

## (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 2018/092303 A1

(51) 国際特許分類:

*H02M 7/797* (2006.01)    *H02M 7/48* (2007.01)

(21) 国際出願番号 :

PCT/JP2016/084424

(22) 国際出願日 : 2016年11月21日(21.11.2016)

(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: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:石田 圭佑(ISHIDA, Keisuke); 〒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).

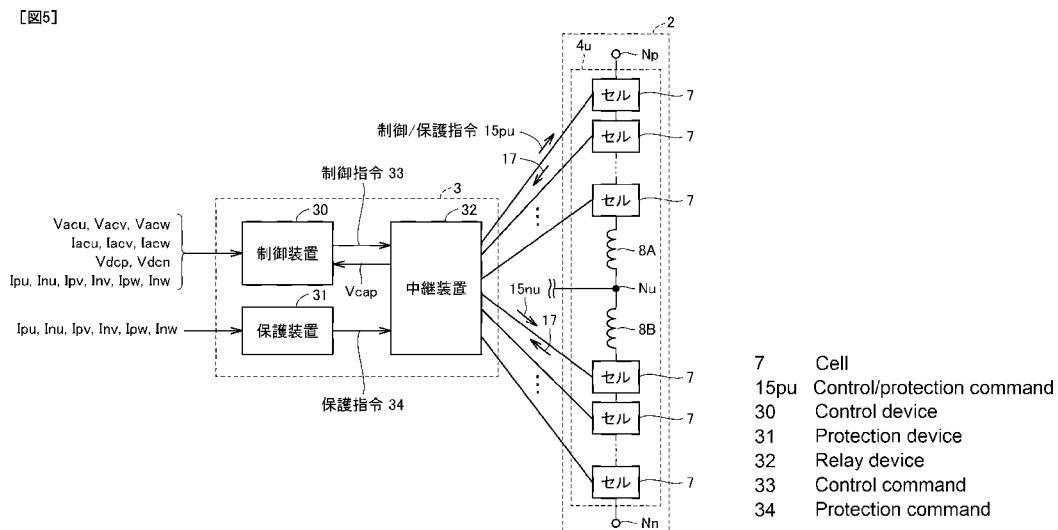
(74) 代理人:特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(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, 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, 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.

(54) Title: POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 電力変換装置

[図5]



(57) Abstract: The power conversion device (1) according to one embodiment has a power conversion circuit unit (2) including a plurality of converter cells (7) connected in series with each other. Each of the converter cells (7) includes an energy storage unit (24) and is configured so as to be able to output the stored energy. A control device (30) generates a control command (33) for controlling the operation of each of the converter cells (7). A protection device (31) generates a protection command (34) for instructing whether to operate each of the converter cells (7) on the basis of the control command (33) or to stop the operation of each of the converter cells (7) regardless of the control command (33). A relay device (32) generates a control/protection command (15) obtained by combining control information based on the control command (33) and protection information based on the protection command (34) and outputs the generated control/protection command (15) to each of the converter cells (7).



(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 :

- 國際調査報告（条約第21条(3)）

---

(57) 要約：一実施形態における電力変換装置（1）において、電力変換回路部（2）は、互いに直列接続された複数の変換器セル（7）を含む。各変換器セル（7）はエネルギー蓄積器（24）を含み、蓄積エネルギーを出力可能に構成される。制御装置（30）は、各変換器セル（7）を運転制御するための制御指令（33）を生成する。保護装置（31）は、制御指令（33）に基づいて各変換器セル（7）を動作させるか又は制御指令（33）に依らずに各変換器セル（7）の動作を停止させるかを指令するための保護指令（34）を生成する。中継装置（32）は、制御指令（33）に基づく制御情報と保護指令（34）に基づく保護情報を組合せた制御／保護指令（15）を生成し、生成した制御／保護指令（15）を各変換器セル（7）に出力する。

## 明 細 書

### 発明の名称：電力変換装置

### 技術分野

[0001] この開示は、交流と直流との間で電力変換を行う電力変換装置に関する。

### 背景技術

[0002] 電力系統に接続される大容量の電力変換装置としてモジュラーマルチレベル変換器（MMC : Modular Multilevel Converter）が知られている。モジュラーマルチレベル変換器は、交流の各相ごとに、高電位側直流端子に接続された上アーム（arm）と低電位側直流端子に接続された下アームとを有する。各アームは、複数の変換器セルがカスケードに接続されることによって構成されている。

[0003] 電力系統の事故などによっていずれかのアームに過電流が流れたことが検出された場合には、回路故障を防ぐために、各変換器セルを構成する半導体スイッチングをオフするための停止指令をできるだけ早く各変換器セルに送信する必要がある。

[0004] たとえば、特開2014-207728号公報（特許文献1）は、各変換器セルに停止指令を送信するための構成の一例を開示している。具体的に、上記特許文献1の電力変換装置は、アーム電圧指令値生成部と、過電流検出部と、通信インターフェース部とを備える。アーム電圧指令値生成部は、変換器セルに対する指令値を生成して出力する。過電流検出部は、各アームに流れる過電流を検出する。通信インターフェース部は、アーム電圧指令値生成部が生成した指令値に基づき、所定周期で各変換器セルに運転指令フレームを送信すると共に、過電流検出部が過電流を検出したならば、所定周期に依らず各変換器セルに非常停止用の停止指令フレームを送信する。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2014-207728号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0006] 上記の特許文献 1 に記載された電力変換装置では、通常動作時には制御装置から各変換器セルに運転指令フレームが送信される。過電流が検出された場合には、運転指令フレームに代えて停止指令フレームが制御装置から各変換器セルに送信される。したがって、通信インターフェース部では、過電流が検出されたか否かに応じて各変換器セルに送信すべき信号フレームを切り替えるための処理が必要になると考えられる。
- [0007] また、受信側の各変換器セルにおいても過電流検出時には通常運転時と異なるフレーム構成の信号を処理する必要がある。さらに、各変換器セルでは受信した停止指令フレームが誤信号でないかを否かを確認するための処理も必要になると考えられる。
- [0008] 以上の点で、特許文献 1 の電力変換装置の場合には、過電流検出時に各変換器セルに停止指令を送信するための信号処理が比較的複雑である。このため、過電流検出時に各変換器セルに停止指令をできるだけ短時間で伝送するという観点から改善の余地があると考えられる。
- [0009] 本開示の目的の 1 つは、過電流検出時に各変換器セルに停止指令をできるだけ短時間で伝送することが可能な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

- [0010] 一実施形態における電力変換装置は、電力変換回路部と、制御装置と、保護装置と、中継装置とを備える。電力変換回路部は、互いに直列接続された複数の変換器セルを含む。各変換器セルはエネルギー蓄積器を含み、蓄積エネルギーを出力可能に構成される。制御装置は、各変換器セルを運転制御するための制御指令を生成する。保護装置は、制御指令に基づいて各変換器セルを動作させるか又は制御指令に依らずに各変換器セルの動作を停止させるかを指令するための保護指令を生成する。中継装置は、制御指令に基づく制御情報と保護指令に基づく保護情報とを組合せた制御／保護指令を生成し、生成した制御／保護指令を各変換器セルに出力する。

## 発明の効果

[0011] 上記の実施形態の電力変換装置によれば、制御指令に基づく制御情報と保護指令に基づく保護情報を組合せた制御／保護指令を、過電流が検出されたか否かに依らずに同じ信号処理により生成して各変換器セルに出力することが可能になる。このため、過電流検出時に各変換器セルに停止指令をできるだけ短時間で伝送することができる。

## 図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施の形態1の電力変換装置の概略構成図である。

[図2]図1の各レグ回路を構成する変換器セルの一例を示す回路図である。

[図3]図1の各レグ回路を構成する変換器セルの他の例を示す回路図である。

[図4]図1の各レグ回路を構成する変換器セルのさらに他の例を示す回路図である。

[図5]図1の制御／保護指令生成部の詳細な構成を示すブロック図である。

[図6]図5の制御装置30の構成例を示すブロック図である。

[図7]図5の中継装置の構成例を示すブロック図である。

[図8]制御／保護指令のフレーム構成を模式的に示す図である。

[図9]図5～図8で説明した制御装置、保護装置、および中継装置のシーケンス図である。

[図10]図5の保護装置31の構成の一例を示すブロック図である。

[図11]図10の交流電流判定部50の構成の一例を示すブロック図である。

[図12]図10の直流電流判定部51の構成の一例を示すブロック図である。

[図13]図10の循環電流判定部52の構成の一例を示すブロック図である。

[図14]実施の形態3の電力保護装置の概略構成を示すブロック図である。

[図15]実施の形態4の電力変換装置の構成を示すブロック図である。

[図16]実施の形態5の電力変換装置において、各変換器セルのゲート制御部の動作を示すフローチャートである。

[図17]実施の形態6の電力変換装置において、制御装置の構成例を示すブロック図である。

[図18]実施の形態7の電力変換装置において、中継装置の構成例を示すブロック図である。

[図19]実施の形態8による電力変換装置の構成を示すブロック図である。

### 発明を実施するための形態

[0013] 以下、各実施の形態について図面を参照して詳しく説明する。なお、同一または相当する部分には同一の参照符号を付して、その説明を繰返さない。

[0014] 実施の形態1.

#### [電力変換装置の概略構成]

図1は、実施の形態1の電力変換装置の概略構成図である。図1を参照して、電力変換装置1は、主回路であるレグ回路4u, 4v, 4w（不特定のものを示す場合、レグ回路4と記載する）と、制御／保護指令生成部3とを備える。この明細書では、レグ回路4u, 4v, 4wの全体を電力変換回路部2と称する。

[0015] レグ回路4は、交流を構成する複数相の各相ごとに設けられ、交流回路12と直流回路14との間に接続され、両回路間で電力変換を行う。図1には交流回路12が三相交流の場合が示され、u相、v相、w相にそれぞれ対応して3個のレグ回路4u, 4v, 4wが設けられている。

[0016] レグ回路4u, 4v, 4wにそれぞれ設けられた交流端子N<sub>u</sub>, N<sub>v</sub>, N<sub>w</sub>は、連系変圧器13を介して交流回路12に接続される。交流回路12は、たとえば、交流電源などを含む交流電力系統である。図1では、図解を容易にするために、交流端子N<sub>v</sub>, N<sub>w</sub>と連系変圧器13との接続は図示していない。

[0017] 各レグ回路4に共通に設けられた直流端子N<sub>p</sub>, N<sub>n</sub>（すなわち、高電位側直流端子N<sub>p</sub>, 低電位側直流端子N<sub>n</sub>）は、直流回路14に接続される。直流回路14は、たとえば、直流送電網などを含む直流電力系統または他の電力変換装置の直流端子である。後者の場合、2台の電力変換装置を連結することによって定格周波数などが異なる交流電力系統間を接続するためのBTB(Back To Back)システムが構成される。

- [0018] 図1の連系変圧器13を用いる代わりに、連系リアクトルを介して交流回路12に接続した構成としても良い。さらに、交流端子N<sub>u</sub>、N<sub>v</sub>、N<sub>w</sub>に代えてレグ回路4<sub>u</sub>、4<sub>v</sub>、4<sub>w</sub>にそれぞれ一次巻線を設け、この一次巻線と磁気結合する二次巻線を介してレグ回路4<sub>u</sub>、4<sub>v</sub>、4<sub>w</sub>が連系変圧器13または連系リアクトルに交流的に接続するようにしてもよい。この場合、一次巻線を下記のリアクトル8A、8Bとしてもよい。すなわち、レグ回路4は、交流端子N<sub>u</sub>、N<sub>v</sub>、N<sub>w</sub>または上記の一次巻線など、各レグ回路4<sub>u</sub>、4<sub>v</sub>、4<sub>w</sub>に設けられた接続部を介して電気的に、すなわち直流的または交流的に交流回路12と接続される。
- [0019] レグ回路4<sub>u</sub>は、高電位側直流端子N<sub>p</sub>から交流入力端子N<sub>u</sub>までの上アーム5と、低電位側直流端子N<sub>n</sub>から交流入力端子N<sub>u</sub>までの下アーム6とに区分される。上アーム5と下アーム6との接続点（すなわち、交流端子N<sub>u</sub>）が変圧器13と接続される。高電位側直流端子N<sub>p</sub>および低電位側直流端子N<sub>n</sub>が直流回路14に接続される。レグ回路4<sub>v</sub>、4<sub>w</sub>についても同様の構成を有しているので、以下、レグ回路4<sub>u</sub>を代表として説明する。
- [0020] 上アーム5は、カスケード接続された複数の変換器セル7と、リアクトル8Aとを含む。複数の変換器セル7およびリアクトル8Aは互いに直列接続されている。以下、簡単のために変換器セル7をセル7と称する場合がある。
- [0021] 同様に、下アーム6は、カスケード接続された複数のセル7と、リアクトル8Bとを含む。複数のセル7およびリアクトル8Bは互いに直列接続されている。
- [0022] リアクトル8Aが挿入される位置は、レグ回路4<sub>u</sub>の上アーム5のいずれの位置であってもよく、リアクトル8Bが挿入される位置は、レグ回路4<sub>u</sub>の下アーム6のいずれの位置であってもよい。リアクトル8A、8Bはそれぞれ複数個あってもよい。各リアクトルのインダクタンス値は互いに異なっていてもよい。さらに、上アーム5のリアクトル8Aのみ、もしくは、下アーム6のリアクトル8Bのみを設けてもよい。

- [0023] リアクトル 8 A, 8 B は、交流回路 1 2 または直流回路 1 4 などの事故時に事故電流が急激に増大しないように設けられている。しかし、リアクトル 8 A, 8 B のインダクタンス値を過大なものにすると電力変換器の効率が低下するという問題が生じる。したがって、全セル 7 の全てのスイッチング素子をできるだけ短時間でオフするという保護動作が重要になる。
- [0024] 図 1 の電力変換装置 1 は、さらに、制御に使用される電気量（電流、電圧など）を計測する検出器として、交流電圧検出器 1 0 と、交流電流検出器 1 6 と、直流電圧検出器 1 1 A, 1 1 B と、各レグ回路 4 に設けられたアーム電流検出器 9 A, 9 B とを含む。これらの検出器によって検出された信号は、制御／保護指令生成部 3 に入力される。制御／保護指令生成部 3 はこれらの検出信号に基づいて各セル 7 の運転状態を制御するための制御／保護指令 1 5 p u, 1 5 n u, 1 5 p v, 1 5 n v, 1 5 p w, 1 5 n w を出力する。また、制御／保護指令生成部 3 は、各セル 7 からセルキャパシタ電圧の検出値を表す信号 1 7 を受信する。
- [0025] 本実施の形態の場合、制御／保護指令 1 5 p u, 1 5 n u, 1 5 p v, 1 5 n v, 1 5 p w, 1 5 n w は、U 相上アーム、U 相下アーム、V 相上アーム、V 相下アーム、W 相上アーム、および W 相下アームにそれぞれ対応して生成されている。以下の説明では、制御／保護指令 1 5 p u, 1 5 n u, 1 5 p v, 1 5 n v, 1 5 p w, 1 5 n w について、総称する場合または不特定のものを示す場合、制御／保護指令 1 5 と記載する。
- [0026] なお、図 1 では図解を容易にするために、各検出器から制御／保護指令生成部 3 に入力される信号の信号線ならびに制御／保護指令生成部 3 と各セル 7 との間で入出力される信号の信号線は一部まとめて記載されているが、実際には検出器ごとおよびセル 7 ごとに個別に設けられている。各セル 7 と制御／保護指令生成部 3 との間の信号線は、送信用と受信用とが別個に設けられていてもよい。また、本実施の形態の場合、これらの信号は耐ノイズ性の観点から光ファイバを介して伝送される。
- [0027] 以下、各検出器について具体的に説明する。交流電圧検出器 1 0 は、交流

回路12のU相の電圧値V<sub>a c u</sub>、V相の電圧値V<sub>a c v</sub>、およびW相の電圧値V<sub>a c w</sub>を検出する。交流電流検出器16は、交流回路12のU相の電流値I<sub>a c u</sub>、V相の電流値I<sub>a c v</sub>、およびW相の電流値I<sub>a c w</sub>を検出する。直流電圧検出器11Aは、直流回路14に接続された高電位側直流端子N<sub>p</sub>の電圧を検出する。直流電圧検出器11Bは、直流回路14に接続された低電位側直流端子N<sub>n</sub>の電圧を検出する。U相用のレグ回路4uに設けられたアーム電流検出器9A、9Bは、上アーム5に流れるアーム電流I<sub>p u</sub>および下アーム6に流れるアーム電流I<sub>n u</sub>をそれぞれ検出する。同様に、V相用のレグ回路4vに設けられたアーム電流検出器9A、9Bは、上アーム電流I<sub>p v</sub>および下アーム電流I<sub>n v</sub>をそれぞれ検出する。W相用のレグ回路4wに設けられたアーム電流検出器9A、9Bは、上アーム電流I<sub>p w</sub>および下アーム電流I<sub>n w</sub>をそれぞれ検出する。

[0028] [変換器セルの構成例]

図2は、図1の各レグ回路を構成する変換器セルの一例を示す回路図である。図2に示す変換器セル7HBは、ハーフブリッジ型の変換回路20HBと、エネルギー蓄積器としての直流コンデンサ24と、ゲート制御部21と、電圧検出部27と、送受信部28とを備える。

[0029] ハーフブリッジ型の変換回路20HBは、互いに直列接続された半導体スイッチング素子22A、22B（以下、単にスイッチング素子と称する場合がある）と、ダイオード23A、23Bとを含む。ダイオード23A、23Bは、スイッチング素子22A、22Bとそれぞれ逆並列（すなわち、並列かつ逆バイアス方向）に接続される。直流コンデンサ24は、スイッチング素子22A、22Bの直列接続回路と並列に接続され、直流電圧を保持する。スイッチング素子22A、22Bの接続ノードは高電位側の入出力端子26Pと接続される。スイッチング素子22Bと直流コンデンサ24の接続ノードは低電位側の入出力端子26Nと接続される。

[0030] ゲート制御部21は、図1の制御／保護指令生成部3から受信した制御／保護指令15に従って動作する。ゲート制御部21は、通常動作時（すなわ

ち、入出力端子 26 P, 26 N間に零電圧または正電圧を出力する場合)には、スイッチング素子 22 A, 22 Bの一方をオン状態とし、他方をオフ状態となるように制御を行う。スイッチング素子 22 Aがオン状態であり、スイッチング素子 22 Bがオフ状態のとき、入出力端子 26 P, 26 N間には直流コンデンサ 24 の両端間の電圧が印加される。逆に、スイッチング素子 22 Aがオフ状態であり、スイッチング素子 22 Bがオン状態のとき、入出力端子 26 P, 26 N間は 0 V となる。したがって、図 2 に示す変換器セル 7 は、スイッチング素子 22 A, 22 Bを交互にオン状態とすることによって、零電圧または直流コンデンサ 24 の電圧に依存した正電圧を出力することができる。ダイオード 23 A, 23 Bは、スイッチング素子 22 A, 22 B に逆方向電圧が印加されたときの保護のために設けられている。

- [0031] 一方、図 1 の制御／保護指令生成部 3 によってアーム電流の過電流が検出された場合には、ゲート制御部 21 は、回路保護のためにスイッチング素子 22 A, 22 B の両方ともオフにする。この結果、たとえば、直流回路 14 の地絡事故の場合には、事故電流がダイオード 23 B を流れる。
- [0032] 電圧検出部 27 は、直流コンデンサ 24 の両端 24 P, 24 N の間の電圧を検出する。以下の説明では、直流コンデンサ 24 の電圧をセルキャパシタ電圧とも称する。送受信部 28 は、図 1 の制御／保護指令生成部 3 から受信した制御／保護指令 15 をゲート制御部 21 に伝達するとともに、電圧検出部 27 によって検出されたセルキャパシタ電圧を表す信号 17 を制御／保護指令生成部 3 に送信する。
- [0033] 上記のゲート制御部 21、電圧検出部 27、および送受信回路 28 は、専用回路によって構成してもよいし、FPGA (Field Programmable Gate Array) などをを利用して構成してもよい。
- [0034] 図 3 は、図 1 の各レグ回路を構成する変換器セルの他の例を示す回路図である。図 3 に示す変換器セル 7FB は、フルブリッジ型の変換回路 20FB と、エネルギー蓄積器としての直流コンデンサ 24 と、ゲート制御部 21 と、電圧検出部 27 と、送受信部 28 とを備える。

- [0035] フルブリッジ型の変換回路 20FB は、直列接続されたスイッチング素子 22C, 22D と、スイッチング素子 22C, 22D に逆並列にそれぞれ接続されたダイオード 23C, 23D とをさらに含む点で、図 2 の変換器セル 7HB と異なる。スイッチング素子 22C, 22D の全体は、スイッチング素子 22A, 22B の直列接続回路と並列に接続されるとともに、直流コンデンサ 24 と並列に接続される。入出力端子 26P は、スイッチング素子 22A, 22B の接続ノードと接続され、入出力端子 26N は、スイッチング素子 22C, 22D の接続ノードと接続される。
- [0036] ゲート制御部 21 は、図 1 の制御／保護指令生成部 3 から受信した制御／保護指令 15 に従って動作する。ゲート制御部 21 は、通常動作時（すなわち、入出力端子 26P, 26N 間に零電圧または正電圧を出力する場合）には、スイッチング素子 22D を常時オンとし、スイッチング素子 22C を常時オフとし、スイッチング素子 22A, 22B を交互にオン状態とするよう制御を行う。ただし、図 3 に示すフルブリッジ型の変換回路 20FB は、スイッチング素子 22D をオフし、スイッチング素子 22C をオンし、スイッチング素子 22A, 22B を交互にオン状態にすることによって、零電圧または負電圧（いわゆる逆電圧）を出力することもできる。
- [0037] 一方、ゲート制御部 21 は、図 1 の制御／保護指令生成部 3 によってアーム電流の過電流が検出された場合には、回路保護のためにスイッチング素子 22A～22D の全てをオフにする。この場合、たとえば、直流回路 14 の短絡事故の場合には短絡電流がダイオード 23C, 23B を流れることによってコンデンサ 24 に流入する。直流回路 14 の電圧がレグ回路 4 全体でのコンデンサ 24 の電圧の和に等しくなった時点で事故電流は流れなくなる。
- [0038] 図 3 の電圧検出部 27 および送受信部 28 の構成は、図 2 の場合と同様であるので説明を繰返さない。
- [0039] 図 4 は、図 1 の各レグ回路を構成する変換器セルのさらに他の例を示す回路図である。図 4 に示す変換器セル 7TQB は、スリークオーターブリッジ (Three Quarter Bridge) 型の変換回路 20TQB と、エネルギー蓄積器

としての直流コンデンサ24と、ゲート制御部21と、電圧検出部27と、送受信部28とを備える。

- [0040] スリークオーターブリッジ型の変換回路20TQBは、図3に示すフルブリッジ型の変換回路20FBから、スイッチング素子22Cを除去した構成であり、その他の点は図3の場合と同じである。
- [0041] ゲート制御部21は、図1の制御／保護指令生成部3から受信した制御／保護指令15に従って動作する。ゲート制御部21は、通常動作時（すなわち、入出力端子26P, 26N間に零電圧または正電圧を出力する場合）には、スイッチング素子22Dを常時オンとし、スイッチング素子22A, 22Bを交互にオン状態とするように制御を行う。ただし、図4に示す変換回路20TQBは、スイッチング素子22A, 22Dをオフし、スイッチング素子22Bをオンし、かつ電流が入出力端子26Nから入出力端子26Pの方向に流れる場合には、負電圧を出力することができる。
- [0042] 一方、図1の制御／保護指令生成部3によってアーム電流の過電流が検出された場合には、ゲート制御部21は、回路保護のためにスイッチング素子22A～22Cの全てをオフにする。この場合、たとえば、直流回路14の地絡事故の場合には、事故電流がダイオード23C, 23Bを流れることによってコンデンサ24に流入する。直流回路14の電圧がレグ回路4全体でのコンデンサ24の電圧の和に等しくなった時点で事故電流は流れなくなる。
- [0043] 図4の電圧検出部27および送受信部28の構成は、図2の場合と同様であるので説明を繰返さない。
- [0044] 図2～図4に示す各スイッチング素子22A, 22B, 22C, 22Dには、オン動作とオフ動作の両方を制御可能な自己消弧型のスイッチング素子が用いられている。たとえば、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) またはGCT (Gate Commutated Turn-off thyristor) などがスイッチング素子22A, 22B, 22C, 22Dとして用いられる。
- [0045] なお、実施の形態1では、図2～図4に示したセル変換器のいずれか1つ

の種類のみが用いられている場合について説明する。多種類のセル変換器を混在した例については、図14を参照して実施の形態3で説明する。

[0046] [制御／保護指令生成部の構成例]

図5は、図1の制御／保護指令生成部の詳細な構成を示すブロック図である。図5を参照して、図1の制御／保護指令生成部3は、制御装置30と、保護装置31と、中継装置32とを備える。図5では、図1の電力変換回路部2のうちU相用のレグ回路4uのみが代表的に示されているが、他のレグ回路4v, 4wについても同様である。

[0047] 制御装置30は、図1の各検出器で検出された交流電圧V<sub>acu</sub>, V<sub>acv</sub>, V<sub>acw</sub>、交流電流I<sub>acu</sub>, I<sub>acv</sub>, I<sub>acw</sub>、直流電圧V<sub>dcp</sub>, V<sub>dcn</sub>、およびアーム電流I<sub>pu</sub>, I<sub>nu</sub>, I<sub>pv</sub>, I<sub>nv</sub>, I<sub>pw</sub>, I<sub>nw</sub>と、セルキャパシタ電圧V<sub>cap</sub>とに基づいて、通常動作時に各変換器セル7を運転制御するための制御指令33を生成する。セルキャパシタ電圧V<sub>cap</sub>は、各変換器セル7において検出された直流コンデンサ24の電圧値が中継装置32において各アーム回路ごとに平均化されたものである。制御指令33は、たとえば、各レグ回路4u, 4v, 4wの上アーム5および下アーム6の出力電圧指令値である。制御装置30のより詳細な構成例については、図6で説明する。

[0048] 保護装置31は、レグ回路4u, 4v, 4wの上アームまたは下アームを流れるアーム電流I<sub>pu</sub>, I<sub>nu</sub>, I<sub>pv</sub>, I<sub>nv</sub>, I<sub>pw</sub>, I<sub>nw</sub>の少なくとも1つが閾値を超えているか、すなわち過電流が流れているか否かを判定する。保護装置31は、この判定結果に基づいて、制御指令33に基づいて各変換器セル7を動作させるか（すなわち、通常運転指令）又は制御指令33に依らずに各変換器セル7の動作を停止させるか（すなわち、停止指令）を指令するための保護指令34を生成する。保護装置31のさらに改良された構成例については、図10～図13を参照して実施の形態2で説明する。

[0049] 中継装置32は、制御指令33に基づく制御情報と保護指令34に基づく保護情報とを組合せた制御／保護指令15を生成し、生成した制御／保護

指令15を各変換器セル7に出力する。本実施の形態の場合、制御／保護指令15に含まれる制御情報はアーム5、6ごとに設定されているが、保護情報は各変換器セル7で共通である。図2～図4で説明したように各変換器セル7は、制御／保護指令15に従って動作する。中継装置32のより詳細な構成例については図7で説明する。

[0050] 制御装置30におけるアーム電圧の指令値の演算にはある程度の時間がかかるので、制御装置30が制御指令33を周期T1ごとに送信するとすれば、保護装置31は周期T1よりも短い周期T2ごとに保護指令34を送信する。中継装置32は、できるだけ早く保護情報を各変換器セル7に伝達するために、周期T1よりも短い周期T3ごとに制御／保護指令15を各変換器セル7に送信する。したがって、制御／保護指令15に含まれる制御情報は、制御指令33が更新されるまで同じ内容のものが繰り返し送信されることになる。

[0051] 制御／保護指令15は、耐ノイズ性を高めるために光ファイバを介して伝送するようにしてもよい。制御装置30、保護装置31、および中継装置32は、共通のプリント基板に実装してもよいし、別ユニットとして構成してもよい。制御装置30、保護装置31、および中継装置32が別ユニットとして構成される場合には、光ファイバを介して制御指令33および保護指令34を伝送するようにしてもよい。また、制御装置30、保護装置31、および中継装置32は、専用回路によって構成してもよいし、その一部または全部をFPGA(Field Programmable Gate Array)および／またはマイクロプロセッサによって構成してもよい。

[0052] [制御装置の詳細な構成例]

図6は、図5の制御装置30の構成例を示すブロック図である。図6を参照して、制御装置30は、交流制御指令値生成部40と、直流制御指令値生成部41と、循環電流指令値生成部42と、コンデンサ電圧制御指令値生成部43と、アーム電圧指令値生成部44とを含む。

[0053] 交流制御指令値生成部40は、交流電圧検出部10によって検出されたU

相、V相、W相の交流電圧値 $V_{acu}$ ,  $V_{acv}$ ,  $V_{acw}$ （総称する場合、交流電圧値 $V_{ac}$ と記載する）と、交流電流検出部16によって検出されたU相、V相、W相の交流電流値 $I_{acu}$ ,  $I_{acv}$ ,  $I_{acw}$ （総称する場合、交流電流値 $I_{ac}$ と記載する）とに基づいて、各相の交流電圧指令値を生成する。交流制御指令値生成部40は、たとえば、PID制御器（Proportional-Integral-Differential Controller）などのフィードバック制御器によって構成される。

- [0054] 直流制御指令値生成部41は、まず、各相のアーム電流 $I_{pu}$ ,  $I_{nu}$ ,  $I_{pv}$ ,  $I_{nv}$ ,  $I_{pw}$ ,  $I_{nw}$ に基づいて直流電流値 $I_{dc}$ を演算する。具体的に、上アーム電流 $I_{pu}$ ,  $I_{pv}$ ,  $I_{pw}$ の和を $I_{dc\_p}$ とし、下アーム電流 $I_{nu}$ ,  $I_{nv}$ ,  $I_{nw}$ の和を $I_{dc\_n}$ とすれば、直流電流 $I_{dc}$ は、

$$I_{dc} = (I_{dc\_p} + I_{dc\_n}) / 2 \quad \cdots(1)$$

によって計算できる。

- [0055] 直流制御指令値生成部41は、直流電圧検出器11A, 11Bで検出された直流電圧値 $V_{dc\_p}$ ,  $V_{dc\_n}$ と、算出した直流電流 $I_{dc}$ とに基づいて、直流電圧指令値を生成する。直流制御指令値生成部41は、たとえば、PID制御器などのフィードバック制御器によって構成される。

- [0056] 循環電流制御指令値生成部42は、まず、レグ回路4u, 4v, 4wにそれぞれ流れる循環電流 $I_{ccu}$ ,  $I_{ccv}$ ,  $I_{ccw}$ を各相のアーム電流 $I_{pu}$ ,  $I_{nu}$ ,  $I_{pv}$ ,  $I_{nv}$ ,  $I_{pw}$ ,  $I_{nw}$ に基づいて計算する。ここで、循環電流とは、複数のレグ回路4の間を循環する電流である。たとえば、U相レグ回路4uを流れる循環電流 $I_{ccu}$ は、

$$I_{ccu} = (I_{pu} + I_{nu}) / 2 - I_{dc} / 3 \quad \cdots(2)$$

で表される。上式(3)の第1項はレグ回路4uの上アーム5および下アーム6に共通に流れる電流を表す。上記(3)の第2項は、直流電流 $I_{dc}$ が各レグ回路に均等に流れると仮定したときのU相レグ回路4uの分担分を表す。直流電流循環電流 $I_{ccv}$ ,  $I_{ccw}$ についても同様に計算することが

できる。

- [0057] 循環電流制御指令値生成部42は、算出された各相の循環電流 $I_{ccu}$ ,  $I_{ccv}$ ,  $I_{ccw}$ と各アーム回路ごとに平均化されたセルキャパシタ電流 $V_{cap}$ に基づいて各相の循環電流の指令値を算出する。循環電流制御指令値生成部42は、たとえば、PID制御器などのフィードバック制御器によって構成される。
- [0058] コンデンサ電圧制御指令値生成部43は、各アーム回路ごとに平均化されたセルキャパシタ電圧 $V_{cap}$ と各相のアーム電流 $I_{pu}$ ,  $I_{nu}$ ,  $I_{pv}$ ,  $I_{nv}$ ,  $I_{pw}$ ,  $I_{nw}$ に基づいて、各変換器セル7の直流コンデンサの電圧指令値を生成する。コンデンサ電圧制御指令値生成部43は、たとえば、PID制御器などのフィードバック制御器によって構成される。
- [0059] アーム電圧指令値生成部44は、上記の各指令値生成部40~43を合成することによって、各相の上アーム5および下アーム6用のアーム電圧指令値 $V_{prefu}$ ,  $V_{nrefu}$ ,  $V_{prefv}$ ,  $V_{nrefv}$ ,  $V_{prefw}$ ,  $P_{nrefw}$ を生成する。各相のアーム電圧指令値 $V_{prefu}$ ,  $V_{nrefu}$ ,  $V_{prefv}$ ,  $V_{nrefv}$ ,  $V_{prefw}$ ,  $P_{nrefw}$ は、制御指令33として中継装置32に伝送される。以下の説明において、いずれの相であるかを特定しない場合には、単にアーム電圧指令値 $V_{pref}$ ,  $V_{nref}$ と記載する場合がある。
- [0060] なお、上記で説明した制御装置30の構成は一例であって、他の構成の制御装置を本実施の形態に適用することができる。
- [0061] [中継装置の詳細な構成および動作]
 

図7は、図5の中継装置の構成例を示すブロック図である。図7を参照して、中継装置32は、制御指令受信部80と、保護指令受信部81と、制御指令格納部82と、保護指令格納部83と、送信データ設定部85と、送受信部86と、セルキャパシタ電圧平均化部87とを備える。
- [0062] 制御指令受信部80は、制御装置30から送信された制御指令33としてのアーム電圧指令値 $V_{pref}$ ,  $V_{nref}$ を受信する。受信した制御指令

3 3は、制御指令格納部8 2としてのメモリに格納される。制御指令格納部8 2の格納データは、最新の制御指令3 3が受信される度に更新される。

[0063] 保護指令受信部8 1は、保護装置3 1から送信された保護指令3 4を受信する。受信した保護指令3 4は、保護指令格納部8 3としてのメモリに格納される。保護指令格納部8 3の格納データは、最新の保護指令3 4が受信される度に更新される。

[0064] 送信データ設定部8 5は、制御指令格納部8 2に格納されている最新の制御指令3 3と保護指令格納部8 3に格納されている最新の保護指令3 4とを組み合わせることによって、各変換器セル7に送信すべきデータ（すなわち制御／保護指令1 5）を各アーム回路5，6に対応して設定する。図7において制御／保護指令1 5 p u, 1 5 p v, 1 5 p w, 1 5 n u, 1 5 n v, 1 5 n wは、それぞれU相上アーム、V相上アーム、W相上アーム、U相下アーム、V相下アーム、W相下アームに対応するものである。送受信部8 6は、生成された制御／保護指令1 5を対応するアーム回路の各変換器セル7に送信する。

[0065] 本実施の形態の場合、最新の制御指令3 3と最新の保護指令3 4とを単純に合体することによって制御／保護指令1 5が生成される。したがって、中継装置3 2では、さらなる処理を必要としないので制御指令3 3および保護指令3 4の各変換器セル7への伝送を高速化できる。

[0066] セルキャパシタ電圧平均化部8 7は、各変換器セル7の電圧検出部2 7で検出された直流コンデンサ2 4の電圧を各アーム回路ごとに平均化することによって、セルキャパシタ電圧V c a pを計算する。計算されたセルキャパシタ電圧V c a pは、制御装置3 0によって制御指令3 3を生成するために利用される。

[0067] 図8は、制御／保護指令のフレーム構成を模式的に示す図である。図8の場合、制御／保護指令1 5が光ファイバなどを介した通信によって送信されることが想定されている。図8に示すように、制御／保護指令1 5のフレームは、ヘッダ領域6 5と、保護情報のデータ領域6 6と、制御情報のデータ

領域 6 7 を含む。

- [0068] 図 8 の保護情報は、保護指令格納部 8 3 に格納されている最新の保護指令 3 4 に基づいた情報であり、たとえば、図 1 で説明したいずれかのアーム電流検出器 9 A, 9 B によって過電流が検出されているか否かの情報を含んでいる。保護情報は、さらに、誤り検出情報を含んでいてもよい。誤り検出情報は、保護情報を冗長化したものでもよいし、公知の誤り検出符号であってもよい。保護情報は、各アーム回路で共通である。
- [0069] 図 8 の制御情報は、制御指令格納部 8 2 に格納されている最新の制御指令 3 3 に基づくゲート駆動信号の設定値である。本実施形態の場合、制御情報はアーム電圧指令値  $V_{prefu}$ ,  $V_{nrefu}$ ,  $V_{prefv}$ ,  $V_{nrefv}$ ,  $V_{prefw}$ ,  $P_{nrefw}$  であり、各アームごとに異なる値に設定されている。
- [0070] 図 8 に示すように、保護情報を制御情報よりも信号フレームの先頭近くに配置することが望ましい。これによって各変換器セル 7 では保護情報に基づく信号処理を制御情報に基づく信号処理よりも先に実行することができる。したがって、過電流検出時における各変換器セル 7 の動作の停止をより高速化することができる。
- [0071] 図 9 は、図 5～図 8 で説明した制御装置、保護装置、および中継装置の一ケンス図である。
- [0072] 図 5 および図 9 を参照して、制御装置 3 0 は、第 1 の周期 T 1 ごとに保護指令 S 1 0 1, S 1 0 2, … を送信する。保護装置 3 1 は、第 1 の周期 T 1 よりも短い第 2 の周期 T 2 ごとに保護指令 S 2 0 1, S 2 0 2, … を送信する。中継装置 3 2、第 1 の周期 T 1 よりも短い第 3 の周期 T 3 で制御／保護指令 S 3 0 1, S 3 0 2, … を送信する。
- [0073] 図 5において、制御／保護指令 S 3 0 1 は S 3 1 1 の各々は、最新の制御指令に基づく制御情報および最新の保護指令に基づく保護情報を 1 フレームにまとめたものである。具体的に、制御／保護指令 S 3 0 1～S 3 1 1 に含まれる保護情報は、それぞれ保護指令 S 2 0 1～S 2 1 1 に基づくものであ

る。一方、制御／保護指令 S 301～S 309 に含まれる制御情報は同一の制御指令 S 101 に基づくものであり、制御／保護指令 S 310, S 311 に含まれる制御情報は同一の制御指令 S 102 に基づくものである。

[0074] [効果]

以下、実施の形態 1 の電力変換装置 1 による効果について総括的に説明する。

[0075] まず、本実施の形態の電力変換装置では、通常動作時と過電流検出時とで、制御／保護指令 15 の各フレームを構成する保護情報の内容は変化するが、フレーム構成自体は変化しないという特徴がある。したがって、過電流検出時においても中継装置 32 は特別な処理を実行するのではなく、通常動作時と同様のシーケンスで動作する。このため、中継装置 32 における信号処理が比較的簡単なものとなり、信号処理を高速化することができる。

[0076] 制御／保護指令 15 を受信する各変換器セル 7 においても、通常動作時と過電流検出時とで制御／保護指令 15 のフレーム構成自体は変化しないので、各変換器セル 7 における信号処理が比較的簡単なものとなり、信号処理を高速化することができる。また、前述の特許文献 1（特開 2014-207728 号公報）の場合のように信号のフレーム構成が切り替わることがないので、誤動作防止のための処理も簡単化することができる。

[0077] 以上により、本実施の形態の電力変換装置 1 では、過電流検出時に各変換器セルに停止指令をできるだけ短時間で伝送することができる。さらに、本実施の形態の場合、電力系統での事故が除去された場合には、制御／保護指令に含まれる制御情報の内容を変更するだけで、容易に電力変換装置を復旧することができるというメリットがある。

[0078] 実施の形態 2.

実施の形態 2 では、図 5 の保護装置 31 における過電流検出を高速化するための具体的回路例について説明する。

[0079] 図 10 は、図 5 の保護装置 31 の構成の一例を示すブロック図である。図 10 を参照して、保護装置 31 は、交流電流判定部 50 と、直流電流判定部

51と、循環電流判定部52と、論理和演算部53とを含む。

[0080] 交流電流判定部50は、図1の交流回路12において事故が発生しているか否かをできるだけ短時間で判定するために、上アーム電流 $|p_u|$ ,  $|p_v|$ ,  $|p_w|$ の絶対値および下アーム電流 $|n_u|$ ,  $|n_v|$ ,  $|n_w|$ の絶対値の少なくとも1つが閾値TH1を超えているという第1の判定条件が満たされているか否かを判定する。

[0081] 直流電流判定部51は、図1の直流回路14において事故が発生しているか否かをできるだけ短時間で判定するために、直流電流 $|d_c|$ の絶対値が閾値TH2を超えているという第2の判定条件が満たされているか否かを判定する。具体的に、直流電流 $|d_c|$ は、前述の式(1)によって計算してもよいし、上アーム電流 $|p_u|$ ,  $|p_v|$ ,  $|p_w|$ の和 $|d_c_p|$ を直流電流として用いていもよいし、下アーム電流 $|n_u|$ ,  $|n_v|$ ,  $|n_w|$ の和 $|d_c_n|$ を直流電流として用いていもよいし、 $|d_c_p|$ および $|d_c_n|$ の両方を用いてもよい。

[0082] 循環電流判定部52は、図1の電力変換回路部2において事故が発生しているか否かを判定するために、少なくとも1つのレグ回路を流れる循環電流の絶対値が閾値TH3を超えているという第3の判定条件が満たされているか否かを判定する。

[0083] 具体的に、U相の循環電流 $|c_c_u|$ は、前述の式(2)によって計算することができる。式(2)において直流電流 $|d_c|$ は式(1)によって計算してもよいし、上アーム電流 $|p_u|$ ,  $|p_v|$ ,  $|p_w|$ の和 $|d_c_p|$ を直流電流として用いていもよいし、下アーム電流 $|n_u|$ ,  $|n_v|$ ,  $|n_w|$ の和 $|d_c_n|$ を直流電流として用いてもよい。 $V$ 相および $W$ 相の循環電流 $|c_c_v|$ ,  $|c_c_w|$ についても同様に計算することができる。

[0084] 論理和演算部53は、交流電流判定部50の判定結果54と、直流電流判定部51の判定結果55と、循環電流判定部52の判定結果56との論理和演算を行い、演算結果を保護指令34として出力する。したがって、交流電流判定部50、直流電流判定部51、循環電流判定部52の少なくとも1つ

において過電流が検出された場合には、電力変換回路部2を構成する各変換器セル7の動作を停止する停止指令が保護指令34として論理和演算部53から出力される。

- [0085] 図11は、図10の交流電流判定部50の構成の一例を示すブロック図である。図11を参照して、交流電流判定部50は、絶対値演算部60A～60Fと、比較器61A～61F（総称する場合または不特定のものを示す場合、比較器61と記載する）、論理和演算部62とを含む。
- [0086] 絶対値演算部60A～60Fは、各レグ回路4の電流検出器9Aまたは9Bで検出されたアーム電流値 $|p_u|$ ,  $|n_u|$ ,  $|p_v|$ ,  $|n_v|$ ,  $|p_w|$ ,  $|n_w|$ の絶対値をそれぞれ演算する。
- [0087] 比較器61A～61Fは、アーム電流値 $|p_u|$ ,  $|n_u|$ ,  $|p_v|$ ,  $|n_v|$ ,  $|p_w|$ ,  $|n_w|$ の絶対値と閾値TH1とをそれぞれ比較する。各比較器61は、対応のアーム電流値の絶対値が閾値TH1を超えている場合に、論理値“1”を出力する。
- [0088] 論理和演算部62は、比較器61A～61Fの比較結果の論理和を交流電流判定部50の判定結果54として出力する。したがって、アーム電流値 $|p_u|$ ,  $|n_u|$ ,  $|p_v|$ ,  $|n_v|$ ,  $|p_w|$ ,  $|n_w|$ の絶対値のうちの少なくとも1つが閾値TH1を超えている場合に、交流電流判定部50において過電流と判定される。
- [0089] 図12は、図10の直流電流判定部51の構成の一例を示すブロック図である。図12を参照して、直流電流判定部51は、加算器63A, 63Bと、絶対値演算部64A, 64Bと、比較器65A, 65Bと、論理和演算部66とを含む。
- [0090] 加算器63Aは上アーム電流値 $|p_u|$ ,  $|p_v|$ ,  $|n_v|$ を加算し、絶対値演算部64Aは加算結果の絶対値を演算する。これによって、上アーム電流に基づく直流電流 $|d_c_p|$ の絶対値が求まる。
- [0091] 同様に、加算器63Bは下アーム電流値 $|n_u|$ ,  $|n_v|$ ,  $|p_v|$ を加算し、絶対値演算部64Bは加算結果の絶対値を演算する。これによって、下ア

ーム電流に基づく直流電流  $|dc_n|$  の絶対値が求まる。

- [0092] 比較器 65A, 65B は、算出された直流電流  $|dc_p|$ ,  $|dc_n|$  の絶対値をそれぞれ閾値 TH2 と比較する。各比較器 65A, 65B は、対応のアーム電流値の絶対値が閾値 TH2 を超えている場合に、論理値 “1” を出力する。
- [0093] 論理和演算部 66 は、比較器 65A, 65B の比較結果の論理和を直流電流判定部 51 の判定結果 62 として出力する。したがって、直流電流  $|dc_p|$ ,  $|dc_n|$  の絶対値の少なくとも 1 つが閾値 TH2 を超えている場合に、直流電流判定部 51 において過電流が判定される。
- [0094] 図 13 は、図 10 の循環電流判定部 52 の構成の一例を示すブロック図である。図 13 を参照して、循環電流判定部 52 は、加算器 70A～70D と、定数 0.5 を乗算する定数乗算器 71A～71C と、定数 1/3 を乗算する定数乗算器 71D と、減算器 72A, 72B, 72C と、絶対値演算部 73A～73C と、比較器 74A～74C と、論理和演算部 75 を含む。
- [0095] 加算器 70A および定数乗算器 71A によって、U 相の上アーム電流  $|pu|$  および下アーム電流  $|nu|$  が平均化されることによって、U 相の上アームおよび下アームに共通に流れるレグ電流  $|comu|$  が演算される。同様に、加算器 70B および定数乗算器 71B によって V 相の上アームおよび下アームに共通に流れるレグ電流  $|comv|$  が演算され、加算器 70C および定数乗算器 71C によって W 相の上アームおよび下アームに共通に流れるレグ電流  $|comw|$  が演算される。
- [0096] 加算器 70D および定数乗算器 71D によって、上アーム電流に基づく直流電流  $|dc_p|$  の 1/3、すなわち、各レグ回路 4 への分担される直流電流値が演算される。減算器 72A, 72B, 72C はこの直流電流値をレグ電流値  $|comu|$ ,  $|comv|$ ,  $|comw|$  から減算し、絶対値演算部 73A～73C は減算結果の絶対値をそれぞれ演算する。この結果、各レグ回路 4 を流れる循環電流  $|ccu|$ ,  $|ccv|$ ,  $|ccw|$  の絶対値が求まる。
- [0097] 比較器 74A～74C は、算出された各レグ回路 4 を流れる循環電流  $|c$

$|c_u|$ ,  $|c_c v|$ ,  $|c_c w|$ の絶対値をそれぞれ閾値 TH3 と比較する。各比較器 74A～74C は、対応の循環電流の絶対値が閾値 TH3 を超えている場合に、論理値 “1” を出力する。

[0098] 論理和演算部 75 は、比較器 74A～74C の比較結果の論理和を循環電流判定部 52 の判定結果 56 として出力する。したがって、循環電流  $|c_u|$ ,  $|c_c v|$ ,  $|c_c w|$  の絶対値の少なくとも 1 つが閾値 TH3 を超えている場合に、循環電流判定部 52 において過電流が判定される。

[0099] 以上のとおり、実施の形態 2 の電力変換装置によれば、保護装置において過電流を検出する際に、各アーム電流の絶対値が閾値 TH1 と比較されるだけでなく、直流電流および循環電流が演算されてこれらの演算結果がそれぞれ閾値 TH2, TH3 と比較される。この結果、交流回路 12、直流回路 14、および電力変換回路部 2 のいずれにおいて事故が発生した場合にも、事故発生による過電流をできるだけ短時間で検出することができる。

[0100] なお、図 10において、循環電流判定部 52 を含まない構成であってもよい。この場合には、交流回路 12 および直流回路 14 のいずれかで事故が発生した場合に、できるだけ短時間で過電流を検出可能な保護装置を提供することができる。

[0101] 実施の形態 3.

実施の形態 3 の電力保護装置では、少なくとも 1 つのレグ回路 4 において異なる種類の変換器セル 7 が混在している場合について説明する。以下では、U 相レグ回路 4u においてハーフブリッジ方式の変換器セル 7HB とフルブリッジ方式の変換器セル 7FB とが混在している場合を例に挙げる。V 相およびW 相のレグ回路 4v, 4w の場合も同様である。他の回路方式の変換器セル 7 の場合も同様であるし、3 種類以上の変換器セル 7 が混在している場合も同様である。

[0102] 図 14 は、実施の形態 3 の電力保護装置の概略構成を示すブロック図である。図 14 を参照して、電力変換回路部 2 の U 相のレグ回路 4u は、ハーフブリッジ方式の複数の変換器セル 7HB とフルブリッジ方式の複数の変換器

セル 7 FB とを含む。

- [0103] 図 14 に示すように、中継装置 32 は、ハーフブリッジ方式の各変換器セル 7 HB に制御／保護指令 15 p u A, 15 n u A を出力する第 1 の中継部 32 HB と、フルブリッジ方式の各変換器セル 7 FB に制御／保護指令 15 p u B, 15 n u B を出力する第 2 の中継部 32 FB とを備える。
- [0104] 制御装置 30 は、ハーフブリッジ方式の各変換器セル 7 HB を運転制御するための制御指令 33 A を中継部 32 HB に出力する第 1 の制御部 30 HB と、フルブリッジ方式の各変換器セル 7 FB を運転制御するための制御指令 33 B を中継部 32 FB に出力する第 2 の制御部 30 FB とを備える。このように、変換器セル 7 HB, 7 FB の種類に応じて異なる制御指令 33 A, 33 B が送信される。
- [0105] 一方、保護装置 31 は、共通の保護指令 34 を第 1 の中継部 32 HB および第 2 の中継部 32 FB に出力する。このように、保護装置 31 を制御装置 30 と独立して設けることによって、変換器セル 7 HB, 7 FB の種類に応じて保護指令 34 を変更する必要がない。このため、過電流が検出された場合には、変換器セル 7 HB, 7 FB の種類によらずに速やかに運転停止指令を各変換器セルに送信することができる。
- [0106] 図 14 のその他の点は、実施の形態 1 の場合と同様であるので詳しい説明を繰返さない。また、実施の形態 2 で説明した保護装置 31 の構成は実施の形態 3 にも適用することができる。
- [0107] 実施の形態 4.
- 実施の形態 4 では、図 10 の保護装置 31 の交流電流判定部 50 および直流電流判定部 51 による判定結果に基づいて遮断器の開閉を制御する例について説明する。
- [0108] 図 15 は、実施の形態 4 の電力変換装置の構成を示すブロック図である。図 15 の電力変換装置 1 において保護装置 31 は、実施の形態 2 の図 10 で説明した構成を備える。
- [0109] また、図 15 の電力変換装置 1 では、電力変換回路部 2 と交流回路 12 と

の間に交流遮断器 90 が設けられ、電力変換回路部 2 と直流回路 14との間に直流遮断器 91, 92 が設けられる。図 15 では、図解を容易にするために交流遮断器 90 は 1 個のみ図示されているが、実施には 3 相送電線の各相ごとに合計で 3 個の交流遮断器が設けられている。

[0110] 保護装置 31 は、交流電流判定部 50 によって過電流が検出された場合には、交流遮断器 90 を開放するためのトリップ信号を出力する。さらに、保護装置 31 は、直流電流判定部 51 によって過電流が検出された場合には、直流遮断器 91, 92 を開放するためのトリップ信号を出力する。

[0111] これによって、交流回路 12 において短絡事故または地絡事故が発生した場合には、交流回路 12 と電力変換回路部 2 の間をより早く遮断することによって電力変換回路部 2 の保護を図ることができる。直流回路 14 において短絡事故または地絡事故が発生した場合には、直流回路 14 と電力変換回路部 2 の間をより早く遮断することによって電力変換回路部 2 の保護を図ることができる。

[0112] 図 15 のその他の点は、実施の形態 1 および実施の形態 2 で説明したとおりであるので、詳しい説明を繰返さない。上記の実施の形態 4 の保護装置 31 の構成は、実施の形態 3 の制御装置 30 および中継装置 32 の構成と組み合わせることができる。

[0113] 実施の形態 5.

実施の形態 5 の電力変換装置は、電力変換回路部 2 に含まれる各変換器セル 7 が図 3 のフルブリッジ方式の変換器セル 7FB によって構成されている場合に関する。この場合に、実施の形態 5 の電力変換装置は、図 10 の直流電流判定部 51 の判定結果 55 に基づいて各変換器セル 7FB から逆電圧を出力できるようにしたものである。したがって、本実施の形態の電力変換装置は、実施の形態 2 の保護装置 31 の構成を前提としたものである。

[0114] 図 3 で説明したように、直流回路 14 の短絡事故の場合にスイッチング素子 22A～22D の全てをオフにした場合には、ダイオード 23C, 23B を介してコンデンサ 24 の電圧が出力される。この場合、スイッチング素子

22B, 22Cをオン状態にし、スイッチング素子22A, 22Bをオフ状態にすることによって、ダイオード23B, 23Cを介さずに逆電圧が出力できるので、ダイオード23B, 23Cの損失を低減し、ダイオード23B, 23Cの破損を防止することができる。以下、このような制御を行うための各セル変換器7FBのゲート制御部21の動作について説明する。

- [0115] 図16は、実施の形態5の電力変換装置において、各変換器セルのゲート制御部の動作を示すフローチャートである。実施の形態5の場合、保護装置31から出力される保護指令34には、直流電流判定部51の判定結果に関する情報が含まれる。
- [0116] 図3および図16を参照して、ステップST100において、各変換器セル7FBのゲート制御部21は、中継装置32から制御／保護指令15を受信する。ここで、制御／保護指令15に含まれる保護情報には、図10の交流電流判定部50、直流電流判定部51、および循環電流判定部52のいずれかによって過電流が検出されたか否かの情報と、直流電流判定部51によって過電流が検出されたか否かの情報とが含まれている。
- [0117] 次のステップST110において、各変換器セル7FBのゲート制御部21は、受信した制御／保護指令15の保護情報に過電流を示す情報が含まれているか否かを判定する。保護情報が過電流を示している場合には（ステップST110でYES）、次のステップST120においてゲート制御部21は、保護情報が直流回路12の過電流を示しているか、言い換えると、直流電流判定部51によって過電流が検出されているか否かを判定する。
- [0118] 上記の判定の結果、保護情報が直流回路12の過電流を示している場合には（ステップST120でYES）、ゲート制御部21は、スイッチング素子22B, 22Cを導通状態にし、スイッチング素子22A, 22Bを非導通状態にすることによって、ダイオード23B, 23Cを介さずに逆電圧を出力する（ステップST130）。一方、保護情報が過電流を示しているが、直流回路12の過電流を示していない場合には（ステップST120でNO）、ゲート制御部21は、全スイッチング素子22A～22Dを非導通状

態にする（ステップS T 1 4 0）。

[0119] 実施の形態5の電力変換装置のその他の動作は、実施の形態1および2の場合と同様であるので説明を繰返さない。また、本実施の形態は実施の形態3，4のいずれとも組み合わせができる。

[0120] 実施の形態6.

実施の形態6では、実施の形態1の電力変換装置の制御装置30の構成を変更した場合について説明する。

[0121] 図17は、実施の形態6の電力変換装置において、制御装置の構成例を示すブロック図である。図17の制御装置30Aは、アーム電圧指令値生成部44の後段にゲート制御指令生成部45をさらに含む点で図6の制御装置30と異なる。

[0122] 図17を参照して、ゲート制御指令生成部45は、U相上アーム電圧指令値 $V_{p r e f u}$ に基づいて、U相上アームを構成する各変換器セル7のスイッチング素子22（22A, 22B, 22C, 22D）のオンオフを制御するためのゲート制御指令 $G C p u$ を生成する。同様に、ゲート制御指令生成部45は、U相下アームの電圧指令値 $V_{n r e f u}$ に基づいて、U相下アームを構成する各変換器セル7用のゲート制御指令 $G C p n$ を生成する。ゲート制御指令生成部45は、V相上アームの電圧指令値 $V_{p r e f v}$ に基づいてV相上アームを構成する各変換器セル7用のゲート制御指令 $G C p v$ を生成し、V相下アームの電圧指令値 $V_{n r e f v}$ に基づいてV相下アームを構成する各変換器セル7用のゲート制御指令 $G C n v$ を生成する。ゲート制御指令生成部45は、W相上アームの電圧指令値 $V_{p r e f w}$ に基づいてW相上アームを構成する各変換器セル7用のゲート制御指令 $G C p w$ を生成し、W相下アームの電圧指令値 $V_{n r e f w}$ に基づいてW相下アームを構成する各変換器セル7用のゲート制御指令 $G C n w$ を生成する。生成されたゲート制御指令 $G C p u$ ,  $G C n u$ ,  $G C p v$ ,  $G C n v$ ,  $G C p w$ ,  $G C n w$ は、制御指令33として図5の中継装置32に伝送される。

[0123] 本実施の形態の場合、中継装置32は、制御指令33としてのゲート制御

指令 $G C p u$ ,  $G C n u$ ,  $G C p v$ ,  $G C n v$ ,  $G C p w$ ,  $G C n w$ と保護指令34とを組み合わせることによって制御／保護指令15を生成する。この場合、中継装置32のより詳細な構成は、図7で説明したものと同様である。具体的に、送信データ設定部85は、最新の制御指令33と最新の保護指令34とを単純に合体することによって制御／保護指令15を生成する。したがって、中継装置32では、さらなる信号処理を必要としないので制御指令33および保護指令34の各変換器セル7への伝送を高速化できる。

[0124] ただし、制御指令33は各変換器セル7ごとに設定されたゲート制御指令 $G C p u$ ,  $G C n u$ ,  $G C p v$ ,  $G C n v$ ,  $G C p w$ ,  $G C n w$ によって構成されているので、制御／保護指令15も各変換器セル7ごとに設定されることになる。各変換器セル7のゲート制御部21は、通常制御時において対応するゲート制御指令に基づいて各スイッチング素子22のオンオフを制御する。

[0125] 実施の形態6の電力変換装置のその他の点は実施の形態1の電力変換装置と同様であるので説明を繰り返さない。また、実施の形態6は、実施の形態2～5のいずれとも組み合わせることができる。

[0126] 実施の形態7.

実施の形態7では、実施の形態1の電力変換装置の中継装置32の構成を変更した場合について説明する。

[0127] 図18は、実施の形態7の電力変換装置において、中継装置の構成例を示すブロック図である。図18の中継装置32Aは、制御指令格納部84と送信データ設定部85との間にゲート制御指令生成部84をさらに含む点で図7の中継装置32と異なる。

[0128] 図18を参照して、ゲート制御指令生成部84は、U相の電圧指令値 $V p r e f u$ ,  $V n r e f u$ に基づいてU相の各変換器セル7のゲート駆動信号を設定する。同様に、ゲート制御指令設定部84は、V相の電圧指令値 $V p r e f v$ ,  $V n r e f v$ に基づいてV相の各変換器セル7のゲート駆動信号を設定し、W相の電圧指令値 $V p r e f w$ ,  $V n r e f w$ に基づいてW相の

各変換器セル7のゲート駆動信号を設定する。

- [0129] 送信データ設定部85は、制御指令格納部82に格納されている最新の制御指令33に基づく各変換器セル7のゲート駆動信号の設定値と保護指令格納部83に格納されている最新の保護指令34とを組み合わせることによって、各変換器セル7に送信すべきデータ（すなわち制御／保護指令15）を変換器セル7ごとに設定する。この場合の制御／保護指令15は、変換器セルごとに異なるものとなっている。
- [0130] 実施の形態7の場合、制御指令33の変換処理が必要となるため、実施の形態1の場合よりも中継装置32Aでの信号処理が複雑化している。ただし、各変換器セル7の制御部21での信号処理は、実施の形態1の場合よりも簡単化することができる。
- [0131] 実施の形態7の電力変換装置のその他の点は実施の形態1の電力変換装置と同様であるので説明を繰返さない。また、実施の形態7は、実施の形態2～5のいずれとも組み合わせることができる。
- [0132] 実施の形態8.
- 図19は、実施の形態8による電力変換装置の構成を示すブロック図である。図19の電力変換装置は、中継装置32を含んでいない点で図5の電力変換装置と異なる。
- [0133] 具体的に、図19の電力変換装置において制御装置30は、変換器セル7ごとにゲート駆動信号の設定値を制御指令33として生成し、生成した制御指令33をそれぞれ対応する変換器セル7に送信する。図19の保護装置31は、各変換器セル7で共通の保護指令34を生成し、生成した保護指令34を各変換器セル7に送信する。図19のその他の点は実施の形態1の図5の場合と同様であるので、同一または相当する部分には同一の参照符号をして説明を繰返さない。
- [0134] 図19の電力変換装置では、保護装置31は制御装置30と独立して設かれているので、保護指令34は制御指令33に影響されることなく各変換器セル7に直接送信される。したがって、過電流検出時には、短時間で全変

換器セルを停止させることができる。

[0135] 本実施の形態は、実施の形態2，4，5と組み合わせることができる。また、少なくとも1つのレグ回路4において異なる種類の変換器セル7が混在されている場合には、実施の形態3の場合と同様に、各種類の変換器セル7ごとに対応の制御部が設けられ、各対応の制御部から制御指令33が対応の変換器セル7に送信される。

[0136] 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ないと考えられるべきである。この発明の範囲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

[0137] 1 電力変換装置、2 電力変換回路部、3 制御／保護指令生成部、4 u, 4 v, 4 w レグ回路、5 上アーム、6 下アーム、7, 7FB, 7HB, 7TQB 変換器セル、8A, 8B リアクトル、9A, 9B アーム電流検出器、10 交流電圧検出器、11A, 11B 直流電圧検出器、12 交流回路、13 連系変圧器、14 直流回路、15, 15A, 15B 制御／保護指令、20FB, 20HB, 20TQB 変換回路、21 ゲート駆動回路、22A, 22B, 22C, 22D スイッチング素子、23A, 23B, 23C, 23D ダイオード、24 直流コンデンサ、26N, 26P 入出力端子、30 制御装置、30FB 第2の制御部、30HB 第1の制御部、31 保護装置、32 中継装置、32FB 第2の中継部、32HB 第1の中継部、33, 33A, 33B 制御指令、34 保護指令、50 交流電流判定部、51 直流電流判定部、52 循環電流判定部、90 交流遮断器、91, 92 直流遮断器、Nn 低電位側直流端子、Np 高電位側直流端子、T1 第1の周期、T2 第2の周期、T3 第3の周期、TH1, TH2, TH3 閾値。

## 請求の範囲

- [請求項1] 直流回路と交流回路との間で電力変換を行う電力変換装置であって、  
互いに直列接続された複数の変換器セルを含む電力変換回路部を備え、  
各前記変換器セルはエネルギー蓄積器を含み、蓄積エネルギーを出力可能に構成され、  
前記電力変換装置は、さらに、  
各前記変換器セルを運転制御するための制御指令を生成する制御装置と、  
前記制御指令に基づいて各前記変換器セルを動作させるか又は前記制御指令に依らずに各前記変換器セルの動作を停止させるかを指令するための保護指令を生成する保護装置と、  
前記制御指令に基づく制御情報と前記保護指令に基づく保護情報とを組合せた制御／保護指令を生成し、生成した前記制御／保護指令を各前記変換器セルに出力する中継装置とを備える、電力変換装置。
- [請求項2] 前記保護装置は、前記複数の変換器セルに流れる電流が閾値を超えているかに少なくとも基づいて前記保護指令を生成する、請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項3] 前記制御装置は、第1の周期ごとに前記制御指令を生成し、生成した前記制御指令を前記中継装置に出力し、  
前記保護装置は、前記第1の周期よりも短い第2の周期ごとに前記保護指令を生成し、生成した前記保護指令を前記中継装置に送信し、  
前記中継装置は、前記第1の周期より短い第3の周期ごとに、受信した最新の前記制御指令と受信した最新の保護指令に基づいて前記制御／保護指令を生成し、生成した前記制御／保護指令を各前記変換器セルに出力する、請求項1または2に記載の電力変換装置。
- [請求項4] 前記保護情報は、誤り検出情報を含む、請求項1～3のいずれか1

項に記載の電力変換装置。

[請求項5] 前記直列接続された複数の変換器セルは同一種類のブリッジ型の変換回路を備える、請求項1～4のいずれか1項に記載の電力変換装置  
◦

[請求項6] 前記直列接続された変換器セルは、  
第1の種類のブリッジ型の変換回路をそれぞれ含む複数の第1の変換器セルと、  
前記第1の種類と異なる第2の種類のブリッジ型の変換回路をそれ  
ぞれ含む複数の第2の変換器セルとを備え、

前記中継装置は、

各前記第1の変換器セルに前記制御／保護指令を出力する第1の中継部と、

各前記第2の変換器セルに前記制御／保護指令を出力する第2の中継部とを備え、

前記制御装置は、

各前記第1の変換器セルを運転制御するための前記制御指令を前記  
第1の中継部に出力する第1の制御部と、

各前記第2の変換器セルを運転制御するための前記制御指令を前記  
第2の中継部に出力する第2の制御部とを備え、

前記保護装置は、共通の前記保護指令を前記第1の中継部および前  
記第2の中継部に出力する、請求項1～4のいずれか1項に記載の電  
力変換装置。

[請求項7] 前記電力変換回路部は、  
前記直流回路と接続された高電位側直流端子および低電位側直流端  
子と、  
前記交流回路の相にそれぞれ対応し、前記高電位側直流端子と前記  
低電位側直流端子との間に互いに並列に接続された複数のレグ回路と  
を備え、

各前記レグ回路は、

前記交流回路の対応する相と電気的に接続された接続部と、

前記接続部と前記高電位側直流端子との間に直列に接続された複数の前記変換器セルを含む上アームと、

前記接続部と前記低電位側直流端子との間に直列に接続された複数の前記変換器セルを含む下アームと、

前記上アームを流れる電流を検出する上アーム電流検出器と、

前記下アームを流れる電流を検出する下アーム電流検出器とを備える、請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

[請求項8]

前記保護装置は、交流電流判定部を含み、

前記交流電流判定部は、各前記レグ回路の前記上アームを流れる電流の絶対値および各前記レグ回路の前記下アームを流れる電流の絶対値の少なくとも 1 つが第 1 の閾値を超えているという第 1 の判定条件が満たされているか否かを判定し、

前記保護装置は、前記第 1 の判定条件が満たされている場合に、前記電力変換回路部に設けられた各前記変換器セルの運転を停止させるための保護指令を出力する、請求項 7 に記載の電力変換装置。

[請求項9]

前記保護装置は、直流電流判定部をさらに含み、

前記直流電流判定部は、各前記レグ回路の前記上アームおよび前記下アームを流れる電流に基づいて、前記高電位側直流端子を流れる直流電流および前記低電位側直流端子を流れる直流電流を算出し、前記高電位側直流端子を流れる直流電流の絶対値および前記低電位側直流端子を流れる直流電流の絶対値の少なくとも 1 つが第 2 の閾値を超えているという第 2 の判定条件が満たされているか否かを判定し、

前記保護装置は、前記第 1 の判定条件および前記第 2 の判定条件の少なくとも 1 つが満たされている場合に、前記電力変換回路部に設けられた各前記変換器セルの運転を停止させるための保護指令を出力する、請求項 8 に記載の電力変換装置。

## [請求項10]

前記保護装置は、循環電流判定部をさらに含み、  
前記循環電流判定部は、各前記レグ回路の前記上アームおよび前記下アームを流れる電流に基づいて前記複数のレグ回路をそれぞれ流れ複数の循環電流を算出し、前記複数の循環電流の少なくとも1つが第3の閾値を超えているという第3の判定条件が満たされているか否かを判定し、

前記保護装置は、前記第1の判定条件、前記第2の判定条件、および前記第3の判定条件の少なくとも1つが満たされている場合に、前記電力変換回路部に設けられた各前記変換器セルの運転を停止させるための保護指令を出力する、請求項9に記載の電力変換装置。

## [請求項11]

前記交流回路と前記電力変換回路部との間には交流遮断器が接続され、

前記直流回路と前記電力変換回路部との間には直流遮断器が接続され、

前記保護装置は、前記第1の判定条件が満たされている場合に前記交流遮断器にトリップ信号を出力し、

前記保護装置は、前記第2の判定条件が満たされている場合に前記直流遮断器にトリップ信号を出力する、請求項9または10に記載の電力変換装置。

## [請求項12]

前記電力変換回路部に設けられた各前記変換器セルは、フルブリッジ型の変換回路を含み、

各前記変換器セルは、前記第2の判定条件が満たされている場合に、各前記変換器セルから逆電圧が出力されるように前記フルブリッジ型の変換回路の接続を切替えるように構成される、請求項9または10に記載の電力変換装置。

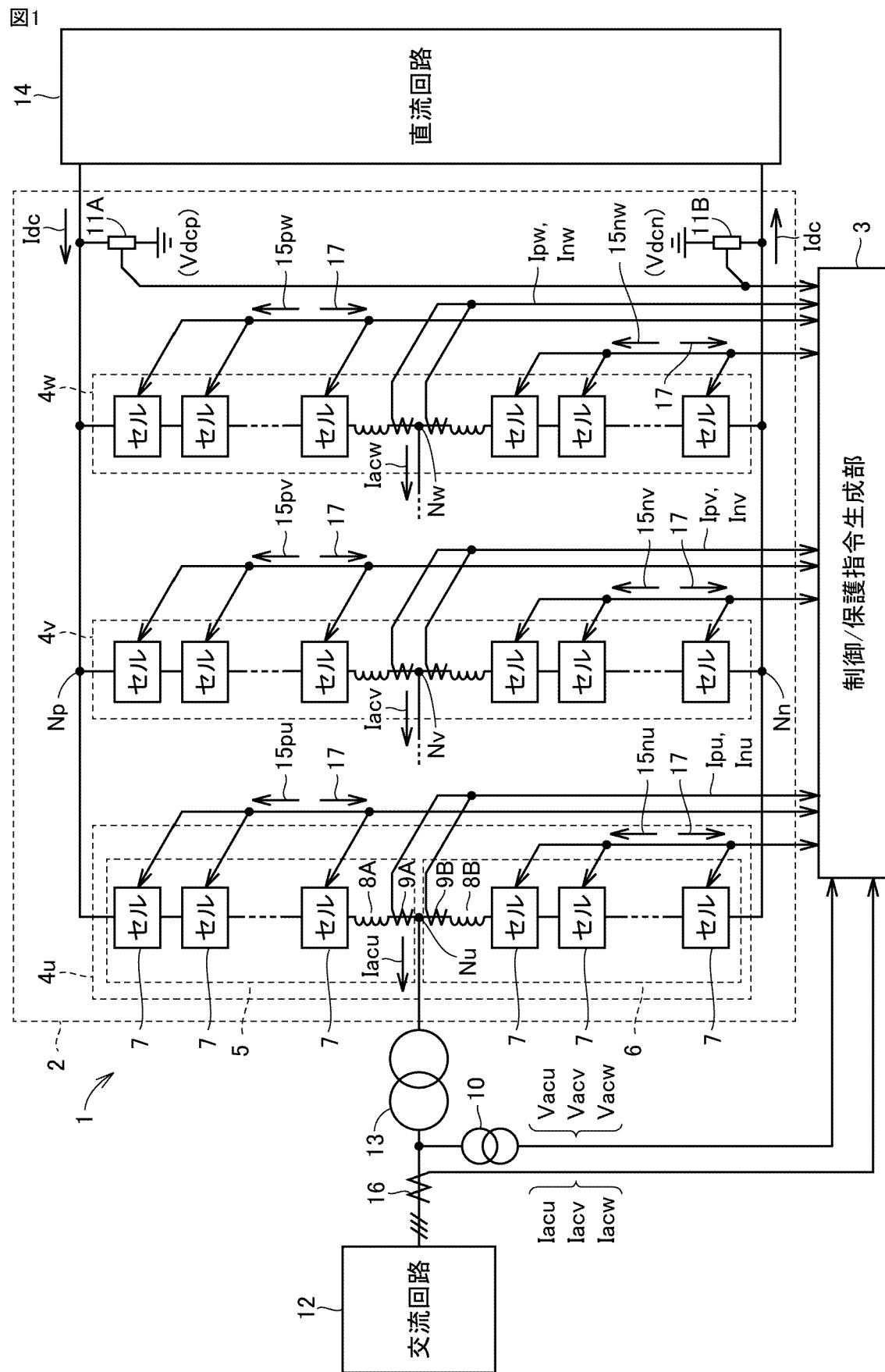
## [請求項13]

前記制御装置は、前記レグ回路ごとに、前記上アームを構成する変換器セル全体の出力電圧指令値および前記下アームを構成する変換器セル全体の出力電圧指令値を、前記制御指令として前記中継装置に出

力する、請求項 7～12 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

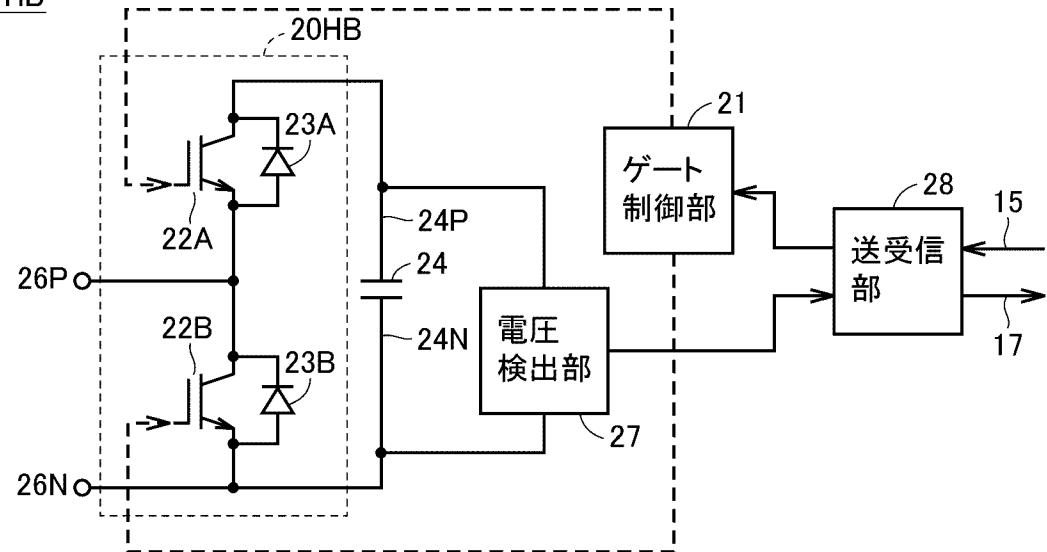
- [請求項14] 直流回路と交流回路との間で電力変換を行う電力変換装置であって、  
互いに直列接続された複数の変換器セルを含む電力変換回路部を備え、  
各前記変換器セルはエネルギー蓄積器を含み、蓄積エネルギーを出力可能に構成され、  
前記電力変換装置は、さらに、  
各前記変換器セルを運転制御するための制御指令を生成し、生成した制御指令を各前記変換器セルに出力する制御装置と、  
前記制御指令に基づいて各前記変換器セルを動作させるか又は前記制御指令に依らずに各前記変換器セルの動作を停止させるかを指令するための共通の保護指令を生成し、生成した前記共通の保護指令を各前記変換器セルに出力する保護装置とを備える、電力変換装置。

[図1]



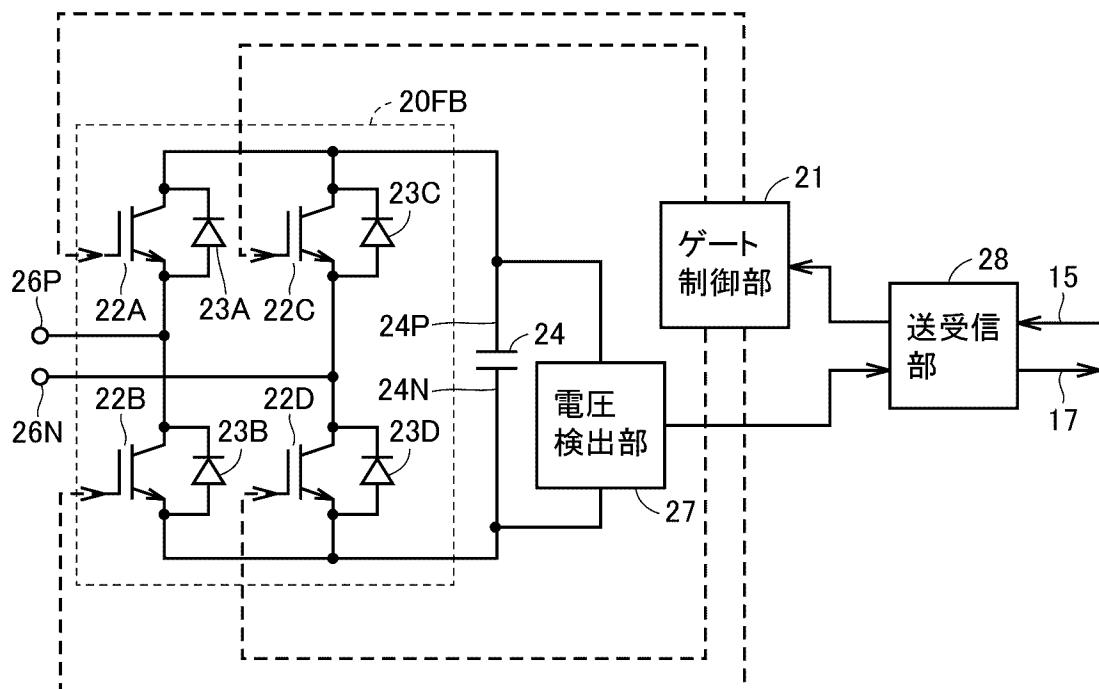
[図2]

図2

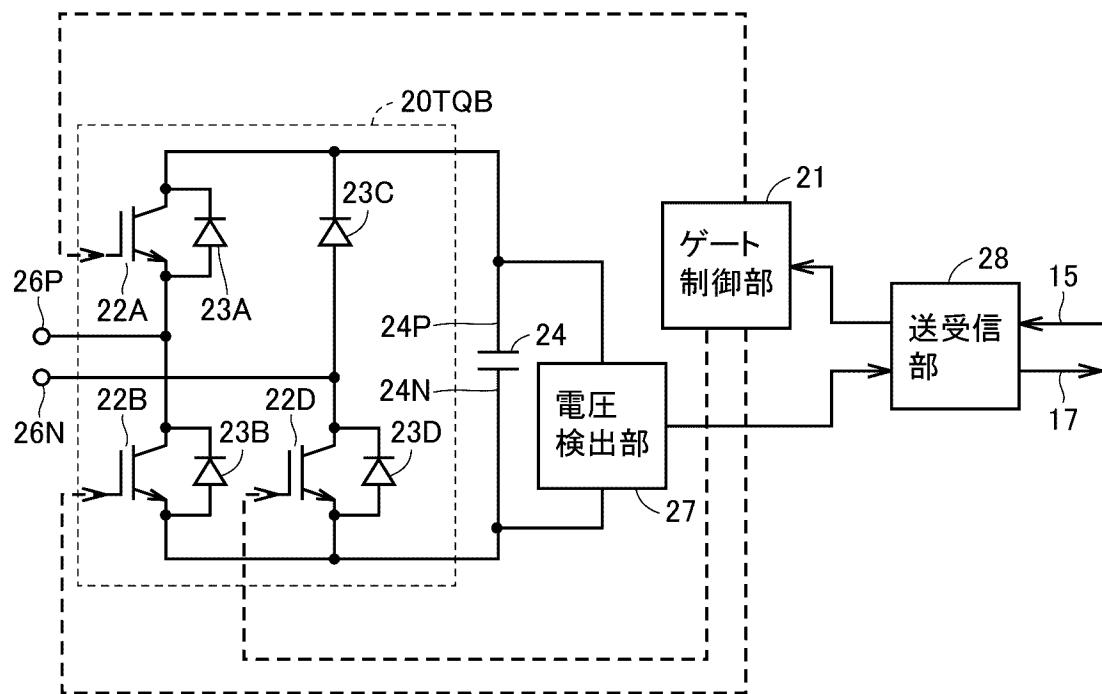
7HB

[図3]

図3

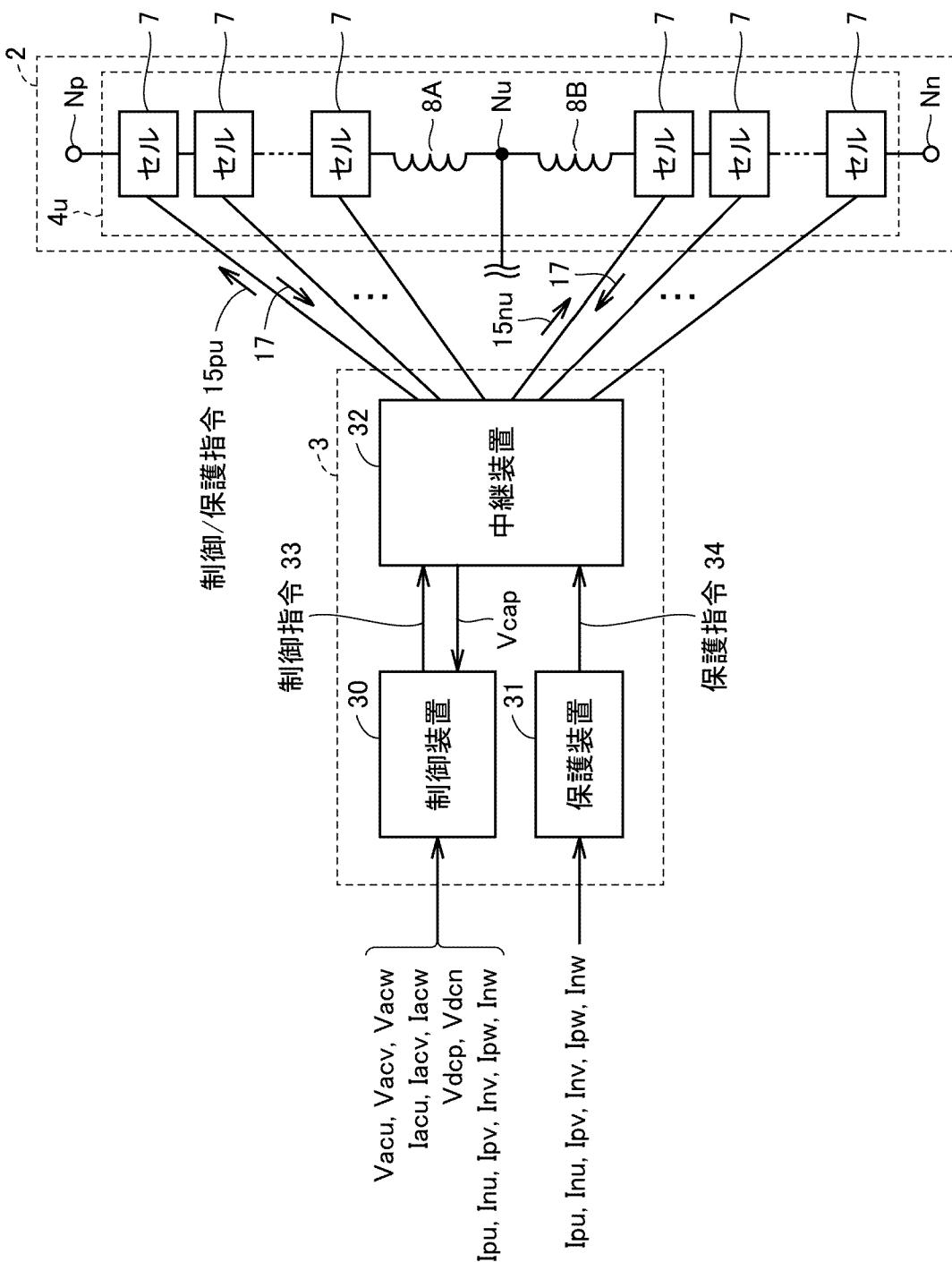
7FB

## [図4]

図4  
7TQB

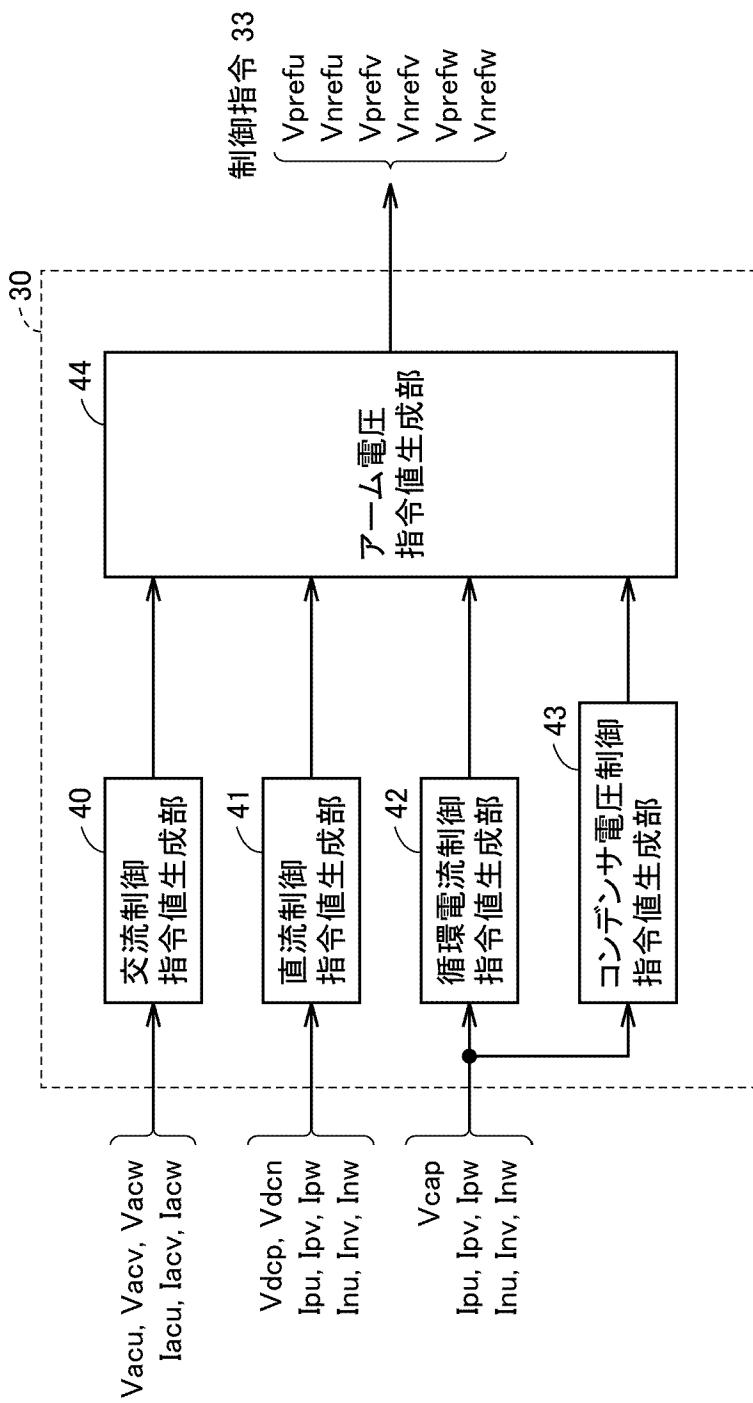
[図5]

図5



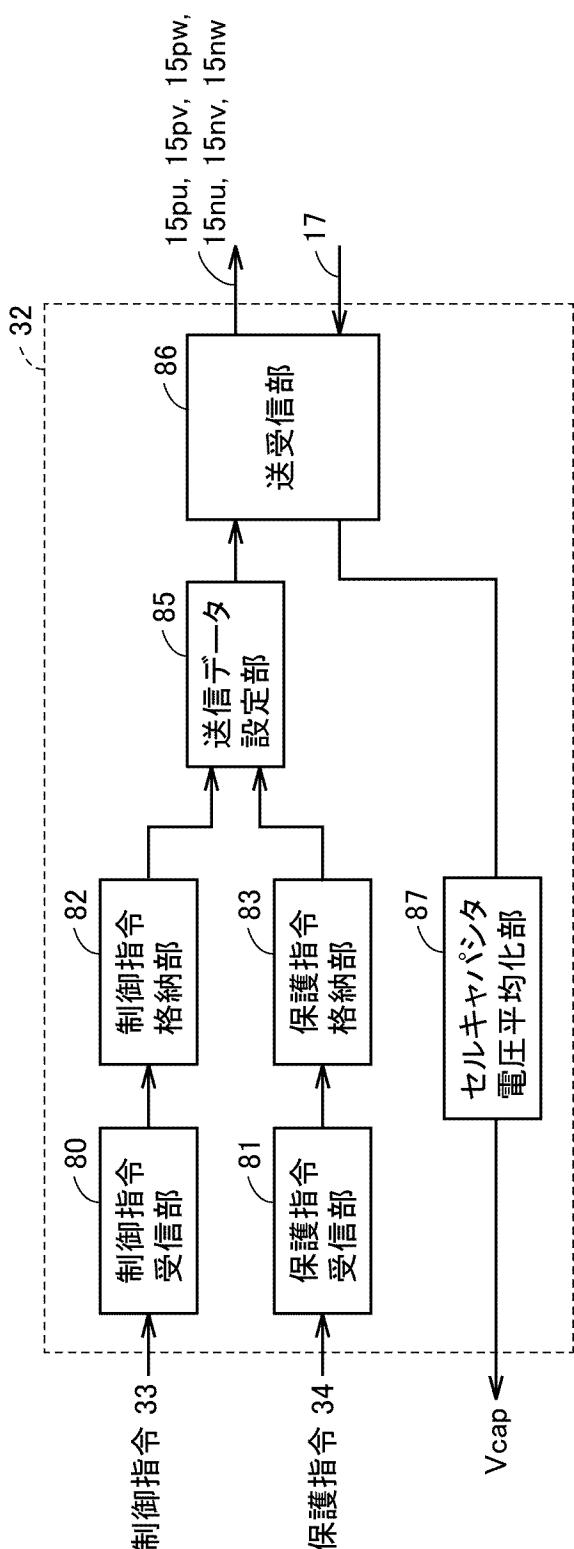
[図6]

図6



[図7]

図7



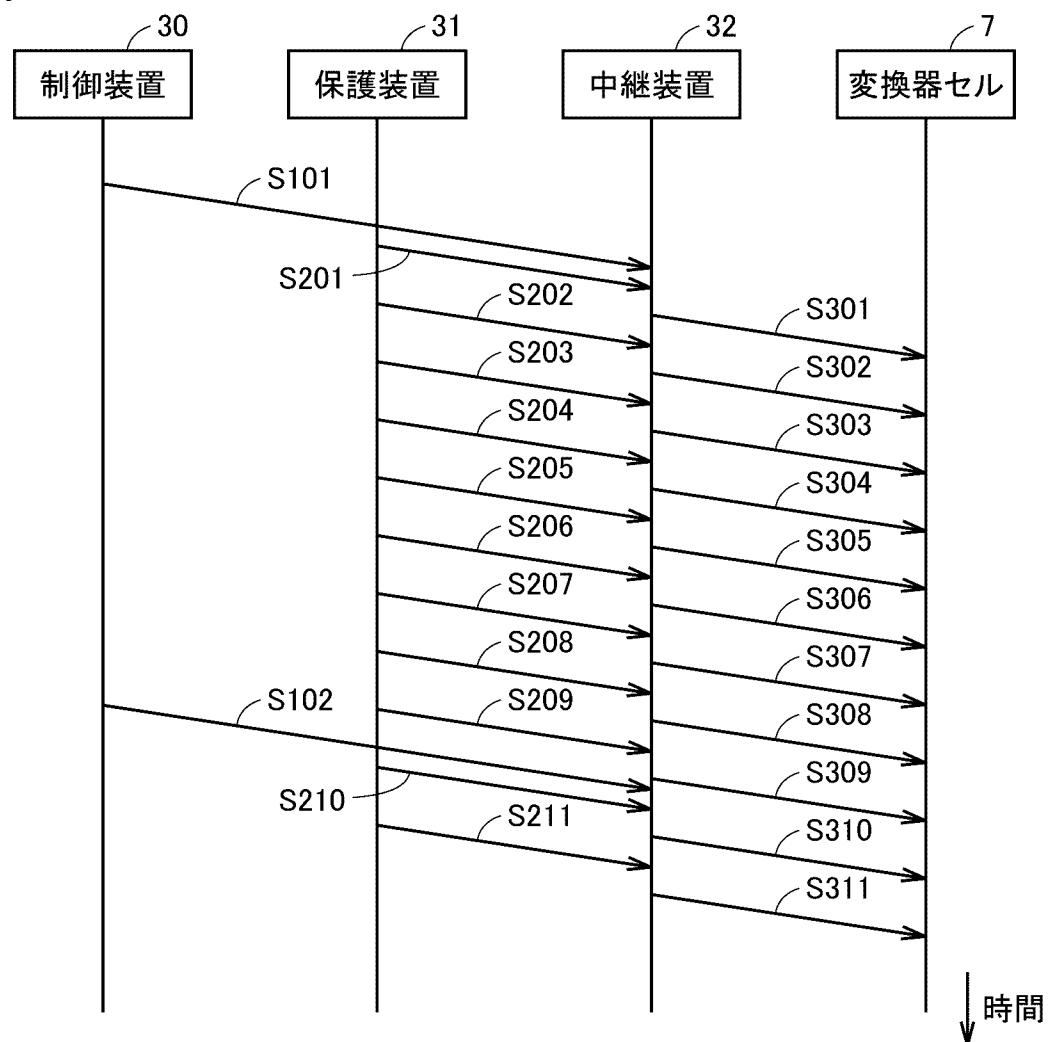
[図8]

図8



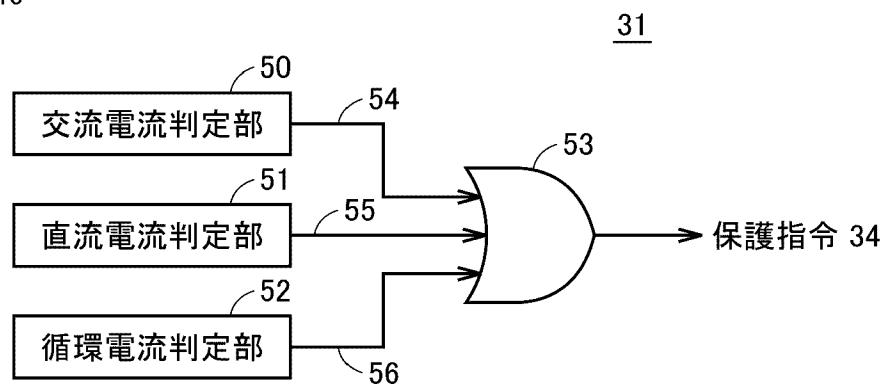
[図9]

図9



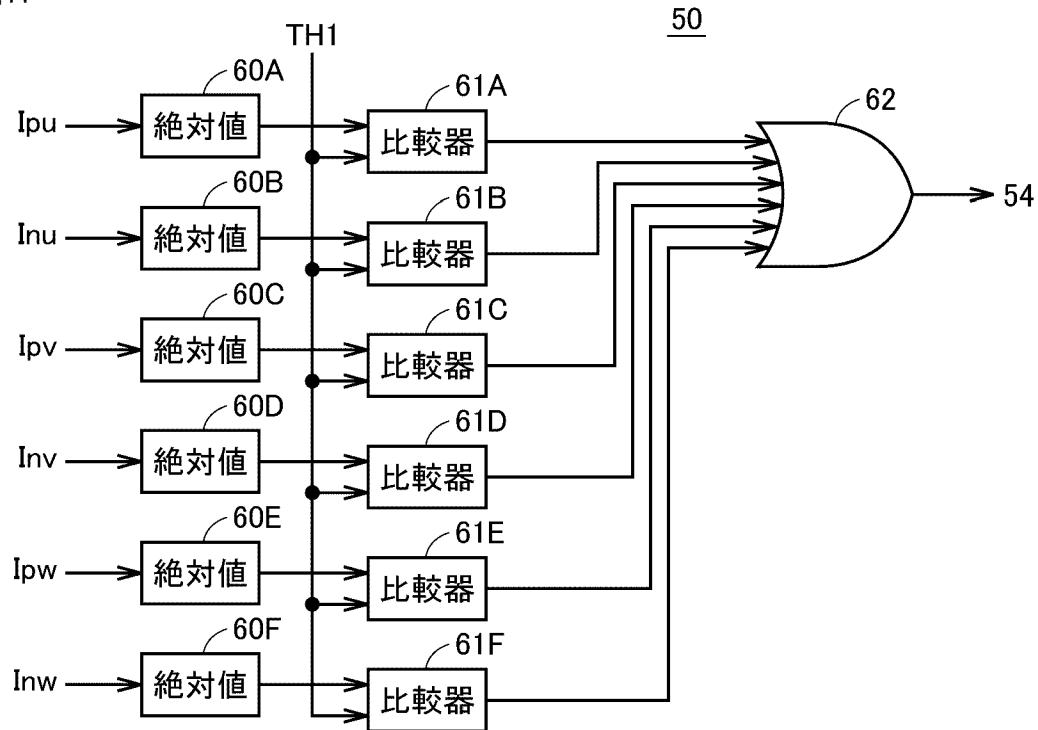
[図10]

図10



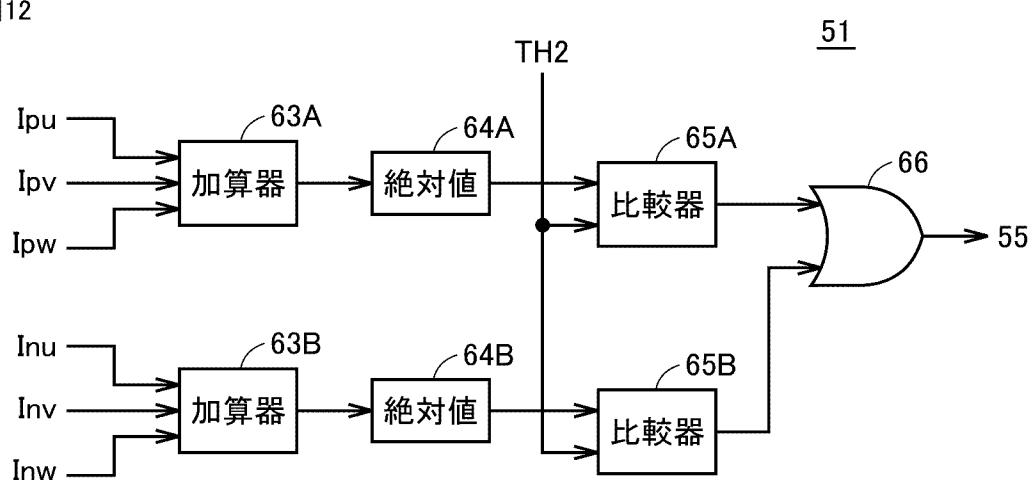
[図11]

図11



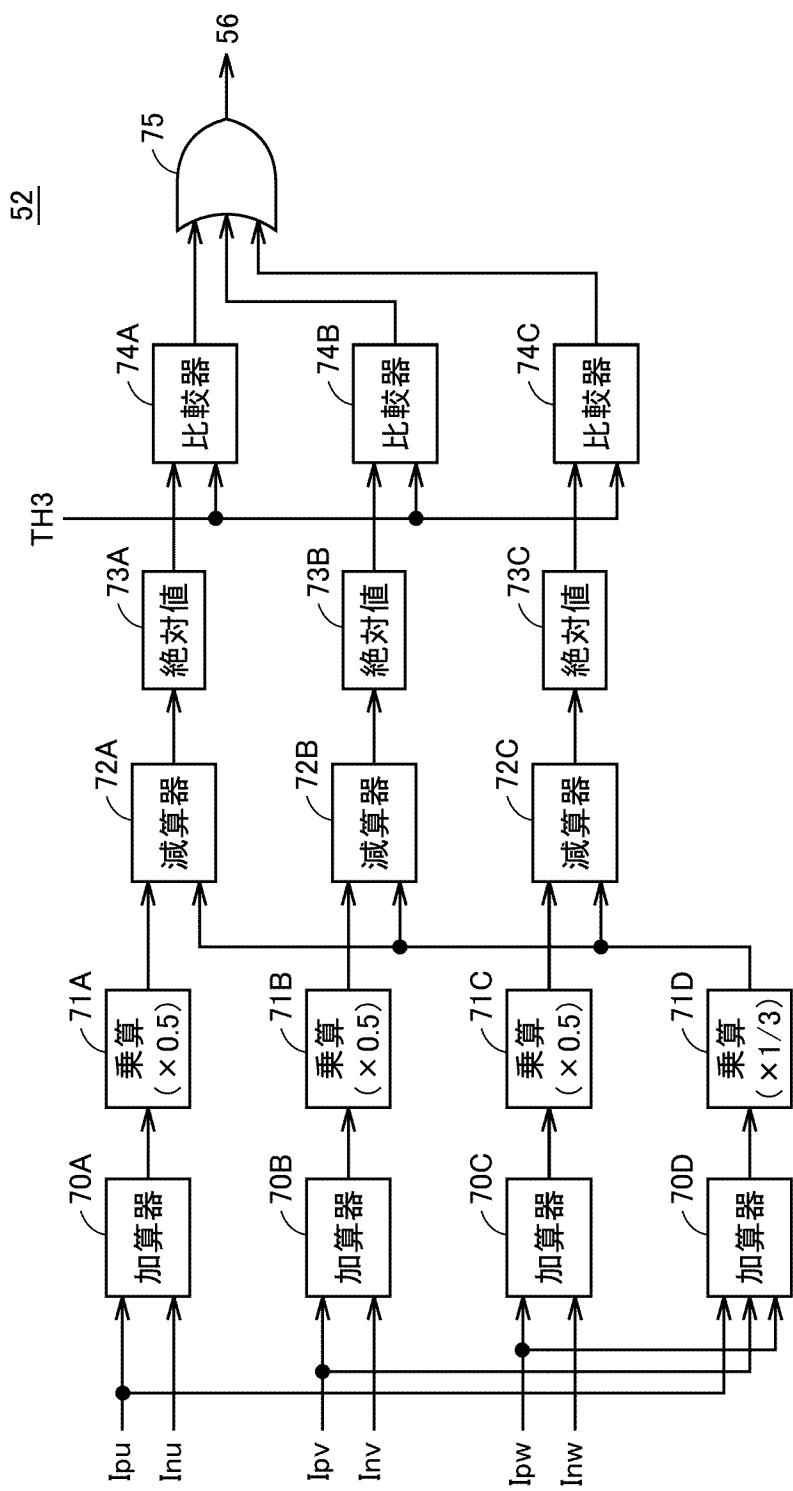
[図12]

図12



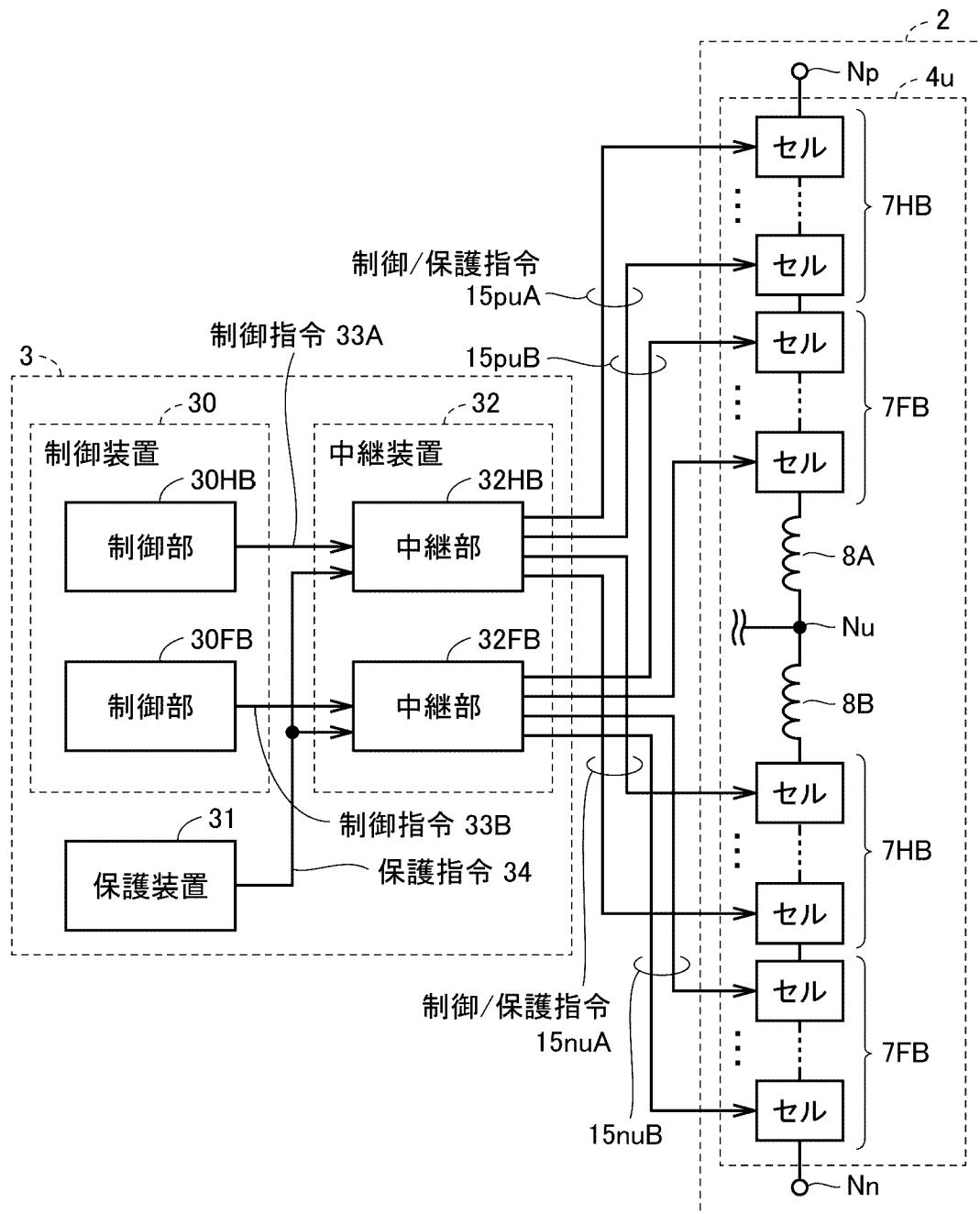
[図13]

図13



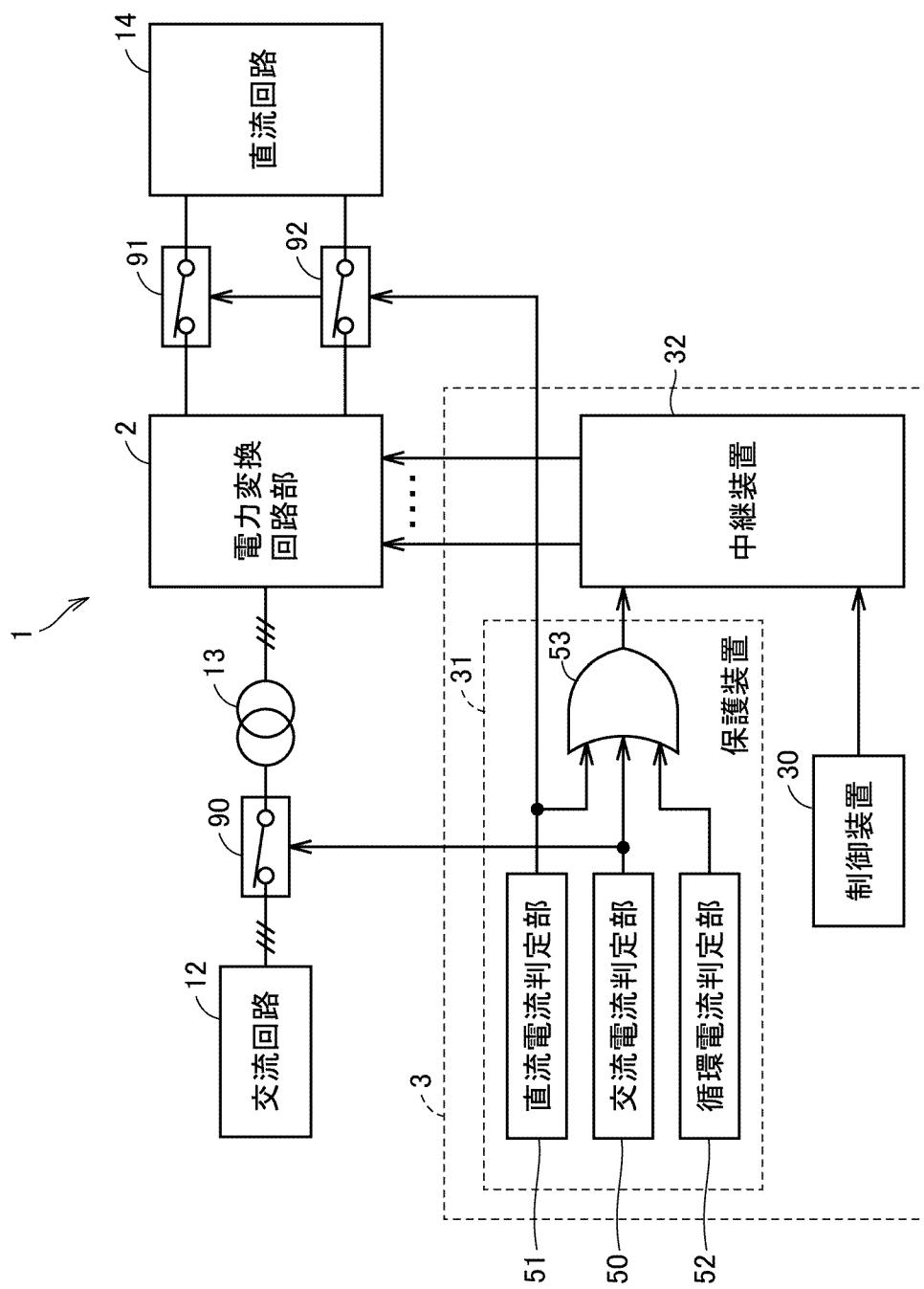
[図14]

図14



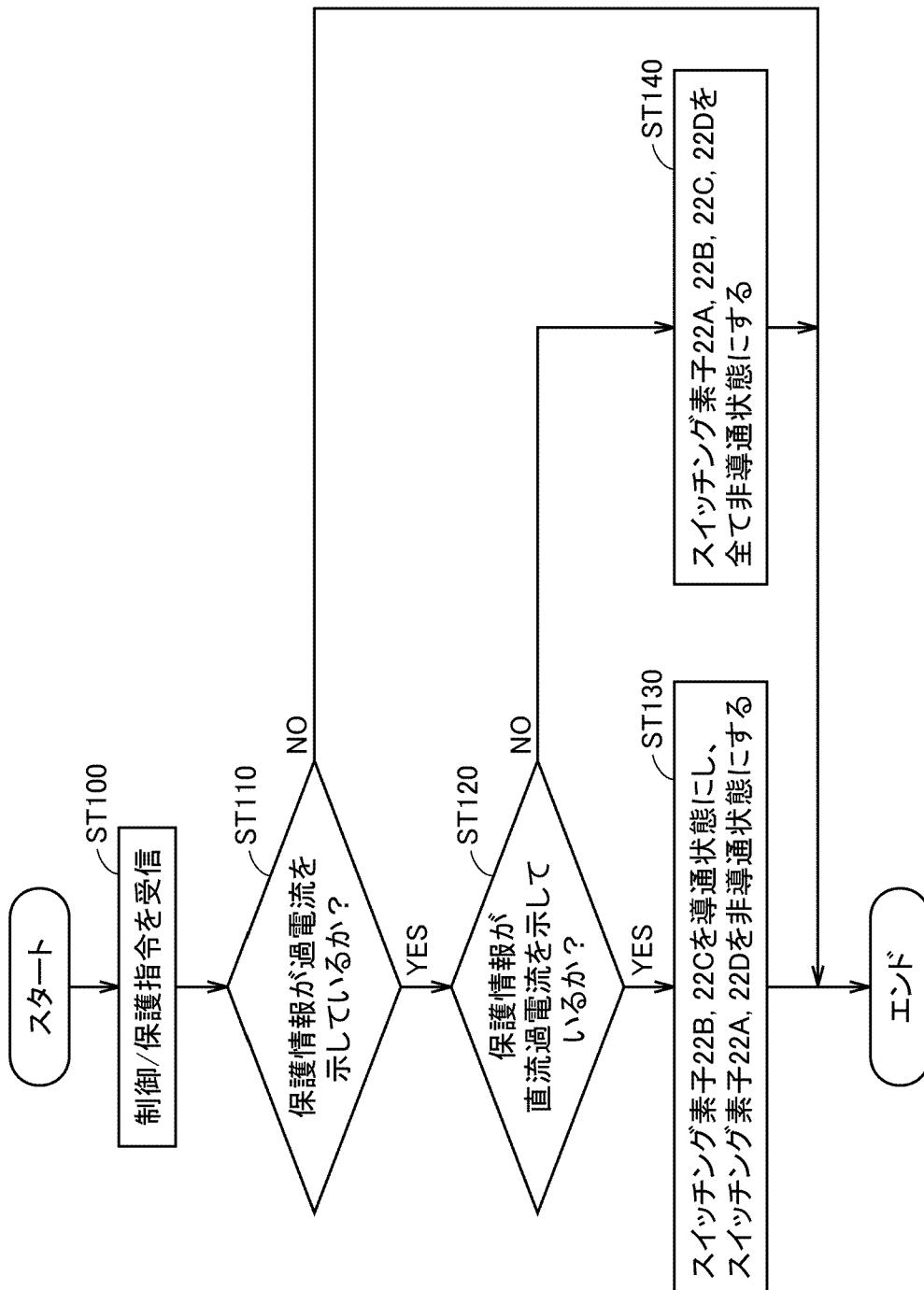
[図15]

図15



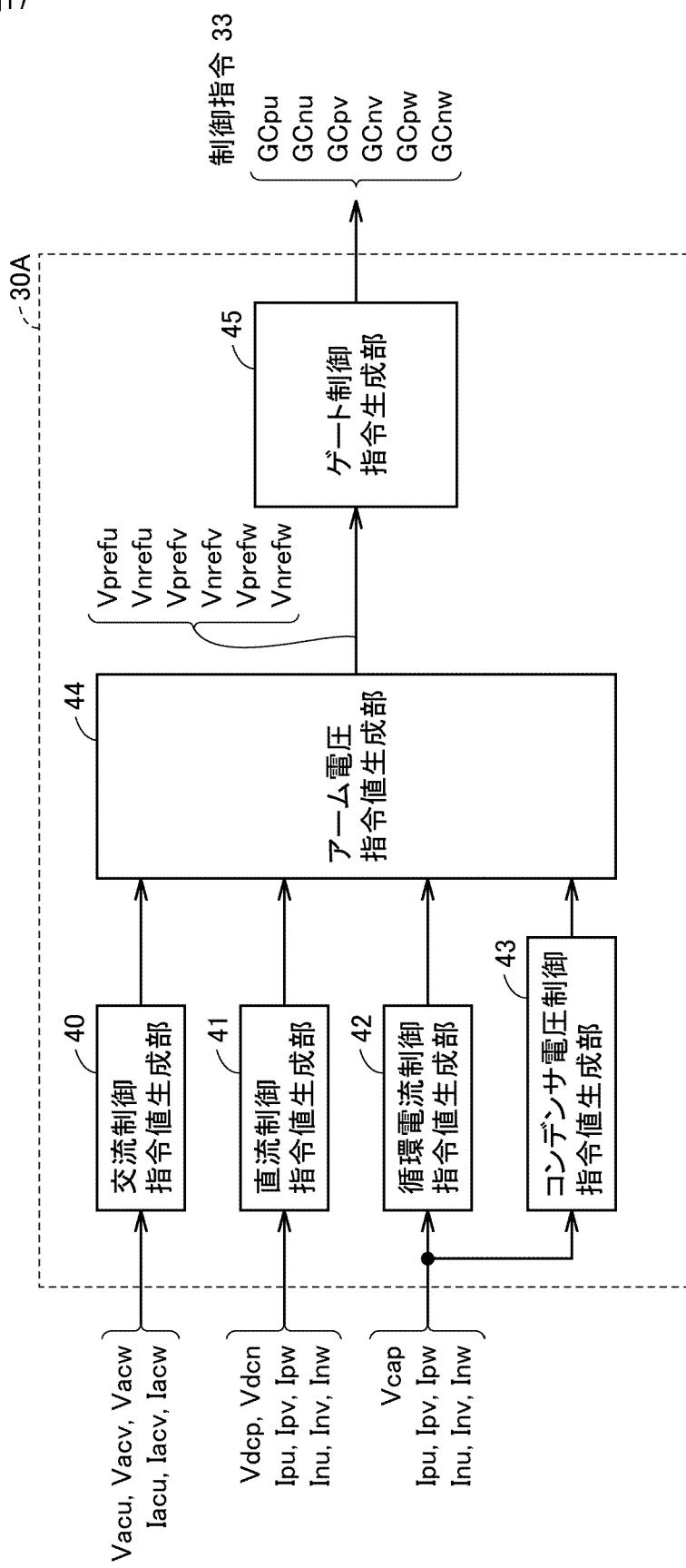
【図16】

図16



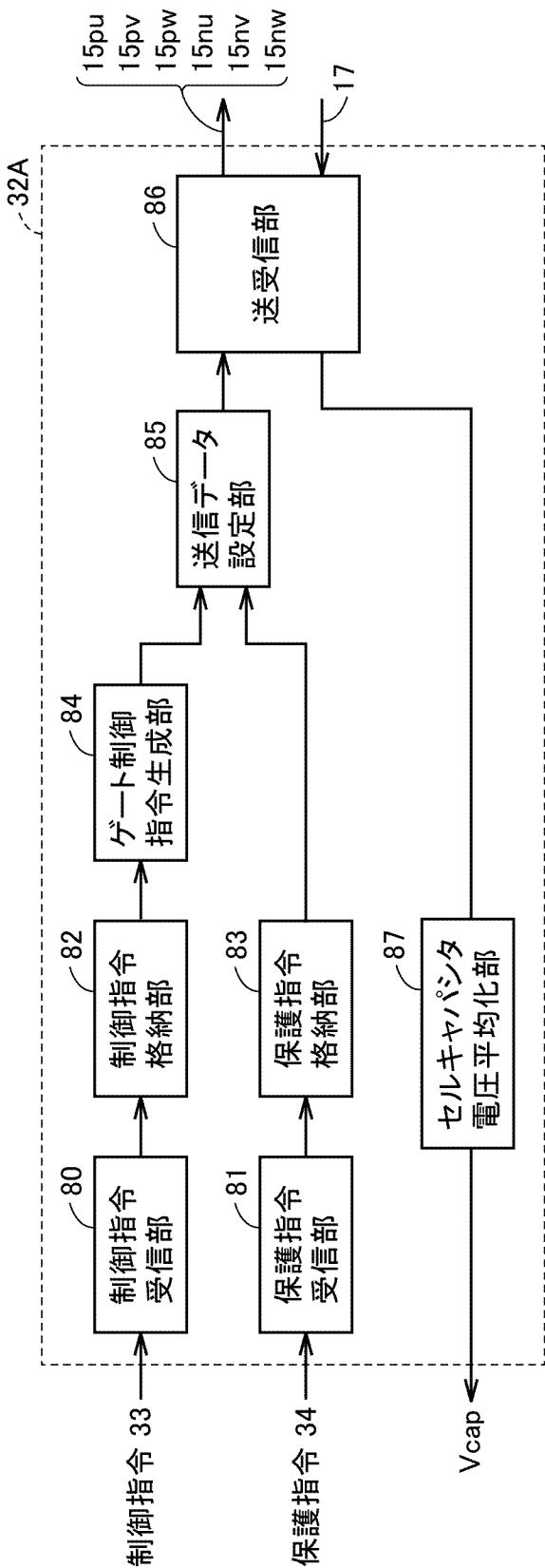
【図17】

図17



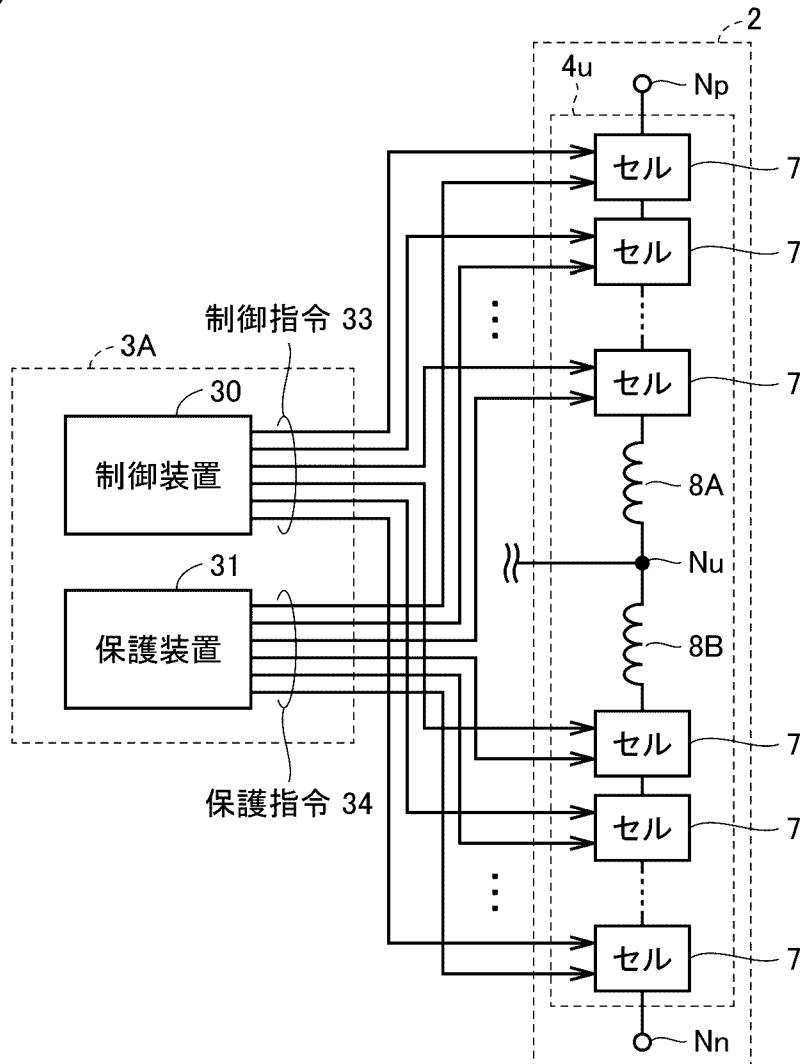
[図18]

図18



[図19]

図19



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/084424

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
*H02M7/797(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)  
*H02M7/797, 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 A	JP 2014-207728 A (Hitachi, Ltd.), 30 October 2014 (30.10.2014), paragraphs [0001] to [0003], [0010], [0012] to [0020], [0037] to [0045], [0056], [0057], [0061] to [0065], [0075], [0081] to [0083], [0086] to [0109], [0124], [0141]; fig. 1 to 3, 5 to 8, 10 (Family: none)	1-11, 13, 14 12
Y A	JP 2015-130746 A (Hitachi, Ltd.), 16 July 2015 (16.07.2015), paragraphs [0001], [0011], [0013] to [0022], [0033] to [0040], [0050]; fig. 1 to 5 & EP 2905889 A1 paragraphs [0001], [0010], [0013] to [0027], [0041] to [0059], [0076]; fig. 1 to 5	1-11, 13, 14 12

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  
16 December 2016 (16.12.16)

Date of mailing of the international search report  
27 December 2016 (27.12.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**International application No.  
PCT/JP2016/084424

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2016/167117 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 20 October 2016 (20.10.2016), abstract; paragraphs [0019], [0024], [0025], [0094]; fig. 1 to 3, 17 to 22 (Family: none)	6-11, 13
Y	WO 2015/121983 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 20 August 2015 (20.08.2015), paragraphs [0013] to [0021]; fig. 1 to 7 (Family: none)	11, 13

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02M7/797(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. H02M7/797, 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 A	JP 2014-207728 A (株式会社日立製作所) 2014.10.30, 段落 0001-0003, 0010, 0012-0020, 0037-0045, 0056, 0057, 0061-0065, 0075, 0081-0083, 0086-0109, 0124, 0141, 図 1-3, 5-8, 10 (ファミリーなし)	1-11, 13, 14 12
Y A	JP 2015-130746 A (株式会社日立製作所) 2015.07.16, 段落 0001, 0011, 0013-0022, 0033-0040, 0050, 図 1-5 & EP 2905889 A1, 段落 0001, 0010, 0013-0027, 0041-0059, 0076, 図 1-5	1-11, 13, 14 12

 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

16. 12. 2016

## 国際調査報告の発送日

27. 12. 2016

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

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）

戸次 一夫

5G 9852

電話番号 03-3581-1101 内線 3526

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	WO 2016/167117 A1 (三菱電機株式会社) 2016. 10. 20, 要約, 段落 0019, 0024, 0025, 0094, 図 1-3, 17-22 (ファミリーなし)	6-11, 13
Y	WO 2015/121983 A1 (三菱電機株式会社) 2015. 08. 20, 段落 0013-0021, 図 1-7 (ファミリーなし)	11, 13