

(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
2017年1月19日(19.01.2017)

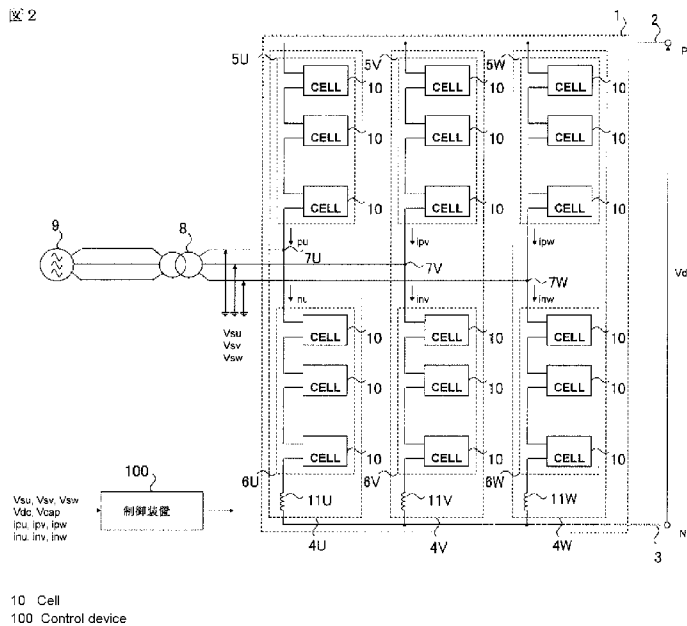


(10) 国際公開番号
WO 2017/010388 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 7/12 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/070076
 - (22) 国際出願日: 2016年7月7日(07.07.2016)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (30) 優先権データ:
特願 2015-140186 2015年7月14日(14.07.2015) JP
 - (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: 菊地 健(KIKUCHI Takeshi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 藤井 俊行(FUJII Toshiyuki); 〒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). 棕木香帆(MUKUNOKI Kaho); 〒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: 大岩 増雄, 外(OIWA Masuo et al.); 〒6610033 兵庫県尼崎市南武庫之荘3丁目3番5号 Hyogo (JP).
 - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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))

(54) Title: POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 電力変換装置



(57) Abstract: A protection relay outputs a current capable of determining a fault and removes a fault point, without stopping a power converter during a DC short-circuit fault. The present invention is provided with: a power converter (1) in which a contact point of a positive side arm and a negative side arm for each phase is connected to the AC line of each phase, one end of the positive side arm and the negative side arm of each phase is connected to a DC line, and power is converted between AC and DC; and a control device (100) for controlling said power converter. The positive side arm and the negative side arm are configured by connecting in a series one or a plurality of series bodies having a plurality of switching elements connected to each other in a series and converter cells (10) formed from a DC capacitor connected in parallel with said series bodies. The control device outputs an AC voltage, which is the same as that during a steady state, to an AC end of the power converter during a DC short-circuit fault and is provided with a DC voltage command value calculating unit (140) for calculating a voltage command value for outputting to a DC end of the power converter a DC voltage that is capable of operating the protective relay inside the DC line.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/010388 A1



直流短絡事故時に電力変換器を停止することなく、保護リレーが事故判別可能な電流を出力して事故点を除去する。各相の正側アームと負側アームの接続点が各相交流線に接続され、各相の正側アーム及び負側アームの一端が直流線路に接続されて、交流と直流との間で電力変換を行う電力変換器（１）と、この電力変換器を制御する制御装置（１００）を備え、正側アームおよび負側アームは、互いに直列接続された複数のスイッチング素子の直列体と、この直列体に並列接続された直流コンデンサから成る変換器セル（１０）を、１つあるいは複数直列接続して構成され、制御装置は、直流短絡事故時に、電力変換器の交流端には定常時と同様の交流電圧を出力し、電力変換器の直流端子には直流線路内の保護リレーを動作させることが可能な直流電圧を出力する電圧指令値を演算する直流電圧指令値演算部（１４０）を備える。

明 細 書

発明の名称 : 電力変換装置

技術分野

[0001] この発明は、複数のスイッチング素子と直流コンデンサとからなる変換器セルで相アームを構成した変換器を備えて、複数相の交流回路と直流回路との間で電力の変換を行う電力変換装置に関し、特に、直流線路事故の際に変換器が保護リレーを動作可能な電流レベルを出力することができる電力変換装置に関するものである。

背景技術

[0002] 大容量電力変換装置は、変換器出力が高電圧または大電流となるため、複数の変換器を直列または並列に多重化することで構成されていることが多い。変換器を多重化することは、変換器容量を大きくするのみでなく、出力を合成することにより、出力電圧波形に含まれる高調波を低減し、その結果、系統に流出する高調波電流を低減することができることが知られている。

[0003] 変換器を多重化する方法は、様々存在し、リアクトル多重や変圧器多重、直接多重などがある。変圧器で多重化すると、交流側は変圧器で絶縁されるため各変換器の直流を共通化できるというメリットがある。しかし、出力電圧が高電圧となると多重変圧器の構成が複雑となる点および変圧器のコストが高くなる点がデメリットである。

そこで、高圧用途に適した多重変圧器を必要としない電力変換装置として、複数の変換器の出力をカスケード接続したマルチレベル変換器が提案されており、その中の一つにモジュラーマルチレベル変換器がある。

[0004] モジュラーマルチレベル変換器（以下、MMCと称す）は、セルと呼ばれる複数の単位変換器（以下、変換器セルと称す）がカスケード接続されたアームで構成されている。変換器セルは、複数の半導体スイッチと直流コンデンサを備えており、半導体スイッチをオン・オフさせることにより、直流コンデンサの両端電圧および零電圧を出力する。

三相MMCの場合は、各相個別にアームを構成し、カスケード接続されている変換器セル総数の半分の変換器セルの出力端を交流端子、各相アームの両端は互いに接続され、それぞれの端子を直流端子としており、各相アームは正側アーム、負側アームの2つのアームより構成される。MMC変換器の各変換器セル出力は、MMC変換器の交流端および直流端子の両側に接続されているため、各変換器セルは、直流および交流の両方を出力するという特徴を持つ。

[0005] また、MMC変換器は交流端および直流端子の両側に接続されているため、それぞれの端子で発生する事故に対応する必要がある。特に、直流端子で事故が発生した場合、事故が除去されるまでは送電が停止するため、迅速に事故を除去する必要がある。直流線路事故には、直流線路が短絡する直流短絡事故があり、事故時に発生する事故電流を抑制する目的として、変換器セルを半導体スイッチング素子のフルブリッジ構成としたMMC変換器を用いて、短絡が発生した際のアーク電圧に対向する電圧を変換器が出力するように制御する方式が開示されている（例えば、特許文献1を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：US2013/0308235 A1

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 従来では、フルブリッジ構成の変換器セルを含むMMC変換器を用いて、高圧直流線路事故時にゲートブロックまたはアーク電圧に対向する電圧を出力することで、事故電流の抑制を行っていた。上記の方法では、変換器セル内の半導体スイッチング素子を制御することで高速に事故電流を抑制しているため、短時間で直流端子の出力が零となり、事故を除去することができる。

また、直流線路での事故は、線路上の保護リレーにより、事故の検知およ

び除去を行っているが、上記保護リレーは半導体スイッチング素子の動作に比べ遅いという問題がある。つまり、変換器により事故電流の抑制を行った場合、保護リレーが動作する前に事故を検知する情報である直流電流が遮断され、事故点の検知および除去が行えないという問題が生じる。

[0008] この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、直流短絡事故中に電力変換器の直流端子に少量の電圧を印加し、電力変換器は保護リレーが事故判別可能な電流レベルを出力することができる電力変換装置を得ることを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0009] この発明に係る電力変換装置は、複数相の交流線路と直流線路との間に接続され、前記複数相の各相に対応する正側アームと負側アームとが直列接続され、前記複数の正側アームの一端は互いに接続されて正側の前記直流線路に接続され、前記複数の負側アームの一端は互いに接続されて負側の直流線路に接続されて、交流と直流との間で電力変換を行う電力変換器と、この電力変換器を制御する制御装置を備えた電力変換装置において、

前記複数相に対応する複数の正側アームおよび前記複数の負側アームのそれぞれは、互いに直列接続された複数のスイッチング素子の直列体と、この直列体に並列接続された直流コンデンサから成る変換器セルを、1つあるいは複数直列接続して構成され、

前記制御装置は、前記正側アームに対する第1の電圧指令値と前記負側アームに対する第2の電圧指令値を生成する電圧指令生成部を有して、前記正側アームおよび負側アーム内の前記変換器セルのスイッチング素子を制御し、前記直流線路における直流短絡事故を検知した場合に、前記電力変換器の直流端子から前記直流線路内の保護リレーを動作させることが可能な所定の直流電圧を出力させるものである。

発明の効果

[0010] この発明の電力変換装置によれば、直流短絡事故が発生した場合でも、電力変換器の交流端には定常時と同様の交流電圧を出力し、電力変換器の直流

端子には保護リレーが事故判別可能で電力変換器が出力可能な電流を出力することにより、直流線路上の保護リレーを動作させて、事故点の検知および除去することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]この発明の実施の形態1による電力変換装置を使用した2端子HVDCシステムの概略構成図である。

[図2]この発明の実施の形態1による電力変換装置の概略構成図である。

[図3]この発明の実施の形態1による電力変換装置の変換器セルの構成を示す回路図である。

[図4]この発明の実施の形態1による電力変換装置の変換器セルの別例による構成を示す回路図である。

[図5]この発明の実施の形態1による電力変換装置を構成する制御装置を示すブロック図である。

[図6]この発明の実施の形態1による電力変換装置の制御装置に用いられる直流電圧指令値演算部を示すブロック図である。

[図7]この発明の実施の形態2による電力変換装置の変換器セルの構成を示す回路図である。

[図8]この発明の実施の形態3による電力変換装置を構成する制御装置を示すブロック図である。

[図9]この発明の実施の形態3による電力変換装置の制御装置に用いられる直流電圧調整量演算部を示すブロック図である。

[図10]この発明の実施の形態4による電力変換装置の制御装置に用いられる直流電圧調整量演算部を示すブロック図である。

[図11]この発明の実施の形態5による電力変換装置の制御装置に用いられる直流電圧調整量演算部を示すブロック図である。

[図12]この発明の実施の形態6による電力変換装置の制御装置に用いられる正側及び負側アーム電圧指令値演算部の構成を示すブロック図である。

[図13]この発明の実施の形態7による電力変換装置を使用した3端子HVD

Cシステムの概略構成図である。

[図14]この発明の実施の形態7による電力変換装置と保護リレーを用いた事故点除去の動作を説明したフローチャート図である。

[図15]この発明の実施の形態8による直流短絡事故点判定部を備えた3端子HVDCシステムの概略構成図である。

[図16]この発明の実施の形態8による電力変換装置と保護リレーを用いた事故点除去の動作を説明したフローチャート図である。

発明を実施するための形態

[0012] 実施の形態1.

以下、この発明の実施の形態1に係る電力変換装置を図1から図6に基づいて詳細に説明する。図1は、この発明の実施の形態1による電力変換装置を使用した2端子HVDC (High-Voltage DC Transmission) システムの概略構成図である。

図1に示すように、交流系統9A、9Bと接続された電力変換器1A、1Bは、それぞれの直流端子を直流線路2、3で接続することで2端子HVDCシステムを構成している。この構成において、直流線路2、3内は、センサ群91A、91B、直流遮断器群92A、92Bおよび保護リレー93A、93Bを備える。直流線路2、3において直流短絡事故90が発生した場合、直流端子に流れる事故電流をセンサ群91A、91Bにより検知し、保護リレー93A、93Bが事故判別を行い、直流遮断器群92A、92Bを開放する。

[0013] 図2は、この発明の実施の形態1による電力変換装置の概略構成図である。図2に示すように、電力変換装置は主回路である電力変換器1（図1の1A、1Bに相当）と、電力変換器1を制御する制御装置100とを備える。電力変換器1は、三相交流と直流との間で電力変換を行うもので、交流側は連系変圧器8を介して三相交流回路としての系統である三相の交流電源9に接続され、直流側は直流線路2、3の直流系統に接続される。

電力変換器1の各相は、正側アーム5U、5V、5Wと負側アーム6U、

6 V、6 Wのそれぞれが直列接続され、その接続点である交流端7 U、7 V、7 Wが各相交流線に接続される相アーム4 U、4 V、4 Wで構成されている。図2においては、交流端7 U、7 V、7 Wは各相交流線に直接接続されているが、3巻線トランスを介して各相交流線に接続してもよい。

3つの相アーム4 U、4 V、4 Wの内、正側アーム5 U、5 V、5 Wの一端（交流端7 U、7 V、7 Wの反対側）は互いに接続されて正の直流線路2に、負側アーム6 U、6 V、6 Wの一端は互いに接続されて負の直流線路3に接続され、3つの相アーム4 U、4 V、4 Wが正負の直流線路2、3間に並列接続されるような構成になっている。

[0014] 相アーム4 U、4 V、4 Wの正側アーム5 U、5 V、5 Wと負側アーム6 U、6 V、6 Wのそれぞれは、1つあるいは複数の変換器セル10を直列接続したセル群で構成され、アームリアクトル11 U、11 V、11 Wとそれぞれが直列に接続される。

なお、アームリアクトル11 U、11 V、11 Wが挿入される位置は、各アーム内のいずれの位置でもよく、正負に分けて複数個の構成であってもよい。

また、制御装置100は、電圧指令値生成部とPWM回路を備えてゲート信号を生成し、各相の正側アーム5 U、5 V、5 Wと負側アーム6 U、6 V、6 W内の各変換器セル10を制御する。なお、制御装置100の構成の詳細は後述する図5で説明する。

[0015] 各相の正側アーム5 U、5 V、5 W、負側アーム6 U、6 V、6 Wにそれぞれ流れる正側アーム電流 i_{pu} 、 i_{pv} 、 i_{pw} 、負側アーム電流 i_{nu} 、 i_{nv} 、 i_{nw} は、それぞれ図示しない電流検出器により検出されて制御装置100に入力される。さらに、交流電源9の各相電圧 V_{su} 、 V_{sv} 、 V_{sw} 、直流母線電圧 V_{dc} および直流コンデンサ電圧 V_{cap} （図3参照）は、それぞれ図示しない電圧検出器により検出されて制御装置100に入力される。

なお、各相の交流電流 I_{ac} および直流電流 I_{dc} （図5参照）は、図示

しない電流検出器により検出してもよく、各相の正側アーム5 U、5 V、5 W、負側アーム6 U、6 V、6 Wにそれぞれ流れる正側アーム電流 i_{pu} 、 i_{pv} 、 i_{pw} 、負側アーム電流 i_{nu} 、 i_{nv} 、 i_{nw} から演算して用いてもよい。

[0016] 正側アーム5 U、5 V、5 Wと負側アーム6 U、6 V、6 W内に設けられる変換器セル10の構成を図3に基づき説明する。図3はハーフブリッジ構成を採用した変換器セル20を示す。

図3の変換器セル20は、複数（図示の場合は2個）のスイッチ21、22が直列に接続された直列体23と、この直列体23に並列接続され直流電圧を平滑化する直流コンデンサ29とから構成される。それぞれのスイッチ21、22は、半導体スイッチング素子21s、22s（以下、単にスイッチング素子と称す）とダイオード21d、22dが逆並列に接続された構成となっている。

スイッチング素子21s、22sは、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）やGCT（Gate Commutated Turn-off thyristor）等の自己消弧形のスイッチング素子が用いられる。

[0017] そして、図3に示すように、変換器セル20はスイッチ22のスイッチング素子22sの両端子を出力端Po、Noとし、スイッチング素子21s、22sをオン・オフさせることにより、この出力端Po、Noから、直流コンデンサ29の正電圧および零電圧を出力する。

[0018] 変換器セル10の別の例による構成を図4に基づき説明する。

図4の変換器セル30は、2つの直列体35、36を並列接続し、さらに直列体35、36に並列接続され直流電圧を平滑化する直流コンデンサ39を備えて構成される。直列体35は、それぞれダイオード31d、32dが逆並列に接続された複数（図示の場合は2個）のスイッチング素子31s、32sを直列接続して構成される。また、直列体36は、どちらか一方はダイオード33のみで、他方はダイオード34dが逆並列に接続されたスイッ

チング素子 34s を直列接続して構成される。スイッチング素子 31s、32s、34s は、IGBT や GCT 等の自己消弧形のスイッチング素子から成り、それぞれダイオード 31d、32d、34d が逆並列に接続されて構成されるスイッチ 31、32、34 が用いられる。

[0019] そして、図 4 に示すように、変換器セル 30 は、それぞれの直列体 35、36 の中間接続点となるスイッチング素子 31s、32s の接続点およびダイオード 33 とスイッチング素子 34s の接続点を出力端 P_o、N_o とし、スイッチング素子 31s、32s、34s をオン・オフさせることにより、この出力端 P_o、N_o から、直流コンデンサ 39 の両端電圧の大きさにほぼ等しい同極性の正電圧と逆極性の負電圧を出力する。また、出力端 P_o、N_o がスイッチング素子で短絡された状態の零電圧を出力する。以下、図 4 に示す変換器セル 30 を 1.5ブリッジ構成の変換器セルと称す。

[0020] なお、変換器セル 20、30 は、複数のスイッチング素子またはダイオードの直列体 23、35、36 と、この直列体に並列に接続された直流コンデンサ 29、39 とから成り、スイッチング動作により直流コンデンサ 29、39 の電圧を選択的に出力する構成であれば、図 3、図 4 で示した構成に限定されるものではない。

[0021] 次に電力変換器 1 の相アーム 4U、4V、4W 内の変換器セル 10 の構成について更に説明する。

正側アーム 5U、5V、5W 内の変換器セル 10 は、図 3 に示すように直流コンデンサ 29 両端の正電圧および零電圧を出力することが可能である変換器セル 20、または図 4 に示すように直流コンデンサ 39 両端の正電圧、負電圧および零電圧を出力することが可能である変換器セル 30、または変換器セル 20 と変換器セル 30 の両方を含むように構成する。

一方、負側アーム 6U、6V、6W 内の変換器セル 10 は、図 4 に示すように直流コンデンサ 39 両端の正電圧、負電圧および零電圧を出力することが可能である変換器セル 30 のみで構成する。

[0022] つまり、負側アーム 6U、6V、6W 内の全ての変換器セル 10 を負電圧

出力可能である変換器セル30で構成し、正側アーム5U、5V、5W内の変換器セル10を正電圧と零電圧が出力可能である変換器セル20と負電圧出力可能である変換器セル30を組み合わせて構成する。または、正側アーム5U、5V、5W内の変換器セル10を変換器セル20もしくは変換器セル30のどちらか一方で構成する。

[0023] なお、相アーム4U、4V、4W内の変換器セル10は、少なくとも片側アーム（正側アーム5U、5V、5Wまたは負側アーム6U、6V、6W）のみ負電圧出力可能である変換器セル30を備えた構成であればよく、正側アーム5U、5V、5W内の全ての変換器セル10は負電圧出力可能である変換器セル30で構成し、負側アーム6U、6V、6W内の変換器セル10を正電圧と零電圧の出力可能である変換器セル20と負電圧出力可能である変換器セル30を組み合わせて構成する。または、負側アーム6U、6V、6W内の変換器セル10を変換器セル20もしくは変換器セル30のどちらか一方で構成してもよい。

[0024] 図5は、この発明の実施の形態1による電力変換装置を構成する制御装置100の構成例を示すブロック図である。

制御装置100は、上述したように各制御系から成る電圧指令値生成部とPWM回路とを備える。電圧指令値生成部は、検出した電流値・電圧値を制御で用いる信号に変換する規格化／演算部110と、直流電流 I_{dc} と直流電圧 V_{dc} に基づいて直流電圧指令値 K_{dc}^* を生成して直流端子電圧を制御するDC-AVR・DC-ACR制御部（直流定電圧・直流定電流制御器）120と、DC-AVR・DC-ACR制御部120で得られた直流電圧指令値 K_{dc}^* と直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* および直流短絡事故検出信号 $DC\ fault$ に基づいて、正側アーム・負側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^+* 、 V_{dc}^-* を演算する直流電圧指令値演算部140と、交流電圧 V_s と交流電流 I_{ac} および直流コンデンサ電圧 V_{cap} に基づいて交流電圧指令値 V_{ac}^+* 、 V_{ac}^-* を演算して交流電圧を制御する交流電圧制御部150と、直流電圧指令値演算部140と交流電圧制御部150より演算さ

れた指令値に基づいて、アーム電圧指令値 $V+*$ 、 $V-*$ を演算する正側及び負側アーム電圧指令値演算部 160A、160B と、正側及び負側アーム電圧指令値演算部 160A、160B により演算された指令値 $V+*$ 、 $V-*$ に基づいて、各変換器セルの電圧指令値 $V_{cell}+*$ 、 $V_{cell}-*$ を出力する各セル個別制御部 170A、170B を備えている。

なお、規格化／演算部 110、DC-AVR、DC-ACR 制御部 120、直流電圧調整量演算部 130、直流電圧指令値演算部 140、交流電圧制御部 150、正側アーム電圧指令値演算部 160A、負側アーム電圧指令値演算部 160B、正側各セル個別制御部 170A、負側各セル個別制御部 170B により電圧指令生成部が構成され、正側アームに対する電圧指令値と負側アームに対する電圧指令値が生成される。

[0025] PWM回路 180A、180B は、正側各セル電圧指令値 $V_{cell}+*$ 、負側各セル電圧指令値 $V_{cell}-*$ に基づいて、各相の正側アーム 5U、5V、5W、負側アーム 6U、6V、6W 内の各変換器セル 10 のスイッチング素子を PWM 制御するゲート信号を生成する。生成されたゲート信号により各変換器セル 10 内のスイッチング素子 21s、22s、(31s、32s、34s) が駆動制御され、電力変換器 1 の出力電圧を所望の値に制御する。

[0026] 以下では、特にこの発明の要部となる、直流短絡事故時に正側アーム、負側アームそれぞれの直流電圧指令値 $V_{dc}+*$ 、 $V_{dc}-*$ を演算する、直流電圧指令値演算部 140 について説明する。

はじめに、正側アーム電圧指令値演算部 160A から出力される正側アームの電圧指令値 $V+*$ と負側アーム電圧指令値演算部 160B から出力される負側アームの電圧指令値 $V-*$ について述べる。正側アームの電圧指令値 $V+*$ は、直流電圧指令値演算部 140 から出力される直流電圧指令値 $V_{dc}+*$ と交流電圧制御部 150 から出力される交流電圧指令値 $V_{ac}+*$ それぞれに応じて決定され、負側アームの電圧指令値 $V-*$ は、直流電圧指令値演算部 140 から出力される直流電圧指令値 $V_{dc}-*$ と交流電圧制御部

150から出力される交流電圧指令値 V_{ac}^* それぞれに応じて決定される。つまり、正側及び負側アーム電圧指令値演算部160A、160Bから出力されるアーム電圧指令値 V_+^* 、 V_-^* は、直流と交流の2つの成分を含む。

[0027] 正側アーム5U、5V、5W内の変換器セル10は、正電圧と零電圧が出力可能であるハーフブリッジ構成の変換器セル20で構成されており、正側アームの変換器セル10に与える電圧指令値は正の領域に制限される。つまり、正側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^+ は正の値に限定される。また、正側アームの交流電圧指令値 V_{ac}^+ の最大振幅は直流電圧指令値 V_{dc}^+ に依存する。

一方、負側アーム6U、6V、6W内の変換器セル10は、正電圧、負電圧および零電圧の出力が可能である1.5ブリッジ構成の変換器セル30で構成されており、変換器セル内を流れる電流に依存するが、負側アームの変換器セル10に与える電圧指令値は正負の領域ともに可能である。つまり、負側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^- は正負ともに選択可能である。また、負側アームの交流電圧指令値 V_{ac}^- は正側アームの交流電圧指令値 V_{ac}^+ の逆極性となる様に設定する。

[0028] 直流線路2、3の直流端子P、Nは、正側アームと負側アームを直列接続した構成となっているため、直流端子P、Nには正側アームの電圧指令値 V_+^* と負側のアーム電圧指令値 V_-^* の和にほぼ一致した電圧が出力される。正側アームの交流電圧指令値 V_{ac}^+ と負側アームの交流電圧指令値 V_{ac}^- は逆極性のため、互いに打ち消し合い、直流端子P、Nには正側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^+ と負側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^- の和にほぼ一致した電圧が出力される。ここで、正側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^+ にDC-AVR・DC-ACR制御部120で得られた直流電圧指令値 K_{dc}^+ を与え、負側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^- に逆極性の直流電圧指令値 K_{dc}^- と直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* の和を与えると、直流端子P、Nには直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* が出力される。また、直流線路

2、3が短絡している事故において、電力変換器1が直流端子P、Nに上記の直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* の電圧を出力すると、直流線路インピーダンスに応じて、直流線路2、3内に直流電流が流れる。

[0029] なお、正側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^+ に直流電圧指令値 K_{dc}^* 、負側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^- に逆極性の直流電圧指令値 K_{dc}^* を与えた際、直流電圧指令値 K_{dc}^* の大きさを交流電圧指令値 V_{ac}^+ 、 V_{ac}^- が出力可能である大きさに設定すれば、交流系統との連系も可能である。

以上のように、負側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^- を操作することで、事故時において交流系統と連系した状態で、事故検知可能な電流を直流線路2、3に流すことが出来る。なお、事故発生時では直流端子P、Nにアーク電圧が発生するため、アーク電圧に対向する電圧を出力し、直流端子電圧が十分低くなってから、事故検知可能な電流を直流線路2、3に流す。

[0030] ここでは、直流電圧指令値 V_{dc}^+ 、 V_{dc}^- の演算方法について述べる。直流電圧指令値演算部140の詳細構成を図6に示す。直流電圧指令値演算部140は、DC-AVR・DC-ACR制御部120によって得られた直流電圧指令値 K_{dc}^* から正側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^+ 、直流電圧指令値 K_{dc}^* と直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* から負側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^- を演算する。なお、直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* は、保護リレー93が動作する電流レベルが直流線路2、3に流れるのに必要な電圧以上、かつ電力変換器1が停止する過電流レベル以内の電流が流れる電圧以下となる予め設定された値とする。

[0031] また、直流電圧指令値演算部140の構成においては、正側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^+ は、直流電圧指令値 K_{dc}^* を常に与えるように構成する。一方、負側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^- は、図示しない直流短絡事故検出器により与えられた信号DC fault（定常時：0、事故時：1）に基づき、スイッチ142を切り替えることにより直流短絡事故の有無で異なる直流電圧指令値を与える。つまり負側アームの直流電圧指令値 V_{dc}^-

$c - *$ は、定常時「0」では直流電圧指令値 $K d c *$ を与え、事故時「1」では直流電圧指令値 $K d c *$ の逆極性の値と直流電圧調整量 $\Delta V d c *$ とを加算器141により加算した値を与える。

[0032] 定常時では、直流短絡事故検出信号 $D C f a u l t$ が「0」となるため、正側アームの直流電圧指令値 $V d c + *$ および負側アームの直流電圧指令値 $V d c - *$ に同成分の直流電圧指令値 $K d c *$ が与えられる。つまり、直流端子P、Nに所定の直流電圧を出力するような指令値を演算する。

一方、直流短絡事故時では、直流短絡事故検出信号 $D C f a u l t$ が「1」となり、直流電圧指令値 $K d c *$ の極性が反転し、直流電圧調整量 $\Delta V d c *$ の値を加算するため、正側アームの直流電圧指令値 $V d c + *$ と負側アームの直流電圧指令値 $V d c - *$ で異なる直流電圧指令値が与えられる。つまり、直流端子P、Nに直流電圧調整量 $\Delta V d c *$ を出力するような指令値を演算する。

[0033] なお、この実施の形態では直流電圧調整量 $\Delta V d c *$ を直流電圧指令値 $K d c *$ に加算し、負側アームの直流電圧指令値 $V d c - *$ として与えたが、交流系統と連系可能なレベル以内であれば、直流電圧調整量 $\Delta V d c *$ を直流電圧指令値 $K d c *$ に加算し、正側アームの直流電圧指令値 $V d c + *$ として与えてもよい。

[0034] この実施の形態1では、上述したように、負側アーム6U、6V、6W内の全ての変換器セル10を負電圧出力可能である変換器セル30で構成し、正側アーム5U、5V、5W内の変換器セル10を正電圧と零電圧の出力可能である変換器セル20で構成する。正側アーム、負側アームの直流電圧指令値 $V d c + *$ 、 $V d c - *$ を演算する直流電圧指令値演算部140は、直流短絡事故が発生した際に、電力変換器1の交流端には定常時と同様の交流電圧を出力し、電力変換器1の直流端には保護リレー93が事故判別可能な電流レベルが流れる所定の電圧を出力することが可能となる。これにより、直流線路2、3にその抵抗成分のインピーダンス値に基づいた電流を流すことで、直流線路2、3上の保護リレー93を動作させて、事故点の検知およ

び除去することが可能となる。

[0035] また、上記主回路構成の場合、直流短絡事故時に変換器セル10がゲートブロックすることで、変換器セル30のコンデンサ電圧の総和を電力変換器1の直流端子に出力し、事故電流の抑制が可能である。つまり、相アーム内の変換器セル30の割合を増やすことで、電力変換器1の直流端に出力する電圧が大きくなり、事故電流抑制効果が増加する。

相アーム内の変換器セル30の割合を増やすことで事故電流抑制効果を増加させた、正側アーム内の変換器セル10を変換器セル30または変換器セル20と変換器セル30の両方を含むように構成し、負側アーム内の変換器セル10を変換器セル30のみで構成した主回路構成においても、電力変換器1の交流端には定常時と同様の交流電圧を出力し、直流端には保護リレー93が事故判別可能な電流を出力することが可能である。

[0036] 実施の形態2.

次に、この発明の実施の形態2に係る電力変換装置を図7に基づいて詳細に説明する。図7は、この発明の実施の形態2による電力変換装置の変換器セルとして使用するフルブリッジ構成を採用した変換器セル40の回路図である。

実施の形態2の電力変換装置は、図2に示す電力変換器1の正側アーム5U、5V、5W内の変換器セル10をハーフブリッジ構成の変換器セル20とし、負側アーム6U、6V、6W内の変換器セル10をフルブリッジセルの変換器セル40で構成したものであり、他の構成は、先の実施の形態1の場合と同一であるので、その説明は省略する。

[0037] 図7の変換器セル40は、2つの直列体45、46を並列接続し、さらに直列体45、46に並列接続され直流電圧を平滑化する直流コンデンサ49を備えて構成される。各直列体45、46は、それぞれダイオード41d、42d、43d、44dが逆並列に接続された複数（図示の場合は2個）のスイッチング素子41s、42s、43s、44sを直列接続して構成される。スイッチング素子41s、42s、43s、44sは、IGBTやGC

T等の自己消弧形のスイッチング素子から成り、それぞれダイオード41d、42d、43d、44dが逆並列に接続されて構成されるスイッチ41、42、43、44が用いられる。

[0038] そして、図7に示すように、変換器セル40は、それぞれの直列体45、46の中間接続点となるスイッチング素子41s、42sの接続点およびスイッチング素子43s、44sの接続点の端子を出力端Po、Noとし、スイッチング素子41s、42s、43s、44sをオン・オフさせることにより、この出力端Po、Noから、直流コンデンサ39の両端電圧の大きさにほぼ等しい同極性の正電圧と逆極性の負電圧、および出力端Po、Noがスイッチング素子で短絡された状態の零電圧を出力する。

なお、変換器セル40は、複数のスイッチング素子またはダイオードの直列体と、この直列体に並列に接続された直流コンデンサとから成り、スイッチング動作により直流コンデンサの電圧を選択的に出力する構成であれば、図7で示した構成に限定されるものではない。

[0039] 次に電力変換器1の相アーム4U、4V、4W内の変換器セル10の構成について説明する。正側アーム5U、5V、5W内の変換器セル10は、図3に示すように直流コンデンサ29両端の正電圧および零電圧を出力することが可能である変換器セル20で構成する。また、負側アーム6U、6V、6W内の変換器セル10は、図7に示すように直流コンデンサ49両端の正電圧、負電圧および零電圧を出力することが可能である変換器セル40で構成する。

[0040] 以上の構成により、直流短絡事故時において正側アーム内の変換器セル10は正の直流電圧と交流系統と連系するような交流電圧を出力するように動作し、負側アーム内の変換器セル10は負の直流電圧と正側アームと逆極性の交流電圧を出力するように動作する。つまり、直流短絡事故が発生した際、電力変換器1の交流端には定常時と同様の交流電圧を出力するように動作し、電力変換器1の直流端には保護リレー93が事故判別可能な電流を流すことができる電圧を出力することが可能となる。

[0041] 事故電流抑制効果が増加するように、正側アーム内の変換器セル10を変換器セル40または変換器セル20と変換器セル40の両方を含むように構成し、負側アーム内の変換器セル10を変換器セル40のみで構成した主回路構成においても、電力変換器1の交流端には定常時と同様の交流電圧を出力し、電力変換器1の直流端には保護リレー93が事故判別可能な電流を流すことができる電圧を出力することが可能である。

なお、相アーム4U、4V、4W内の変換器セル10は、少なくとも片側アーム（正側アーム5U、5V、5Wまたは負側アーム6U、6V、6W）のみ負電圧出力可能である変換器セル40を備えた構成であればよく、正側アーム5U、5V、5W内の全ての変換器セル10を負電圧出力可能である変換器セル40で構成し、負側アーム6U、6V、6W内の変換器セル10を正電圧と零電圧の出力可能である変換器セル20で構成してもよい。

[0042] 実施の形態3.

次に、この発明の実施の形態3に係る電力変換装置を図8及び図9に基づいて詳細に説明する。図8はこの発明の実施の形態3による電力変換装置における制御装置100の構成を示すブロック図である。

図8において、直流電流 I_{dc} に基づき直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* を演算する直流電圧調整量演算部130を設けた以外は、図5に示す実施の形態1における制御装置100と同じであり、同一または相当部分には同じ符号を付して説明を省略する。

[0043] また、図9はこの実施の形態3による電力変換装置の直流電圧調整量演算部130の構成を示しており、減算器131と制御器132で構成されている。

図9において、直流電圧調整量演算部130では、直流線路2、3上の保護リレー93が動作する電流レベル以上で電力変換器1が保護停止する電流レベル以内の電流を流すような直流電流指令値 I_{dc}^* と直流電流 I_{dc} の差が零に近づくように制御器132で制御することにより、直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* を与えている。

なお、直流電流指令値 I_{dc}^* は、直流線路 2、3 上の保護リレー 93 が動作する電流レベル以上で電力変換器 1 が保護停止する電流レベル以内の電流であれば、直流成分、交流成分または直流成分と交流成分の 2 つの成分のいずれかを与えてもよい。また、交流成分の代わりに三角波等でもよい。

直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* が直流成分の場合は、直流線路 2、3 の抵抗成分のインピーダンス値に基づいた電流を直流線路 2、3 に流すことができ、また交流成分の場合は、直流線路 2、3 のリアクトル成分のインピーダンス値に基づいた電流を直流線路 2、3 に流すことができ、これで保護リレー 93 を動作させることができる。

[0044] 以上の構成により、電力変換器 1 は、その直流端に直流短絡事故時において直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* に応じた電圧を出力することで、直流線路 2、3 に直流電流を流す。直流電流 I_{dc} は直流線路 2、3 上の保護リレー 93 による事故検知まで上昇していき、事故を検知すると直流線路 2、3 上の事故点を挟む直流遮断器 92 が開くことで、事故点を除去する。

[0045] 実施の形態 4.

次に、この発明の実施の形態 4 に係る電力変換装置を図 10 に基づいて詳細に説明する。図 10 はこの発明の実施の形態 4 による電力変換装置における制御装置 100 に使用される直流電圧調整量演算部 130 の構成を示す図である。

この実施の形態 4 による電力変換装置における制御装置 100 の構成は、図 8 と同じであり、そこで使用される直流電圧調整量演算部 130 は、図 10 に示すように、比較器 133、電流調整器 134、加算器 135 および電圧指令値変換器 136 で構成されている。

この電圧指令値変換器 136 は、直流電流 I_{dc} の大きさに基づき、直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* を演算しており、電力変換器 1 が保護停止する電流レベル以内の電流を流すような直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* を与えている。

[0046] 図 10 に示す直流電圧調整量演算部 130 は、まず比較器 133 により、直流電流 I_{dc} の大きさが電力変換器 1 の保護電流レベル以下に設定した値

I_{c_prt} よりも小さいか判定をする。小さい場合は、比較器133は「1」を出力し、電流調整器134で電流増加量 ΔI_{dc} を乗算して、加算器135により直流電流 I_{dc} に加算する。加算器135の出力に電圧指令値変換器136で電圧指令値変換ゲイン K_{dc} を乗算し、直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* を演算する。

また、比較器133の入力である直流電流 I_{dc}^* が I_{c_prt} よりも大きい場合、比較器133の出力は「0」となり、直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* は前回値を出力する。つまり、直流線路2、3に保護リレー93が動作可能な直流成分の電流を流すような直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* を与える。

[0047] 以上の構成により、電力変換器1は直流短絡事故時において、直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* に応じた電圧を出力することで、直流線路2、3に直流成分の電流 I_{dc} を流す。直流電流 I_{dc} は直流線路2、3上の保護リレー93による事故検知まで上昇していき、事故を検知すると、直流線路2、3上の事故点を挟む直流遮断器92が開くことで、事故点を除去する。

[0048] 実施の形態5.

次に、この発明の実施の形態5に係る電力変換装置を図11に基づいて詳細に説明する。図11はこの発明の実施の形態5による電力変換装置における制御装置100に使用される直流電圧調整量演算部130の構成を示す図である。

この実施の形態5による電力変換装置における制御装置100の構成は、図8と同じであり、そこで使用される直流電圧調整量演算部130は、図11に示すように、比較器133、電流調整器134、電圧指令値変換器136、最大値保持回路137、カウンタ138および乗算器139で構成されている。

[0049] 図11において、直流電圧調整量演算部130は、まず最大値保持回路137により直流電流 I_{dc} の最大値を保持する。比較器133により、直流電流の最大値が電力変換器1の保護電流レベル以下に設定した値 I_{c_prt} よりも小さいかを判別をする。小さい場合は、比較器133は「1」を出

かし、大きい場合は「0」を出力する。

カウンタ138は「1」が入力されると演算周期毎にカウントアップし、「0」が入力されるとカウントアップを停止する。カウンタ138の出力に電流調整器134で電流増幅量 ΔI_{dc} を乗算し、乗算器139により例えば交流電源9の周波数の2倍の周波数をもつ正弦波と乗算する。なお、乗算する値は他の周波数成分の正弦波または、三角波等でもよい。乗算器139の出力に電圧指令値変換器136により電圧指令値変換ゲイン K_{dc} を乗算し、直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* を演算する。つまり、直流線路2、3に保護リレー93が動作可能な交流成分の電流を流すような直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* を与える。

[0050] 以上の構成により、電力変換器1は直流短絡事故時において、直流電圧調整量 ΔV_{dc}^* に応じた電圧を出力することで、直流線路2、3に交流成分などの電流を流す。直流電流 I_{dc} は直流線路2、3上の保護リレー93による事故検知まで上昇していき、事故を検知すると直流線路2、3上の事故点を挟む直流遮断器92が開くことで、事故点を除去する。

[0051] 実施の形態6.

次に、この発明の実施の形態6に係る電力変換装置を図12に基づいて詳細に説明する。図12はこの発明の実施の形態6による電力変換装置における制御装置100に使用される正側および負側アーム電圧指令値演算部160A、160Bの構成を示す図である。

この実施の形態6による電力変換装置における制御装置100の構成は、図5または図8と同じであるので、その説明は省略する。

図12において、正側アーム電圧指令値演算部160A、負側アーム電圧指令値演算部160Bは、直流電圧指令値 V_{dc}^+ 、 V_{dc}^- と、交流電圧指令値 V_{ac}^* と、交流連系有無の信号 $DC\ fault\ 2$ に基づいて、正側アーム電圧指令値 V^+ および負側アーム電圧指令値 V^- を演算する。

[0052] 交流連系有無の信号 $DC\ fault\ 2$ （連系：0、非連系：1）に基づき

、交流出力スイッチ161A、161Bを切り替える。交流連系時「0」では、アーム直流電圧指令値 V_{dc+} 、 V_{dc-} に交流電圧指令値 V_{ac} を与え、交流非連系時「1」では、アーム直流電圧指令値 V_{dc+} 、 V_{dc-} に交流電圧指令値 V_{ac} を零として与える。交流非連系時では、交流系統と連系していないため、変換器セル10内の直流コンデンサ29（39、49）に蓄積されたエネルギーのみを用いて直流線路2、3に電流を流す。直流電流 I_{dc} は直流線路2、3上の保護リレー93による事故検知まで上昇していき、事故を検知すると直流線路2、3上の事故点を挟む直流遮断器92が開くことで、事故点を除去する。

なお、電力変換器1の相アーム4U、4V、4W内の変換器セル10の構成は正側アーム5U、5V、5Wと負側アーム6U、6V、6Wを、変換器セル20と変換器セル40の両方を直列接続した構成、実施の形態1、実施の形態2いずれの構成でもよい。

[0053] 実施の形態7.

次に、この発明の実施の形態7に係る電力変換装置を図13に基づいて詳細に説明する。図13は、この発明の実施の形態7による電力変換装置を使用した3端子HVDCシステムの概略構成図である。

図13に示すように、交流系統9A、9B、9Cと接続された電力変換器1A、1B、1Cは、それぞれの直流端子を直流線路2、3で接続することで3端子HVDCシステムを構成している。この構成において、直流線路2、3内は、センサ群91A、91A'、91B、91B'、91C、91C'、直流遮断器群92A、92A'、92B、92B'、92C、92C'を備える。

図14は、この発明の実施の形態7による電力変換装置と保護リレーを用いた事故点除去の動作を説明したフローチャート図である。

3端子構成のHVDCシステムにおいて、直流線路2、3が短絡した場合の、直流事故除去について図13、図14に基づいて説明する。

[0054] 電力変換器1A（または1B、1C）の至近端で直流短絡事故90が発生

した場合（S1）、各電力変換器1A、1B、1Cは、あらかじめ設定した電力変換装置の保護レベル（電流値など）を超過したことを検知し（S2）、各電力変換装置1A、1B、1C内の全てのスイッチング素子をOFFする（S3）。スイッチング素子をOFFすることにより、各電力変換装置1A、1B、1C内に流れていた事故電流の抑制が可能となる。

次に、各電力変換装置1A、1B、1Cは直流端に図示しない保護リレーが事故判別可能で各電力変換器1A、1B、1Cが出力可能な電圧を出力することで（S4）、センサ群91A、91A'、91B、91B'、91C、91C'が事故を検知し、遮断器群92A、92A'、92B、92B'、92C、92C'を開放する（S5）。事故が除去されると直流線路2、3のインピーダンスが大きくなるため、電力変換器1A、1B、1Cは、例えば所定の電流が流れないことを持って直流線路事故の除去を判定する。

また、直流線路2、3から遮断された電力変換器1A、1B、1Cは交流系統9A、9B、9Cに無効電力を供給するSTATCOMとして、動作することも可能である（S6）。

[0055] 実施の形態8.

次に、この発明の実施の形態8に係る電力変換装置を図15に基づいて詳細に説明する。図15は、この発明の実施の形態8による直流短絡事故点判定部を備えた3端子HVDCシステムの概略構成図である。

図15に示すように、直流線路上の遮断器群92A、92A'、92B、92B'、92C、92C'の開閉状態は、直流短絡事故点判定部200に与えられる。また、直流短絡事故点判定部200では、直流遮断器の開閉状態を基に、直流短絡事故点を判定し、事故点を除去するように開閉器を操作する指令を各遮断器に与える。

[0056] 図16は、この発明の実施の形態8よる電力変換装置と保護リレーを用いた事故点除去の動作を説明したフローチャート図である。

3端子構成のHVDCシステムにおいて、直流線路2、3が短絡した場合の、直流事故除去および健全な2端子間での送電について図15、図16に

基づいて説明する。

はじめに、電力変換器 1 A の至近端で直流短絡事故が発生した場合について説明する。直流短絡事故が発生すると (S 1 1)、各電力変換器 1 A、1 B、1 C は、あらかじめ設定した電力変換装置の保護レベル (電流値など) を超過したことを検知し (S 1 2)、各電力変換装置 1 A、1 B、1 C 内の全てのスイッチング素子を OFF する (S 1 3)。スイッチング素子を OFF することにより、各電力変換装置 1 A、1 B、1 C 内に流れていた事故電流の抑制が可能となる。

次に、電力変換器 1 A は、その直流端に図示しない保護リレーが事故判別可能で電力変換器 1 A が出力可能な電圧を出力することで (S 1 4)、センサ 9 1 A が事故を検知し、遮断器 9 2 A を開放する (S 1 5)。

事故点はセンサ 9 1 A と 9 1 A' の間にあるため、変換器 1 A が直流端子に電圧を出力することで、センサ 9 1 A、遮断器 9 2 A、事故点を介して電流が流れる。この電流をセンサ 9 1 A が検知し、保護リレーが動作することで遮断器 9 2 A のみ開放する。しかし、事故点はセンサ 9 1 A と 9 1 A' の間にあるため、このままでは健全端子 (電力変換器 1 B、1 C) 間での送電を行うことが出来ない。

このとき、遮断器 9 2 A が開放された信号を直流短絡事故点判定部 2 0 0 に与え (S 1 6)、開放された遮断器が 1 つであることを判定すると (S 1 7)、開放した遮断器 9 2 A よりも変換器からみて 1 つ遠方にある遮断器 9 2 A' を開放する信号を与える (S 1 8)。

以上の動作により、事故点を挟む遮断器 9 2 A と 9 2 A' を開放したことで直流線路上の事故が除去される。つまり、健全端子 (電力変換器 1 B、1 C) は事故点の影響を受けないため、送電を開始することが可能となる (S 1 9)。

[0057] 次に、電力変換器 1 B (1 C) の至近端で直流短絡事故が発生した場合について説明する。直流短絡事故が発生すると (S 1 1)、各電力変換器 1 A、1 B、1 C は、あらかじめ設定した電力変換装置の保護レベル (電流値な

ど)を超過したことを検知し(S12)、各電力変換装置1A、1B、1C内の全てのスイッチング素子をOFFする(S13)。スイッチング素子をOFFすることにより、各電力変換装置1A、1B、1C内に流れていた事故電流の抑制が可能となる。

次に、電力変換器1Aは、その直流端子に図示しない保護リレーが事故判別可能で電力変換器1Aが出力可能な電圧を出力することで(S14)、センサ91A、91A'、91B'(91A、91A'、91C')が事故を検知し、遮断器92A、92A'、92B'(92A、92A'、92C')を開放する(S15)。

事故点はセンサ91Bと91B'(91Cと91C')の間にあるため、変換器1Aが直流端子に電圧を出力することで、センサ91A、91A'、91B'(91A、91A'、91C')、遮断器92A、92A'、92B'(92A、92A'、92C')、事故点を介して電流が流れる。この電流をセンサ91A、91A'、91B'(91A、91A'、91C')が検知し、保護リレーが動作することで遮断器92A、92A'、92B'(92A、92A'、92C')を開放する。しかし、事故点はセンサ91Bと91B'の間にあるため、このままでは健全端子(電力変換器1A、1C(1B))間での送電を行うことが出来ない。

このとき、遮断器92A、92A'、92B'(92A、92A'、92C')が開放された信号を直流短絡事故点判定部200に与え(S16)、開放された遮断器が複数であることを判定すると(S17)、開放した遮断器のうち変換器からみて1番遠方の遮断器92B'(92C')と1つ遠方にある遮断器92B(93C)を開放し、他の遮断器92A、92A'、92C、92C'(92A、92A'、92B、92B')を閉路する信号を与える(S18')。

以上の動作により、事故点を挟む遮断器92Bと92B'(92Cと92C')を開放したことにより、健全端子(電力変換器1B、1C(1B))は事故点の影響を受けないため、送電を開始することが可能となる(S19)

)。

[0058] また、直流線路 2、3 から遮断された電力変換器 1 A は交流系統 9 A に無効電力を供給する STATCOM として、動作することも可能である (S 19)。

なお、多端子 HVDC の構成例について、3 端子 HVDC システムの構成例を図 15 に示したが、直流端子数は 4 端子以上でもよく、直流線路の端子数、接続方法は限定されない。

また、本実施の形態では 1 台の電力変換装置の出力と直流短絡事故点判定部への通信により遮断器の開閉を行ったが、複数の電力変換装置の出力および直流短絡事故点判定部への通信を用いない構成としても良い。

[0059] 以上、この発明の実施の形態を記述したが、この発明は実施の形態に限定されるものではなく、種々の設計変更を行うことが可能であり、その発明の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

符号の説明

[0060] 1、1 A、1 B、1 C：電力変換器、 2：正側直流線路、 3：負側直流線路、 4 U、4 V、4 W：相アーム、 5 U、5 V、5 W：正側アーム、 6 U、6 V、6 W：負側アーム、 7 U、7 V、7 W：交流接続点、 8：変圧器、 9：交流電源、 10、20、30、40：変換器セル、 21、22、31、32、34、41、42、43、44：スイッチ、 21 s、22 s、31 s、32 s、34 s、41 s、42 s、43 s、44 s：スイッチング素子、 21 d、22 d、31 d、32 d、34 d、41 d、42 d、43 d、44 d：ダイオード、 23、35、36、45、46：直列体、 29、39、49：直流コンデンサ、 90：直流短絡事故、 91：センサ、 92：直流遮断器、 93：保護リレー、 100：制御装置、 110～170：電圧指令生成部（110：規格化／演算部、 120：DC-AVR、DC-ACR 制御部、 130：直流電圧調整量演算部、 140：直流電圧指令値演算部、 150：交流電圧制御部、 1

60A : 正側アーム電圧指令値演算部、 160B : 負側アーム電圧指令値演算部、 170A : 正側各セル個別制御部、 170B : 負側各セル個別制御部、) 180A : 正側PWM回路、 180B : 負側PWM回路、 200 : 直流短絡事故点判定部。

請求の範囲

- [請求項1] 複数相の交流線路と直流線路との間に接続され、前記複数相の各相に対応する正側アームと負側アームとが直列接続され、前記複数の正側アームの一端は互いに接続されて正側の前記直流線路に接続され、前記複数の負側アームの一端は互いに接続されて負側の直流線路に接続されて、交流と直流との間で電力変換を行う電力変換器と、この電力変換器を制御する制御装置を備えた電力変換装置において、
- 前記複数相に対応する複数の正側アームおよび前記複数の負側アームのそれぞれは、互いに直列接続された複数のスイッチング素子の直列体と、この直列体に並列接続された直流コンデンサから成る変換器セルを、1つあるいは複数直列接続して構成され、
- 前記制御装置は、前記正側アームに対する第1の電圧指令値と前記負側アームに対する第2の電圧指令値を生成する電圧指令生成部を有して、前記正側アームおよび負側アーム内の前記変換器セルのスイッチング素子を制御し、前記直流線路における直流短絡事故を検知した場合に、前記電力変換器の直流端子から前記直流線路内の保護リレーを動作させることが可能な直流電圧を出力させることを特徴とする電力変換装置。
- [請求項2] 前記制御装置は、前記直流線路における直流短絡事故を検知した場合に、前記電力変換器の交流端子から定常時と同様の交流電圧を出力することを特徴とする請求項1記載の電力変換装置。
- [請求項3] 前記正側アームまたは負側アームの少なくとも一方のアームは、負電圧を出力することが可能な変換器セルで構成したことを特徴とする請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項4] 前記負電圧を出力することが可能な変換器セルは、並列接続された2つの直列体とこれら直列体に並列接続され直流電圧を平滑化する直流コンデンサで構成され、前記直列体の一方は、それぞれダイオードが逆並列に接続された複数のスイッチング素子を直列接続して構成さ

れ、前記直列体の他方は、ダイオードが逆並列に接続されたスイッチング素子とダイオードを直列接続して構成されたことを特徴とする請求項3に記載の電力変換装置。

[請求項5] 前記負電圧を出力することが可能な変換器セルは、並列接続された2つの直列体とこれら直列体に並列接続され直流電圧を平滑化する直流コンデンサで構成され、前記直列体はそれぞれダイオードが逆並列に接続された複数のスイッチング素子を直列接続して構成されたことを特徴とする請求項3に記載の電力変換装置。

[請求項6] 前記正側アームまたは前記負側アームのうち、一方のアームの変換器セルは、正電圧を出力することが可能な変換器セルであり、

前記正電圧が出力可能な変換器セルは、ダイオードが逆並列に接続された複数のスイッチング素子を直列接続して構成された直列体と、この直列体に並列接続され直流電圧を平滑化する直流コンデンサで構成されことを特徴とする請求項3に記載の電力変換装置。

[請求項7] 前記正側アームまたは負側アームの少なくとも一方のアームは、正電圧と零電圧を出力することが可能な変換器セル、正電圧と負電圧および零電圧を出力することが可能な変換器セルのどちらか一方または両方を含むよう構成し、他方のアームの変換器セルは、正電圧と負電圧および零電圧が出力可能な変換器セルで構成したことを特徴とする請求項1または請求項3に記載の電力変換装置。

[請求項8] 前記制御装置は、直流短絡事故を検知した場合に、前記保護リレーが動作する電流レベルが前記直流線路に流れるのに必要な電圧以上、かつ前記電力変換器が停止する過電流レベル以内の電流が流れる電圧以下となる直流電圧を出力させることを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の電力変換装置。

[請求項9] 前記制御装置は、所定の直流電流指令値と前記電力変換器の直流電流の差が零に近づくように、前記出力する直流電圧を制御することを特徴とする請求項8に記載の電力変換装置。

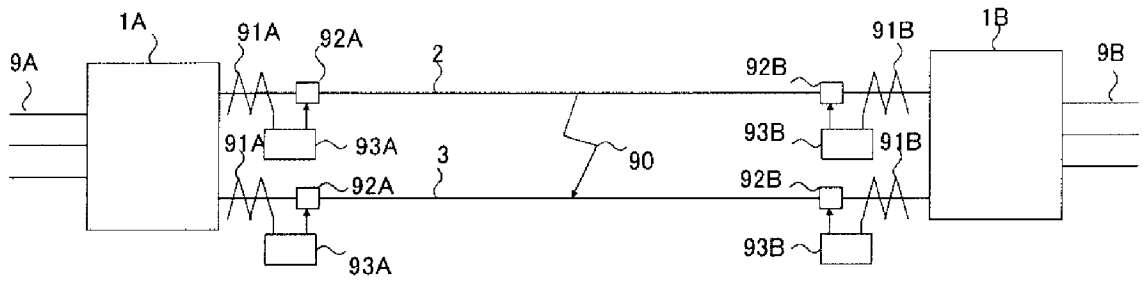
- [請求項10] 前記制御装置は、前記電力変換器の直流電流値に基づいて前記出力する直流電圧を制御することを特徴とする請求項8に記載の電力変換装置。
- [請求項11] 前記制御装置は、前記直流電圧に加え、前記電力変換器の直流電流値に基づいて交流電圧出力することを特徴とする請求項9または請求項10に記載の電力変換装置。
- [請求項12] 前記制御装置は、自身の属する電力変換装置が交流系統と連系していない場合には、前記変換器セルの前記直流コンデンサに蓄積されたエネルギーを用いて前記直流端子より直流電圧を出力させることを特徴とする請求項1から請求項11のいずれか1項に記載の電力変換装置。
- [請求項13] 3台以上の電力変換装置が、それぞれの直流端子を直流線路により接続された多端子構成のHVDCシステムに適用する電力変換装置であって、
前記3台以上の電力変換装置の各電力変換器は、直流端子間の直流短絡事故を検知した場合、直流端子より前記直流線路内の全ての保護リレーを動作させることが可能な所定の直流電圧を出力することを特徴とする請求項1から請求項12のいずれか1項に記載の電力変換装置。
- [請求項14] 前記制御装置は、前記直流端子間における短絡事故を検知した場合、その事故点を除去した後、前記電力変換器から無効電力を出力させることを特徴とする請求項1から請求項13のいずれか1項に記載の電力変換装置。
- [請求項15] 前記多端子構成のHVDCシステムにおいて、前記電力変換器は、直流端子間の直流短絡事故を検知した場合、直流端子より前記直流線路内の保護リレーを動作させることで、その事故点を除去した後、事故点に影響のない健全端子間で送電をすることを特徴とする請求項13または請求項14に記載の電力変換装置。

- [請求項16] 前記制御装置は、前記直流端子間における短絡事故を検知した場合、その事故点を除去した後、事故点の至近端の前記電力変換器から無効電力を出力させることを特徴とする請求項15に記載の電力変換装置。
- [請求項17] 交流から直流または直流から交流へ電力変換を行う電力変換器および前記電力変換器を制御する制御装置を有し、互いに直流端子が直流線路によって接続された複数の電力変換装置と、
前記直流線路上の電流を検知する電流センサと、
前記直流線路を開閉する遮断器と、
前記電流センサで検出した電流情報に基づいて、前記遮断器の開閉を制御する保護リレーと、を備える電力変換システムであって、
前記制御装置は、前記直流線路上の直流短絡事故を検出した場合、前記電力変換器の直流電圧の出力を抑制させるとともに、前記電力変換装置の直流端子より予め定められた直流電圧を出力し、
前記保護リレーは、前記電流センサにより検出した電流情報に基づいて、前記遮断器を開放動作させること、
を特徴とする電力変換システム。
- [請求項18] 交流から直流または直流から交流へ電力変換を行う電力変換器および前記電力変換器を制御する制御装置を有し、互いに直流端子が直流線路によって接続された複数の電力変換装置と、前記直流線路上の電流を検知する電流センサと、前記直流線路を開閉する遮断器と、前記電流センサで検出した電流情報に基づいて、前記遮断器の開閉を制御する保護リレーと、を備える電力変換システムの制御方法であって、
前記制御装置が、前記直流線路上の直流短絡事故を検知する事故検知ステップと、
前記制御装置が、前記複数の電力変換装置の直流電圧の出力を抑制させる出力抑制ステップと、
前記複数の電力変換装置が、自装置の直流端子より予め定められた

直流電圧を出力する出力ステップと、
前記保護リレーが、前記電流センサにより検出した電流情報に基づいて、前記遮断器を開放動作させる開放ステップと、
を備えることを特徴とする電力変換システムの制御方法。

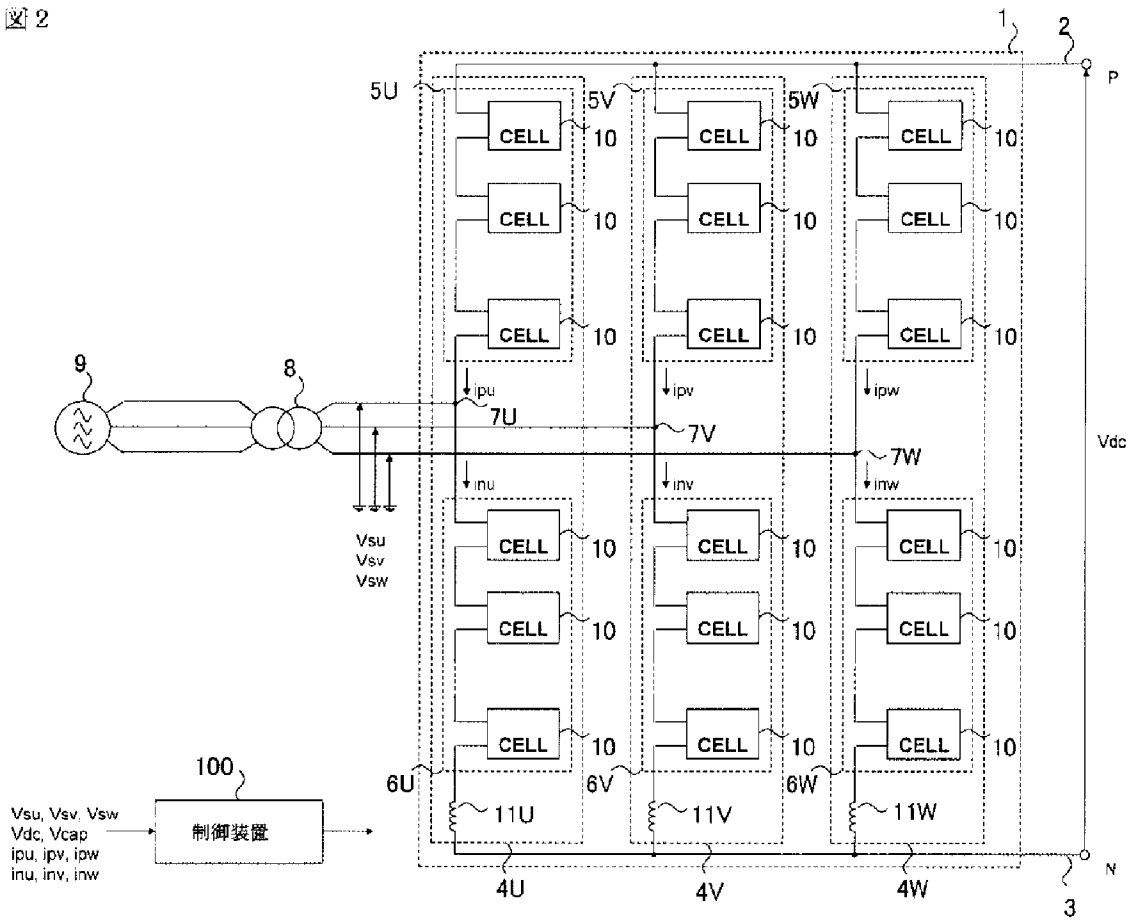
[図1]

図 1



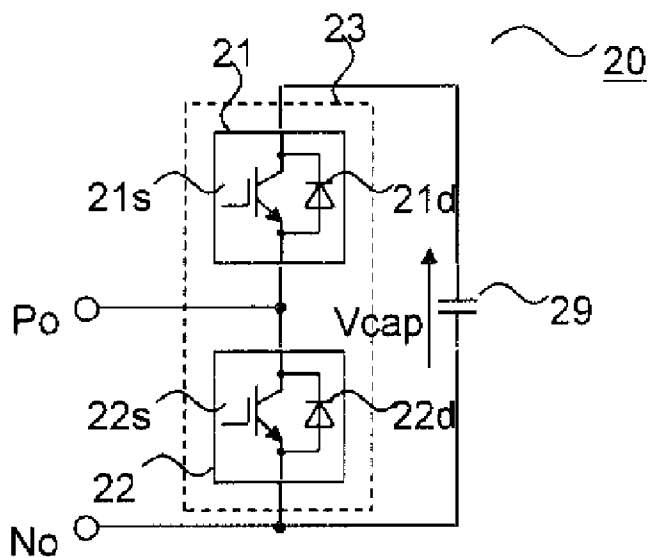
[図2]

図 2



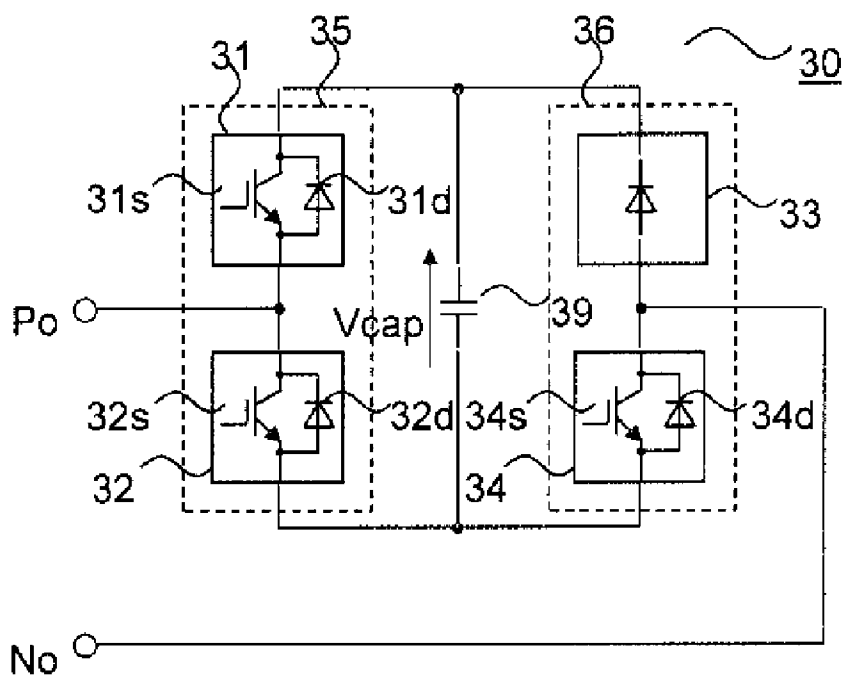
[図3]

図 3



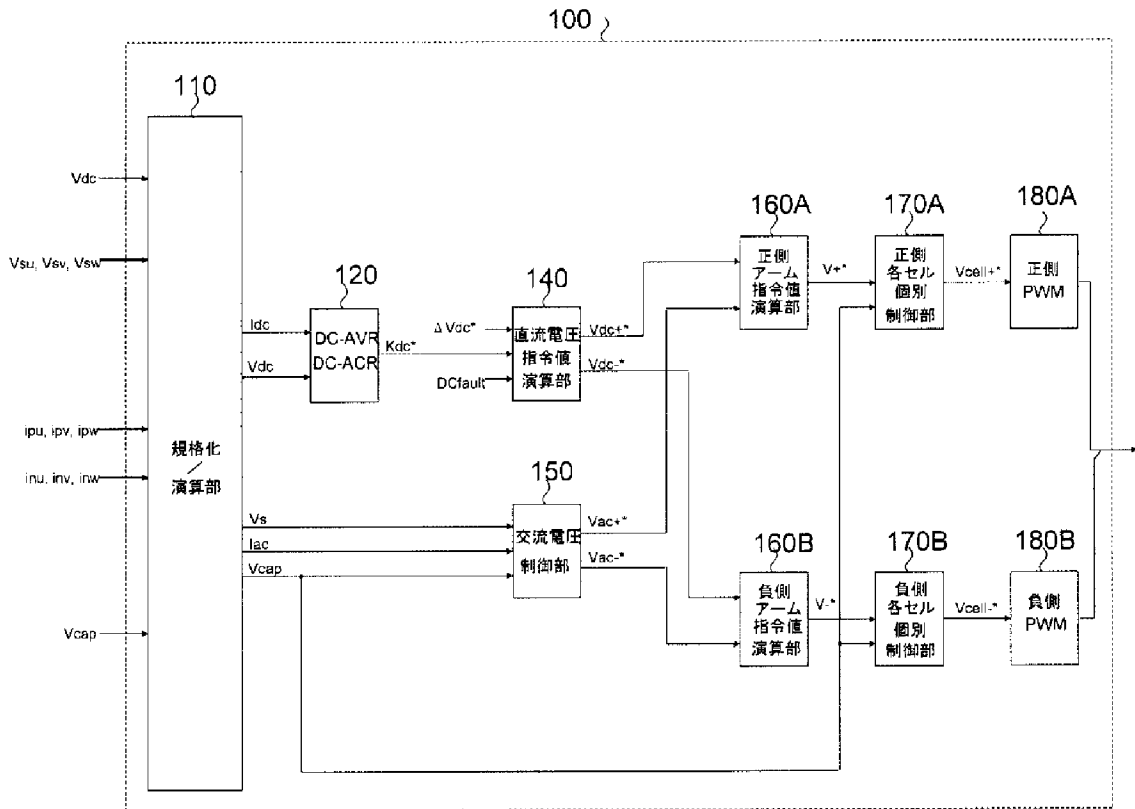
[図4]

図 4



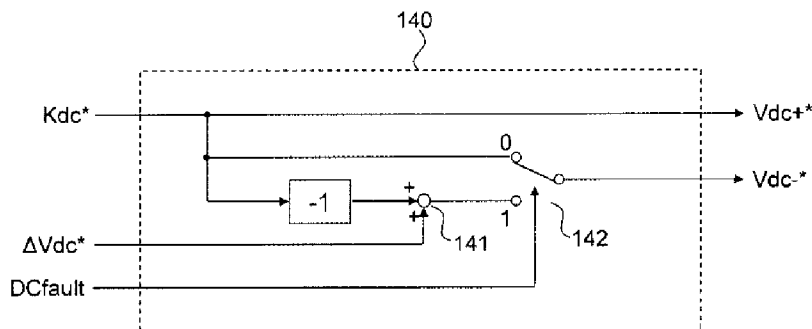
[図5]

図 5



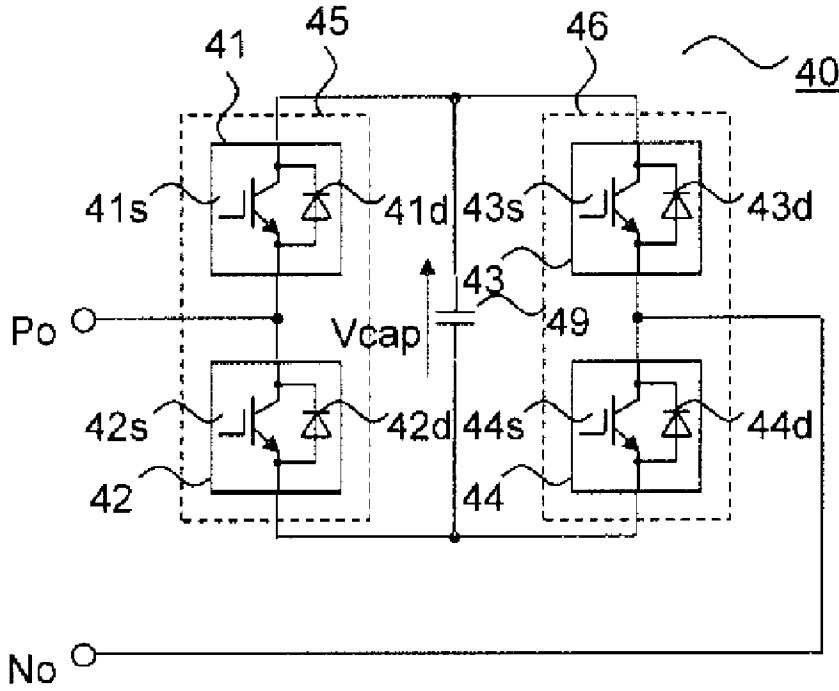
[図6]

図 6



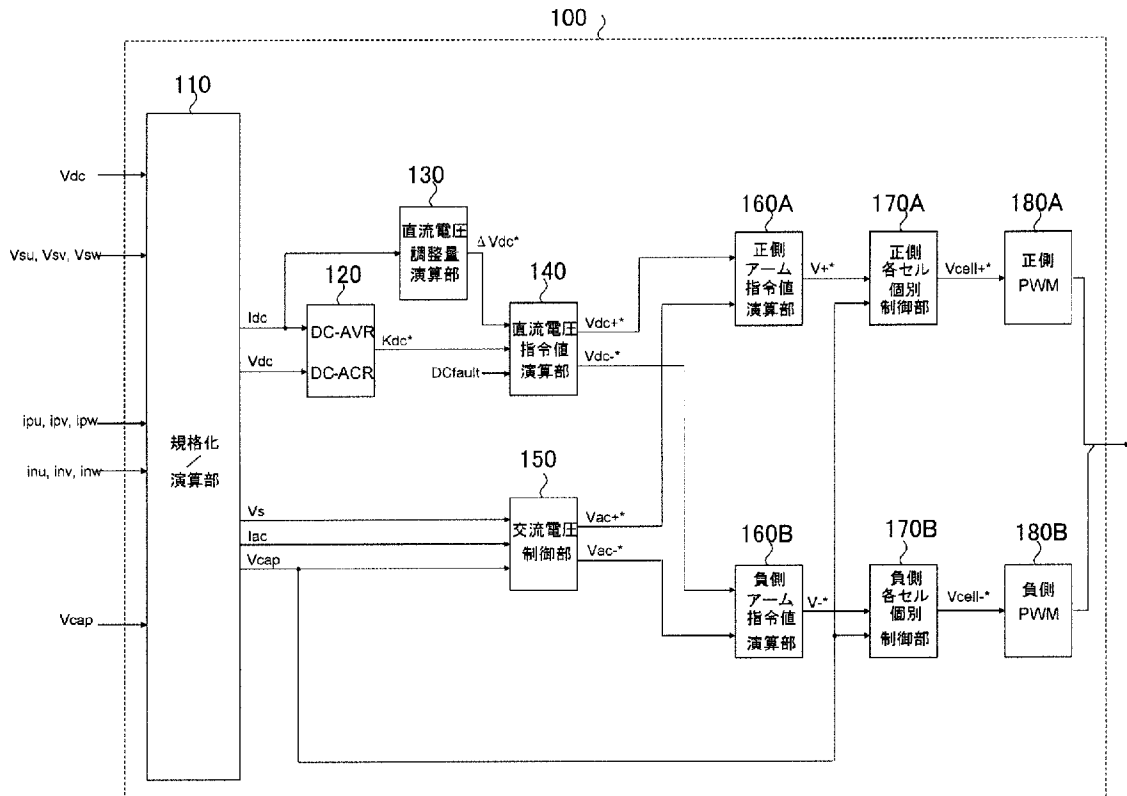
[図7]

図 7



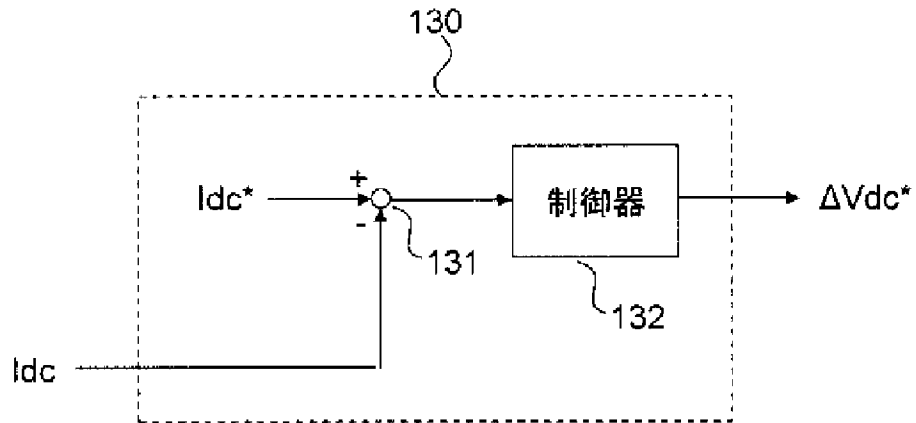
[図8]

図 8



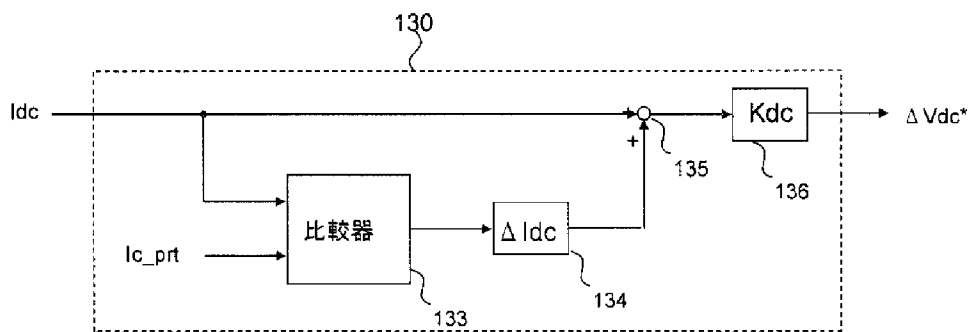
[図9]

図 9



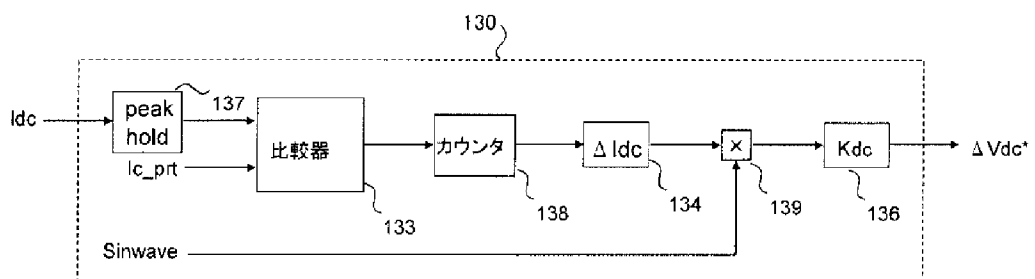
[図10]

図 10



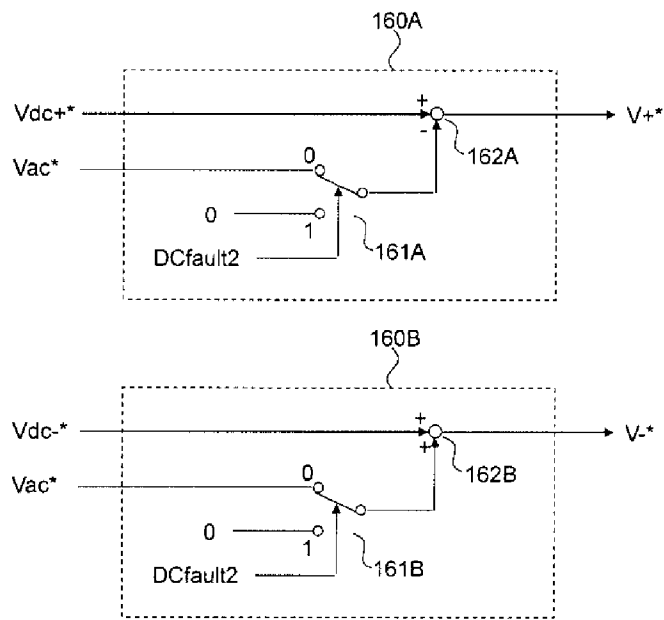
[図11]

図 11



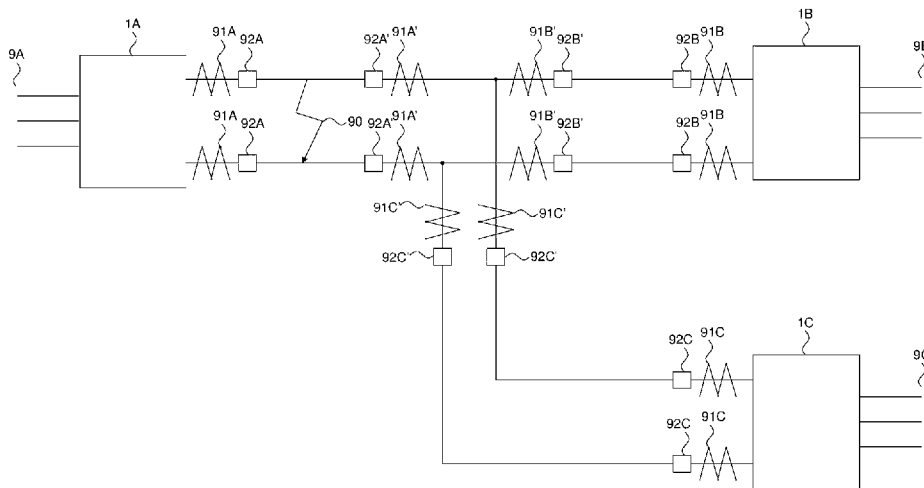
[図12]

図 1 2



[図13]

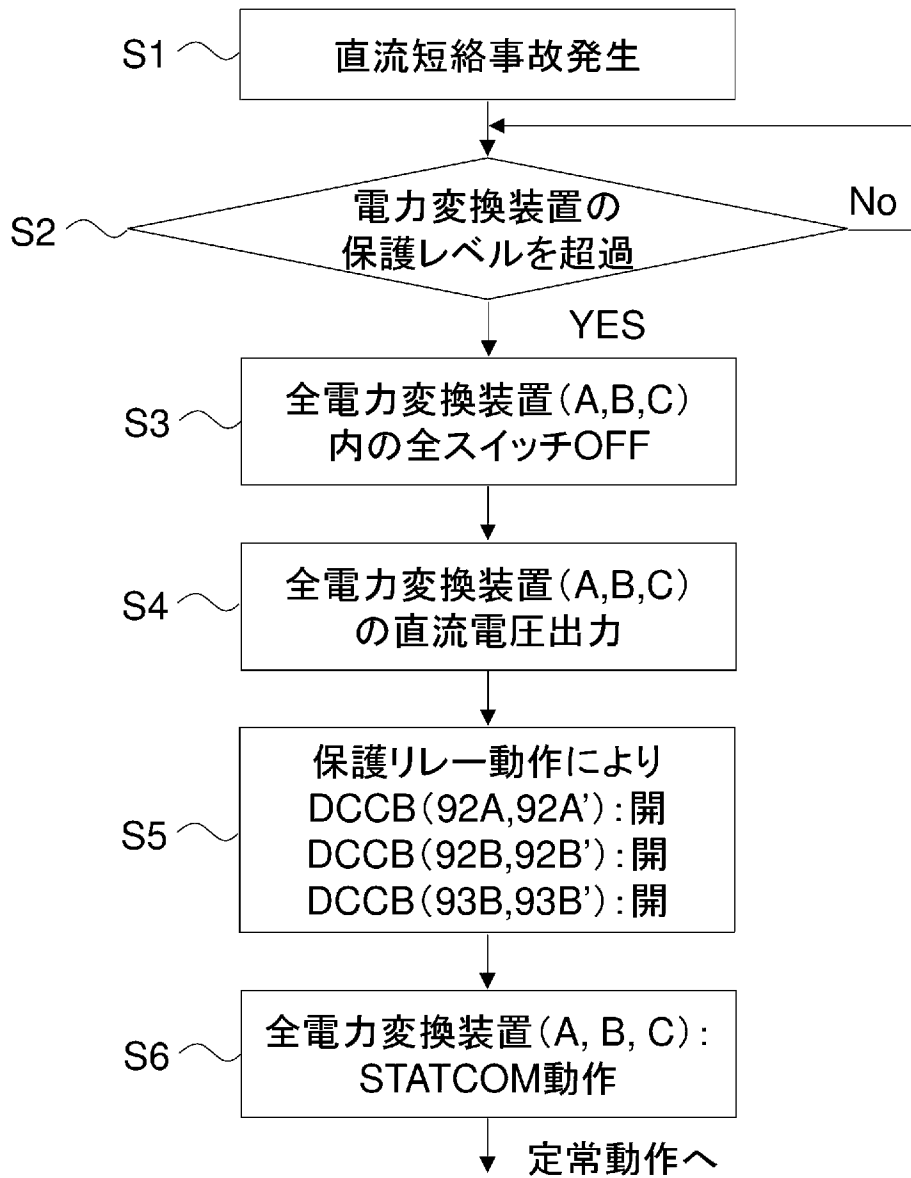
図 1 3



[図14]

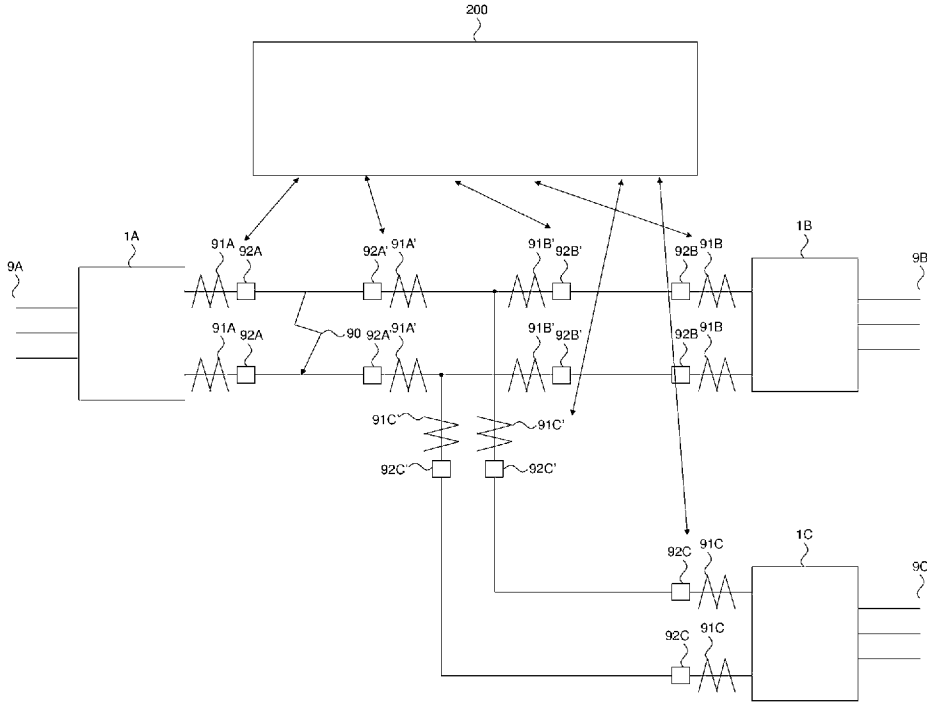
図 1 4

【電力変換装置Aの至近端事故】



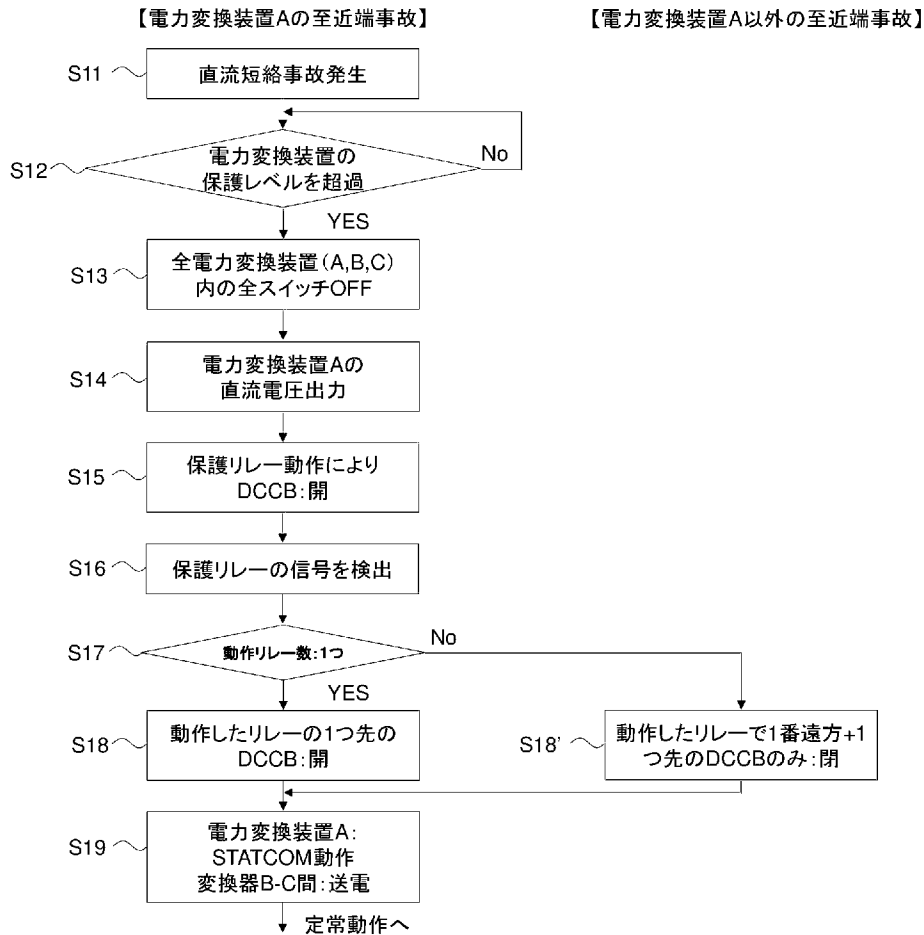
[図15]

図 1 5



[図16]

図 1 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/070076

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02M7/12(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)
H02M7/12

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	JP 5622978 B1 (Mitsubishi Electric Corp.), 12 November 2014 (12.11.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-18
A	JP 2003-259649 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 12 September 2003 (12.09.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-18
A	US 4544978 A (CONSOLIDATION COAL CO.), 01 October 1985 (01.10.1985), entire text; all drawings (Family: none)	1-18

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 20 September 2016 (20.09.16)	Date of mailing of the international search report 27 September 2016 (27.09.16)
---	--

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. H02M7/12(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. H02M7/12			
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	JP 5622978 B1（三菱電機株式会社）2014.11.12, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-18	
A	JP 2003-259649 A（富士電機株式会社）2003.09.12, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-18	
A	US 4544978 A（CONSOLIDATION COAL COMPANY）1985.10.01, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-18	
☐ 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 20.09.2016		国際調査報告の発送日 27.09.2016	
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） 麻生 哲朗	5G 2953
		電話番号 03-3581-1101 内線 3526	