(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8月30日(30.08.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/154783 A1

(51) 国際特許分類:
H02M 7/12 (2006.01)　　*H02M 7/48* (2007.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2017/007501

(22) 国際出願日：　2017年2月27日(27.02.2017)

(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: 梶山　拓也 (**KAJIYAMA, Takuya**); 〒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). 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). 椋木 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). 森 修(**MORI, Osamu**); 〒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).

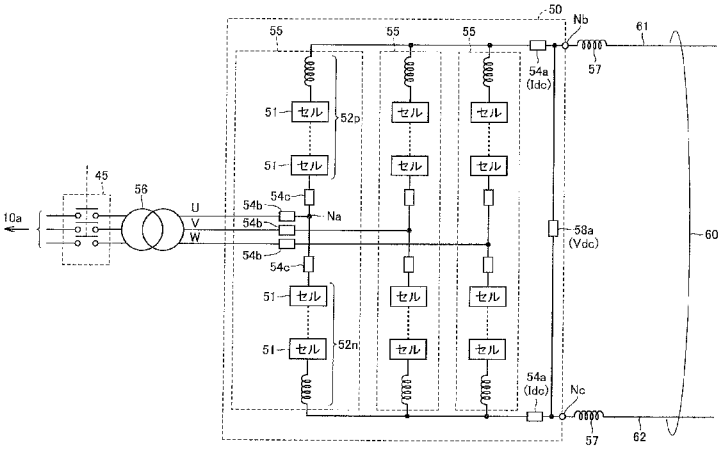
(74) 代理人:特許業務法人深見特許事務所(**FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.**); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(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,

(54) **Title:** ELECTRIC POWER CONVERSION APPARATUS AND DC POWER TRANSMISSION SYSTEM

(54) 発明の名称： 電力変換装置および直流送電システム

[図3]



(57) **Abstract:** This DC power transmission system (60) connects a plurality of AC systems (10a, 10b) via a DC line (60). A plurality of electric power conversion apparatuses (30a, 30b) are connected between the plurality of AC systems (10a, 10b) and the DC line (60). One of the plurality of electric power conversion apparatuses (30a, 30b) controls the voltage of the DC line (60), while the remainder control the current input and output to and from the DC line (60). In a restart which restarts electric power conversion to control the DC current of the DC line (60) from a stopped state, the electric power conversion apparatus (30b) which performs current control monitors the voltage of the DC line (60) and initiates the restart operation, without exchange of information with other electric power conversion apparatuses (30b).

WO 2018/154783 A1

[続葉有]

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約:直流送電システム(６０)は、複数の交流系統(１０ａ,１０ｂ)を、直流線路(６０)を経由して連系する。複数の交流系統(１０ａ,１０ｂ)および直流線路(６０)の間には、複数の電力変換装置(３０ａ,３０ｂ)が接続される。複数の電力変換装置(３０ａ,３０ｂ)のうちの一つは、直流線路(６０)の電圧を制御する一方で、残りは、直流線路(６０)に入出力する電流を制御する。電流制御を行う電力変換装置(３０ｂ)は、停止状態から直流線路(６０)の直流電流を制御するための電力変換を再開する再起動時において、他の電力変換装置(３０ｂ)との間で情報を授受することなく、直流線路(６０)の電圧を監視して再起動動作を開始する。

明　細　書

発明の名称 ： 電力変換装置および直流送電システム

技術分野

[0001] この発明は電力変換装置および直流送電システムに関し、より特定的には、直流線路を介して複数の交流系統を連系するための直流送電システムおよび、それに用いられる電力変換装置に関する。

背景技術

[0002] 電力の輸送距離が長くなる系統においては、高電圧による直流送電システムがしばしば用いられる。直流送電システムは、複数の交流系統が直流線路を介して接続された構成において、１つの交流系統からの交流電力を順変換器で高電圧の直流電力へと変換して直流線路によって伝送するとともに、直流線路の直流電力を逆変換器で交流電力へと変換して他の交流系統に供給することで、電力を伝送することができる。

[0003] 直流送電システムに適した電力変換装置の一つとして、モジュラーマルチレベル変換器（以下、ＭＭＣとも称する）が用いられている。ＭＭＣは、２つの直流端子間に、複数の単位変換器（セル）が、交流端を経由して多段接続されたアームを有する。各セルは、複数の半導体スイッチと直流キャパシタを備えており、その構成は、チョッパ回路またはブリッジ回路など、バリエーションがある。

[0004] たとえば、特開２０１４－１８０１３１号公報（特許文献１）には、直流線路に事故が発生した場合の再起動動作において、交流遮断器を開放した状態で、チョッパ回路で構成された変換器セルのキャパシタに蓄積されたエネルギを直流線路に供給する技術が記載されている。これにより、直流線路の電圧を上昇させることによって、電力変換装置を高速に再起動することができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１４－１８０１３１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 直流送電システムでは、直流線路での事故発生時には、複数の交流系統の各々を一旦解列するとともに、直流線路および複数の交流系統の間にそれぞれ接続された複数の電力変換装置を停止する必要がある。

[0007] 落雷等による一時的な事故の発生時には、当該事故原因が除去されると、複数の電力変換装置を再起動することにより、潮流による電力伝送を再開することができる。しかしながら、その際に各電力変換装置が無秩序に再起動動作を行うと、システムの健全性の回復を十分に確認できないまま電力変換装置が動作を始めることにより、システム全体の動作が不安定になることが懸念される。

[0008] 一方で、複数の電力変換装置間での情報の授受による確認を伴って各電力変換装置を動作させると、通信時間を含む処理時間の増大によって迅速な再起動が妨げられることが懸念される。

[0009] この発明はこのような問題点を解決するためになされたものであって、その目的は、直流線路を介して複数の交流系統を連系するための直流送電システムに用いられる電力変換装置において、停止状態からの再起動を、他の電力変換装置との情報の授受を要することなく迅速かつ安定的に行うことである。

課題を解決するための手段

[0010] 本開示に係る電力変換装置は、直流線路を介して複数の交流系統を連系するための直流送電システムに用いられる電力変換装置であって、電力変換ユニットと、電流遮断器と、端子制御装置とを備える。電力変換ユニットは、複数の交流系統のうちの１つの交流系統と直流線路との間で双方向に交流から直流、または、直流から交流の電力変換（以下、交流／直流電力変換とも称する）を実行するように構成される。電流遮断器は、電力変換ユニットを経由して前記１つの交流系統および前記直流線路の間を流れる電流を遮断す

るように構成される。端子制御装置は、電流遮断器および電力変換ユニットを制御する。電力変換ユニットは、直流線路と電気的に接続された第１および第２の直流端子と、交流系統と電気的に接続された交流端子と、複数の変換器セルとを含む。複数の変換器セルは、交流端子との電気的な接続点を有するように第１および第２の直流端子間に直列に接続される。各変換器セルの各々は、一対の出力端子間に接続された蓄電素子と、出力端子間に対する蓄電素子の充放電を制御するための複数のスイッチング素子とを有する。複数のスイッチング素子は、出力端子に対する蓄電素子に対して並列または直列に接続される。電力変換装置は、停止状態では、電流遮断器が開放され、かつ、電力変換ユニットが各変換器セルの複数のスイッチング素子がオフに固定されたゲートブロック状態である。端子制御装置は、停止状態から直流線路へ入出力する直流電流を制御するための交流／直流電力変換を開始するための再起動動作において、直流端子電圧および蓄電素子の電圧に応じて、停止状態を解除し、複数の変換器セルでの複数のスイッチング素子のオンオフによる交流／直流電力変換を開始する。

発明の効果

[0011] 本開示によれば、直流線路を介して複数の交流系統を連系するための直流送電システムに用いられる電力変換装置において、停止状態からの再起動を、他の電力変換装置との通信を要することなく、迅速かつ安定的に行うことができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本実施の形態に従う電力変換装置が適用される直流送電システムの構成例を説明する概略ブロック図である。

[図2]図１に示された電力変換装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図3]実施の形態１に従う電力変換装置の構成を説明するためのブロック図である。

[図4]図３に示されたセルの第１の構成例を示す回路図である。

[図5]図３に示されたセルの第２の構成例を示す回路図である。

[図6]図３に示されたセルの第３の構成例を示す回路図である。

[図7]図３に示されたセルの第４の構成例を示す回路図である。

[図8]端子制御装置による電力変換制御構成を説明するためのブロック図である。

[図9]電圧制御を担当する電力変換装置における再起動制御部の制御処理を説明するフローチャートである。

[図10]電流制御を実行する電力変換装置における再起動制御部の実施の形態１に従う制御処理を説明するフローチャートである。

[図11]実施の形態２に従う電力変換装置の構成を説明するためのブロック図である。

[図12]実施の形態２に従う電力変換装置における再起動制御部の制御処理を説明するフローチャートである。

[図13]実施の形態３に従う電力変換装置の構成を説明するためのブロック図である。

[図14]実施の形態３に従う電力変換装置の構成の変形例を説明するためのブロック図である。

[図15]実施の形態３に従う電力変換装置における再起動制御部の制御処理を説明するフローチャートである。

[図16]実施の形態４に従う電力変換装置の構成を説明するためのブロック図である。

[図17]実施の形態４に従う電力変換装置における再起動制御部の制御処理の第１の例を説明するフローチャートである。

[図18]実施の形態４に従う電力変換装置における再起動制御部の制御処理の第２の例を説明するフローチャートである。

[図19]実施の形態５に従う直流送電システムの構成を説明するブロック図である。

[図20]実施の形態５に従う直流送電システムにおける事故発生時の制御処理を説明するフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] 以下に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、以下では図中の同一または相当部分には同一符号を付してその説明は原則的に繰返さないものとする。

[0014] 実施の形態１.

図１は、本実施の形態に従う電力変換装置が適用される直流送電システムの構成例を説明する概略ブロック図である。

[0015] 図１を参照して、直流送電システム１００は、直流線路６０を介して複数の交流系統１０ａおよび１０ｂを連系する。直流送電システム１００は、直流線路６０と、複数の電力変換装置３０とを有する。電力変換装置３０は、直流送電システム１００によって連系される各交流系統１０と直流線路６０との間にそれぞれ配置される。直流線路６０は、高電圧側の直流母線に相当する電力線６１と、低電圧側の直流母線に相当する電力線６２を有する。

[0016] 図１の構成例では、交流系統１０ａおよび直流線路６０の間に電力変換装置３０ａが配置され、交流系統１０ｂおよび直流線路６０の間には、電力変換装置３０ｂが配置される。電力変換装置３０ａは、交流系統１０ａおよび直流線路６０の間で、双方向の交流／直流電力変換を実行する。同様に、電力変換装置３０ｂは、交流系統１０ｂおよび直流線路６０の間で、双方向の交流／直流電力変換を実行する。

[0017] 以下では、複数の交流系統１０ａ，１０ｂを包括的に表記する場合には、単に交流系統１０と称する。同様に、複数の交流系統１０ａ，１０ｂにそれぞれ対応して配置される電力変換装置３０ａ，３０ｂについても、包括的に表記する場合には単に電力変換装置３０と称する。

[0018] 直流送電システム１００において、複数の電力変換装置３０は、直流線路６０の直流電圧を制御する電力変換装置と、直流線路６０および対応の交流系統の間を流れる直流電流（または直流電力）を制御する電力変換装置とに分類される。通常、複数の電力変換装置３０のうちの１つが電圧制御を担当し、残りの電力変換装置の各々は電流制御を実行する。

[0019] たとえば、発電側の交流系統と接続された電力変換装置が電圧制御を担当する一方で、その他の電力変換装置は電流制御を実行することができる。ただし、各電力変換装置３０が、双方向の交流／直流電力変換を実行可能に構成されている場合には、潮流の方向などに応じて、運転動作中に、電圧制御を担当する電力変換装置３０を切換えることができる。たとえば、図示しない上位コントローラからの指示に従って、各電力変換装置３０は電圧制御および電流制御のいずれかを選択的に実行することができる。

[0020] 以下では、電力変換装置３０ｂによって直流線路６０の直流電圧が制御される一方で、電力変換装置３０ａは、直流線路６０および交流系統１０ｂの間を流れる直流電流（直流電力）を制御するものとする。すなわち、直流送電システムにおいて、電力変換装置３０ｂは、電圧制御を担当する「第１の電力変換装置」の一実施例に対応し、電力変換装置３０ａは、電流制御を実行する「第２の電力変換装置」の一実施例に対応する。

[0021] 図２は、図１に示された電力変換装置の構成を示す概略ブロック図である。なお、以下では、電流制御を実行する電力変換装置３０ａの構成について主に説明するが、電圧制御を担当する電力変換装置３０ｂについても、電力変換装置３０ａと同様に構成することが可能である。

[0022] 図２を参照して、電力変換装置３０ａは、端子制御装置４０と、交流電流を遮断するための交流遮断器４５と、双方向の交流／直流電力変換を実行する電力変換ユニット５０とを有する。電力変換ユニット５０は、公知のＭＭＣによって構成することができるが、その詳細な構成例は、後程説明する。

[0023] 端子制御装置４０は、図示しない上位コントローラからの指令や、後に説明する各検出器から入力された検出信号等を用いて、交流遮断器４５の開閉および電力変換ユニット５０の動作を制御する。端子制御装置４０は、たとえばマイクロコンピュータ等で構成することが可能である。一例として、端子制御装置４０は、図示しないメモリおよびＣＰＵ（Control Processing Unit）を内蔵し、メモリに予め格納されたプログラムをＣＰＵが実行することによるソフトウェア処理によって、以下で説明する制御動作を実行するこ

とができる。あるいは、当該制御動作の一部または全部については、ソフトウェア処理に代えて、内蔵された専用の電子回路等を用いたハードウェア処理によって実現することも可能である。

[0024] 交流遮断器４５は、交流系統１０ａおよび電力変換ユニット５０の間に接続される。交流遮断器４５は、端子制御装置４０からの指令に応じて開放または閉路される。交流遮断器４５を開放することによって、電力変換ユニット５０は、交流系統１０ａから解列される。この結果、電力変換ユニット５０を経由した、交流系統１０ａおよび直流線路６０の間を流れる電流を遮断することができる。すなわち、交流遮断器４５は「電流遮断器」の一実施例に対応する。

[0025] 各交流系統１０は、単相および複数相交流電力のいずれ取り扱うものでもよいが、本明細書では、交流系統１０ａを含む各交流系統１０は、三相交流電力を取り扱うものとする。したがって、交流遮断器４５の閉路時において、電力変換ユニット５０は、交流系統１０ａから受電する三相交流電力を直流電力へと変換し直流線路６０へ送電する電力変換、または、直流線路６０から受電する直流電力を交流電力へと変換して交流系統１０ｂへ送電する電力変換を選択的に実行する。

[0026] なお、電圧制御を担当する電力変換装置３０ｂは、電流制御を実行する電力変換装置３０ｂと異なる構成を有してもよいが、以下、本明細書では、簡単のため、電力変換装置３０ａおよび３０ｂ、すなわち、各電力変換装置３０の構成は同様であるものとする。このようにすると、上述したような、上位コントローラ等からの指示に従った、各電力変換装置３０での電圧制御および電流制御の切換えへの対応が容易となる。

[0027] 次に、電力変換ユニット５０の構成を詳細に説明する。

図３は、実施の形態１に従う電力変換装置の構成を説明するためのブロック図である。図３には、主に電力変換ユニット５０の構成が詳細に示される。

[0028] 図３を参照して、電力変換ユニット５０は、交流端子Ｎａと、直流端子Ｎ

ｂおよびＮｃとを備える。図３の例では、三相交流に対応するために、各相（Ｕ、Ｖ，Ｗ相）に交流端子Ｎａが設けられる。直流端子ＮｂおよびＮｃは、直流線路６０を形成する電力線６１および６２とそれぞれ電気的に接続される。直流端子ＮｂおよびＮｃの各々と、電力線６１および６２の各々との間には、連系用リアクトル５７を接続することができる。

[0029] 各相（Ｕ，Ｖ，Ｗ相）の交流端子Ｎａは、交流系統１０ａの各相（Ｕ，Ｖ，Ｗ相）と電気的に接続される。図３の例では、交流端子Ｎａおよび交流系統１０ａ（各相）の間は、交流遮断器４５およびトランス（三相）５６を経由して、電気的に接続されている。あるいは、交流端子Ｎａおよび交流系統１０ａの間の電気的な接続において、トランス５６に代えて連系用のリアクトルを接続することも可能であるし、その両方を組み合わせて接続することも可能である。なお、本開示において「電気的に接続」とは、直接的な接続、あるいは、他要素を介した接続によって、電気エネルギの伝達が可能な接続状態を示すものとする。

[0030] 電力変換ユニット５０は、さらに、交流系統１０ａの各相に対応してレグ回路５５を有する。図３の構成例では、三相交流に対応するために、３個のレグ回路５５が配置されている。各相のレグ回路５５の構成は同一であるので、図３では、Ｕ相のレグ回路５５の構成を説明する。

[0031] レグ回路５５は、直流端子Ｎｂおよび交流端子Ｎａの間に直列に接続された正側アーム５２ｐと、交流端子Ｎａおよび直流端子Ｎｃの間に接続された負側アーム５２ｎとを有する。正側アーム５２ｐおよび負側アーム５２ｎの各々は、直列接続された複数の変換器セル５１（以下、単に「セル」とも称する）を有する。さらに、複数のセル５１と直列にリアクトルを接続することも可能である。

[0032] 各相のレグ回路５５は、電力線６１および６２の間に並列に接続される。さらに、各相のレグ回路５５は、交流系統１０ａの対応する相と接続された交流端子Ｎａとの接続点を有する。各レグ回路５５には、正側アーム５２ｐおよび負側アーム５２ｎの通過電流（アーム電流Ｉａｒｍ）を検出するため

の電流検出器５４ｃが配置される。

[0033] さらに、各相の交流端子Ｎａに対応して、交流系統１０との間に流れる電流（交流電流Ｉａｃ）を検出するための電流検出器５４ｂを配置することができる。また、直流端子ＮｂおよびＮｃにそれぞれ対応して、直流線路６０との間に流れる電流（直流電流Ｉｄｃ）を検出するための電流検出器５４ａを配置することができる。

[0034] なお、上記直流電流Ｉｄｃおよび交流電流Ｉａｃは、アーム電流Ｉａｒｍを用いた演算によっても求めることができるので、電流検出器５４ｃの配置によって、電流検出器５４ａおよび５４ｂの配置を省略することも可能である。すなわち、本実施の形態において、直流電流Ｉｄｃおよび交流電流Ｉａｃは、電流検出器によって直接測定されてもよく、演算によって求められてもよい。

[0035] さらに、直流端子ＮｂおよびＮｃの間の直流電圧Ｖｄｃを検出するための電圧検出器５８ａがさらに配置される。直流電圧Ｖｄｃは、直流線路６０によって伝送される直流電圧に相当する。これらの電流検出器５４ｂ～５４ｃおよび電圧検出器５８ａによる検出値は、端子制御装置４０（図２）に入力される。

[0036] なお、図３では、このように正側アーム５２ｐと負側アーム５２ｎとの接続点が交流端子Ｎａとなる構成例を例示したが、複数のセル５１の配置はこのような構成に限定されるものではない。たとえば、例えば、各相のレグ回路５５について、正側アーム５２ｐと負側アーム５２ｎとが直列接続され、トランス５６を介して交流系統１０ａの各相（Ｕ，Ｖ，Ｗ）に接続される構成でもよい。すなわち、各相における複数のセル５１は、交流遮断器４５を経由して交流系統１０ａとの電気的な接続点を有するとともに、直流端子ＮｂおよびＮｃ（すなわち、電力線６１および６２）の間に直列に接続される。

[0037] 図３において、直流端子Ｎｂは「第１の直流端子」に対応し、直流端子Ｎｃは「第２の直流端子」に対応する。電圧検出器５８ａによって検出される

直流電圧Ｖｄｃは「直流端子電圧」に対応する。また、直流電流Ｉｄｃおよび交流電流Ｉａｃは、電流検出器５４ａ，５４ｂによる検出値、または、電流検出器５４ｃの検出値からの算出値として取得することができる。

[0038] 次に、図４から図７を用いて図３に示されたセル５１の構成例を説明する。

図４を参照して、第１の構成例に従うセル５１ａは、いわゆるハーフブリッジ構成を有する。具体的には、セル５１ａは、１対の出力端子Ｔ１，Ｔ２と、キャパシタＣ１と、半導体スイッチング素子ＳＭｐ１，ＳＭｎ１を有する。出力端子Ｔ１，Ｔ２は、図３に示した直列接続のために、他セル５１の出力端子Ｔ１，Ｔ２、交流端子Ｎａ、または、直流端子Ｎｂ，Ｎｃと電気的に接続される。

[0039] キャパシタＣ１は、ノードＮ３および出力端子Ｔ１の間に接続され、半導体スイッチング素子ＳＭｐ１は、出力端子Ｔ１およびノードＮ３の間に接続され、半導体スイッチング素子ＳＭｎ１は、出力端子Ｔ１およびＴ２の間に接続される。セル５１ａには、キャパシタＣ１の端子間電圧（以下、単に「キャパシタ電圧Ｖｃａｐ」とも称する）を検出するための電圧検出器５８ｂが配置される。

[0040] したがって、キャパシタＣ１は、出力端子Ｔ１およびＴ２の間に、半導体スイッチング素子ＳＭｐ１を経由して接続される。セル５１ａは、半導体スイッチング素子ＳＭｐ１，ＳＭｎ１のオンオフ（スイッチング動作）により、出力端子Ｔ１，Ｔ２間の出力電圧を、＋Ｖｃａｐまたは０にすることができる。

[0041] 図５を参照して、第２の構成例に従うセル５１ｂは、いわゆるフルブリッジ構成を有する。具体的には、セル５１ｂは、出力端子Ｔ１，Ｔ２と、キャパシタＣ１と、半導体スイッチング素子ＳＭｐ１，ＳＭｐ２，ＳＭｎ１，ＳＭｎ２とを有する。

[0042] キャパシタＣ１は、ノードＮ３およびＮ４の間に接続される。キャパシタＣ１に対して電圧検出器５８ｂが配置される。半導体スイッチング素子ＳＭ

ｐ１は、ノードＮ３および出力端子Ｔ１の間に接続される。半導体スイッチング素子ＳＭｐ２は、ノードＮ３および出力端子Ｔ２の間に接続される。同様に、半導体スイッチング素子ＳＭｎ１は、ノードＮ４および出力端子Ｔ１の間に接続される。半導体スイッチング素子ＳＭｎ２は、ノードＮ４および出力端子Ｔ２の間に接続される。

[0043] セル５１ｂは、半導体スイッチング素子ＳＭｐ１，ＳＭｐ２，ＳＭｎ１，ＳＭｎ２のスイッチング動作に応じて、出力端子Ｔ１，Ｔ２間の出力電圧を、＋Ｖｃａｐ，０，－Ｖｃａｐの間で切替えることができる。

[0044] 図６を参照して、第３の構成例に従うセル５１ｃは、図５に示したセル５１ｂと比較して、ノードＮ３および出力端子Ｔ２の間に接続される半導体スイッチング素子ＳＭｐ２が、ダイオードＤ１に置換される点で異なる。ダイオードＤ１は、出力端子Ｔ２からノードＮ３への電流方向を順方向として接続される。セル５１ｃのその他の部分の構成は、セル５１ｂと同様である。

[0045] セル５１ｃの出力電圧は、半導体スイッチング素子ＳＭｐ１，ＳＭｎ１のスイッチング動作に応じて、＋Ｖｃａｐまたは０とすることができる。さらに、セル５１ｃは、電流が出力端子Ｔ２か出力端子Ｔ１に向かう方向に流れている場合には、半導体スイッチング素子ＳＭｐ１およびＳＭｎ２をオフすることにより、出力端子Ｔ１，Ｔ２間に－Ｖｃａｐを出力することができる。

[0046] 図７を参照して、第４の構成例に従うセル５１ｄは、いわゆる、ダブルクランプセルと呼ばれる構成を有する。セル５１ｄは、出力端子Ｔ１，Ｔ２と、キャパシタＣ１，Ｃ２と、半導体スイッチング素子ＳＭｐ１，ＳＭｐ２，ＳＭｐ３，ＳＭｎ１，ＳＭｎ２と、ダイオードＤ１，Ｄ２とを有する。

[0047] キャパシタＣ１は、ノードＮ３およびＮ４の間に接続される。半導体スイッチング素子ＳＭｐ１は、出力端子Ｔ１およびノードＮ３の間に接続される。半導体スイッチング素子ＳＭｎ１は、出力端子Ｔ１およびノードＮ４の間に接続される。半導体スイッチング素子ＳＭｐ３は、ノードＮ６およびＮ３の間に接続される。ダイオードＤ１は、ノードＮ３およびノードＮ５の間に

、ノードＮ３からＮ５への電流方向を順方向として接続される。

[0048] キャパシタＣ２は、ノードＮ５およびＮ６の間に接続される。半導体スイッチング素子ＳＭｐ２は、ノードＮ５および出力端子Ｔ２の間に接続される。半導体スイッチング素子ＳＭｎ２は、ノードＮ６および出力端子Ｔ２の間に接続される。ダイオードＤ２は、ノードＮ４およびノードＮ６の間に、ノードＮ４からＮ６への電流方向を順方向として接続される。セル５１ｄでは、キャパシタＣ１およびＣ２の両方に対応して、電圧検出器５８ｂが配置される。

[0049] セル５１ｄは、半導体スイッチング素子ＳＭｐ１，ＳＭｐ２，ＳＭｐ３，ＳＭｎ１，ＳＭｎ２のスイッチング動作により、出力端子Ｔ１，Ｔ２間に、Ｖｃａｐ（１）、Ｖｃａｐ（２）、－Ｖｃａｐ（１）、－Ｖｃａｐ（２）、または、０（零電圧）を出力することができる。なお、キャパシタ電圧Ｖｃａｐ（１）およびＶｃａｐ（２）は、キャパシタＣ１およびＣ２の端子間電圧である。ただし、以下では、キャパシタ電圧Ｖｃａｐ（１）およびＶｃａｐ（２）を特に区別する必要が無い場合には、これらについても包括的にキャパシタ電圧Ｖｃａｐと表記する。

[0050] さらに、セル５１ｄは、電流が出力端子Ｔ２から出力端子Ｔ１に向かう方向に流れている場合には、半導体スイッチング素子ＳＭｐ１およびＳＭｎ２がオフすることにより、出力端子Ｔ１，Ｔ２間に－（Ｖｃａｐ（１）＋Ｖｃａｐ（２））の負電圧を出力することができる。

[0051] 図４～図７のセル５１ａ～５１ｄを通じて、半導体スイッチング素子ＳＭｐ１，ＳＭｐ２，ＳＭｐ３，ＳＭｎ１，ＳＭｎ２の各々は、ＩＧＢＴ（Insulated Gate Bipolar Transistor）、ＧＣＴ（Gate Commutated Turn-off）サイリスタ等の任意の自己消弧型のスイッチング素子に対して、ＦＷＤ（Freewheeling Diode）が逆並列を接続することによって構成することができる。本実施の形態では、半導体スイッチング素子を変換器セル内の「スイッチング素子」として使用するが、端子制御装置４０によってオンオフが制御されて、電流の通過および遮断が制御可能であれば、その他のスイッチング

素子（たとえば、機械スイッチ）を、半導体スイッチング素子に代えて用いることも可能である。

[0052] 図３に示されたセル５１については、図４～図７に示されたセル５１ａ～５１ｄのいずれを用いて構成することも可能である。また、図４～図７において、キャパシタＣ１，Ｃ２は、「蓄電素子」の一実施例に相当する。また、電圧検出器５８ｂによって検出されるキャパシタ電圧Ｖｃａｐは、「蓄電素子の電圧」に対応する。

[0053] 図８は、端子制御装置４０による電力変換ユニット５０の制御構成を説明するためのブロック図である。図８に示される各ブロックの機能は、端子制御装置４０によるソフトウェア処理および／またはハードウェア処理によって実現することができる。

[0054] 図８を参照して、端子制御装置４０による制御機能の一部を構成する電力変換制御系２００は、キャパシタ電圧制御部２１０と、交流電流制御部２２０と、直流電圧制御部２３０と、直流電流制御部２４０と、制御出力合成部２４５と、再起動制御部２５０とを含む。

[0055] キャパシタ電圧制御部２１０は、各セル５１に配置された電圧検出器５８ｂによる検出値に基づいて、各セル５１内のキャパシタＣ１（Ｃ１およびＣ２）のキャパシタ電圧Ｖｃａｐ（Ｖｃａｐ（１），Ｖｃａｐ（２））をキャパシタ電圧指令値Ｖｃａｐ＊に追従させるように充放電するための制御演算を実行して、電圧バランス制御指令ｋｂａｌおよび交流電流指令値Ｉａｃ＊を生成する。

[0056] 電力変換ユニット５０において、各セル５１内のキャパシタ電圧Ｖｃａｐは、交流系統１０ａおよび直流線路６０の間での送受電電力のバランスに従って変化する。キャパシタ電圧制御部２１０は、検出されたキャパシタ電圧Ｖｃａｐの平均値を、キャパシタ電圧指令値Ｖｃａｐ＊と一致させるための充放電電流を発生するように、交流電流Ｉａｃの交流電流指令値Ｉａｃ＊を生成する。

[0057] 交流電流制御部２２０は、電流検出器５４ｂ（図３）または演算によって

取得される、交流端子Ｎａに対して流入または流出する交流電流Ｉａｃを、キャパシタ電圧制御部２１０からの交流電流指令値Ｉａｃ＊に追従させるための制御演算を実行して、交流電流制御指令ｋｉａｃを生成する。

[0058] 直流電流制御部２４０は、電流検出器５４ａまたは演算によって取得される直流電流Ｉｄｃを直流電流指令値Ｉｄｃ＊に追従させるための制御演算を実行して、直流電流制御指令ｋｉｄｃを生成する。

[0059] 直流電圧制御部２３０は、電圧検出器５８ａによって検出される直流電圧Ｖｄｃを直流電圧指令値Ｖｄｃ＊に追従させるための制御演算を実行して、直流電圧制御指令ｋｖｄｃを生成する。

[0060] 直流電流指令値Ｉｄｃ＊、直流電圧指令値Ｖｄｃ＊、および、キャパシタ電圧指令値Ｖｃａｐ＊の各々は、図示しない上位コントローラから入力されてもよく、各端子制御装置４０において予め定められてもよい。

[0061] また、直流電流制御部２４０には、再起動制御部２５０からの係数Ｉｄｃｏｎを乗算した直流電流指令値Ｉｄｃ＊が入力される。したがって、再起動制御部２５０がＩｄｃｏｎ＝０に設定すると、直流電流指令値Ｉｄｃ＊＝０とされる。通常は、Ｉｄｃｏｎ＝１に設定することにより、上位コントローラからの入力値を維持して、直流電流指令値Ｉｄｃ＊を設定することができる。

[0062] さらに、キャパシタ電圧制御部２１０、交流電流制御部２２０、直流電圧制御部２３０、および、直流電流制御部２４０に対しては、それぞれの制御動作のオンオフを制御するためのＧＡＴＥｏｎ信号が入力される。たとえば、キャパシタ電圧制御部２１０は、ＧＡＴＥｏｎ信号が入力されない制御オフ時には、Ｉａｃ＊＝０に固定する。

[0063] また、交流電流制御部２２０は、ＧＡＴＥｏｎ信号が入力されない制御オフ時には、ｋｉａｃｃ＝０に固定する。同様に、直流電圧制御部２３０は、ＧＡＴＥｏｎ信号が入力されない制御オフ時には、ｋｖｄｃ＝ｃｏｎｓｔ（一定値）に固定し、直流電流制御部２４０は、ＧＡＴＥｏｎ信号が入力されない制御オフ時には、ｋｉｄｃ＝０に固定する。

[0064] 各電力変換装置３０において、直流電圧制御部２３０および直流電流制御部２４０は一方のみがオンされて、他方はオフされる。たとえば、電流制御を実行する電力変換装置３０ａでは、直流電圧制御部２３０がオフされて、直流電圧制御指令ｋｖｄｃは固定される。一方で、電圧制御を担当する電力変換装置３０ｂでは、直流電流制御部２４０がオフされて、直流電流制御指令ｋｉｄｃ＝０に固定される。

[0065] 制御出力合成部２４５は、交流電流制御部２２０からの交流制御指令ｋａｃと、直流電圧制御部２３０からの直流電圧制御指令ｋｖｄｃと、直流電流制御部２４０からの直流電流制御指令ｋｉｄｃと、キャパシタ電圧制御部２１０からの電圧バランス制御指令ｋｂａｌとを合成して、電力変換ユニット５０を制御するための出力電圧指令を生成する。

[0066] この出力電圧指令は、各相において、正側アーム５２ｐおよび負側アーム５２ｎが、交流端子Ｎａと各直流端子Ｎｂ，Ｎｃとの間に発生するべき交流電圧波形を示すものである。制御出力合成部２４５からの出力電圧指令に従って、各セル５１からの出力電圧を制御するための各半導体スイッチング素子のオンオフを制御するゲート制御信号（図示せず）が生成される。たとえば、パルス幅変調（ＰＷＭ）制御を適用することによって、交流電圧波形を示す出力電圧指令から、上記ゲート制御信号を生成することができる。

[0067] 各セル５１の半導体スイッチング素子がゲート制御信号に応じてオンオフすることにより、出力電流指令に従った交流電圧が各相のレグ回路５５で発生される。これにより、電力変換装置３０ａ（電流制御）は、キャパシタ電圧Ｖｃａｐをキャパシタ電圧指令値Ｖｃａｐ＊に追従させながら、直流電流指令値Ｉｄｃ＊に従って、直流線路６０に対して入出力される直流電流Ｉｄｃを制御することができる。同様に、電力変換装置３０ｂ（電圧制御）は、キャパシタ電圧Ｖｃａｐをキャパシタ電圧指令値Ｖｃａｐ＊に追従させながら、直流電圧指令値Ｖｄｃ＊に従って、直流線路６０の直流電圧Ｖｄｃを制御することができる。

[0068] 再起動制御部２５０は、当該電力変換装置３０を対象とする、直流線路６

０での事故検出に応じた停止制御および停止後の再起動制御を実行する。具体的には、電力変換装置３０ａの再起動制御部２５０は、電力変換装置３０ａの直流電圧Ｖｄｃ、直流電流Ｉｄｃ、交流電流Ｉａｃおよび、キャパシタ電圧Ｖｃａｐに基づいて、電力変換装置３０ａの停止制御および再起動制御を実行する。同様に、電力変換装置３０ｂの再起動制御部２５０は、電力変換装置３０ｂの直流電圧Ｖｄｃ、直流電流Ｉｄｃ、交流電流Ｉａｃおよび、キャパシタ電圧Ｖｃａｐに基づいて、電力変換装置３０ｂの停止制御および再起動制御を実行する。すなわち、各電力変換装置３０の再起動制御部２５０は、互いに独立に動作する。

[0069] 再起動制御部２５０は、停止制御および再起動制御のために、交流遮断器４５の開閉指令、電力変換ユニット５０の全セル５１の半導体スイッチング素子をオフ固定するためのゲートブロック信号と、各制御動作のオンオフを制御するためのＧａｔｅＯＮ信号とを生成する。さらに、再起動制御部２５０は、直流電流指令値Ｉｄｃ＊＝０に設定するための係数Ｉｄｃｏｎをさらに出力する。

[0070] さらに、図９および図１０を用いて、再起動制御部２５０による停止制御および再起動制御の詳細を説明する。本実施の形態に従う電力変換装置３０は、電圧制御および電流制御のいずれを行うかによって、再起動制御での動作が異なる。

[0071] 図９は、電圧制御を担当する電力変換装置３０ｂにおける再起動制御部の制御処理を説明するフローチャートである。図９に示される制御処理を端子制御装置４０が実行することにより、電力変換装置３０ｂでは、図８に示した再起動制御部２５０の機能が実現される。

[0072] 図９を参照して、端子制御装置４０は、ステップＳ１１０により、直流線路６０での事故発生を検出するために、電力変換装置３０ｂの電圧および電流を取得する。たとえば、直流電圧Ｖｄｃ、直流電流Ｉｄｃ、アーム電流Ｉａｒｍおよび交流電流Ｉａｃが、電圧検出器５８ａおよび電流検出器５４ａ～５４ｃの検出値、または検出値に基づく計算値として取得される。

[0073] さらに、端子制御装置４０は、ステップＳ１２０により上位コントローラから停止指令が発生されたか否かを確認するとともに、ステップＳ１３０により、ステップＳ１１０で取得された電圧および／または電流を用いた、直流線路６０で事故が発生したか否かを判定する。

[0074] たとえば、ステップＳ１３０では、直流電流Ｉｄｃが予め定められた基準値Ｉｔを超える過電流が発生したときに、事故の発生が検出される。あるいは、判定をより確実化するために、直流電圧Ｖｄｃがほぼ０となり、かつ、直流電流Ｉｄｃが基準値Ｉｔを超えたときに、事故の発生を検出することも可能である。事故発生が検知されると、ステップＳ１３０はＹＥＳ判定とされる。または、交流電流Ｉａｃが予め定められた基準値を超えたときにも、事故の発生を検出することができる。

[0075] 端子制御装置４０は、ステップＳ１２０およびＳ１３０の少なくとも一方がＹＥＳ判定とされると、処理をステップＳ１４０，Ｓ１４５に進める。ステップＳ１４０では、電力変換ユニット５０に対してゲートブロック信号が発生される。ゲートブロック信号の発生中において、電力変換ユニット５０は、全セル５１の各半導体スイッチング素子がオフに固定された状態（ゲートブロック状態）となる。たとえば、電力変換ユニット５０は、直流線路６０での過電流発生時（Ｉｄｃ＞Ｉｔ）にゲートブロック状態に設定されるように、ステップＳ１３０およびＳ１４０の処理を実行することができる。

[0076] さらに、ステップＳ１４５では、交流遮断器４５に対する開放指令が発生される。これにより、交流遮断器４５が開放されることにより、電力変換ユニット５０は、交流系統１０ｂから解列される。たとえば、交流遮断器４５は、直流電流または交流電流が基準値を超えたときに開放されるように、ステップＳ１３０およびＳ１４５の処理を実行することができる。

[0077] これらのステップＳ１４０およびＳ１４５の処理により、電力変換装置３０ｂは運転状態から停止状態へ遷移する。なお、ステップＳ１４０およびＳ１４５の処理は、並列に行ってもよい。停止状態では、各セル５１において、キャパシタＣ１（およびＣ２）の充放電が停止されるとともに、出力電圧

が０となる。

[0078] ステップＳ１２０およびＳ１３０の両方がＮＯ判定である間、すなわち、正常運転中は、ステップＳ１１０～Ｓ１３０による処理が、所定周期で繰り返し実行される。この結果、端子制御装置４０は、ステップＳ１１０～Ｓ１４５の制御処理により、電力変換装置３０ｂの運転中において、上位コントローラからの停止指令の発生、または、直流線路６０での事故発生に対応して、電力変換装置３０ｂを停止状態とするための停止制御を実行することができる。

[0079] 端子制御装置４０は、電力変換装置３０ｂの停止状態において、ステップＳ１４７により、上位コントローラからの起動指令が生成されているか否かを確認する。ステップＳ１４７による処理は、ステップＳ１２０と対を成すものであり、上位コントローラからの停止指令に応じて電力変換装置３０ｂが停止状態となった場合に、当該停止指令の解除（すなわち、起動指令の生成）を確認するものである。なお、事故検出（Ｓ１３０のＹＥＳ判定）に伴って電力変換装置３０ｂが停止状態とされた場合には、上位コントローラによる起動指令の生成が維持されているので、ステップＳ１４７はＹＥＳ判定とされる。

[0080] 端子制御装置４０は、上位コントローラによる起動指令の生成が確認されると（Ｓ１４７のＹＥＳ判定時）、ステップＳ１５０以降の処理による再起動制御を実行する。端子制御装置４０は、ステップＳ１５０において、少なくとも直流電圧Ｖｄｃを取得する。あるいは、ステップＳ１１０と同様に、直流電流Ｉｄｃ等をさらに取得することも可能である。

[0081] 端子制御装置４０は、ステップＳ１６０により、ステップＳ１５０で取得された電圧（および電流）を用いて、直流線路６０の事故が除去されたかどうかを判断する、健全性判定を実行する。最も簡易には、短絡事故の発生によりほぼ０まで低下した直流電圧Ｖｄｃが基準電圧Ｖｔ１よりも高くなったときに、事故の除去により直流線路６０の健全性が確保されたと判断して、ステップＳ１６０をＹＥＳ判定とすることができる。

[0082] なお、基準電圧Ｖｔ１は、短絡事故が除去されたときに直流線路６０が充電される正常電圧範囲の下限値に対してマージンを有するように設定することができる。あるいは、直流電圧Ｖｄｃおよび直流電流Ｉｄｃの組み合わせにより、Ｖｄｃ＞Ｖｔ１、かつ、Ｉｄｃ＜Ｉｔ（すなわち、過電流の消滅）のときに、ステップＳ１６０をＹＥＳ判定とすることも可能である。基準電圧Ｖｔ１は「第１の基準電圧」に対応する。

[0083] 端子制御装置４０は、直流線路６０の事故が除去されていない（Ｓ１６０のＮＯ判定時）間は、ステップＳ１５０，Ｓ１６０による処理を所定周期で繰り返し実行する。すなわち、停止状態中には、直流線路６０の健全性が確保されて再起動可能な状態となったか否かが、繰り返し判定される。

[0084] 端子制御装置４０は、直流線路６０の健全性が確保されると（Ｓ１６０のＹＥＳ判定時）には、ステップＳ１７０に処理を進めて、交流遮断器４５を再び閉路するための指令を生成する。これにより、「再起動動作」が開始されて、電力変換ユニット５０に対して、交流系統１０ａからの交流電力が供給される。そして、各レグ回路５５では、交流系統１０ｂからの交流電力による各セル５１のキャパシタＣ１（およびＣ２）の充電が開始される。

[0085] 端子制御装置４０は、交流遮断器４５の閉路によりキャパシタＣ１（およびＣ２）の充電が開始されると、ステップＳ１８０により、電圧検出器５８ｂによりキャパシタ電圧Ｖｃａｐを検出する。そして、ステップＳ１８５では、キャパシタ充電の完了により、電力変換ユニット５０のゲートブロック状態を解除可能な状態であるか否かを判断するためのデブロック判定が実行される。

[0086] たとえば、デブロック判定は、ステップＳ１８５で検出されたキャパシタ電圧Ｖｃａｐに基づく、複数のセル５１全体での充電レベル評価用のキャパシタ電圧Ｖｃと、基準電圧Ｖｃｔとの比較によって実行することができる。基準電圧Ｖｃｔは、電力変換ユニット５０が、電圧制御のための定格運転を開始できるキャパシタ電圧の最低値に対してマージンを有するように設定することができる。また、本実施の形態において、キャパシタ電圧Ｖｃとして

は、全てのセル５１のキャパシタ電圧Ｖｃａｐの平均値、最低値、あるいは、算術演算や統計処理によって求められる値を適宜用いることができる。

[0087] 端子制御装置４０は、複数のセル５１全体での充電レベル評価用のキャパシタ電圧Ｖｃが基準電圧Ｖｃｔよりも高いときには、ステップＳ１８５をＹＥＳ判定として、ステップＳ１９０に処理を進める。一方で、ステップＳ１８５がＮＯ判定である間は、ステップＳ１８０，Ｓ１８５による処理が、所定周期で繰り返し実行される。

[0088] 端子制御装置４０は、ステップＳ１９０では、電力変換ユニット５０に対するゲートブロック信号の発生を終了する。これにより、電力変換ユニット５０は、全セル５１の各半導体スイッチング素子のオフ固定が解除された状態（ゲートデブロック状態）となる。これにより、各セル５１は、図８に示された制御出力合成部２４５からの出力電圧指令から生成されるゲート制御信号に従ってオンオフすること（スイッチング動作）が可能となる。

[0089] さらに、端子制御装置４０は、ステップＳ２００により、電力変換装置３０ｂの運転を開始して、図８に示された電力変換制御系２００による電圧制御、すなわち、直流電圧指令値Ｖｄｃ＊に従った直流線路６０の直流電圧Ｖｄｃの制御を開始する。これにより、再起動制御は終了されて、交流系統１０ｂおよび直流線路６０の間での交流／直流電力変換による通常運転が開始される。通常運転中には、電圧および／または電流の監視を伴う、ステップＳ１１０～Ｓ１４５による停止制御が実行される。

[0090] このように、電圧制御を担当する電力変換装置３０ｂは、直流線路６０での事故発生に応じて電力変換装置３０ｂを停止状態に移行することができる。さらに、停止状態への移行後に、直流線路６０の健全性が回復したときには、他の電力変換装置（３０ｂ）の状況を考慮することなく、自律的に再起動動作を進めることができる。

[0091] 図１０は、電流制御を実行する電力変換装置３０ａにおける再起動制御部の制御処理を説明するフローチャートである。図９に示される制御処理を端子制御装置４０が実行することにより、電力変換装置３０ａでは、図８に示

した再起動制御部２５０の機能が実現される。

[0092] 図１０を参照して、端子制御装置４０は、ステップＳ１１０～Ｓ１４５と同様のステップＳ２１０～Ｓ２４５による停止制御を実行する。ステップＳ２４０およびＳ２４５の処理により、電力変換装置３０ａは運転状態から停止状態へ遷移する。これにより、電力変換装置３０ａの運転中においても、上位コントローラからの停止指令の発生、または、直流線路６０での事故発生に対応して、電力変換装置３０ａを停止状態とすることができる。

[0093] さらに、端子制御装置４０は、電力変換装置３０ａが停止状態になると、ステップＳ１４７（図９）と同様のステップＳ２４７による上位コントローラからの起動指令の確認後、ステップＳ２５０以降の処理による再起動制御を実行する。端子制御装置４０は、ステップＳ１５０～Ｓ１７０と同様のステップＳ２５０～Ｓ２７０により、直流線路６０の健全性が確保されると（Ｓ２６０のＹＥＳ判定時）には、交流遮断器４５を再び閉路することができる（Ｓ２７０）。

[0094] しかしながら、この状態から直流線路６０の電圧制御と電流制御とが無秩序に開始されると、直流線路６０の充電が不十分な状態で大きな直流電流Ｉｄｃが流出することで直流電圧Ｖｄｃが変動する現象等によって、直流送電システム１００の動作が不安定化することが懸念される。

[0095] 一方で、電圧制御担当の電力変換装置３０ｂからの情報を用いて電流制御を実行する電力変換装置３０ａでの再起動を制御すると、情報の授受のための通信時間が必要となるため、迅速な再起動が妨げられることが懸念される。

[0096] したがって、端子制御装置４０は、直流線路６０の健全性の確保に応じて交流遮断器４５を閉路した後、ステップＳ３１０～Ｓ３３０により、通信を伴うことなく電圧制御を担当する電力変換装置３０ｂの再起動状況を推定するための処理を実行する。

[0097] 端子制御装置４０は、ステップＳ３１０により、電圧検出器５８ａの検出値から直流線路６０の直流電圧Ｖｄｃを取得すると、ステップＳ３２０によ

り、電圧制御担当の電力変換装置３０ｂの再起動判定を実行する。

[0098] たとえば、ステップＳ３１０で取得された直流電圧Ｖｄｃが、基準電圧Ｖｔ２よりも高いときには、電力変換装置３０ｂが既に再起動されており、電流制御を安定的に開始できる状態であると推定する。すなわち、ステップＳ３２０がＹＥＳ判定とされて、処理がステップＳ３３０へ進められる。一方で、直流電圧Ｖｄｃが基準電圧Ｖｔ２よりも低く、ステップＳ３１０がＮＯ判定である間は、電力変換装置３０ｂの再起動によって直流線路６０の電圧が上昇するまで、ステップＳ３１０，Ｓ３２０による処理が、所定周期で繰り返し実行される。

[0099] なお、基準電圧Ｖｔ２は、図９で説明した電圧制御担当の電力変換装置３０が定格運転を行っているときの直流線路６０の直流電圧の正常電圧範囲の下限値に対してマージンを有するように設定することができる。基準電圧Ｖｔ２は「第２の基準電圧」に対応する。

[0100] 端子制御装置４０は、ステップＳ３３０により、電力変換ユニット５０のゲートブロックを解除する。これにより、電力変換ユニット５０では、全セル５１の各半導体スイッチング素子のオフ固定が解除される（ゲートデブロック状態）。これにより、各セル５１は、各半導体スイッチング素子のオンオフ動作（スイッチング動作）が可能な状態となる。このように、ステップＳ２７０およびＳ３３０の処理により、電力変換装置３０ａの停止状態が解除される。

[0101] さらに、端子制御装置４０は、ステップＳ２８０およびＳ２８５により、各セル５１のキャパシタＣ１（およびＣ２）の充電状態に基づいて、電力変換装置３０ａが、直流線路６０の電流制御、すなわち、潮流のための運転を開始できる状態であるか否かの判定を実行する。なお、上述のように、各セル５１でのキャパシタＣ１（およびＣ２）の充電は、交流遮断器４５が閉路された時点（Ｓ２７０）から開始されている。

[0102] ステップＳ２８０では、ステップＳ１８０と同様に、電圧検出器５８ｂによりキャパシタ電圧Ｖｃａｐが検出される。さらに、ステップＳ２８５での

運転開始可能判定は、ステップＳ１８５でのデブロック判定と同様に、複数のセル５１全体での充電レベル評価用のキャパシタ電圧Ｖｃと、基準電圧Ｖｃｔとの比較によって実行することができる。

[0103] すなわち、複数のセル５１全体でのキャパシタ電圧Ｖｃが基準電圧Ｖｃｔよりも高いときには、ステップＳ２８５をＹＥＳ判定として、ステップＳ３００に処理が進められる。

[0104] 一方で端子制御装置４０は、ステップＳ２８５がＮＯ判定である間は、ステップＳ２９０による保護充電制御を実行しながら、ステップＳ２８０およびＳ２８５による処理を所定周期で繰り返し実行する。

[0105] 電力変換ユニット５０のゲートデブロック後には、半導体スイッチング素子のスイッチング動作を用いて、すなわち、図８に示したキャパシタ電圧制御部２１０を用いて、各セル５１のキャパシタＣ１（およびＣ２）を充電することができる。したがって、ステップＳ２９０による保護充電制御では、潮流が発生しないようにＩｄｃｏｎ＝０としてＩｄｃ＊＝０に固定した状態で、キャパシタ電圧制御のための交流電流指令値Ｉａｃ＊に従って、電力変換ユニット５０が動作する。これにより、キャパシタＣ１（およびＣ２）を高速に充電することができる。

[0106] 端子制御装置４０は、ステップＳ３００では、電力変換装置３０ａの運転を開始して、図８に示された電力変換制御系２００による電流制御、すなわち、直流電流指令値Ｉｄｃ＊に従った直流線路６０の直流電流Ｉｄｃの制御を開始する。これにより、再起動制御は終了されて、通常運転が開始される。通常運転では、交流／直流電力変換によって、交流系統１０ａおよび直流線路６０の間に潮流が生じる。電力変換装置３０ａの通常運転中には、電圧および電流の監視を伴う、ステップＳ２１０～Ｓ２４５による停止制御が実行される。

[0107] 以上説明したように、実施の形態１に従う電力変換装置によれば、複数の電力変換装置３０が直流線路６０を介して接続される直流送電システム１００への適用時に、電流制御を実行する電力変換装置（３０ａ）についても、

他の電力変換装置との間での情報の授受を伴うことなく、自端（すなわち、電力変換装置３０ａの直流端子Ｎｂ，Ｎｃ）での直流電圧Ｖｄｃに基づいて、事故発生からの復帰時における再起動処理を自律的に進めることができる。これにより、複数の電力変換装置３０間（３０ａおよび３０ｂ間）での情報の授受（すなわち、通信）を要することなく、電圧制御を担当する電力変換装置が定格運転を開始する前に直流線路６０の電流制御が開始されることによって、直流送電システム１００の動作が不安定化することを回避できる。この結果、停止状態からの再起動を迅速かつ安定的に行うことができる。

[0108] 実施の形態２．

以下の実施の形態２～５では、電力変換装置の構成の変形例と、当該構成において電流制御を実行する電力変換装置の再起動制御部の制御処理について説明する。

[0109] 図１１は、実施の形態２に従う電力変換装置の構成を説明する回路図である。

図１１を参照して、実施の形態２に従う電力変換装置は、実施の形態１の構成（図３）と比較して、交流遮断器４５および交流端子Ｎａの間に配置された電流制限回路７０をさらに備える点で異なる。電流制限回路７０は、交流遮断器４５の閉路時に、交流系統１０ｂおよび交流端子Ｎａの間に接続される電流制限抵抗７１と、電流制限抵抗７１をバイパスする電流経路を形成するためのバイパススイッチ７２を有する。図１１のその他の部分の構成は図３と同じであるので、詳細な説明は繰返さない。

[0110] バイパススイッチ７２のオンオフは、図２に示した端子制御装置４０によって制御することができる。バイパススイッチ７２のオフ時には、電流制限抵抗７１を経由して、交流系統１０ａおよび電力変換ユニット５０（交流端子Ｎａ）の間に交流電流が流れる。一方で、バイパススイッチ７２をオンすると、電流制限抵抗７１を経由することなく、交流系統１０ａおよび電力変換ユニット５０（交流端子Ｎａ）の間に交流電流が流れる。

[0111] したがって、再起動制御では、バイパススイッチ７２をオフすると、キャ

パシタＣ１（およびＣ２）の充電量が少ないときの突入電流を、電流制限抵抗７１によって抑制することができる。一方で、バイパススイッチ７２をオンすると、電流制限抵抗７１による電力損失を伴うことなく、交流系統１０ａおよび電力変換ユニット５０の間で電力を授受することができる。なお、電流制限回路７０は、交流遮断器４５よりも交流系統１０ａ側に配置することも可能である。

[0112] 図１２には、実施の形態２に従う電力変換装置における再起動制御部の制御処理を説明するフローチャートである。図１２には、電流制御を実行する電力変換装置における制御処理が示される。

[0113] 端子制御装置４０は、図１０と同様のステップＳ２１０～Ｓ２４５による停止制御を実行する。そして、端子制御装置４０は、電力変換装置３０ａが停止状態となると、ステップＳ２４７による上位コントローラからの起動指令の確認後、ステップＳ２５０以降の処理による再起動制御を実行する。このとき、バイパススイッチ７２は、通常運転時から継続的にオンされている。

[0114] 再起動制御において、図１０のステップＳ２５０およびＳ２６０による直流線路６０の健全性判定とともに、ステップＳ４１０，Ｓ４２０により、バイパススイッチ７２のオンオフが制御される。

[0115] 端子制御装置４０は、ステップＳ４１０により、電圧検出器５８ｂによって検出されたキャパシタ電圧Ｖｃａｐに基づき、キャパシタ放電判定を実行する。たとえば、端子制御装置４０は、ステップＳ２８５と同様のキャパシタ電圧Ｖｃが基準電圧Ｖｄｔよりも低いとき（Ｖｃ＜Ｖｄｔ）には、キャパシタＣ１（およびＣ２）は放電されていると判定して（Ｓ４１０をＹＥＳ判定）、ステップＳ４２０に処理を進めることができる。ステップＳ４２０では、バイパススイッチ７２がオフされる。一方で、端子制御装置４０は、キャパシタ電圧Ｖｃが基準電圧Ｖｄｔ以上のときには、ステップＳ４１０をＮＯ判定として、ステップＳ３２０をスキップする。これにより、バイパススイッチ７２はオンに維持される。

[0116] このように、直流線路６０の健全性が確保されて（Ｓ２６０のＹＥＳ判定時）、交流遮断器４５が再び閉路される段階（Ｓ２７０）において、バイパススイッチ７２は、その時点でのキャパシタＣ１（およびＣ２）の放電度に応じてオンまたはオフされている。このため、交流遮断器４５の再閉路時に、放電度が高い低電圧のキャパシタＣ１（およびＣ２）の充電電流を抑制することができる。なお、基準電圧Ｖｄｔは、キャパシタ電圧Ｖｃａｐとバイパススイッチ７２のオン時に発生する充電電流との関係を考慮して、実機実験等によって予め定めることができる。

[0117] 続いて、端子制御装置４０は、図１０と同様のステップＳ３１０，Ｓ３２０により、電圧制御担当の電力変換装置３０ｂの再起動判定を実行する。そして、直流電圧Ｖｄｃの上昇により、電力変換装置３０ｂが既に再起動されていると判断すると（Ｓ３２０のＹＥＳ判定時）、ステップＳ４３０～Ｓ４６０により、バイパススイッチ７２のオンオフを制御する。

[0118] 端子制御装置４０は、ステップＳ４３０により、バイパススイッチ７２がオンされているか否かを判定する。キャパシタ放電判定に従ってステップＳ４２０によりバイパススイッチ７２がオフされている場合には、ステップＳ４３０がＮＯ判定とされて、ステップＳ４４０～Ｓ４６０へ処理が進められる。

[0119] 端子制御装置４０は、ステップＳ４４０によりキャパシタ電圧Ｖｃａｐを取得するとともに、ステップＳ４５０により、キャパシタ初期充電判定を実行する。たとえば、ステップＳ４１０と同様に、キャパシタ電圧Ｖｃと基準電圧Ｖｉｃｈとの比較に基づいて、キャパシタ初期充電判定を実行することができる。

[0120] 端子制御装置４０は、複数のセル５１全体での充電レベルを評価するキャパシタ電圧Ｖｃが基準電圧Ｖｉｃｈよりも高いときには、キャパシタＣ１（およびＣ２）の初期充電が完了していると判定して（Ｓ４５０がＹＥＳ判定）、処理をステップＳ４６０へ進める。ステップＳ４６０では、初期充電の完了に応じて、バイパススイッチ７２がオンされる。キャパシタ電圧Ｖｃが

基準電圧Ｖｉｃｈよりも低い間（Ｓ４５０のＮＯ判定時）には、バイパススイッチ７２のオフが維持された状態で、キャパシタＣ１（およびＣ２）の充電が継続されるとともに、ステップＳ４４０およびＳ４５０による判定が所定周期で繰り返し実行される。

[0121] 一方で、キャパシタ放電判定（Ｓ４１０）によってバイパススイッチ７２のオンが維持されている場合（Ｓ４１０のＮＯ判定時）には、ステップＳ４３０がＹＥＳ判定とされるので、ステップＳ４４０～Ｓ４６０の処理はスキップされる。

[0122] このように、端子制御装置４０は、バイパススイッチ７２がオンされた状態で、ステップＳ３３０により、電力変換ユニット５０のゲートブロックを解除する。さらに、端子制御装置４０は、図１０と同様のステップＳ２８０～Ｓ３００を実行して、により、ゲートデブロックされた電力変換ユニット５０により各セル５１のキャパシタＣ１（およびＣ２）の充電が完了すると、電力変換装置３０ａの運転（電流制御）を開始する。

[0123] なお、キャパシタ初期充電判定での基準電圧Ｖｉｃｈは、キャパシタ放電判定での基準電圧Ｖｄｔ以上に設定される。また、運転開始判定（Ｓ３２０）での基準電圧Ｖｃｔは、基準電圧Ｖｉｃｈおよび基準電圧Ｖｄｔよりも高く設定される（Ｖｃｔ＞Ｖｉｃｈ≧Ｖｄｔ）。

[0124] また、キャパシタ電圧を評価するステップＳ４１０，Ｓ４５０，Ｓ２８５において、キャパシタ電圧Ｖｃは異なる演算処理で求めてもよい。たとえば、ステップＳ２８５では、複数のセル５１のキャパシタ電圧Ｖｃａｐの平均値をキャパシタ電圧Ｖｃとする一方で、ステップＳ４１０では、複数のセル５１のキャパシタ電圧Ｖｃａｐの最小値をキャパシタ電圧Ｖｃとすることができる。

[0125] このように、実施の形態２に従う電力変換装置によれば、実施の形態１に従う電力変換装置による効果に加えて、停止状態中に電力変換ユニット５０（各セル５１）内のキャパシタＣ１（およびＣ２）が放電された場合でも、過大な突入電流を発生させることなく、電力変換装置を再起動することがで

きる。

[0126] 実施の形態３．

図１３は実施の形態３に従う電力変換装置の構成を説明するブロック図である。

[0127] 図１３を参照して、実施の形態３に従う電力変換装置では、実施の形態１の構成（図３）と比較して、電力変換ユニット５０の各レグ回路５５において、正側アーム５２ｐおよび負側アーム５２ｎの各々に対応して、事故電流バイパス部５９が配置される点が異なる。

[0128] 直流線路６０に短絡経路６５が発生すると、事故電流が電力線６１から電力線６２へ向かう方向に発生する。この事故電流が電力変換ユニット５０に流入すると、大電流の通過によってセル５１に故障が生じることが懸念される。

[0129] したがって、事故電流バイパス部５９は、電力変換ユニット５０に流入した短絡電流を、各レグ回路５５内で複数のセル５１をバイパスして還流するための電流経路を有するように構成される。たとえば、事故電流バイパス部５９は、正側アーム５２ｐでは、交流端子Ｎａから直流端子Ｎｂへの電流方向を順方向として、複数の変換器セル５１と逆並列に接続されたダイオードによって構成することができる。同様に、負側アーム５２ｎでは、事故電流バイパス部５９は、直流端子Ｎｃから交流端子Ｎａへの電流方向を順方向として、複数の変換器セル５１と逆並列に接続されたダイオードによって構成することができる。なお、これらのダイオードは、通常時（事故非発生時）には、直流端子Ｎｂ，Ｎｃ（電力線６１，６２）と交流端子Ｎａとの間の電位差によって逆バイアスされるので、電流経路を形成しない。

[0130] あるいは、事故電流バイパス部５９は、端子制御装置４０によってオンオフが制御される半導体リレー（図示せず）、電磁リレー、あるいは機械スイッチ、または、サイリスタ等の半導体スイッチング素子によって構成することも可能である。この場合には、事故電流バイパス部５９は、端子制御装置４０からの指令に従って、上記短絡電流を還流するための電流経路を、デフ

ォルトでは遮断する一方で、直流線路６０での事故発生時には形成するように制御される。

[0131] あるいは、図１４に示されるように、上記のように構成可能である事故電流バイパス部５９については、各セル５１に対応して配置することも可能である。すなわち、複数のセル５１をバイパスして、電力変換ユニット５０に流入した短絡電流を還流させる経路を直流端子ＮｃおよびＮｂの間に確保できる限り、事故電流バイパス部５９の配置態様は任意である。

[0132] 図１５は、実施の形態３に従う電力変換装置における、停止制御および再起動制御の制御処理を説明するフローチャートである。

[0133] 図１５を参照して、端子制御装置４０は、図１０と同様のステップＳ２１０～Ｓ２４５による停止制御に加えて、ステップＳ５１０により、事故電流バイパス経路を形成するための指令を事故電流バイパス部５９に対して出力する。なお、ステップＳ５１０による処理は、ステップＳ２２０またはＳ２３０のＹＥＳ判定に応じて、ステップＳ２４０およびステップＳ２４５と並列に実行することができる。

[0134] 端子制御装置４０は、複数のセル５１をバイパスする事故電流経路が形成された状態で、ステップＳ２４７による上位コントローラからの起動指令の確認後、図１０と同様のステップＳ２５０～Ｓ２６０により直流線路６０の健全性判定を実行する。そして、端子制御装置４０は、事故除去によって直流線路６０の健全性が確保されると（Ｓ２６０のＹＥＳ判定時）、ステップＳ５２０により、事故電流バイパス経路を遮断するための指令を事故電流バイパス部５９に対して出力する。

[0135] さらに、端子制御装置４０は、事故電流バイパス部５９による電流経路が遮断された状態で、図１０と同様のステップＳ２７０以降の再起動制御を実行する。これにより、実施の形態１と同様の再起動制御が実現される。

[0136] このように、実施の形態３に従う電力変換装置によれば、実施の形態１に従う電力変換装置による効果に加えて、電力変換ユニット５０に事故電流が流入しても、複数のセル５１をバイパスさせる電流経路を形成することによ

り、機器故障を抑制することができる。

[0137] 実施の形態４．

図１６は、実施の形態４に従う電力変換装置の構成を説明するためのブロック図である。

[0138] 図１６を参照して、実施の形態４に従う電力変換装置は、実施の形態１に従う構成（図３）と比較して、直流端子Ｎｂおよび電力線６１の間、および、直流端子Ｎｃおよび電力線６２の間に、直流遮断器８０を備える点で異なる。さらに、電圧検出器５８ａは、直流遮断器８０よりも直流線路６０側において、直流電圧Ｖｄｃを検出するように配置される。図１６のその他の部分の構成は、図３と同様であるので詳細な説明は繰返さない。

[0139] 直流遮断器８０の開閉は、端子制御装置４０によって制御される。端子制御装置４０が直流遮断器８０を開放することにより、電力変換ユニット５０を直流線路６０から解列することが可能となる。したがって、直流遮断器８０を開放することによって、電力変換ユニット５０を経由した、交流系統１０ａおよび直流線路６０の間を流れる電流を遮断することができる。すなわち、直流遮断器８０についても「電流遮断器」の一実施例に対応する。図１６の構成例では、交流遮断器４５および直流遮断器８０によって、交流系統１０ａおよび直流線路６０の両方から電力変換ユニット５０を切り離すことができる。

[0140] 図１７は、実施の形態４に従う電力変換装置における再起動制御部の制御処理の第１の例を説明するフローチャートである。

[0141] 図１７を参照して、端子制御装置４０は、図１０と同様のステップＳ２１０～Ｓ２４５による停止制御に加えて、ステップＳ６１０により、直流遮断器８０を開放する。なお、ステップＳ６１０による処理は、ステップＳ２２０またはＳ２３０のＹＥＳ判定に応じて、ステップＳ２４０（電力変換ユニット５０のゲートブロック）およびＳ２４５（交流遮断器４５の開放）と並列に実行することができる。

[0142] 端子制御装置４０は、直流遮断器８０が開放された状態で、ステップＳ２

４７による上位コントローラからの起動指令の確認後、図１０と同様のステップＳ２５０～Ｓ２６０により直流線路６０の健全性判定を実行する。そして、端子制御装置４０は、事故除去によって直流線路６０の健全性が確保されると（Ｓ２６０のＹＥＳ判定時）、ステップＳ６２０により、直流遮断器８０を再び閉路する。なお、ステップＳ６２０の処理は、ステップＳ２６０のＹＥＳ判定に応じて、ステップＳ２７０（交流遮断器４５の再閉路）と並列に実行することができる。

[0143] さらに、端子制御装置４０は、直流遮断器８０が閉路された状態で、図１０と同様のステップＳ２７０以降の再起動制御を実行する。これにより、実施の形態１と同様の再起動制御が実現される。さらに、事故検出に応じた直流遮断器８０の開放により、事故電流の経路から電力変換ユニット５０を速やかに切り離すことが可能となる。

[0144] 図１８は、実施の形態４に従う電力変換装置における再起動制御部の制御処理の第２の例を説明するフローチャートである。

[0145] 図１８を図１７と比較して、第２の例に従う制御処理では、一旦開放された直流遮断器８０を再び閉路するタイミングが第１の例（図１７）と異なる。

[0146] 図１８において、ステップＳ６１０により直流遮断器８０を開放するまでの処理は、図１７と同様である。直流遮断器８０が開放されることにより、電力変換装置３０ａでは、直流線路６０の健全性によらず、起動処理を進めることが可能となる。したがって、ステップＳ２４７による上位コントローラからの起動指令の確認後、図１０と同様のステップＳ２７０（交流遮断器４５の再閉路）、および、Ｓ３３０（電力変換ユニット５０のゲートブロック解除）を実行することができる。

[0147] さらに、端子制御装置４０は、直流遮断器８０が開放された状態を維持して、Ｓ２８０～Ｓ２９０による各セル５１のキャパシタ充電を実行する。そして、キャパシタ充電の完了によって電力変換装置３０ａが、交流／直流電力変換の実行によって、運転（交流／直流電力変換）を開始可能な状態とな

ると（Ｓ２８５のＹＥＳ判定時）、ステップＳ３１０，Ｓ３２０によって、電圧制御担当の電力変換装置３０の定格運転によって直流線路６０が上昇しているか否かの判定を実行する。

[0148] 端子制御装置４０は、電力変換装置３０ａが運転開始可能な状態となり、かつ、電圧制御担当の電力変換装置３０が定格運転を開始していると推定されると（Ｓ３２０のＹＥＳ判定時）、ステップＳ６２０により、直流遮断器８０を再閉路する。そして、直流遮断器８０が閉路された状態で、ステップＳ３００により、電力変換装置３０ａの運転を開始して、直流電流指令値Ｉｄｃ＊に従った直流線路６０の直流電流Ｉｄｃの制御を開始する。これにより、通常運転が開始されて、交流／直流電力変換によって、交流系統１０ａおよび直流線路６０の間に潮流が生じる。

[0149] 以上説明したように、実施の形態４に従う電力変換装置によれば、実施の形態１に従う電力変換装置による効果に加えて、直流線路６０で発生した事故電流を速やかに遮断することができる。これにより、事故電流の流入による電力変換ユニット５０での機器故障を抑制することができる。

[0150] さらに、図１８に示した制御処理に従って直流遮断器８０の再閉路を制御することにより、直流線路６０の状態に関わらず電力変換装置３０ａでの再起動動作（各セル５１のキャパシタ充電）を進めることができるので、再起動動作が迅速化をする効果がさらに生じる。

[0151] また、図１７および図１８の制御処理の変形として、「電流遮断器」として交流遮断器４５および直流遮断器８０の両方が配置された構成（図１６）では、交流遮断器４５の開放（Ｓ２４５）および交流遮断器４５の再閉路（Ｓ２７５）の処理を省略することも可能である。

[0152] さらに、図１６の構成例において、交流遮断器４５の配置を省略して、直流遮断器８０のみを「電流遮断器」として配置する構成とすることも可能である。このような構成では、図１７および図１８において、上記ステップＳ２４５およびＳ２７５を削除した制御処理によって、実施の形態４に従う電力変換装置の効果を得ることができる。

[0153] 実施の形態５．

図１９は、実施の形態５に従う直流送電システムの構成を説明するブロック図である。

[0154] 図１９を参照して、実施の形態５に従う直流送電システム１００＃は、複数の交流系統１０ａ～１０ｃおよび電力変換装置３０ａ～３０ｃが、直流遮断器６４ａ～６４ｃを経由して接続される。

[0155] 電力変換装置３０ａは、交流系統１０ａと電力線６１ａ，６２ａで構成される直流線路６０ａとの間で、双方向の交流／直流電力変換を実行する。同様に、電力変換装置３０ｂは、交流系統１０ｂと電力線６１ｂ，６２ｂで構成される直流線路６０ｂとの間で、双方向の交流／直流電力変換を実行する。また、電力変換装置３０ｃは、交流系統１０ｃと電力線６１ｃ，６２ｃで構成される直流線路６０ｃとの間で、双方向の交流／直流電力変換を実行する。

[0156] 直流線路６０ａ～６０ｃは、直流遮断器６４ａ～６４ｃを経由して、共通の電力線６５ａ，６５ｂと接続される。

[0157] さらに、図１９中には、直流送電システム１００＃の全体動作を制御するための制御装置２０が示される。制御装置２０についても、端子制御装置４０と同様に、マイクロコンピュータ等によって、所定のソフトウェア処理および／またはハードウェア処理を実行するように構成することができる。制御装置２０は、実施の形態１～５で説明した上位コントローラに相当する機能を有する。

[0158] 直流遮断器６４ａ～６４ｃの開閉は、基本的には、制御装置２０によって制御される。あるいは、各電力変換装置３０の端子制御装置４０について、対応する直流線路に接続される直流遮断器を開閉する機能を持たせてもよい。たとえば、直流遮断器６４ａの開閉については、制御装置２０に加えて、電力変換装置３０ａの端子制御装置４０が、当該端子制御装置４０による事故検出（Ｓ２３０）または制御装置２０からの指令（Ｓ２２０）に応じて開放するように構成することも可能である。

[0159] 直流遮断器６４ａ～６４ｃによって、共通の電力線６５ａ，６５ｂを経由して相互接続される直流線路６０ａ～６０ｃ、すなわち、連系対象となる交流系統１０ａ～１０ｃを切替えるための回線切換器６５０を構成することができる。

[0160] 直流線路６０ａ～６０ｃの全てが正常である場合には、直流遮断器６４ａ～６４ｃがそれぞれ閉路されている。この状態では、制御装置２０からの指令によって、電力変換装置３０ａ～３０ｃのうちの１つが電圧制御担当の電力変換装置として動作する。そして、残りの電力変換装置３０は、電流制御を実行する。

[0161] このような正常状態から、直流線路６０ａ～６０ｃのいずれかにおいて、落雷等に起因する一時的な事故ではなく、ケーブルや線路の劣化等に起因する、復旧作業を有する継続的な事故（以下、「永久事故」とも称する）が発生すると、制御装置２０は、永久故障に係る電力系統を、他の電力系統から切り離すように回線切換器６５０を制御する。具体的には、永久故障が発生した直流線路６０が、電力線６５ａ，６５ｂから切り離されることにより、残りの正常な電力系統を用いて直流送電を再開することができる。

[0162] この際に、電圧制御担当の電力変換装置に対応する電力系統で永久故障が発生した場合には、制御装置２０によって、電圧制御担当の電力変換装置を新たに指定することができる。これにより、実施の形態１～５に従って、各電力変換装置３０の再起動を迅速に実行することが可能となる。

[0163] 図２０は、実施の形態５に従う直流送電システムにおける事故発生時の制御処理を説明するフローチャートである。図２０に示された制御処理は、直流送電システム１００＃の全体動作を制御するための制御装置２０によって実行することができる。

[0164] 図２０を参照して、制御装置２０は、電力変換装置３０ａ～３０ｃの少なくともいずれかにおいて直流線路６０の事故発生が検出されると、ステップＳ７００により、当該事故が永久故障の発生によるものか否かを判定する。あるいは、制御装置２０は、電力変換装置３０ａ～３０ｃとは独立に直流線

路６０の事故発生を検出することも可能である。なお、ステップＳ７００での判定手法は、公知の技術を適宜用いることが可能である。

[0165] 制御装置２０は、永久故障が発生しているとき（Ｓ７１０のＹＥＳ判定時）には、ステップＳ７２０により、永久故障が発生した電力系統の直流線路（直流線路６０ａ～６０ｃのいずれか）を電力線６５ａ，６５ｂおよび他の電力系統の直流線路から切り離すように、回線切換器６５０の制御指令を生成する。

[0166] さらに、制御装置２０は、ステップＳ７３０により、電圧制御を担当する電力変換装置３０を含む電力系統で永久故障が発生したか否かを判定する。すなわち、電流制御を実行する電力変換装置３０を含む電力系統で永久故障が発生した場合には、Ｓ７３０はＮＯ判定とされる。

[0167] 制御装置２０は、ステップＳ７３０のＹＥＳ判定時には、ステップＳ７４０により、永久故障が発生していない電力系統のうちの１つを電圧制御担当に新たに指定する。これにより、電圧制御を担当する電力変換装置３０が変更される。このとき、新たに指定された電圧制御担当の電力変換装置３０が図９に従って再起動制御を実行し、その他の各電力変換装置３０が実施の形態１～５のいずれかに従って再起動制御を実行することにより、全ての電力変換装置３０は、電力変換装置３０間での情報の授受（通信）を伴うことなく、停止状態からの再起動することができる。これにより、永久故障の切り離し後に、直流線路６０を経由した、交流系統１０ａ～１０ｃの連系が速やかに再開される。

[0168] 制御装置２０は、ステップＳ７３０のＮＯ判定時、すなわち、電流制御を担当する電力系統での永久故障の発生時には、ステップＳ７２０の処理をスキップする。これにより、電圧制御を担当する電力変換装置３０は、変更の必要が無いため維持される。各電力変換装置３０は、実施の形態１～５のいずれかに従って、電力変換装置３０間での情報の授受（通信）を伴うことなく、各電力変換装置３０が再起動制御を実行する。

[0169] 一方で、制御装置２０は、永久故障が発生していないとき（Ｓ７１０のＮ

０判定時）には、回線切換器６５０の状態（直流遮断器６４ａ～６４ｃの全てが閉路）および電力変換装置３０ａ～３０ｃの間での電圧制御の担当を変更する必要がないため、ステップＳ７１０～Ｓ７４０の処理をスキップして処理を終了する。そして、各電力変換装置３０は、他の電力変換装置３０との間で情報を授受することなく、実施の形態１～５のいずれかに従って再起動することができる。

[0170] このように実施の形態５に従う直流送電システムによれば、直流線路を経由して複数の交流系統が連系される構成において、いずれかの電力系統に永久故障が発生した場合に、永久故障が発生した電力系統の切り離し、および、健全な残りの電力系統による連系運転の再開を、電力変換装置３０の安定的かつ迅速な再起動によって実現することができる。

[0171] なお、以上で説明した複数の実施の形態１～６について、明細書内で言及されていない組み合わせを含めて、不整合や矛盾が生じない範囲内で、各実施の形態で説明された構成を適宜組合わせることは出願当初から予定されている。

[0172] また、実施の形態１～５では、説明を簡略化するために、２個の交流系統に対応して２個の電力変換装置３０が配置される直流送電システムを例示したが、３個以上の交流系統に対応して３個以上の電力変換装置３０が配置される構成においても、そのうちの１個の電力変換装置３０を電圧制御の担当とし、残りの電力変換装置３０の各々で電流制御を実行することによって、同様の制御を行うことができる。

[0173] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上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でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0174] １０，１０ａ，１０ｂ，１０ｃ　交流系統、２０　制御装置、３０，３０ａ，３０ｂ，３０ｃ　電力変換装置、４０　端子制御装置、４５　交流遮断

器、５０　電力変換ユニット、５１，５１ａ，５１ｂ，５１ｃ，５１ｄ　変換器セル、５２ｎ　負側アーム、５２ｐ　正側アーム、５４ａ，５４ｂ，５４ｃ　電流検出器、５５　レグ回路、５６　トランス、５７　連系用リアクトル、５８ａ，５８ｂ　電圧検出器、５９　事故電流バイパス部、６０，６０ａ～６０ｃ　直流線路、６１，６１ａ～６１ｃ，６２，６２ａ～６２ｃ　電力線、６４ａ～６４ｃ，８０　直流遮断器、６５　短絡経路、７０　電流制限回路、７１　電流制限抵抗、７２　バイパススイッチ、１００　直流送電システム、２００　電力変換制御系、２１０　キャパシタ電圧制御部、２２０　交流電流制御部、２３０　直流電圧制御部、２４０　直流電流制御部、２４５　制御出力合成部、２５０　再起動制御部、６５０　回線切換器、Ｃ１，Ｃ２　キャパシタ、Ｄ１，Ｄ２　ダイオード、ｌａｒｍ　アーム電流、ｌｄｃ　直流電流、ｌｄｃ＊　直流電流指令値、Ｎ３～Ｎ６　ノード、Ｎａ　交流端子、Ｎｂ，Ｎｃ　直流端子、ＳＭｎ１，ＳＭｎ２，ＳＭｐ１～ＳＭｐ３　半導体スイッチング素子、Ｔ１，Ｔ２　出力端子、Ｖｃａｐ　キャパシタ電圧、Ｖｃａｐ＊　キャパシタ電圧指令値、Ｖｄｃ＊　直流電圧指令値、Ｖｄｃ　直流電圧、ｋｂａｌ　電圧バランス制御指令、ｋｉａｃ　交流電流制御指令、ｋｉｄｃ　直流電流制御指令、ｋｖｄｃ　直流電圧制御指令。

請求の範囲

[請求項1] 直流線路を介して複数の交流系統を連系するための直流送電システムに用いられる電力変換装置であって、

前記複数の交流系統のうちの１つの交流系統と前記直流線路との間で双方向の交流／直流電力変換を実行する電力変換ユニットと、

前記電力変換ユニットを経由して前記１つの交流系統および前記直流線路の間を流れる電流を遮断する電流遮断器と、

前記電流遮断器および前記電力変換ユニットを制御する端子制御装置とを備え、

前記電力変換ユニットは、

前記直流線路と電気的に接続された第１および第２の直流端子と、

前記交流系統と電気的に接続された交流端子と、

前記交流端子との電気的な接続点を有するように前記第１および第２の直流端子間に直列に接続された複数の変換器セルとを含み、

前記複数の変換器セルの各々は、

一対の出力端子間に接続された蓄電素子と、

前記出力端子に対する前記蓄電素子の充放電を制御するために前記蓄電素子に対して並列または直列に接続された複数のスイッチング素子とを有し、

前記端子制御装置は、

前記電流遮断器が開放され、かつ、前記電力変換ユニットが各前記変換器セルの前記複数のスイッチング素子がオフに固定されたゲートブロック状態である停止状態から、前記直流線路へ入出力する直流電流を制御するための前記交流／直流電力変換を開始するための再起動動作において、前記第１および第２の直流端子間の直流端子電圧および前記蓄電素子の電圧に応じて、前記停止状態を解除し、前記複数の変換器セルでの前記複数のスイッチング素子のオンオフによる前記交流／直流電力変換を開始する、電力変換装置。

[請求項2] 前記電流遮断器は、前記１つの交流系統と前記電力変換ユニットの前記交流端子との間に接続されて、前記端子制御装置からの指令に応じて開閉される交流遮断器を含む、請求項１記載の電力変換装置。

[請求項3] 前記端子制御装置は、前記停止状態において、前記直流端子電圧が予め定められた第１の基準電圧よりも上昇すると、前記交流遮断器を閉路して前記再起動動作を開始する、請求項２記載の電力変換装置。

[請求項4] 前記第１の基準電圧は、前記直流送電システムの事故の非発生時における前記直流線路の正常電圧範囲に対応して設定される、請求項３記載の電力変換装置。

[請求項5] 前記端子制御装置は、前記再起動動作において、前記交流遮断器が閉路された状態で前記直流端子電圧が予め定められた第２の基準電圧よりも上昇すると、前記電力変換ユニットの前記ゲートブロック状態を解除し、

前記第２の基準電圧は前記第１の基準電圧よりも高い、請求項３記載の電力変換装置。

[請求項6] 前記直流送電システムにおいて、前記直流線路の直流電圧は、前記直流線路と前記複数の交流系統のうちの他の１つの交流系統の間に接続された他の電力変換装置によって制御され、

前記第２の基準電圧は、前記他の電力変換装置の定格運転時における前記直流線路の正常電圧範囲に対応して設定される、請求項５記載の電力変換装置。

[請求項7] 前記端子制御装置は、前記停止状態の解除後に、各前記変換器セルの前記蓄電素子の電圧が予め定められた第３の基準電圧よりも上昇すると、前記複数の変換器セルでの前記複数のスイッチング素子のオンオフによる前記交流／直流電力変換を開始する、請求項１記載の電力変換装置。

[請求項8] 前記第３の基準電圧は、前記電力変換装置が定格運転を開始できる、前記蓄電素子の最低電圧に対応して設定される、請求項７記載の電

力変換装置。

[請求項9] 前記端子制御装置は、前記直流線路に事故が発生したことを検知すると、前記電流遮断器を開放するとともに前記電力変換ユニットを前記ゲートブロック状態に設定する、請求項１記載の電力変換装置。

[請求項10] 前記端子制御装置は、前記電力変換装置および前記直流線路の間を流れる直流電流が予め定められたしきい値を超えた場合に、前記電力変換ユニットを前記ゲートブロック状態に設定する、請求項９記載の電力変換装置。

[請求項11] 前記端子制御装置は、前記電力変換装置および前記直流線路の間を流れる直流電流が予め定められた第１のしきい値を超える第１の条件、および、前記交流端子を流れる交流電流が予め定められた第２のしきい値を超える第２の条件の少なくとも一方が成立すると、前記電流遮断器を開放して前記電力変換ユニットを前記１つの交流系統から解列する、請求項９記載の電力変換装置。

[請求項12] 前記電流遮断器は、前記１つの交流系統に対して前記交流端子と直列に接続された交流遮断器を含み、

前記電力変換装置は、

前記交流遮断器と前記交流端子との間に接続された電流制限抵抗と、

前記電流制限抵抗と並列に接続されるとともに、開閉を前記端子制御装置からの指令に従って開閉するように構成されたバイパススイッチとをさらに備え、

前記端子制御装置は、前記再起動動作において、各前記変換器セルの前記蓄電素子の電圧が予め定められた第４の基準電圧よりも高いときに前記バイパススイッチをオンする一方で、前記蓄電素子の電圧が前記第４の基準電圧よりも低いときに前記バイパススイッチをオフする、請求項１～１１のいずれか１項に記載の電力変換装置。

[請求項13] 前記第１および第２の直流端子間に前記複数の変換器セルをバイパ

スする電流経路を形成する事故電流バイパス部をさらに備え、

前記事故電流バイパス部は、前記直流線路における事故の発生時に、前記事故による短絡電流を還流するために前記電流経路を形成するように構成される、請求項１～１１のいずれか１項に記載の電力変換装置。

[請求項14] 前記電流遮断器は、前記電力変換ユニットと前記直流線路の間に接続されて、前記端子制御装置からの指令に応じて開閉される直流遮断器を含み、

前記端子制御装置は、前記電力変換装置および前記直流線路の間を流れる直流電流が予め定められたしきい値を超えた場合に、前記直流遮断器を開放して前記電力変換ユニットを前記直流線路から解列する、請求項１～９のいずれか１項に記載の電力変換装置。

[請求項15] 前記端子制御装置は、前記直流遮断器の開放後の前記再起動動作の開始時において、前記直流遮断器を再度閉路する、請求項１４記載の電力変換装置。

[請求項16] 前記電流遮断器は、前記電力変換ユニットと前記直流線路の間に接続されて、前記端子制御装置からの指令に応じて開閉される直流遮断器を含む、請求項１記載の電力変換装置。

[請求項17] 前記端子制御装置は、前記直流遮断器の開放後の前記再起動動作において、前記電力変換ユニットの前記ゲートブロック状態の解除後に、前記電力変換装置が定格運転を開始できる電圧まで各前記変換器セルの前記蓄電素子の電圧が上昇すると、前記直流遮断器を再度閉路する、請求項１６記載の電力変換装置。

[請求項18] 直流線路を介して複数の交流系統を連系するための直流送電システムであって、

前記直流線路と前記複数の交流系統との間にそれぞれ配置される複数の電力変換装置を備え、

前記複数の電力変換装置の各々は、前記複数の交流系統のうちの対

応する１つの交流系統と前記直流線路との間で双方向の交流／直流電力変換を実行し、

前記複数の電力変換装置は、

前記交流／直流電力変換によって前記直流線路の直流電圧を電圧指令値に従って制御する第１の電力変換装置と、

前記交流／直流電力変換によって前記直流線路に対して入出力する直流電流を電流指令値に従って制御する第２の電力変換装置とを含み、

前記第２の電力変換装置は、請求項１～１１のいずれか１項に記載された前記電力変換装置によって構成される、直流送電システム。

[請求項19] 前記直流線路は、前記複数の交流系統の各々に対応して配置され、

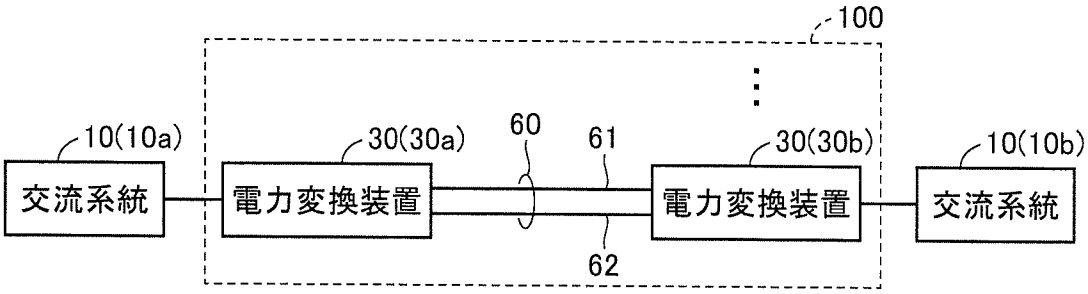
前記複数の交流系統に共通の電力線と各前記直流線路との間に接続された直流遮断器を有する回線切換器と、

前記回線切換器を制御する制御装置とをさらに備え、

前記回線切換器は、前記複数の交流系統のいずれかにおいて前記直流線路に永久故障が発生した場合に、前記永久故障が発生した前記直流線路を、前記共通の電力線および他の各前記直流線路から切り離す、請求項１８記載の直流送電システム。

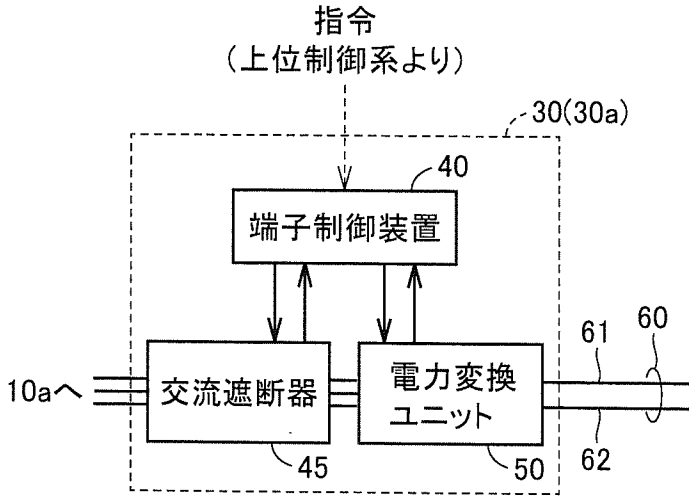
[図1]

図1


100
10(10a)
交流系統
30(30a)
電力変換装置
60
61
62
30(30b)
電力変換装置
10(10b)
交流系統

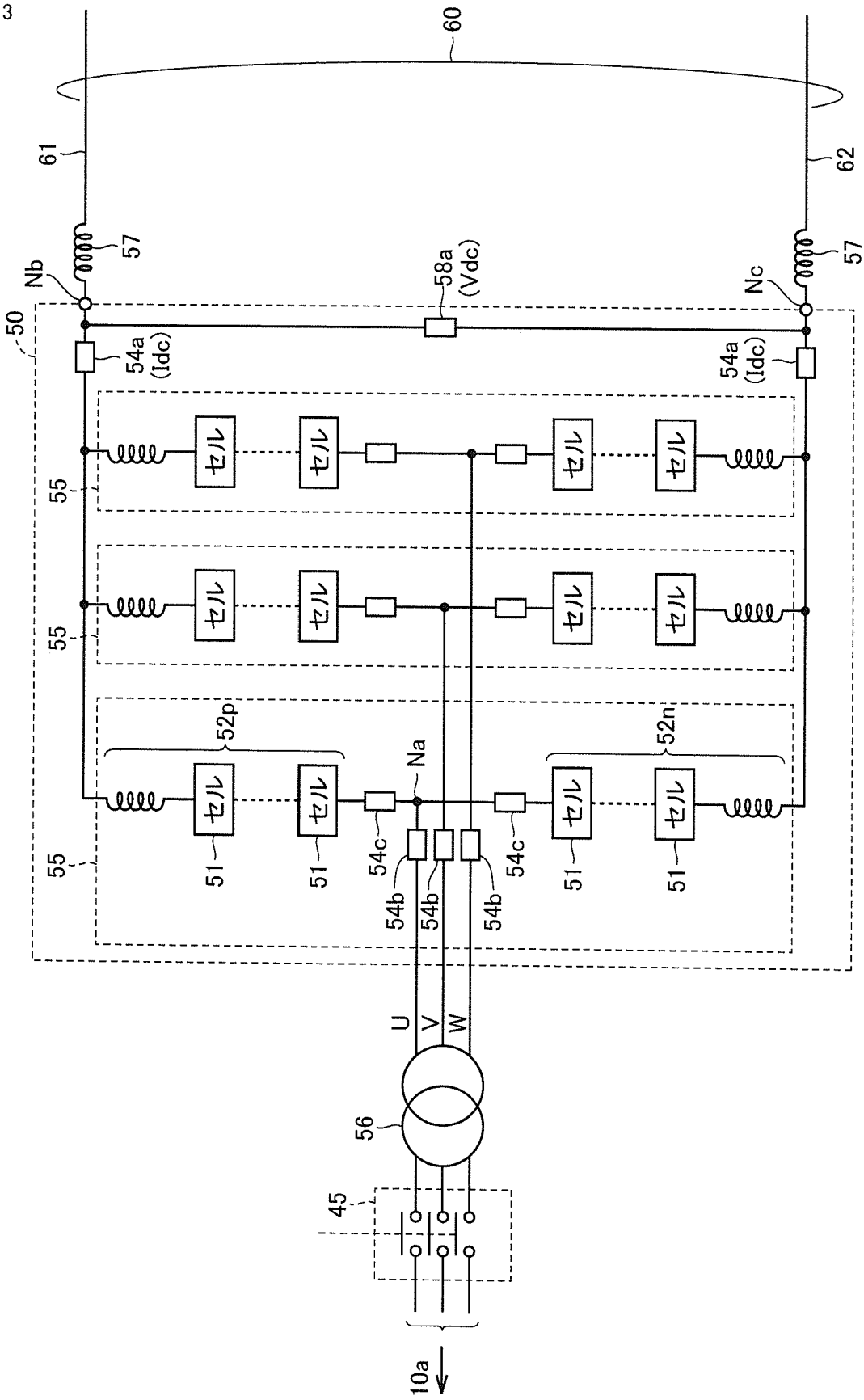
[図2]

図2


指令
(上位制御系より)
30(30a)
40
端子制御装置
10aへ
交流遮断器
45
電力変換
ユニット
50
61
60
62

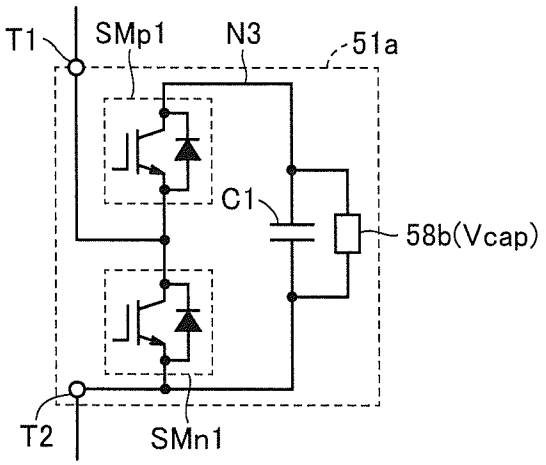
[図3]

図3


60
61
62
57
57
Nb
Nc
58a
(Vdc)
50
54a
(Idc)
54a
(Idc)
セル
55
55
55
52p
52n
Na
51
54c
54b
U
V
W
56
45
10a

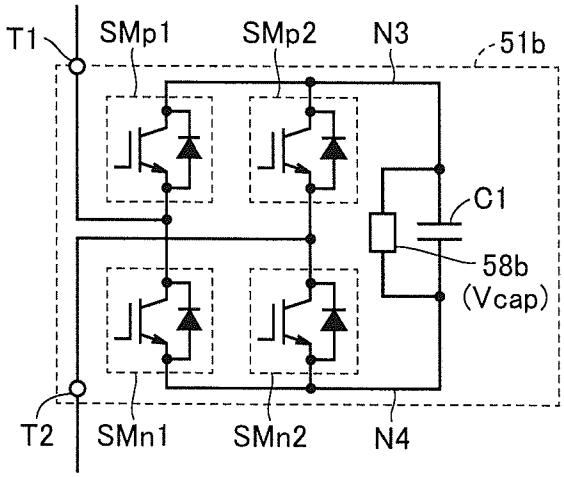
[図4]

図4



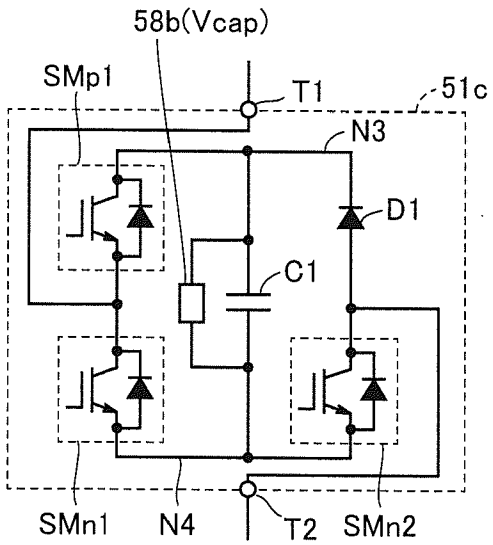
[図5]

図5



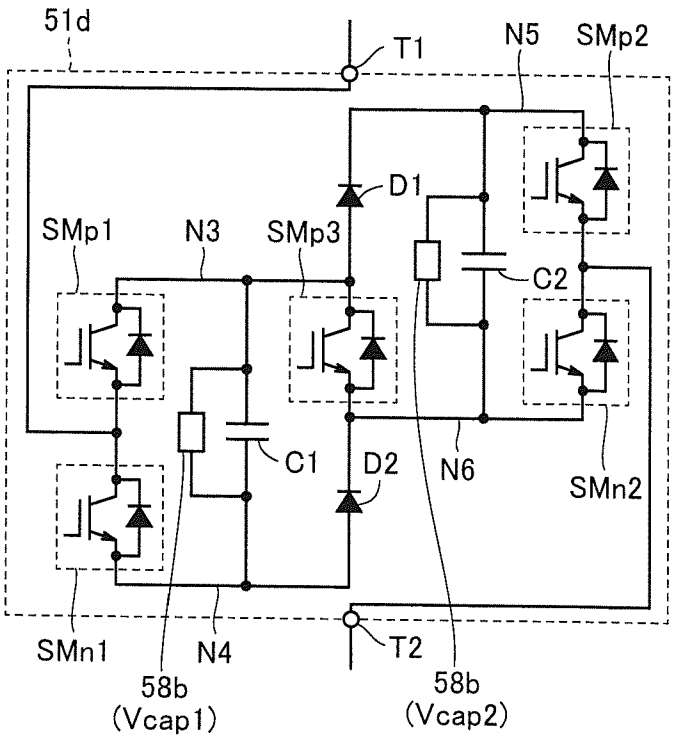
[図6]

図6



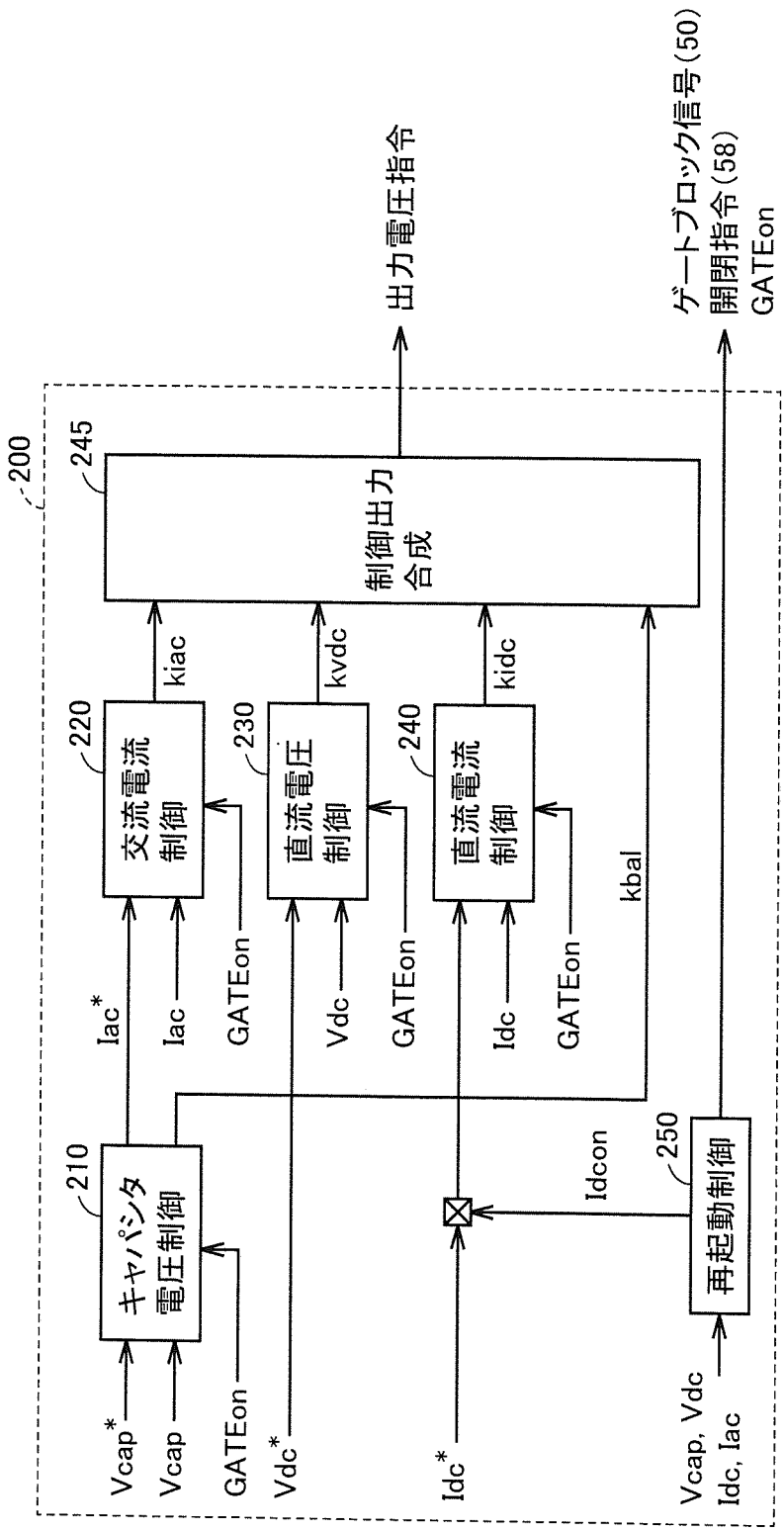
[図7]

図7


51d
T1
N5
SMp2
D1
SMp1
N3
SMp3
C2
C1
D2
N6
SMn2
SMn1
N4
T2
58b
(Vcap1)
58b
(Vcap2)

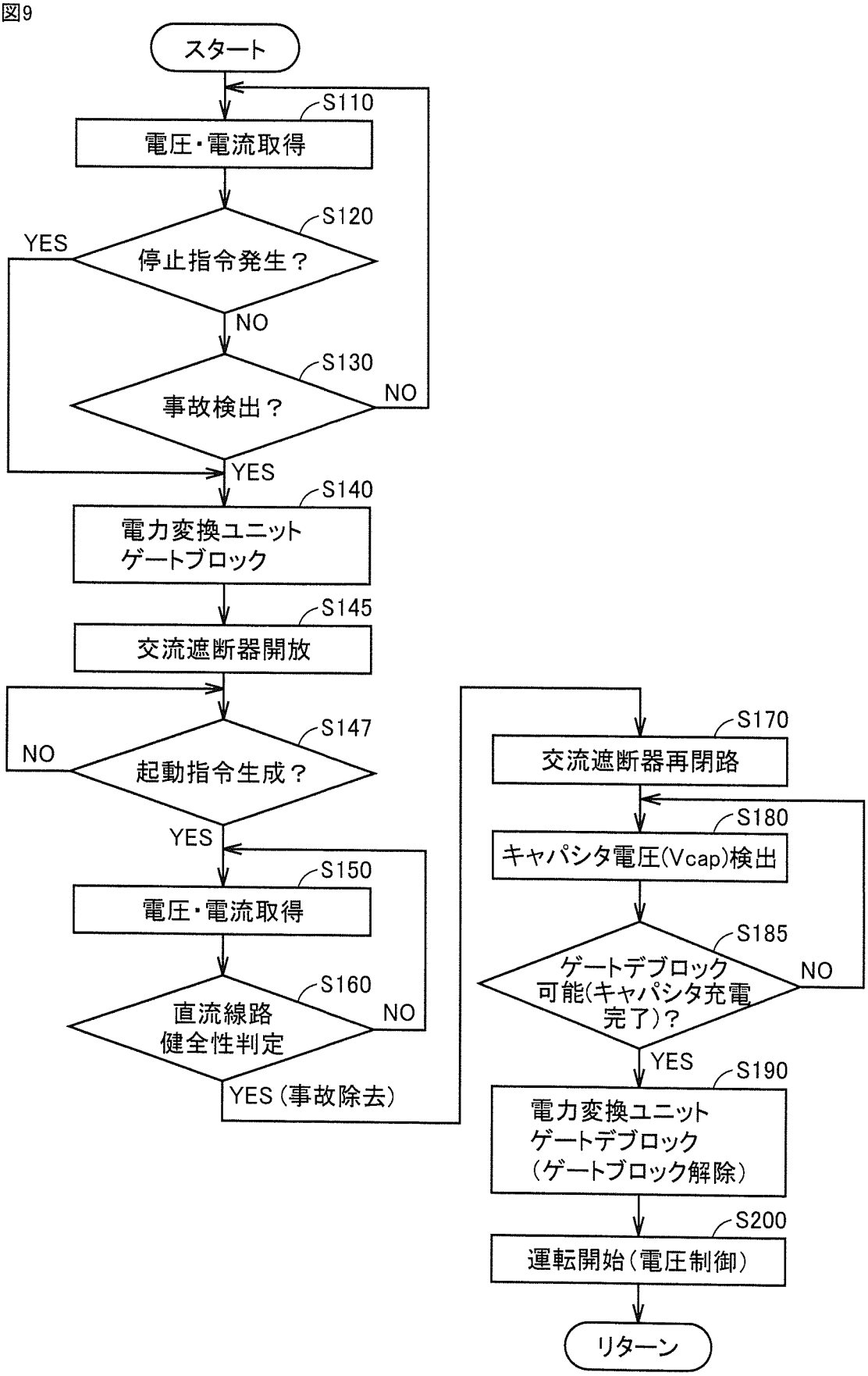
[図8]

図8


200
245
制御出力
合成
出力電圧指令
ゲートブロック信号(50)
開閉指令(58)
GATEon
220
交流電流
制御
230
直流電圧
制御
240
直流電流
制御
210
キャパシタ
電圧制御
250
再起動制御
kiac
kvdc
kidc
kbal
Idcon
Iac*
Iac
GATEon
Vdc
Idc
Vcap*
Vcap
Vdc*
Idc*
Vcap, Vdc
Idc, Iac

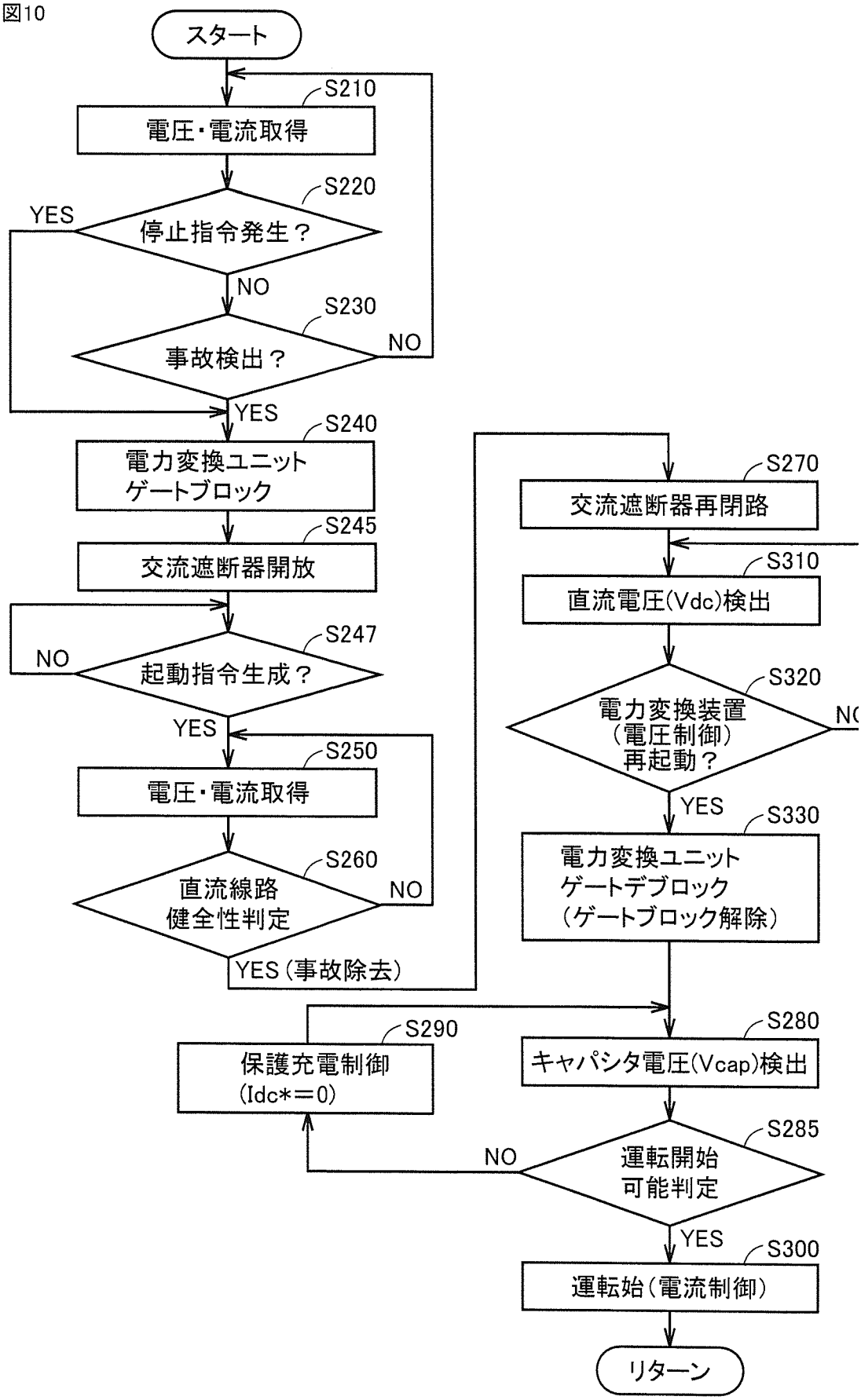
[図9]

図9


スタート
S110
電圧・電流取得
S120
YES
停止指令発生？
NO
S130
事故検出？
NO
YES
S140
電力変換ユニット
ゲートブロック
S145
交流遮断器開放
S147
NO
起動指令生成？
YES
S150
電圧・電流取得
S160
直流線路
健全性判定
NO
YES（事故除去）
S170
交流遮断器再閉路
S180
キャパシタ電圧(Vcap)検出
S185
ゲートデブロック
可能(キャパシタ充電
完了)？
NO
YES
S190
電力変換ユニット
ゲートデブロック
（ゲートブロック解除）
S200
運転開始（電圧制御）
リターン

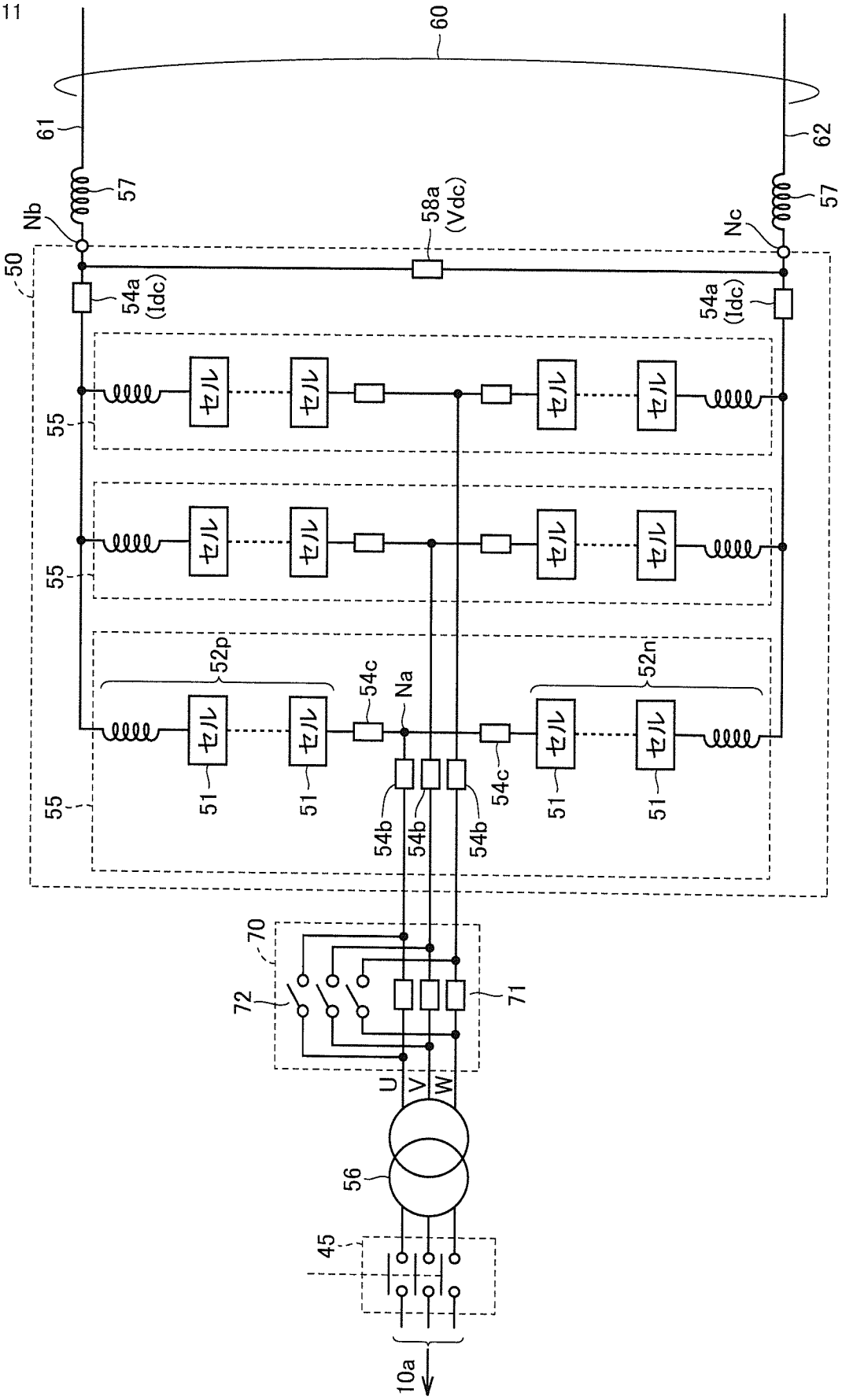
[図10]

図10


スタート
S210
電圧・電流取得
S220
停止指令発生？
YES
NO
S230
事故検出？
NO
YES
S240
電力変換ユニット
ゲートブロック
S245
交流遮断器開放
S247
起動指令生成？
NO
YES
S250
電圧・電流取得
S260
直流線路
健全性判定
NO
YES（事故除去）
S270
交流遮断器再閉路
S310
直流電圧(Vdc)検出
S320
電力変換装置
（電圧制御）
再起動？
NO
YES
S330
電力変換ユニット
ゲートデブロック
（ゲートブロック解除）
S280
キャパシタ電圧(Vcap)検出
S285
運転開始
可能判定
NO
YES
S290
保護充電制御
(Idc*＝0)
S300
運転始（電流制御）
リターン

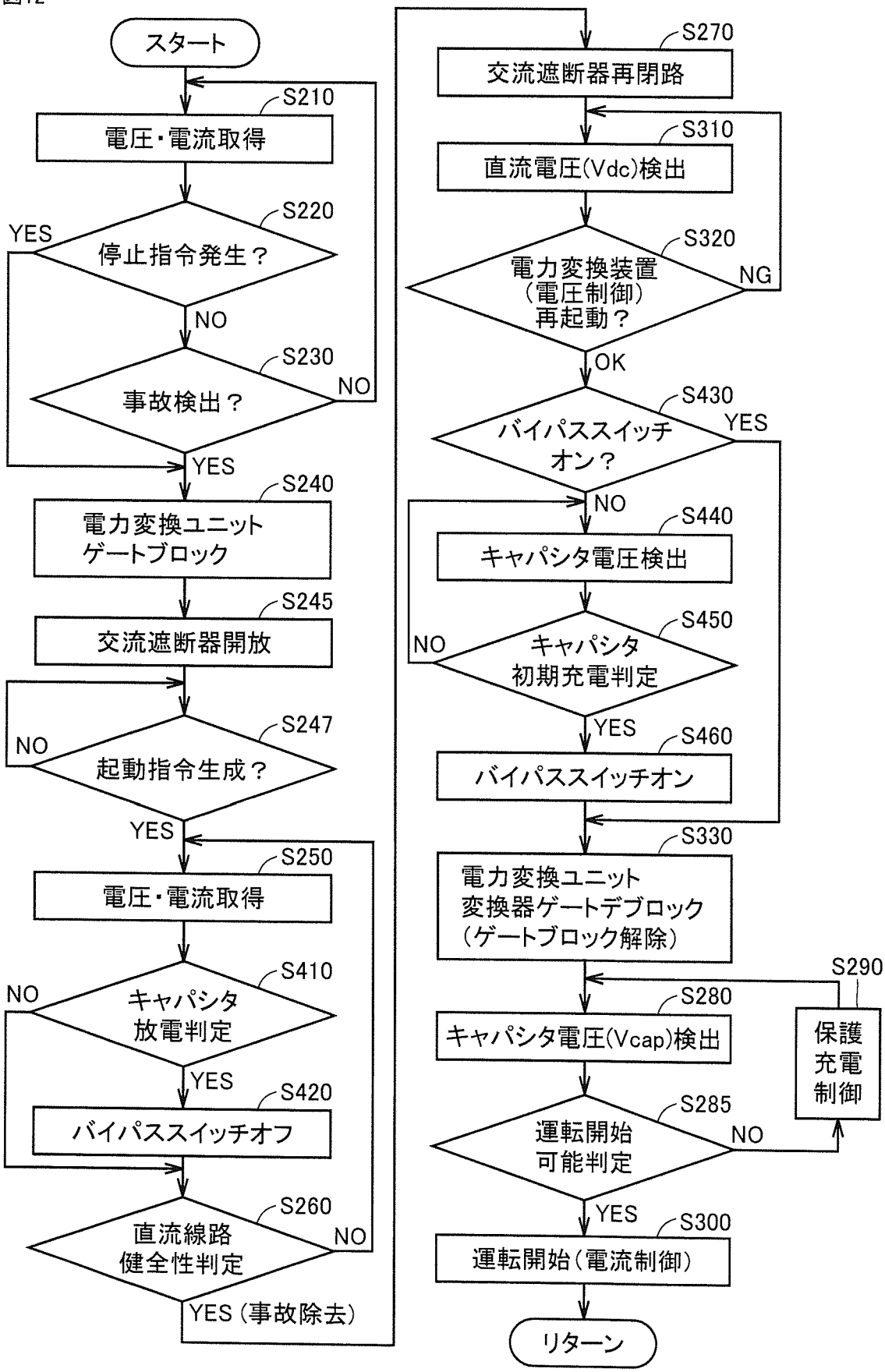
[図11]

図11


60
61
62
57
57
Nb
Nc
58a
(Vdc)
50
54a
(Idc)
54a
(Idc)
55
55
55
セル
52p
52n
54c
Na
54c
51
54b
54b
54b
70
72
71
U
V
W
56
45
10a

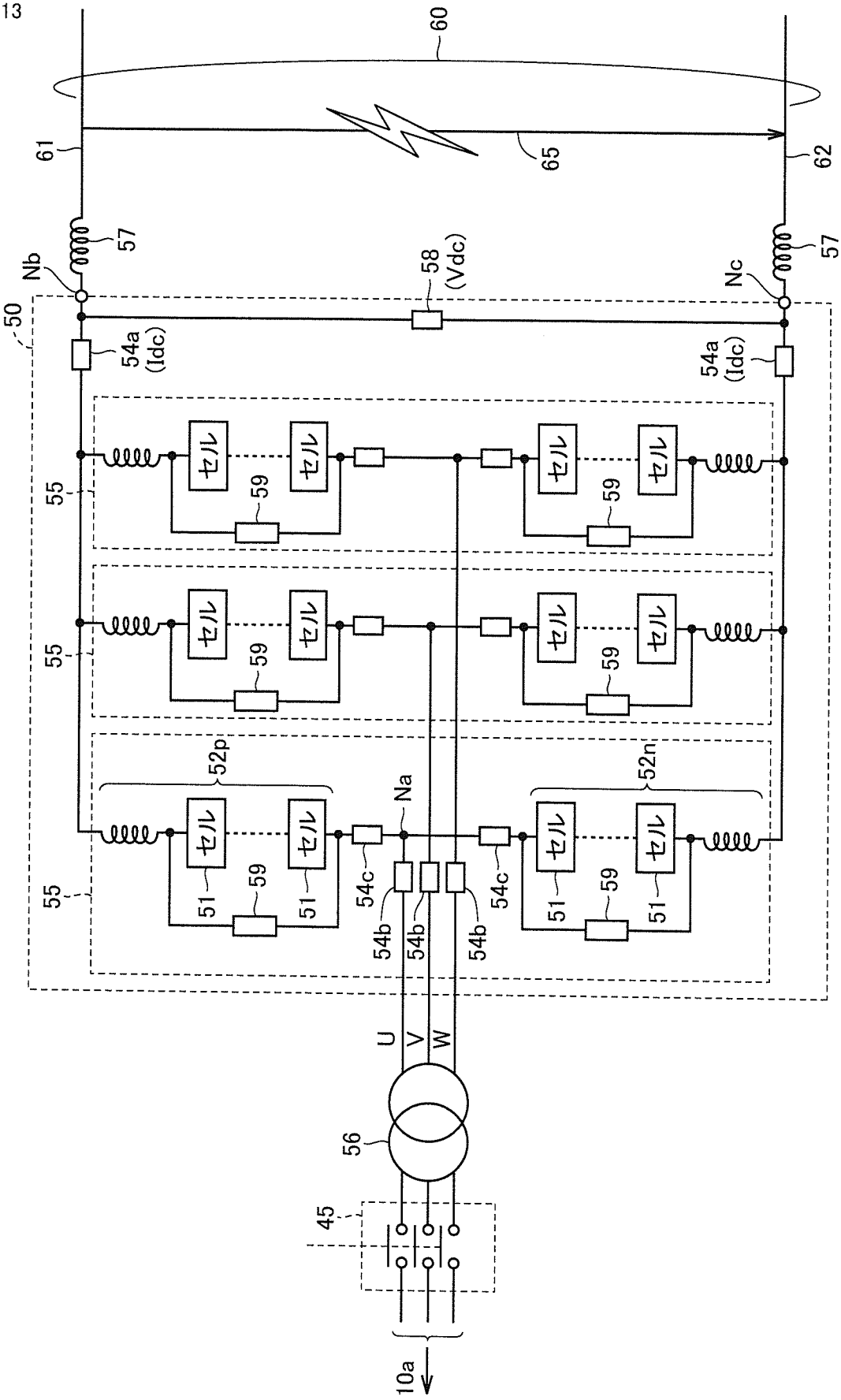
[図12]

図12


スタート
S210
電圧・電流取得
S220
停止指令発生？
YES
NO
S230
事故検出？
NO
YES
S240
電力変換ユニット
ゲートブロック
S245
交流遮断器開放
S247
起動指令生成？
NO
YES
S250
電圧・電流取得
S410
キャパシタ
放電判定
NO
YES
S420
バイパススイッチオフ
S260
直流線路
健全性判定
NO
YES（事故除去）
S270
交流遮断器再閉路
S310
直流電圧(Vdc)検出
S320
電力変換装置
（電圧制御）
再起動？
NG
OK
S430
バイパススイッチ
オン？
YES
NO
S440
キャパシタ電圧検出
S450
キャパシタ
初期充電判定
NO
YES
S460
バイパススイッチオン
S330
電力変換ユニット
変換器ゲートデブロック
（ゲートブロック解除）
S290
保護
充電
制御
S280
キャパシタ電圧(Vcap)検出
S285
運転開始
可能判定
NO
YES
S300
運転開始（電流制御）
リターン

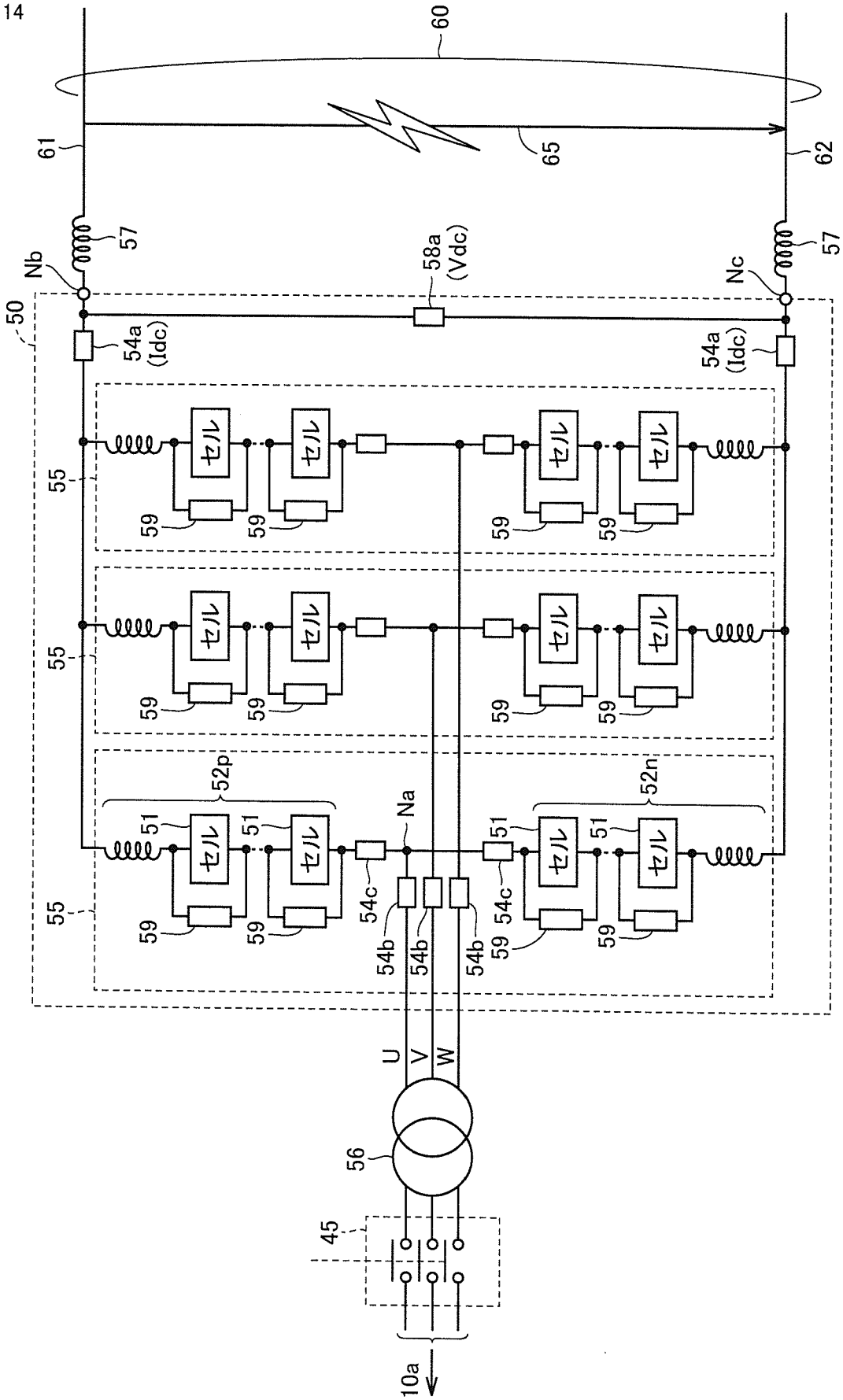
[図13]

図13


60
61
62
65
57
57
Nb
Nc
58
(Vdc)
50
54a
(Idc)
54a
(Idc)
セル
59
55
52p
52n
Na
51
54c
54b
U
V
W
56
45
10a

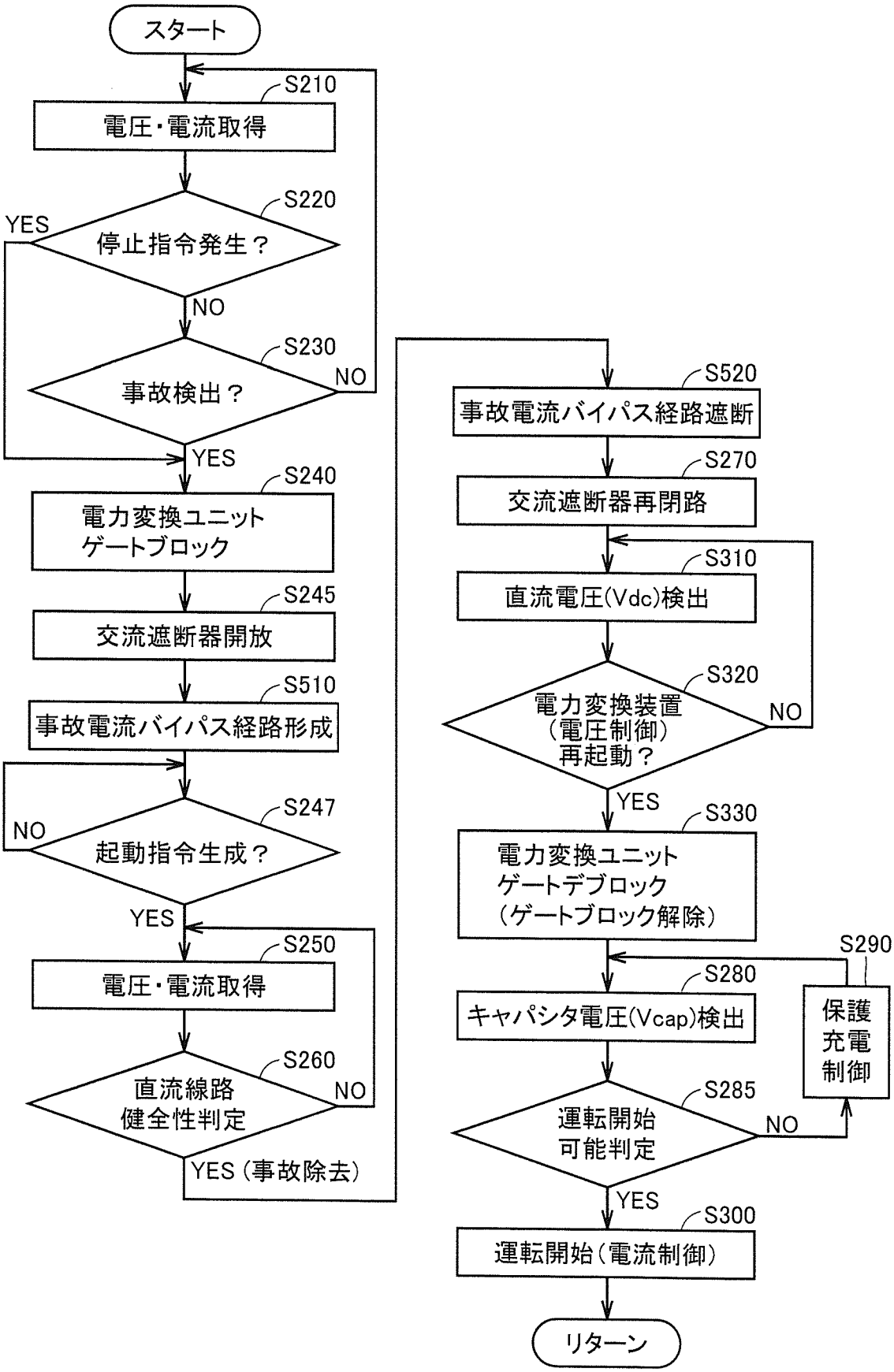
[図14]

図14


60
61
62
65
57
57
58a
(Vdc)
Nb
Nc
50
54a
(Idc)
54a
(Idc)
セル
55
59
52p
52n
51
Na
54c
54b
U
V
W
56
45
10a

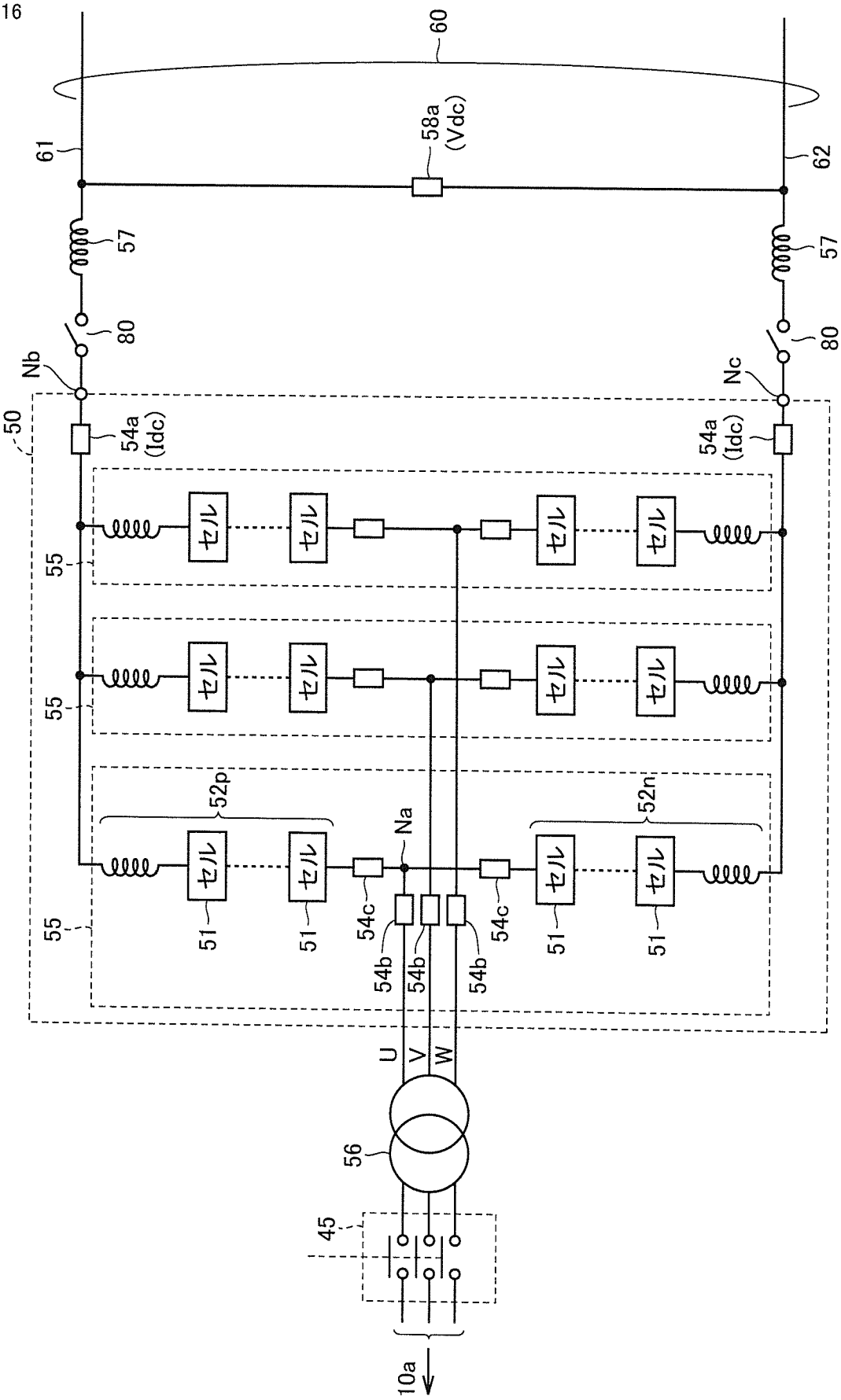
[図15]

図15


スタート
S210
電圧・電流取得
S220
YES
停止指令発生？
NO
S230
事故検出？
NO
YES
S240
電力変換ユニット
ゲートブロック
S245
交流遮断器開放
S510
事故電流バイパス経路形成
S247
NO
起動指令生成？
YES
S250
電圧・電流取得
S260
直流線路
健全性判定
NO
YES（事故除去）
S520
事故電流バイパス経路遮断
S270
交流遮断器再閉路
S310
直流電圧(Vdc)検出
S320
電力変換装置
（電圧制御）
再起動？
NO
YES
S330
電力変換ユニット
ゲートデブロック
（ゲートブロック解除）
S290
S280
キャパシタ電圧(Vcap)検出
保護
充電
制御
S285
運転開始
可能判定
NO
YES
S300
運転開始（電流制御）
リターン

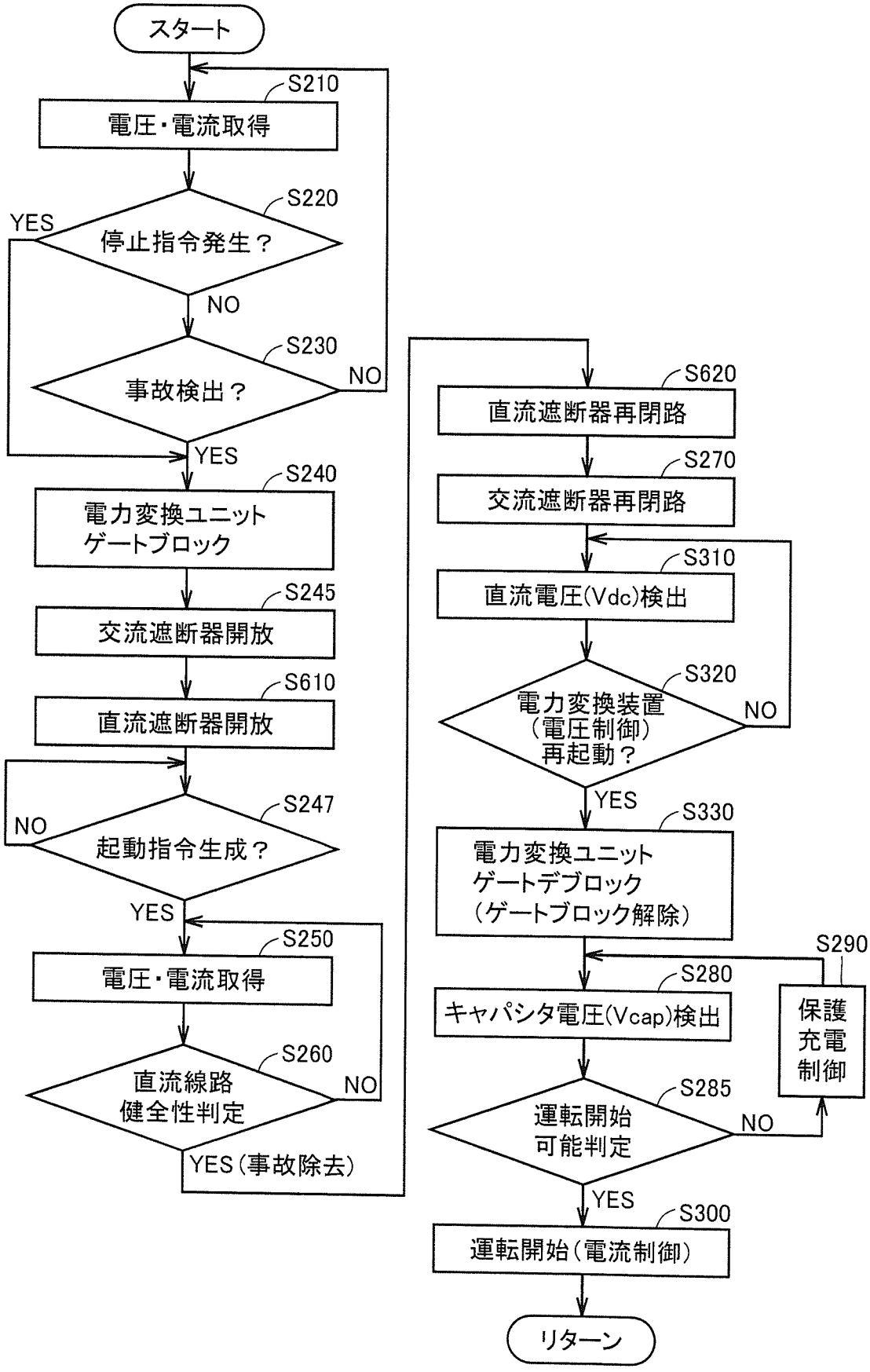
[図16]

図16


60
58a
(Vdc)
61
62
57
57
80
80
Nb
Nc
50
54a
(Idc)
54a
(Idc)
セル
55
55
55
52p
52n
Na
51
54c
54b
U
V
W
56
45
10a

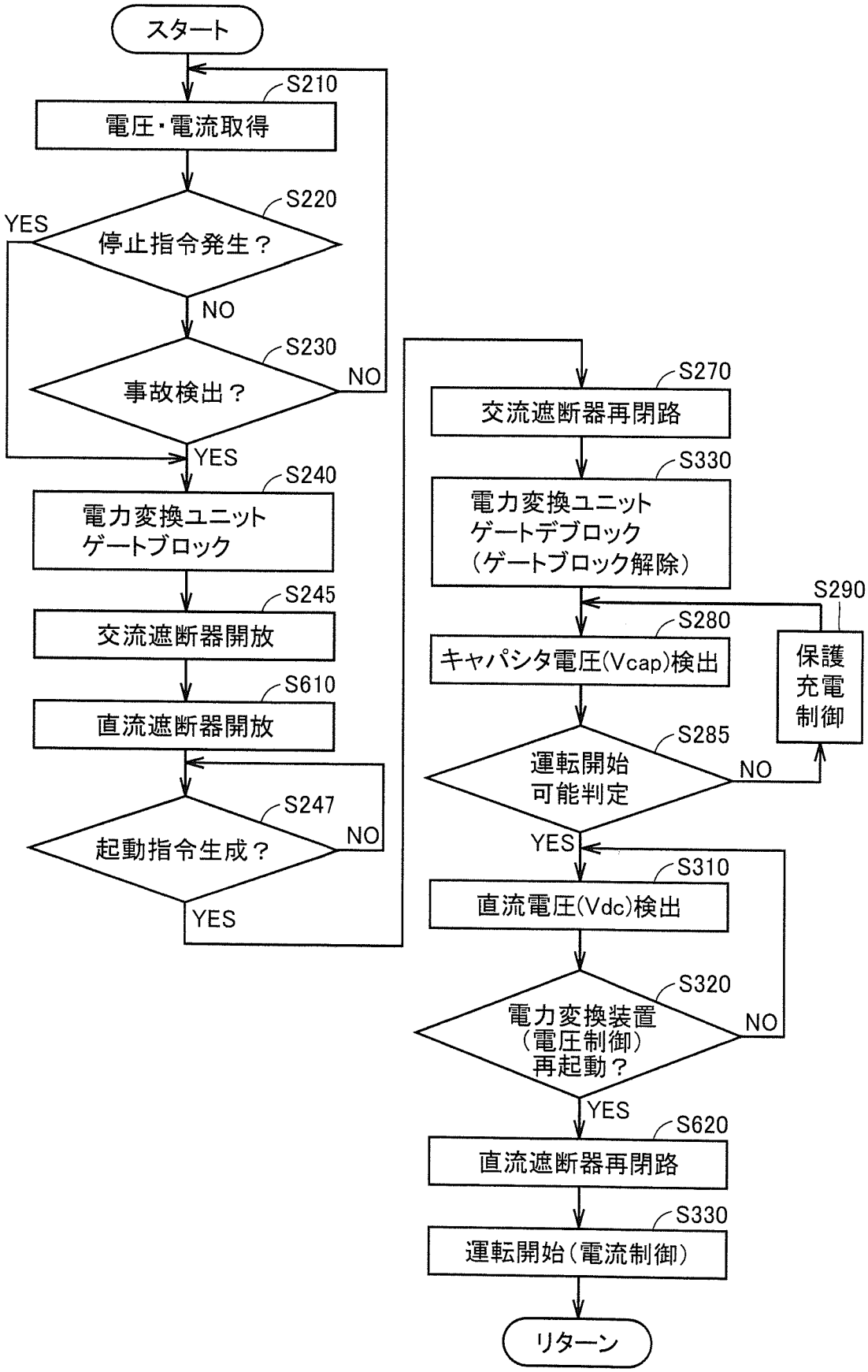
[図17]

図17


スタート
S210
電圧・電流取得
S220
停止指令発生？
YES
NO
S230
事故検出？
NO
YES
S240
電力変換ユニット
ゲートブロック
S245
交流遮断器開放
S610
直流遮断器開放
S247
起動指令生成？
NO
YES
S250
電圧・電流取得
S260
直流線路
健全性判定
NO
YES（事故除去）
S620
直流遮断器再閉路
S270
交流遮断器再閉路
S310
直流電圧(Vdc)検出
S320
電力変換装置
（電圧制御）
再起動？
NO
YES
S330
電力変換ユニット
ゲートデブロック
（ゲートブロック解除）
S290
S280
キャパシタ電圧(Vcap)検出
保護
充電
制御
S285
運転開始
可能判定
NO
YES
S300
運転開始（電流制御）
リターン

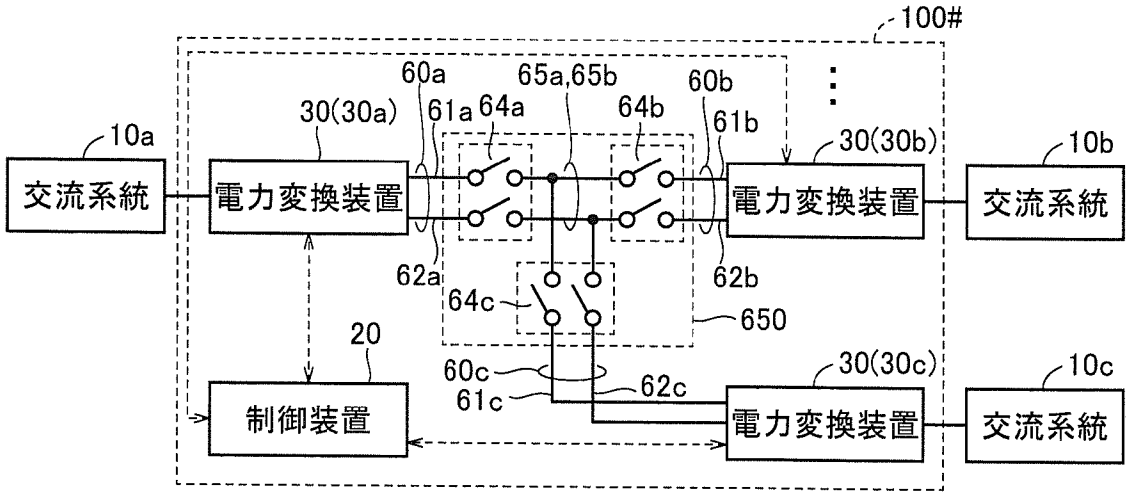
[図18]

図18


スタート
S210
電圧・電流取得
S220
停止指令発生？
YES
NO
S230
事故検出？
NO
YES
S240
電力変換ユニット
ゲートブロック
S245
交流遮断器開放
S610
直流遮断器開放
S247
起動指令生成？
NO
YES
S270
交流遮断器再閉路
S330
電力変換ユニット
ゲートデブロック
（ゲートブロック解除）
S290
保護
充電
制御
S280
キャパシタ電圧(Vcap)検出
S285
運転開始
可能判定
NO
YES
S310
直流電圧(Vdc)検出
S320
電力変換装置
（電圧制御）
再起動？
NO
YES
S620
直流遮断器再閉路
S330
運転開始（電流制御）
リターン

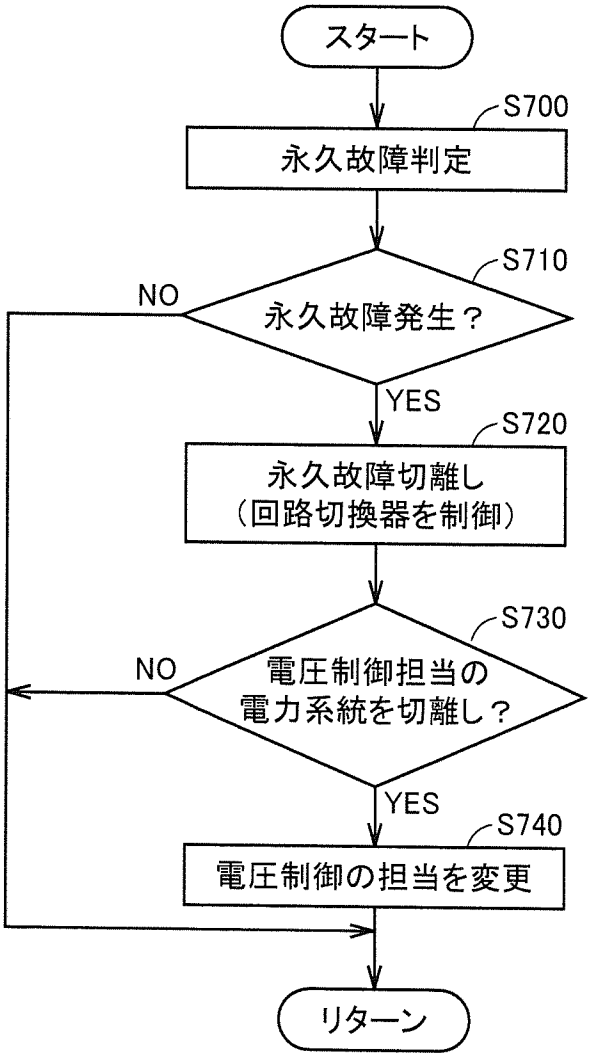
[図19]

図19



[図20]

図20



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/007501

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02M7/12(2006.01)i, *H02M7/48*(2007.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02M7/12, H02M7/48

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2016/207976 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 29 December 2016 (29.12.2016), paragraphs [0014] to [0092]; fig. 1 to 13 (Family: none)	1-19
A	JP 2016-100926 A (Mitsubishi Electric Corp.), 30 May 2016 (30.05.2016), paragraphs [0014] to [0068]; fig. 1 to 13 (Family: none)	1-19

☐ 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
13 April 2017 (13.04.17)	25 April 2017 (25.04.17)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／００７５０１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02M7/12(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02M7/12, H02M7/48

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	WO 2016/207976 A1（三菱電機株式会社）2016.12.29, 段落[0014]-[0092], 図 1-13（ファミリーなし）	1-19
A	JP 2016-100926 A（三菱電機株式会社）2016.05.30, 段落[0014]-[0068], 図 1-13（ファミリーなし）	1-19

☐　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	国際調査報告の発送日
１３．０４．２０１７	２５．０４．２０１７

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）　５Ｇ　３７９２
北嶋　賢二
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５２６