み取れるA-bankからC-bankの夫々について、これに対する型式の割り付けと、夫々の接続状態の特徴とを、次の式（４）に整理する。

[0048] A-bank：ユニットＡ

B-bank：ユニットＡと第２のユニットＢとに接続されている第１のユニットＢ

C-bank：第１のユニットＢに接続されている第２のユニットＢ （４）

[0049] ４バンク構成の場合には、１つのユニットＡと、３つのユニットＢが含まれる。この構成の接続形態を模式化して、次の式（５）に示す。第４項が、第４バンク（D-bankという。）である。

[0050] (ユニットＡ)+第１の(ユニットＢ)+第２の(ユニットＢ)+第３の(ユニットＢ) （５）

[0051] A-bank：ユニットＡ

B-bank：ユニットＡと第２のユニットＢとに接続されている第１のユニットＢ

C-bank：第１のユニットＢと第３のユニットＢとに接続されている第２のユニットＢ

D-bank：第２のユニットＢに接続されている第３のユニットＢ　（６）

[0052] 上記の通り、同種の複数の中継ユニットを備える構成であっても、各中継ユニット間の相互の接続関係の情報に基づいた識別により、夫々割り当てられたバンクを識別できる。

[0053] 次に、図３Ａと図３Ｂを参照して、電力変換装置１における中継ユニット群２０の構成について説明する。図３Ａと図３Ｂが、実施形態の電力変換装置１における中継ユニット群の構成図である。図３Ａと図３Ｂに、電力変換装置１における中継ユニット群を２つに分けて示す。図３Ａの下端と図３Ｂの上端が連結されている。

[0054] まず、電力変換装置１における各中継ユニットの接続関係を整理する。

図３Ａに示すように中継ユニット２１は、外部への接続用コネクタとしてＣＮＡ１－９を備える。

[0055] ＣＮＡ１は、例えば、端子ａ－ｄを備える。ＣＮＡ１は、非安全制御ユニット３０に接続される。ＣＮＡ１の端子ａ－ｄには、非安全制御ユニット３０から使用設定信号Ａ－Ｄが夫々供給される。

[0056] ＣＮＡ２は、端子ｂ－ｈと端子ｋと、図示しない電源端子対とを備える。ＣＮＡ２の端子ｂ－ｄは、中継ユニット２１内でＣＮＡ１の端子ｂ－ｄに夫々接続されている。ＣＮＡ２の端子e－fは、中継ユニット２１の合成ゲート回路２１４の入力に夫々接続されている。ＣＮＡ２の端子ｇは、中継ユニット２１内でＣＮＡ３の入力端子に第１遅延回路（ＤＬＹ）を経て接続されている。ＣＮＡ２の端子ｈは、中継ユニット２１内でＣＮＡ４の入力端子に第２遅延回路（ＤＬＹ）を経て接続されている。ＣＮＡ１の端子ｋは、中継ユニット２１内で正の電源電圧にプルアップされていて、Ｈレベルに設定されている。図示しない電源端子対には、中継ユニット２１内から所定の直流電

圧がその端子間に供給される。ＣＮＡ２は、中継ユニット２２のＣＮＢ１に接続される。

[0057] ＣＮＡ３の出力端子とＣＮＡ４の出力端子は、合成ゲート回路２１４の出力に夫々接続されている。ＣＮＡ３とＣＮＡ４は、安全制御ユニット４０に夫々接続される。

[0058] ＣＮＡ５－８は、電力変換ユニット１１に夫々接続される。ＣＮＡ５、７は、電力変換ユニット１１に対して、安全制御信号CMD11を送出する。ＣＮＡ５、７は、例えば電気一光変換器を含む。ＣＮＡ６、８は、電力変換ユニット１１から安全制御信号CMD11に対する応答信号ANS11を受信する。ＣＮＡ５、７は、例えば光－電気変換器を含む。ＣＮＡ５－８は、光信号伝送用のコネクタであってよい。

[0059] 中継ユニット２２は、外部への接続用コネクタとしてＣＮＢ１－２、５－８を備える。

ＣＮＢ１は、端子ｂ－ｈと、端子ｋ－ｌと、図示しない電源端子対とを備える。ＣＮＢ１は、中継ユニット２１のＣＮＡ２に接続される。ＣＮＢ１の端子ｂ－ｋは、ＣＮＡ２の端子ｂ－ｋに夫々接続される。ＣＮＢ１の端子ｂ－ｄには、中継ユニット２１を経て非安全制御ユニット３０から使用設定信号Ｂ－Ｄが供給される。ＣＮＢ１の端子e－fは、中継ユニット２２の合成ゲート回路２２４の出力に夫々接続されている。ＣＮＢ１の端子ｇ－ｈは、中継ユニット２２内でＣＮＢ２の端子ｇ－ｈに接続されている。ＣＮＢ１の端子ｋは、中継ユニット２２の選択器２２１の入力に接続されている。ＣＮＢ１の端子ｌは、中継ユニット２１のＣＮＡ２の端子ｌに接続されていて、中継ユニット２２内で正の電源電圧が供給され、Ｈレベルに設定されている。このＣＮＢ１の端子ｌに正の電源電圧を供給する回路（２２５）は、中継ユニット２２からその上流側の中継ユニット２１にＨレベルの第１信号を出力する第１電圧設定回路（第１電圧設定回路２２５という。）の一例である。

[0060] ＣＮＢ２は、端子ｂ－ｈと、端子ｋ－ｌと、図示しない電源端子対とを備える。ＣＮＢ２の端子ｂ－ｄは、中継ユニット２２内でＣＮＢ１の端子ｂ－

ｄに夫々接続されている。ＣＮＢ２の端子e－fは、中継ユニット２２の合成ゲート回路２２４の入力に夫々接続されている。ＣＮＢ２の端子ｇ－ｈは、中継ユニット２１内でＣＮＢ１の端子ｇ－ｈに接続されている。ＣＮＢ２の端子ｋは、中継ユニット２２内で正電源に接続され、Ｈレベルに設定されている。ＣＮＢ２は、中継ユニット２３のＣＮＣ１に接続される。ＣＮＢ２の端子Ｉは、ＣＮＢ２の端子Ｉが開放されているときに、中継ユニット２２内でプルダウン抵抗があることによってＬレベルになる。このＣＮＢ２の端子Ｉは、中継ユニット２３が接続されていることにより、Ｈレベルに設定される。このＣＮＢ２の端子ｋにＬレベルの電圧を供給する回路（２２６）は、中継ユニット２２からその下流側の中継ユニット２３にＬレベルの第２信号を出力する第２電圧設定回路（第２電圧設定回路２２６という。）の一例である。

[0061] ＣＮＢ５－８は、電力変換ユニット１２に夫々接続される。ＣＮＢ５、７は、電力変換ユニット１２に対して、安全制御信号CMD12を送出するためのコネクタを含む。ＣＮＢ６、８は、電力変換ユニット１２から安全制御信号CMD12に対する応答信号ANS12を受信するためのコネクタを含む。ＣＮＢ５－８は、光信号用のコネクタであってよい。

[0062] 中継ユニット２３は、外部への接続用コネクタとしてＣＮＣ１－２、５－８を備える。

[0063] 中継ユニット２４は、外部への接続用コネクタとしてＣＮＤ１－２、５－８を備える。

[0064] 中継ユニット２３と中継ユニット２４は、中継ユニット２２と同じ構成を有しており、各中継ユニット内の各部の接続関係が中継ユニット２２と同じである。例えば、中継ユニット２３における安全制御信号とその安全制御信号に対する応答信号は、安全制御信号CMD13と応答信号ANS13になる。中継ユニット２４における安全制御信号とその安全制御信号に対する応答信号は、安全制御信号CMD14と応答信号ANS14になる。

[0065] 中継ユニット２３と中継ユニット２４の他の中継ユニットに対する接続関

係は下記のとおりである。中継ユニット２３のＣＮＣ１は、中継ユニット２２のＣＮＢ２に接続されている。中継ユニット２４のＣＮＤ１は、中継ユニット２２のＣＮＣ２に接続されている。なお、中継ユニット２４のＣＮＤ２は、未接続であってよい。中継ユニット２４のＣＮＤ２の端子Ｉは、中継ユニット２４の外部に接続されるものがなく開放されているため、中継ユニット２４内のプルダウン抵抗によってＬレベルになる。

[0066] 中継ユニット２３と中継ユニット２４と、それに対する電力変換ユニットとの接続関係は下記のとおりである。中継ユニット２３のＣＮＣ５－８は、電力変換ユニット１３に夫々接続される。中継ユニット２４のＣＮＤ５－８は、電力変換ユニット１４に夫々接続される。

[0067] 次に、各中継ユニットの内部の構成について説明する。

[0068] A-bankに適用される中継ユニット２１は、例えば、入力ゲート回路２１２と、出力ゲート回路２１３と、合成ゲート回路２１４とを備える。入力ゲート回路２１２と、出力ゲート回路２１３と、合成ゲート回路２１４は、前述の第１論理処理部２１０の一部であってよい。

[0069] 入力ゲート回路２１２は、使用設定信号Ａに基づいて、電力変換ユニット１１の応答信号ANSの取得を制限する。例えば、入力ゲート回路２１２は、使用設定信号ＡがＬレベルである場合に、電力変換ユニット１１の応答信号ANSの取得を制限し、Ｈレベルである場合に、電力変換ユニット１１の応答信号ANSを取得して、これを出力する。

[0070] 出力ゲート回路２１３は、使用設定信号Ａに基づいて、安全制御ユニット４０からの指令信号CMDの電力変換ユニット１１への出力を制限する。例えば、出力ゲート回路２１３は、使用設定信号ＡがＬレベルである場合に、安全制御ユニット４０からの指令信号CMDの電力変換ユニット１１への出力を制限し、Ｈレベルである場合に、安全制御ユニット４０からの指令信号CMDを電力変換ユニット１１に出力する。例えば、上記の指令信号CMDには、停止制御信号ST01_CMDと、ST02_CMDとが含まれていてよい。停止制御信号ST01_CMDと、ST02_CMDとは、冗長化された指令信号CMDの一例である。停止制御信号ST01_CM

Dと、ST02_CMDは、安全制御信号として、夫々ＣＮＢ５とＣＮＢ７から、電力変換ユニット１２に対して送出される。

[0071] 合成ゲート回路２１４は、入力ゲート回路２１２によって制限されずに取得した電力変換ユニット１１の応答信号ANS11に対応する応答信号ANS11aと、電力変換ユニット１１よりも下流側からの応答信号ANS11bとを合成して、その結果の信号を出力する。

[0072] 例えば、応答信号ANS11と、応答信号ANS11aと、応答信号ANS11bの論理は、Ｈレベルが出力許可状態を示し、Ｌレベルが出力停止状態を示す。安全制御ユニット４０が出力停止を示す運転指令CMDを出力すると、その運転指令CMDを受けた各電力変換ユニット１０は、それぞれ運転指令CMDに応じて出力を停止するとともに、それぞれ出力停止状態を示す応答信号（例えば応答信号ANS11）を出力する。この状態であれば、Ｈレベルの応答信号が存在することはない。ただし、この状態でありながら、Ｈレベルの応答信号が存在していたら、何らかの異常が生じている可能性がある。合成ゲート回路２１４は、正論理のオア回路で構成することで、Ｈレベルの応答信号の存在を上流側に転送することができる。この応答信号の転送の仕組みは、後述する中継ユニット２２から中継ユニット２４についても同様である。

[0073] 次に、図４を参照して、実施形態の中継ユニット２２の構成について説明する。図４は、実施形態の中継ユニット２２の構成図である。

[0074] B-bankに適用される中継ユニット２２は、選択器２２１と、入力ゲート回路２２２と、出力ゲート回路２２３と、合成ゲート回路２２４とを備える。中継ユニット２２は、上記のほか、さらに中継ユニット２２からその上流側に第１信号を出力するための第１電圧設定回路２２５と、中継ユニット２２からその下流側に第２信号を出力するための第２電圧設定回路２２６とを備える。例えば、選択器２２１と、入力ゲート回路２２２と、出力ゲート回路２２３と、合成ゲート回路２２４は、第２論理処理部２２０の一部であってよい。

[0075] 選択器２２１は、Ｗ信号（第２信号）の論理値とＺ信号（第１信号）の論

理値に基づいて使用設定信号Ｂ－Ｄ（第１使用設定信号から第３使用設定信号）のうちの何れかを選択して、使用設定信号SOUTを生成する。

[0076] 例えば、選択器２２１を下記のように構成してもよい。

選択器２２１は、セレクタ２２１ａと２２１ｂと、オアゲート回路２２１ｃとを備える。

[0077] セレクタ２２１ａの第１入力（Ｈ）と第２入力（Ｌ）には、B-bank（Ｂバンク）の使用設定信号ＢとC-bank（Ｃバンク）の使用設定信号Ｃとが夫々供給される。その制御端子には、上位の中継ユニット２１が出力する第２信号（W）が供給される。セレクタ２２１ａは、上記の第２信号（W）がＨレベル（ハイレベル）の場合、B-bankの使用設定信号Ｂを出力し、上記の第２信号（W）がＬレベル（ローレベル）の場合、C-bankの使用設定信号Ｃを出力する。このセレクタ２２１ａは、上記のように第２信号（W）の論理値に基づいて使用設定信号Ｂ（第１使用設定信号）と使用設定信号Ｃ（第２使用設定信号）とのうちの何れかを選択するように構成されている。

[0078] セレクタ２２１ｂの第１入力（Ｈ）と第２入力（Ｌ）には、セレクタ２２１ａの出力信号とD-bankの使用設定信号Ｄとが夫々供給される。その制御端子には、オアゲート回路２２１ｃの出力が接続されている。

[0079] オアゲート回路２２１ｃの第１入力には、上位の中継ユニット２１が出力する第２信号（W）が供給される。オアゲート回路２２１ｃの第２入力には、下流側の中継ユニット２３が出力する第１信号（Ｚ）の論理値と中継ユニット２２において生成する第３信号の論理値の何れかの論理値の信号（Ｚｓ）が供給される。つまり、セレクタ２２１ｂの制御端子には、下流側の中継ユニット２３が出力する第１信号（Ｚ）の論理値と中継ユニット２２において生成する第３信号の論理値の何れかの論理値の信号（Ｚｓ）と、上位の中継ユニット２１が出力する第２信号（W）との論理和が供給されるように構成されている。

[0080] なお、中継ユニット２２には下流側の中継ユニット２３が接続されているため、セレクタ２２１ｂの制御端子には、上記の前者にあたる中継ユニット

２３が出力する第１信号（Ｚ）の論理値に応じたＨレベルが供給される。セレクタ２２１ｂは、第１信号（Ｚ）がＨレベルの場合、セレクタ２２１ａの出力信号を出力し、第２信号がＬレベルの場合、D-bankの使用設定信号Ｄを出力する。このセレクタ２２１ｂは、上記のように第１信号（Ｚ）の論理値と第３信号の論理値とのうちの何れかと、第２信号（Ｗ）の論理値とに基づいた論理和の演算結果に基づいて、セレクタ２２１ａによる選択結果と使用設定信号Ｄ（第３使用設定信号）とのうちの何れかを選択する。

[0081] このように、選択器２２１は、第１信号（Ｚ）の論理値と第２信号（Ｗ）の論理値に基づいて使用設定信号Ｂから使用設定信号Ｄのうちから何れかを選択するように形成されている。

[0082] 入力ゲート回路２２２は、選択器２２１による選択の結果を示す使用設定信号SOUTに基づいて、電力変換ユニット１２の応答信号ANS12に対応する応答信号ANS12aの取得を制限する。例えば、入力ゲート回路２２２は、使用設定信号SOUTがＬレベルである場合に、電力変換ユニット１２の応答信号ANS12aの取得を制限し、Ｈレベルである場合に、電力変換ユニット１２の応答信号ANS12aを取得して、これを出力する。

[0083] 出力ゲート回路２２３は、選択器２２１による選択の結果を示す使用設定信号SOUTに基づいて、安全制御ユニット４０からの指令信号CMDの電力変換ユニット１２への中継を制限する。例えば、出力ゲート回路２２３は、使用設定信号SOUTがＬレベルである場合に、安全制御ユニット４０からの指令信号CMDの電力変換ユニット１２への出力を制限し、Ｈレベルである場合に、安全制御ユニット４０からの指令信号CMDを電力変換ユニット１２に出力する。上記の指令信号CMDには、停止制御信号ST01_CMDと、ST02_CMDとが含まれていてよい。

[0084] 合成ゲート回路２２４は、入力ゲート回路２２２によって制限されずに取得した電力変換ユニット１２（自第２中継ユニットに係る自電力変換ユニット）の応答信号ANS12aと、電力変換ユニット１２よりも下流側からの応答信号ANS12bとを合成して、その結果の信号を出力する。

[0085] 図３Ｂに示すように、C-bankに適用される中継ユニット２３は、選択器２３１と、入力ゲート回路２３２と、出力ゲート回路２３３と、合成ゲート回路２３４とを備える。

[0086] D-bankに適用される中継ユニット２４は、選択器２４１と、入力ゲート回路２４２と、出力ゲート回路２４３と、合成ゲート回路２４４とを備える。

[0087] なお、中継ユニット２３と中継ユニット２４は、前述の中継ユニット２２と同じユニットである。中継ユニット２３と中継ユニット２４は、前述の中継ユニット２２とは異なる配置順になっていることにより、選択器２３１と選択器２４１のバンク選択に係る動作が、選択器２２１とは異なる。

[0088] 図５と図６を参照して、中継ユニット２２から２４によるバンク選択について説明する。図５と図６は、実施形態のバンク選択について説明するための図である。図５に示す真理値表は、中継ユニット２２から２４の設定信号と、選択器２２１、２３１、２４１の夫々の出力信号との関係を示す。

[0089] 表中の設定信号を示す「W」、「Ｘ」、「Ｙ」、「Ｚ」と、出力信号「SOUT」は、図４中に示した信号に対応する。その信号の状態をＨレベルとＬレベルの２値で示す。

[0090] 「Ｘ」及び「Ｙ」は、夫々がＨレベルとＬレベルに固定されている。これらは、隣接バンクの中継ユニットにおけるバンク選択の判断に寄与する信号であり、自身（中継ユニット２２）におけるバンク選択の判断には寄与しない。そこで、自身（中継ユニット２２）のなかでは、上記の「W」及び「Ｚ」を、選択器２２１、２３１、２４１の入力信号に用いる。この真理値表では、その上から順に、B-bankからD-bankに対応する条件を示している。

[0091] 出力信号「SOUT」は、選択器２２１、２３１、２４１の出力信号である。B-bankからD-bankに夫々一致する場合にＨレベルが選択される。

[0092] 前述の図５に示した真理値表から、選択器２２１、２３１、２４１の入力信号に用いる範囲を抽出して、改めて図６に整理する。

[0093] 例えば、中継ユニット２１（第１中継ユニット）が出力する信号（Ｙ）の論理値、換言すれば第２信号に係るB-bankの信号Wの論理値は、第１論理の

値（例えばＨレベルに対応する「１」）である。これに対して、中継ユニット２２から２４（第２中継ユニット）が出力する信号（Ｙ）の論理値、換言すれば第２信号に係るB-bankの信号Ｗの論理値は、第２論理の値（例えばＬレベルに対応する「０」）である。

[0094] 例えば、最も下流に位置するD-bankに配置される中継ユニット２４は、中継ユニット２４において第２論理の値の「０」の第３信号を生成する。中継ユニット２４は、第３信号の論理値として第２論理の値の「０」を利用する。

[0095] これに対し、中継ユニット２２から２４（第２中継ユニット）のなかで最も下流側に配置される中継ユニット２４を除く中継ユニット２２と２３は、上記の中継ユニット２４とは異なる。中継ユニット２３は、下流側の中継ユニット２４が出力する論理値の「１」の第１信号（Ｚ）を利用する。中継ユニット２２は、下流側の中継ユニット２３が出力する論理値の「１」の第１信号（Ｚ）を利用する。なお、第１信号（Ｚ）の論理値と中継ユニット２２から２４において生成する第３信号の論理値は、互いに相補の関係になっている。

[0096] 図６に示すこの真理値表からわかるように、各バンクに割り当てられた中継ユニットは、自バンクに隣接する隣接バンクの中継ユニットからの信号を受けて、自中継ユニットの位置（自バンクの位置）を識別することができる。

[0097] 上記の通り、中継ユニット２２から２４は、下記する所定の場合に、各バンクの使用設定信号に応じて、自中継ユニットに係る自電力変換ユニットの応答信号ANSを該自中継ユニットより上流側に送る。中継ユニット２２から２４は、その所定の場合によらずに、該自電力変換ユニットよりも下流側からの応答信号ANSを該自電力変換ユニットより上流側に送る。なお、上記の所定の場合とは、例えば下流側の中継ユニット（第２中継ユニット）が出力する第１信号（Ｚ）の論理値と自中継ユニットにおいて生成する第３信号の論理値の何れかの論理値と、上流側が出力する第２信号の論理値との夫々が、各

中継ユニットの接続順によって決定される所定の値にある場合であってよい。

[0098] また、中継ユニット２２から２４は、B-bank（Ｂバンク）からD-bank（Ｄバンク）の各バンクの使用設定信号Ｂ－Ｄに応じて、自中継ユニットより上流側からの指令信号CMDを電力変換ユニット１２から１４の中の上記の中継ユニットに係る自電力変換ユニットに対する信号として取得する。中継ユニット２２から２４は、この信号を自中継ユニットに対応する自電力変換ユニットに夫々供給する。

[0099] 各バンクの使用設定信号Ａ－Ｄに着目すると、中継ユニット２１は、各バンクの使用設定信号Ａ－Ｄを中継ユニット２１の外部装置である非安全制御ユニット３０から受けて、使用設定信号Ｂ－Ｄをその下流側に中継する。中継ユニット２２から２４は、各バンクの使用設定信号Ｂ－Ｄを上流側から受けて下流側に中継する。なお、中継ユニット２１は、各バンクの使用設定信号Ａのみを、その内部で利用するように構成するとよい。これに対して中継ユニット２２から２４には、使用設定信号Ａが供給されない。

[0100] 安全制御ユニット４０からの指令信号CMDは、冗長化されている。

中継ユニット２１から２４（第１中継ユニットと第２中継ユニット）は、冗長化されている機能安全制御のための指令信号CMDを、夫々下流側に中継する。

[0101] 中継ユニット２１から２４は、接続順により定まる所定の条件が満たされる場合に、冗長化されている指令信号CMDを、夫々に対応づけられている電力変換ユニット１１から１４の何れかに中継する。例えば、上記の所定の条件が満たされることとは、使用設定信号によって該当するバンクが使用するバンクとして指定されていることである。

[0102] 例えば、使用設定信号は、中継ユニット２２から２４について、その上流側から１番目から３番目のバンクの中継ユニットを夫々選択するための使用設定信号Ｂ（第１使用設定信号）から使用設定信号Ｄ（第３使用設定信号）までを含む。

[0103] 図７は、実施形態の選択部の構成図である。

選択器２２１は、２入力ゲート回路の組み合わせ回路に展開することができる。このゲートの段数と回路規模であれば、１つのＰＬＤなどの半導体装置に収めることができる。図７に示す回路は、その一例であり、これに制限されない。

[0104] 次に、実施形態の機能安全制御について説明する。

機能安全制御の指令信号CMDは、活性化されているバンクの電力変換ユニットに供給される。例えば、非安全制御ユニット３０は、機能安全制御とは独立に、活性化させる各バンクの使用設定信号Ａ－Ｄを出力する。各バンクの中継ユニット（２１から２４）は、そのバンクに対応する使用設定信号Ａ－Ｄによって活性化された状態を識別する。

[0105] 機能安全制御のために安全制御ユニット４０が指令信号CMDを中継ユニット２１に供給すると、中継ユニット２１から２４は順にこの指令信号CMDを中継する。活性化されているバンクの中継ユニット２１から２４は、それぞれの電力変換ユニット１１から１４に、指令信号CMDを中継する。指令信号CMDが供給された電力変換ユニット１０は、電力を出力する。指令信号CMDが供給された電力変換ユニット１０は、これに対する応答信号ANSを中継ユニットに返答する。

[0106] なお、各中継ユニットは、活性化されている各バンクの電力変換ユニットからの応答信号ANSを収集して、これを論理合成して上流側に中継する。各中継ユニットによってそれぞれ収集されて中継された結果の応答信号ANSがＬレベルであれば、機能安全制御が正常に機能している状態とする。応答信号ANSがＨレベルであれば、機能安全制御が正常に機能していない状態が発生していると判断してよい。

[0107] 例えば各中継ユニットの中の何れかがＨレベルの応答信号ANSを収集して、それを中継すると、安全制御ユニット４０に供給される最終的な応答信号ANSがＨレベルになる。安全制御ユニット４０は、指令信号CMDによって出力停止を通知した状態で、収集された結果の応答信号ANSがＨレベルであれば、指令

信号CMDを供給した電力変換ユニットの中に、機能安全制御が正常に機能していない電力変換ユニットが含まれている状態にあると識別する。このような状態を検出した安全制御ユニット４０は、非安全制御ユニット３０と連携して稼働させている範囲を切り替えて、収集された結果の応答信号ANSがＬレベルになる状態にする。これにより稼働対象から外された電力変換ユニットに障害が発生した可能性があることを識別する。

[0108] 機能安全制御が正常に機能しない状態は、適正な状態ではないが、これが要因になって重障害に波及する可能性は低い。そこで、上記のような手順で、機能安全制御が正常に機能しない電力変換ユニットを現用系から待機系に切り替えて、点検・保守の対象にする。このような処置を講じることで、システム全体を停止させることなく必要な稼働状態に回復させることができる。

[0109] なお、稼働させるように選択されていないバンクの中継ユニット２１から２４は、それぞれに対応する電力変換ユニットには指令信号CMDを中継しない。指令信号CMDが供給されない電力変換ユニットでは、電力を出力しないように制御される。

[0110] 上記の動作の説明は、機能安全性を中心としたものであるが、これとは独立して障害回避などを目的とする現用系と待機系の切り替えを実施してもよい。

[0111] 以上説明した少なくともひとつの実施形態によれば、電力変換装置は、第１中継ユニットと、１つ以上の第２中継ユニットと、安全制御部と、を備える。前記第１中継ユニットは、第１電力変換ユニットに対応づけられた第１バンクにおいて、前記第１電力変換ユニットからの応答信号ANSと、自第１中継ユニットよりも下流側からの応答信号ANSとを上流側に送る。前記１つ以上の第２中継ユニットは、１つ以上の第２電力変換ユニットに夫々対応づけられた１つ以上の第２バンクにおいて、前記１つ以上の第２電力変換ユニットのなかの１つの第２電力変換ユニットからの応答信号ANSと、前記１つの第２中継ユニットよりも下流側からの応答信号ANSとを前記１つの第２中継ユニッ

トよりも上流側に送る。前記安全制御部は、前記第１中継ユニットの上流側に配置され、前記第１中継ユニットに機能安全制御のための制御指令を送ることで前記第１電力変換ユニットと前記１つ以上の第２電力変換ユニットの機能安全制御を実施して、前記第１電力変換ユニットの機能安全制御の状態と前記１つ以上の第２電力変換ユニットの機能安全制御の状態とを監視する。これにより、冗長化された複数の電力変換ユニットの機能安全制御の状態を示す情報を、簡易な構成で収集することができる。

[0112] 上記の非安全制御ユニット３０と安全制御ユニット４０は、その少なくとも一部を、ＣＰＵなどのプロセッサがプログラムを実行することにより機能するソフトウェア機能部で実現してもよく、全てをＬＳＩ等のハードウェア機能部で実現してもよい。

[0113] 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、特許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。

[0114] 例えば、上記で例示した３レベル型（図２Ａ）の構成に代えて、５レベル型（図２Ｂ）の構成を適用してもよい。

符号の説明

[0115] １…電力変換装置、１０、１１、１２、１３、１４…電力変換ユニット、２０…中継ユニット群、２１、２２、２３、２４…中継ユニット、３０…非安全制御ユニット（非安全制御部）、４０…安全制御ユニット４０（安全制御部）、２２１、２３１、２４１…選択器、２１２、２２２、２３２、２４２…入力ゲート回路、２１３、２２３、２３３、２４３…出力ゲート回路、２１４、２２４、２３４、２４４オアゲート回路（合成ゲート回路）

請求の範囲

[請求項1] 複数の電力変換ユニットが複数のバンクに分かれて構成されていて、バンク単位で電力変換ユニットの稼働状態が制御される電力変換装置であって、

第１電力変換ユニットに対応づけられた第１バンクにおいて、前記第１電力変換ユニットからの応答信号と、自第１中継ユニットよりも下流側からの応答信号とを上流側に送る第１中継ユニットと、

１つ以上の第２電力変換ユニットに夫々対応づけられた１つ以上の第２バンクにおいて、前記１つ以上の第２電力変換ユニットのなかの１つの第２電力変換ユニットからの応答信号と、前記１つの第２中継ユニットよりも下流側からの応答信号とを前記１つの第２中継ユニットよりも上流側に送る１つ以上の第２中継ユニットと、

前記第１中継ユニットの上流側に配置され、機能安全制御のための制御指令を含む指令信号を前記第１中継ユニットに送ることで前記第１電力変換ユニットの機能安全制御と前記１つ以上の第２電力変換ユニットの機能安全制御とを実施して、前記第１電力変換ユニットの機能安全制御の状態と前記１つ以上の第２電力変換ユニットの機能安全制御の状態とを監視する安全制御部と、

を備える電力変換装置。

[請求項2] 前記安全制御部と、前記第１中継ユニットと、前記１つ以上の第２中継ユニットは、

前記安全制御部を上流側として規定され、かつ、その記載の順に基づいた接続順が規定され、前記接続順に従い互いに電気的に接続され、

前記１つ以上の第２中継ユニットの中の各第２中継ユニットは、

自第２中継ユニットからその上流側に第１信号を出力する第１電圧設定回路と、該自第２中継ユニットからその下流側に第２信号を出力する第２電圧設定回路とを含み、

前記１つ以上の第２中継ユニットの中の前記下流側の第２中継ユニットが出力する第１信号の論理値と自第２中継ユニットにおいて生成する第３信号の論理値との何れかの論理値と、前記上流側が出力する第２信号の論理値との夫々が、前記接続順によって決定され、

前記自第２中継ユニットは、

各第２バンクの使用設定信号に応じて前記自第２中継ユニットに係る自電力変換ユニットが生成する応答信号を該自第２中継ユニットよりも上流側に送り、かつ、該自電力変換ユニットよりも下流側からの応答信号を該自電力変換ユニットより上流側に送る、

請求項１に記載の電力変換装置。

[請求項3] 前記第１中継ユニットは、

前記安全制御部からの指令信号を取得して、前記第１電力変換ユニットに供給し、

前記１つ以上の第２中継ユニットの夫々は、

前記下流側の第２中継ユニットが出力する前記第１信号の論理値と自第２中継ユニットにおいて生成する第３信号の論理値の何れかの論理値と、前記上流側が出力する前記第２信号の論理値との夫々が前記第２中継ユニットの前記接続順によって夫々決定される所定の値にある場合に、前記各第２バンクの使用設定信号に応じて、前記自第２中継ユニットよりも上流側からの指令信号を該自第２中継ユニットに係る自電力変換ユニットに対する信号として取得して、自電力変換ユニットに夫々供給する

請求項２に記載の電力変換装置。

[請求項4] 前記第１信号の論理の値と自第２中継ユニットにおいて生成する第３信号の論理の値は、互いに相補の関係にある

請求項２に記載の電力変換装置。

[請求項5] 前記第１中継ユニットが出力する第２信号の論理値は、第１論理の値Ｈであり、

前記第２中継ユニットが出力する第２信号の論理値は、第２論理の値Ｌであり、

前記１つ以上の第２中継ユニットのなかで最も下流側に配置される第２中継ユニットは、自第２中継ユニットにおいて前記第２論理の値Ｌの第３信号を生成し、

２つ以上の第２中継ユニットのなかで前記最も下流側に配置される第２中継ユニットを除く第２中継ユニットは、前記下流側の第２中継ユニットが出力する前記第１論理の値Ｈの前記第１信号を利用する、

請求項２に記載の電力変換装置。

[請求項6] 前記第１中継ユニットは、前記各バンクの使用設定信号を前記第１中継ユニットの外部装置から受けて前記下流側に中継し、

前記第２中継ユニットは、前記各バンクの使用設定信号を前記上流側から受けて前記下流側に中継する

請求項２に記載の電力変換装置。

[請求項7] 前記安全制御部からの前記指令信号は、冗長化されていて、

前記第１中継ユニットと前記第２中継ユニットは、前記冗長化されている前記指令信号を前記下流側に夫々中継する、

請求項１に記載の電力変換装置。

[請求項8] 前記第１中継ユニットは、所定の条件が満たされる場合に、前記冗長化されている前記指令信号を、前記第１電力変換ユニットに中継し、

前記第２中継ユニットは、前記所定の条件が満たされる場合に、前記冗長化されている前記指令信号を、前記第２電力変換ユニットに中継する、

請求項７に記載の電力変換装置。

[請求項9] 前記使用設定信号は、前記上流側から１番目の前記第２中継ユニットから３番目までの前記第２中継ユニットを夫々選択するための第１使用設定信号から第３使用設定信号までを含む、

請求項２に記載の電力変換装置。

[請求項10] 前記１つ以上の第２中継ユニットの夫々は、

前記自第２中継ユニットにおける前記第１信号の論理値と前記第２信号の論理値とに基づいて前記第１使用設定信号から前記第３使用設定信号までのうちの何れかを選択する選択器と、

前記選択器による前記選択の結果に基づいて、前記応答信号の取得を制限する入力ゲート回路と

前記選択器による前記選択の結果に基づいて、前記制御指令の中継を制限する出力ゲート回路と、

前記入力ゲート回路によって制限されずに取得した前記自第２中継ユニットに係る自電力変換ユニットの応答信号と、該自電力変換ユニットよりも下流側からの応答信号とを合成した信号を出力する合成ゲート回路と、

を備える請求項９に記載の電力変換装置。

[請求項11] 前記第２信号の論理値に基づいて前記第１使用設定信号と第２使用設定信号とのうちの何れかを選択する第１選択器と、

前記第１信号の論理値と前記第３信号の論理値とのうちの何れかと前記第２信号の論理値とに基づいた論理演算結果に基づいて、前記第１選択器による選択結果と前記第３使用設定信号とのうちの何れかを選択する第２選択器と、

前記第２選択器による前記選択の結果に基づいて、前記応答信号の取得を制限する入力ゲート回路と

前記第２選択器による前記選択の結果に基づいて、前記安全制御部からの指令信号の出力を制限する出力ゲート回路と、

前記入力ゲート回路によって制限されずに取得した前記自第２中継ユニットに係る自電力変換ユニットの応答信号と、該自電力変換ユニットよりも下流側からの応答信号とを合成した信号を出力する合成ゲート回路と、

を備える請求項９に記載の電力変換装置。

[請求項12] 前記第１電力変換ユニットと、

前記１つ以上の第２電力変換ユニットと、

前記第１電力変換ユニットと、前記１つ以上の第２電力変換ユニットとにおける電力変換量を調整して、各電力変換ユニットの容量冗長制御を実施する非安全制御部と

を備える請求項１に記載の電力変換装置。

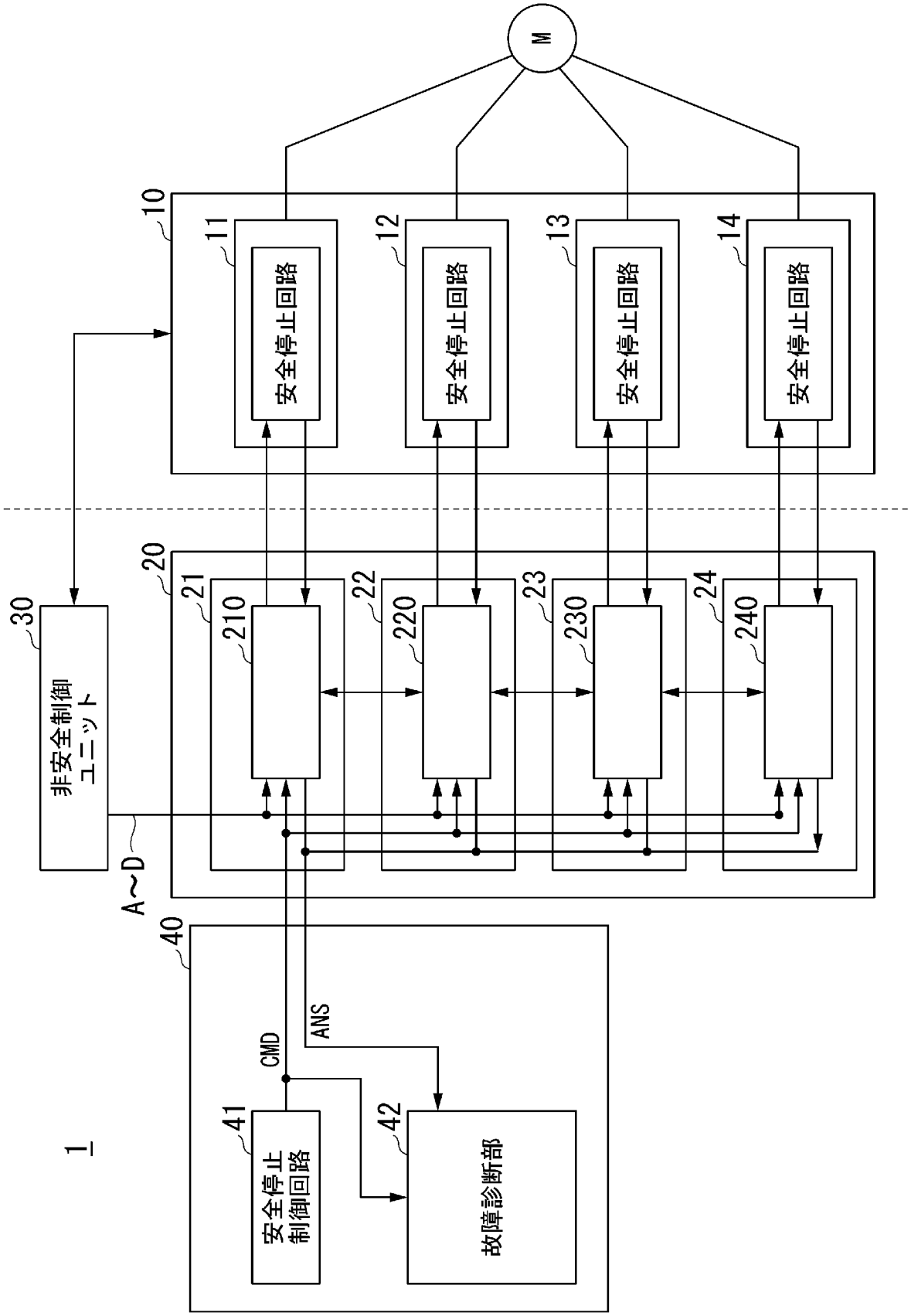
[請求項13] 前記第１電力変換ユニットと、

前記１つ以上の第２電力変換ユニットと、

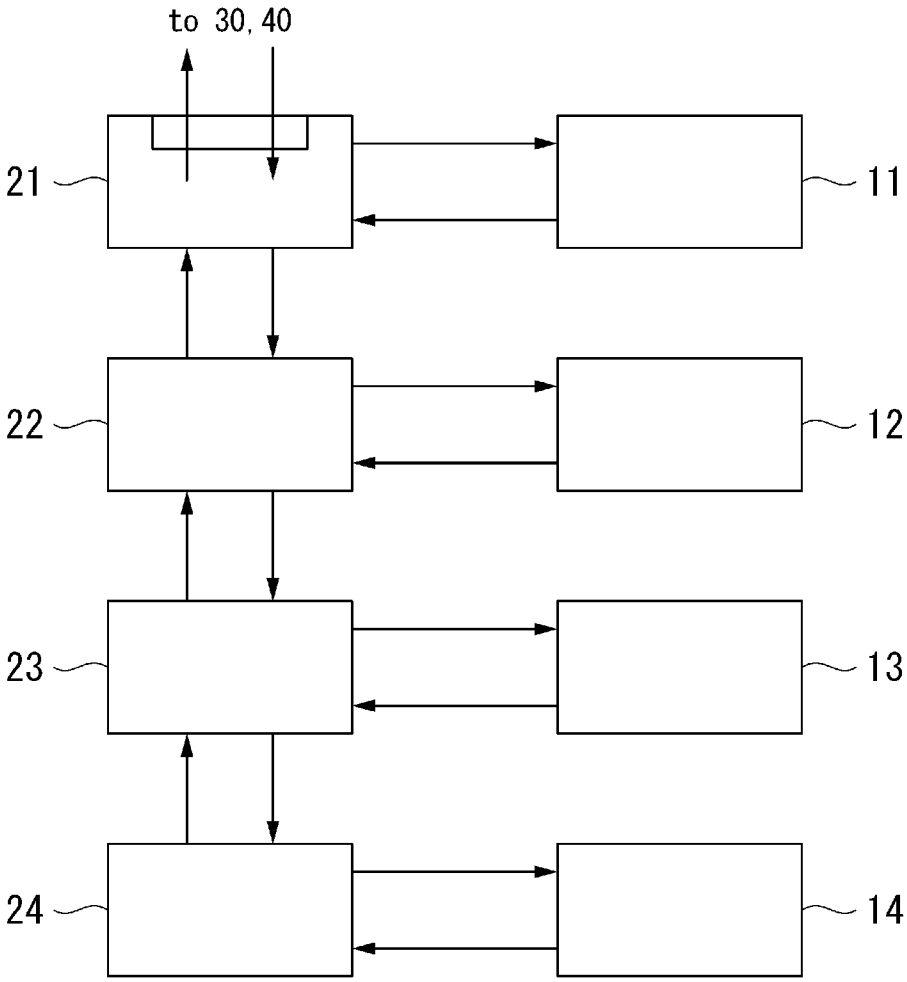
前記第１電力変換ユニットと、前記１つ以上の第２電力変換ユニットとのなかから活性化させる電力変換ユニットを選択するための使用設定信号を出力することで、電力変換ユニットの待機冗長制御を実施する非安全制御部と

を備える請求項１に記載の電力変換装置。

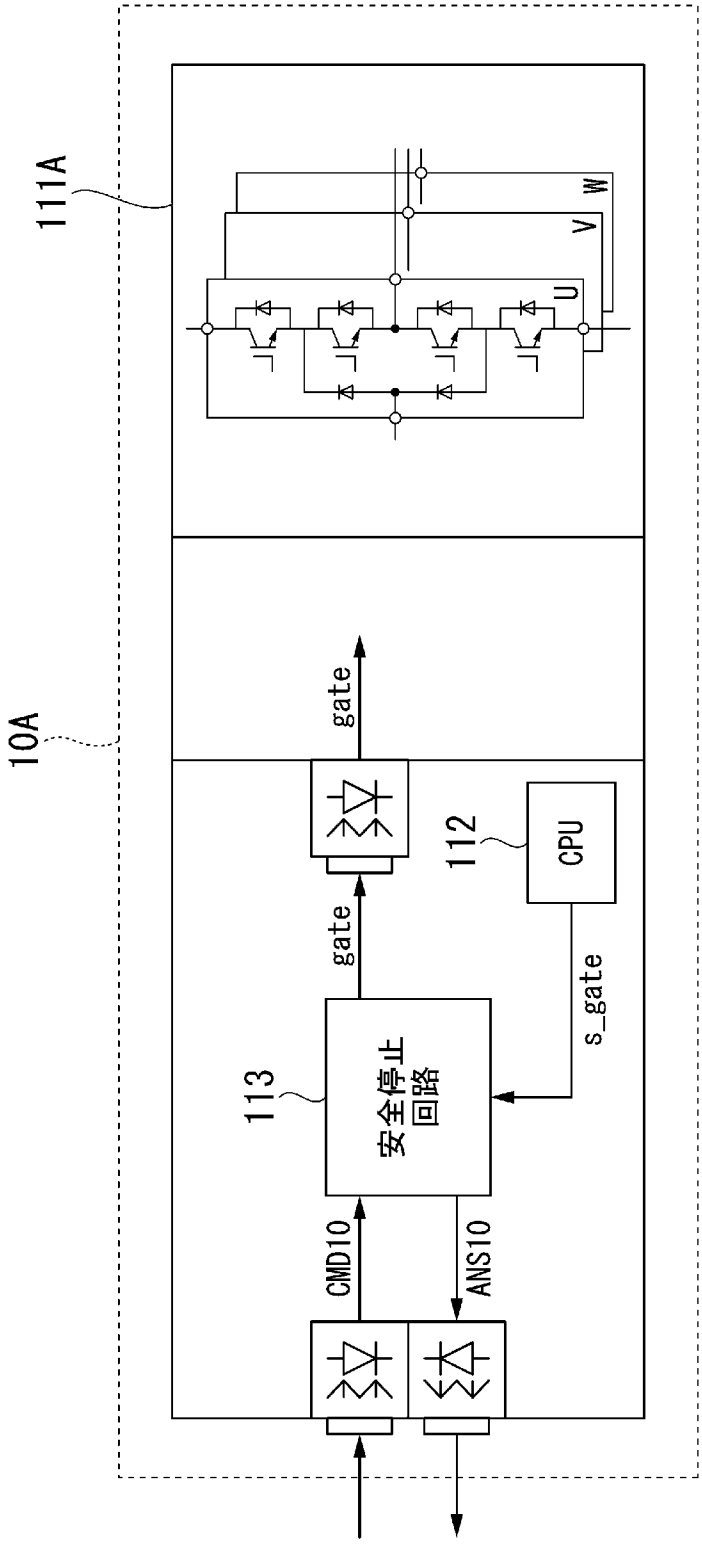
[図1A]


M
10
11
安全停止回路
12
安全停止回路
13
安全停止回路
14
安全停止回路
20
21
210
22
220
23
230
24
240
30
非安全制御
ユニット
A～D
40
CMD
ANS
41
安全停止
制御回路
42
故障診断部
1

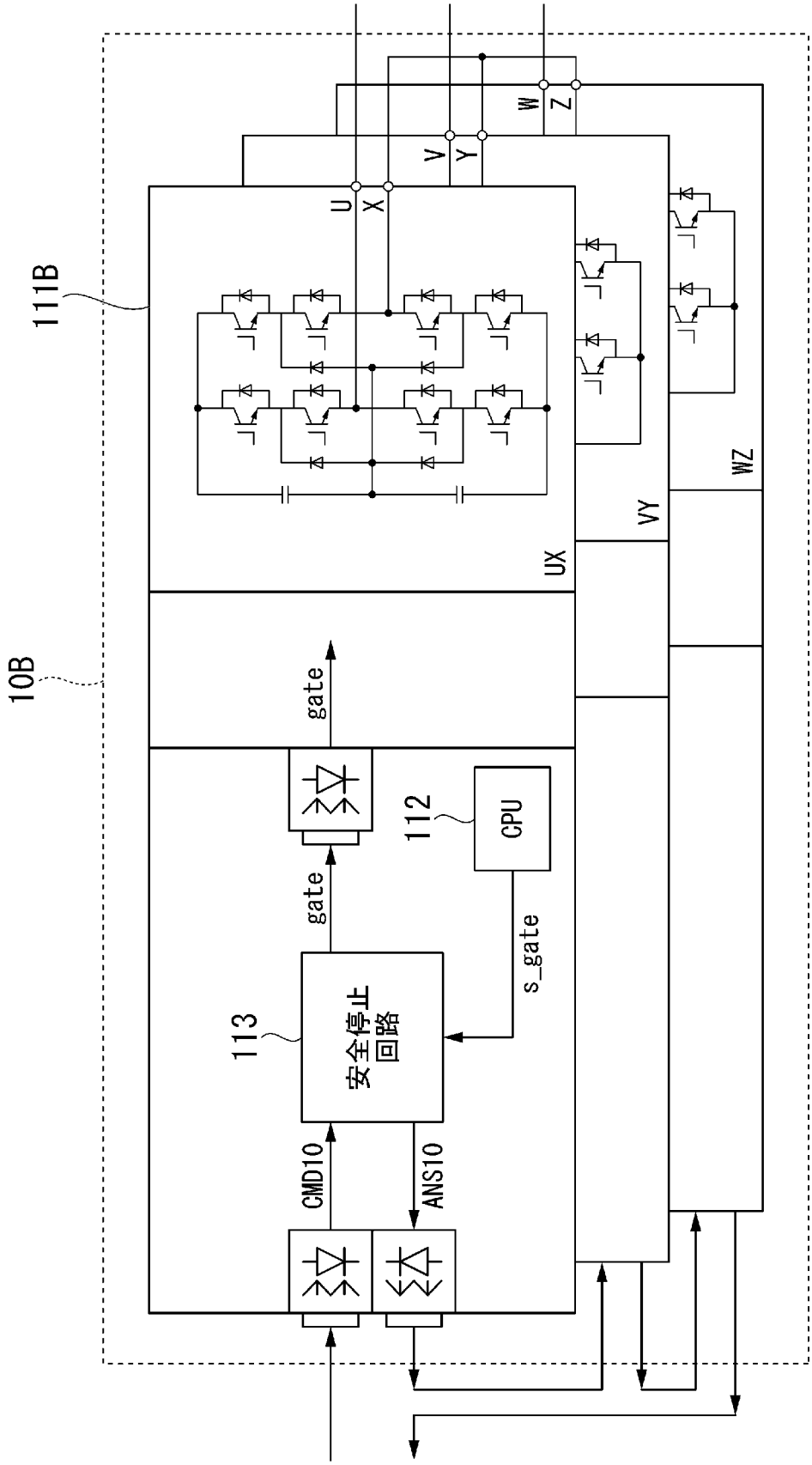
[図1B]



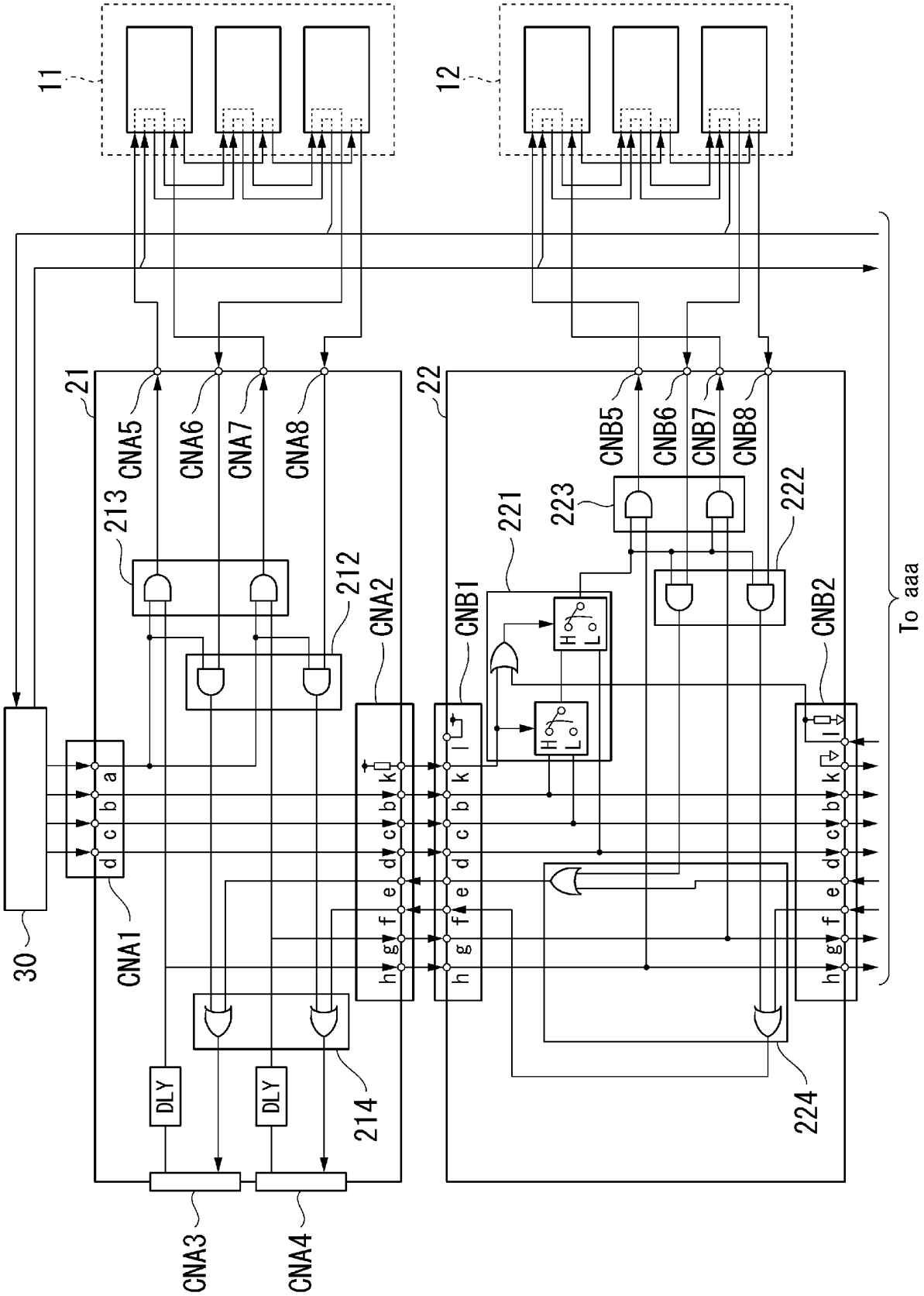
[図2A]



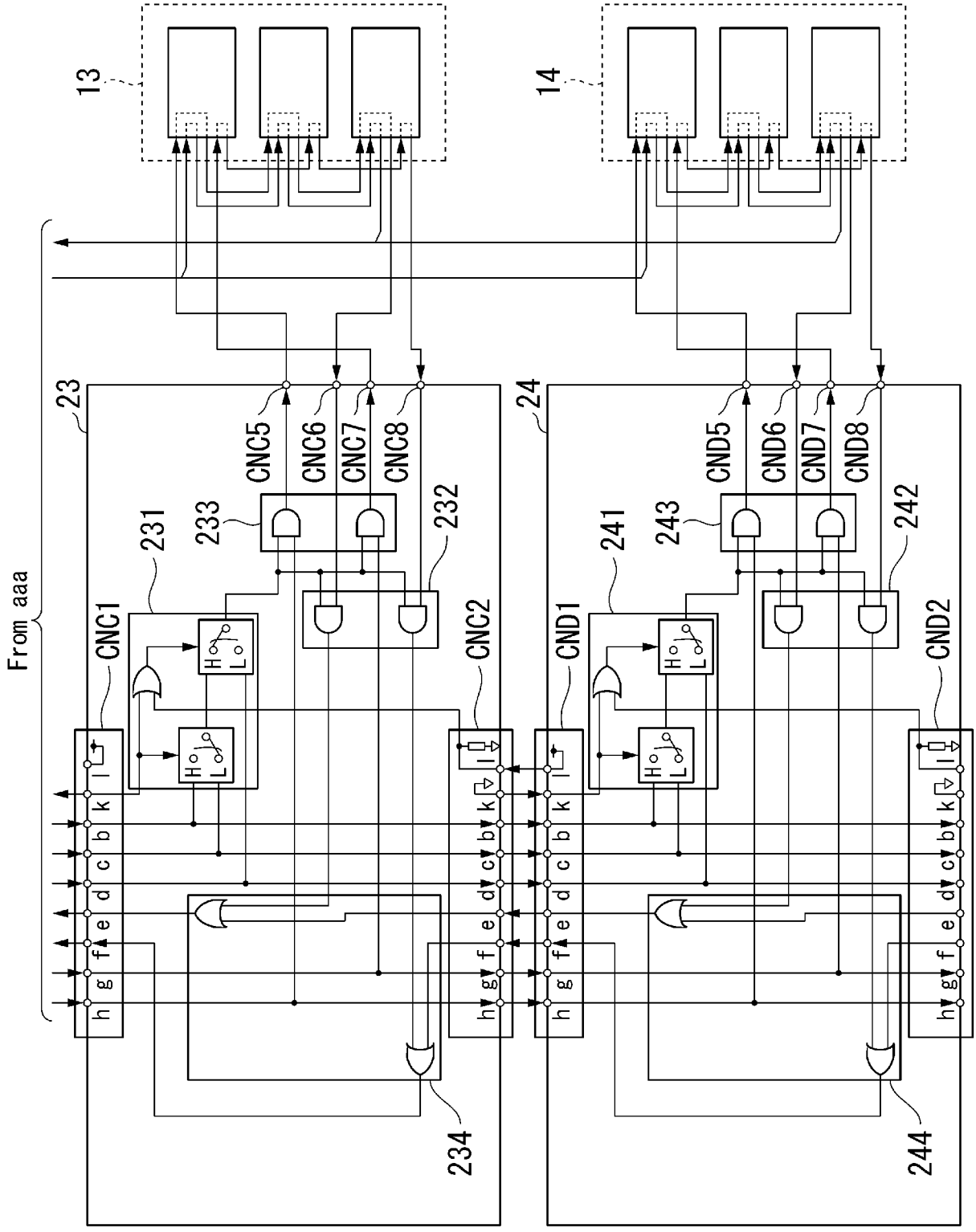
[図2B]


111B
10B
U
X
V
Y
W
Z
UX
VY
WZ
gate
gate
112
CPU
s_gate
113
安全停止
回路
CMD10
ANS10

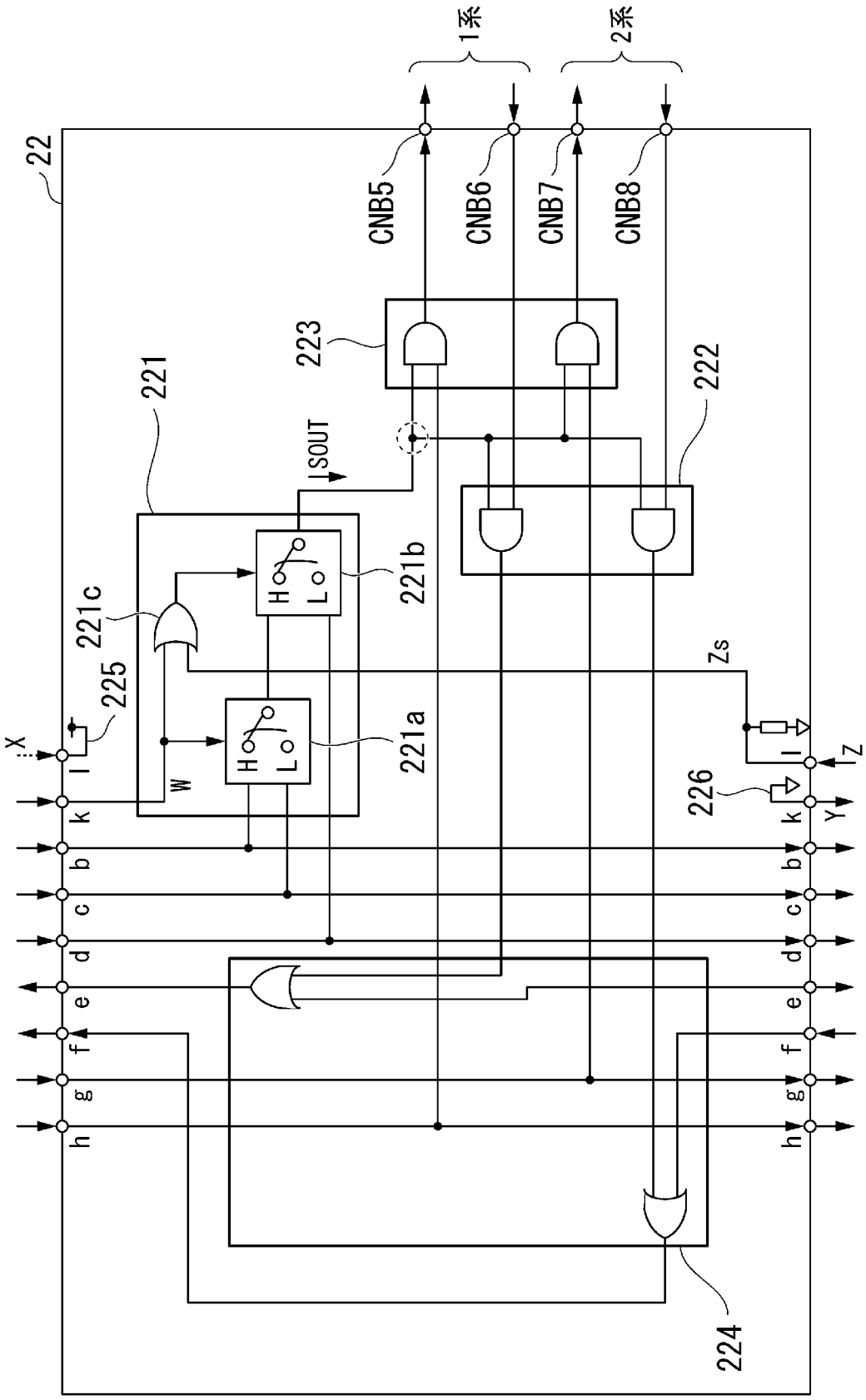
[図3A]


11
12
21
22
CNA5
CNA6
CNA7
CNA8
CNB5
CNB6
CNB7
CNB8
213
212
CNA2
221
223
222
CNB1
CNB2
To aaa
30
CNA1
DLY
DLY
214
224
CNA3
CNA4

[図3B]


13
14
From aaa
23
24
CNC5
CNC6
CNC7
CNC8
CND5
CND6
CND7
CND8
231
233
232
241
243
242
CNC1
CNC2
CND1
CND2
H
L
I
k
b
c
d
e
f
g
h
234
244

[図4]


1系
2系
22
CNB5
CNB6
CNB7
CNB8
223
221
222
ISOUT
221b
221c
225
Zs
221a
X
I
W
H
L
k
b
c
d
e
f
g
h
Z
Y
226
224

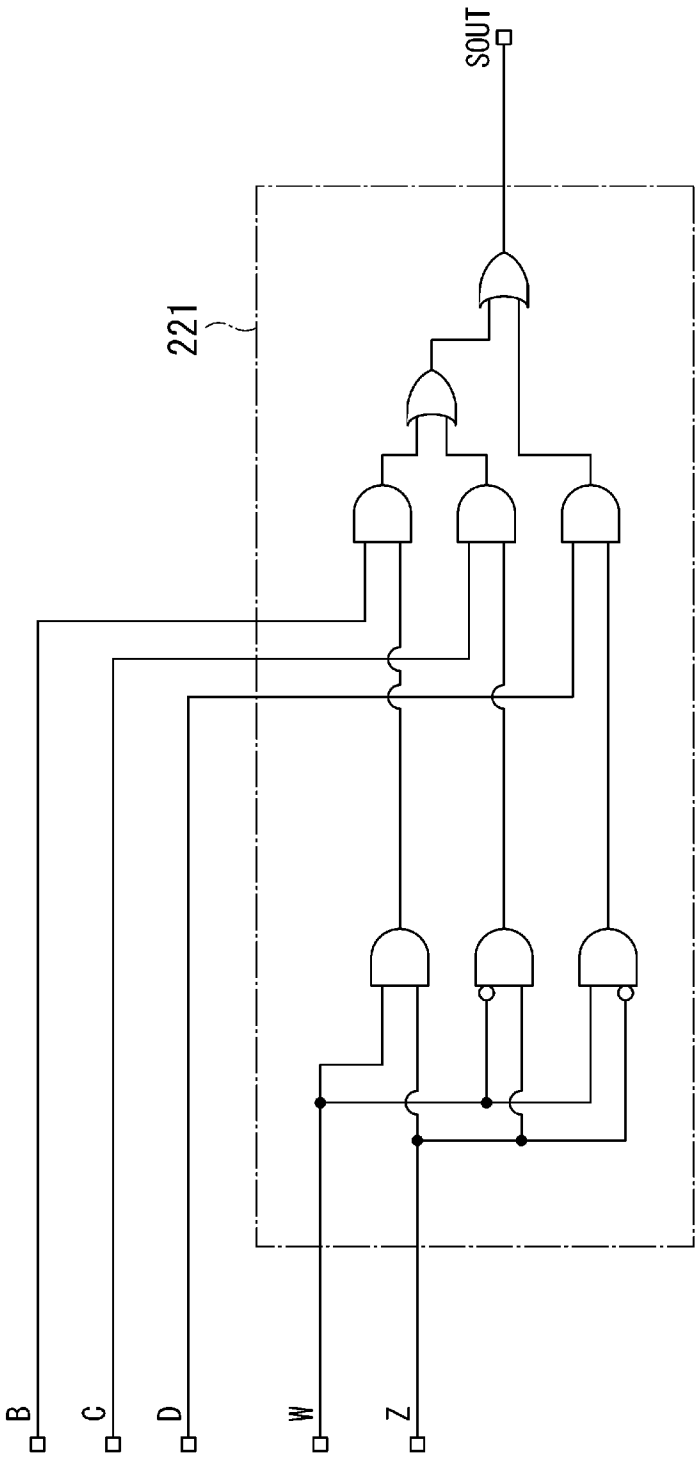
[図5]

W	X	Y	Z	SOUT
H	H	L	H	B-bank時にH
L	H	L	H	C-bank時にH
L	H	L	L	D-bank時にH

[図6]

W	Z	SOUT
H	H	B-bank時にH
L	H	C-bank時にH
L	L	D-bank時にH

[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/026406

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 7/48(2007.01)i
FI: H02M7/48 M

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)

H02M7/42-98

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

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-142078 A (FUJI ELECTRIC SYSTEMS CO LTD) 25 June 2009 (2009-06-25) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2020-014321 A (TOSHIBA MITSUBISHI ELEC IND) 23 January 2020 (2020-01-23) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2017-169336 A (OMRON CORPORATION) 21 September 2017 (2017-09-21) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2007-252099 A (EBARA DENSAN LTD) 27 September 2007 (2007-09-27) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2008-228517 A (TOSHIBA CORP) 25 September 2008 (2008-09-25) entire text, all drawings	1-13

☐ 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
30 September 2021	**12 October 2021**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/026406

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2009-142078 A	25 June 2009	(Family: none)	
JP 2020-014321 A	23 January 2020	(Family: none)	
JP 2017-169336 A	21 September 2017	US 2017/0272025 A1 entire text, all drawings EP 3220538 A2 CN 107204608 A	
JP 2007-252099 A	27 September 2007	(Family: none)	
JP 2008-228517 A	25 September 2008	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/026406

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H02M 7/48(2007.01)i
FI: H02M7/48 M

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））

H02M7/42-98

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１年

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	JP 2009-142078 A (富士電機システムズ株式会社) 25.06.2009 (2009-06-25) 全文，全図	1-13
A	JP 2020-014321 A (東芝三菱電機産業システム株式会社) 23.01.2020 (2020-01-23) 全文，全図	1-13
A	JP 2017-169336 A (オムロン株式会社) 21.09.2017 (2017-09-21) 全文，全図	1-13
A	JP 2007-252099 A (株式会社荏原電産) 27.09.2007 (2007-09-27) 全文，全図	1-13
A	JP 2008-228517 A (株式会社東芝) 25.09.2008 (2008-09-25) 全文，全図	1-13

☐ 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
30.09.2021	12.10.2021

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

白井　孝治 5G 8843

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/JP2021/026406

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2009-142078 A	25.06.2009	（ファミリーなし）	
JP 2020-014321 A	23.01.2020	（ファミリーなし）	
JP 2017-169336 A	21.09.2017	US 2017/0272025 A1 全文，全図 EP 3220538 A2 CN 107204608 A	
JP 2007-252099 A	27.09.2007	（ファミリーなし）	
JP 2008-228517 A	25.09.2008	（ファミリーなし）	