

(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
2024年6月27日(27.06.2024)



(10) 国際公開番号

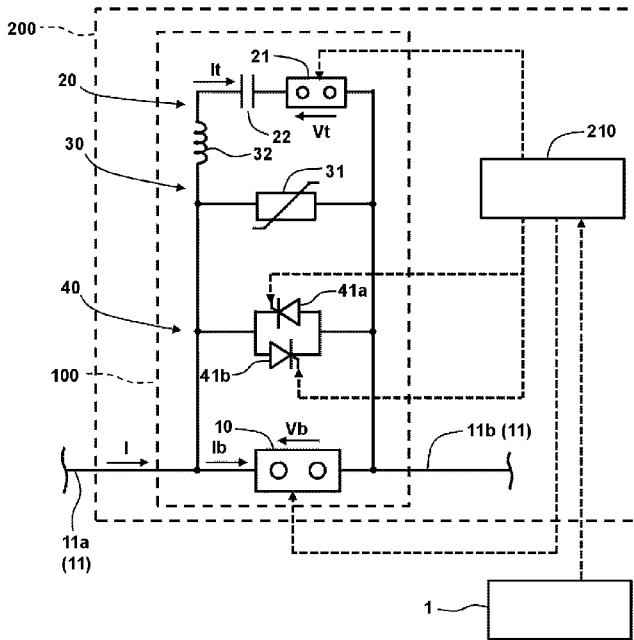
WO 2024/134713 A1

- (51) 国際特許分類:
H01H 33/59 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/046635
- (22) 国際出願日: 2022年12月19日(19.12.2022)
- (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: 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1050023 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP). 東芝エネルギーシステムズ株式会社 (TOSHIBA ENERGY SYSTEMS & SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 江尻 開 (EJIRI Haruki); 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝エネルギーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 星野 俊弘 (HOSHINO Toshihiro); 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝エネルギーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 金谷 和長 (KANAYA Kazuhisa); 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝エネルギーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 石黒 崇裕 (ISHIGURO Takahiro); 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝エネルギーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人 サクラ 国際特許事務所 (SAKURA PATENT OFFICE, P.C.);

(54) Title: DC INTERRUPTION SYSTEM, CONTROL METHOD FOR DC INTERRUPTION DEVICE, AND CONTROL PROGRAM FOR DC INTERRUPTION DEVICE

(54) 発明の名称: 直流遮断システム、直流遮断装置の制御方法、および直流遮断装置の制御プログラム

[図1]



(57) Abstract: According to an embodiment of the present invention, a DC interruption system 200 comprises a main circuit breaker (10) installed on a DC line (11), a commutation circuit (20) which is connected in parallel to the main circuit breaker (10) and which supplies a resonant current to the main circuit breaker (10) when the main circuit breaker (10) is opened, a rectification circuit (40) which is connected in parallel to the commutation circuit (20) and which can



WO 2024/134713 A1

〒1010064 東京都千代田区神田猿樂町一丁目五
番一号 豊島屋本店ビル3階 Tokyo (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

maintain a conduction state until the insulation performance of the main circuit breaker (10) is recovered when the main circuit breaker (10) is opened, and a control device which controls the main circuit breaker (10), the commutation circuit (20), and the rectifier circuit (40).

(57) 要約: 実施形態によれば、直流遮断システム200は、直流線路(11)に設けられた主遮断器(10)と、主遮断器(10)に並列に接続され主遮断器(10)の開放時に主遮断器(10)に共振電流を供給する転流回路(20)と、転流回路(20)に並列に接続され主遮断器(10)の開放時に主遮断器(10)の絶縁性能が回復するまでの間は導通状態を維持可能な整流回路(40)と、主遮断器(10)、転流回路(20)および整流回路(40)を制御する制御装置とを備える。

明 細 書

発明の名称：

直流遮断システム、直流遮断装置の制御方法、および直流遮断装置の制御プログラム

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、直流遮断装置システム、直流遮断装置の制御方法、および直流遮断装置の制御プログラムに関する。

背景技術

[0002] 高電圧直流送電の実現に向けて、近年、高電圧直流遮断装置（以下、これを含めた直流遮断装置を単に「直流遮断装置」と呼ぶ）の開発が進んでいる。直流遮断装置には、直流線路で事故が発生したときに事故点を遮断する事故遮断を行う主遮断器と、主遮断器に流れる電流を打ち消す高周波電流を供給する転流回路（共振回路ともいう）を備えるものがある。この方式は、強制消弧方式と呼ばれる。この種の直流遮断装置としては、高速度再閉路を行うものがあり、高速度再閉路後に事故遮断を行う強制消弧方式の直流遮断装置として、従来、複数の共振回路を備える技術や、共振回路としてブリッジ回路を備える技術がある。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：特開昭58-34526号公報
特許文献2：特許第6328356号公報
特許文献3：特許第6509466号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 複数の共振回路を備える技術では、共振回路の数が増えるため、装置のコンパクト化を妨げる原因となる。また、ブリッジ回路を備える技術では、コ

ンデンサの全電圧に耐えることのできる開閉器が複数必要であり、やはりコンパクト化を妨げる原因となる。

[0005] 本発明の目的は、構造をコンパクトにすることができる直流遮断システム、直流遮断装置の制御方法、および直流遮断装置の制御プログラムを提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 上述の目的を達成するため、本実施形態に係る直流遮断システムは、直流線路に設けられた主遮断器と、前記主遮断器に並列に接続され、前記主遮断器の開放時に前記主遮断器に共振電流を供給する転流回路と、前記転流回路に並列に接続され、前記主遮断器の開放時に前記主遮断器の絶縁性能が回復するまでの間は導通状態を維持可能な整流回路と、前記主遮断器、前記転流回路、および前記整流回路を制御する制御装置と、を備えることを特徴とする。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]実施形態に係る直流遮断システムの構成を示すブロック図である。
[図2]実施形態に係る直流遮断装置の基本的な構成を示すブロック図である。
[図3]実施形態に係る直流遮断装置の第1の例による転流回路を示すブロック図である。
[図4]実施形態に係る直流遮断装置の第2の例による転流回路を示すブロック図である。
[図5]実施形態に係る直流遮断装置の第3の例による転流回路を示すブロック図である。
[図6]実施形態に係る直流遮断装置の第4の例による転流回路を示すブロック図である。
[図7]実施形態に係る直流遮断装置の第1の例によるエネルギー吸収回路を示すブロック図である。
[図8]実施形態に係る直流遮断装置の第2の例によるエネルギー吸収回路を示すブロック図である。

[図9]実施形態に係る直流遮断装置の第3の例によるエネルギー吸収回路を示すブロック図である。

[図10]実施形態に係る直流遮断装置の第4の例によるエネルギー吸収回路を示すブロック図である。

[図11]実施形態に係る直流遮断装置の第5の例によるエネルギー吸収回路を示すブロック図である。

[図12]実施形態に係る直流遮断装置の第6の例によるエネルギー吸収回路を示すブロック図である。

[図13]実施形態に係る直流遮断装置の第1の例による整流回路を示すブロック図である。

[図14]実施形態に係る直流遮断装置の第2の例による整流回路を示すブロック図である。

[図15]実施形態に係る直流遮断装置の第3の例による整流回路を示すブロック図である。

[図16]実施形態に係る直流遮断装置の第4の例による整流回路を示すブロック図である。

[図17]実施形態に係る直流遮断装置の第5の例による整流回路を示すブロック図である。

[図18]実施形態に係る直流遮断装置の制御方法における遮断責務の遂行の手順を示すフロー図である。

[図19]実施形態に係る直流遮断システムの時間的な推移の例を示すグラフである。

[図20]実施形態に係る直流遮断装置の制御方法における高速度再開路の手順を示すフロー図である。

[図21]実施形態に係る直流遮断システムの効果の説明用の第1のグラフである。

[図22]実施形態に係る直流遮断システムの効果の説明用の第2のグラフである。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、図面を参照して、本発明の実施形態に係る直流遮断システム、直流遮断装置の制御方法、および直流遮断装置の制御プログラムについて説明する。ここで、互いに同一または類似の部分には、共通の符号を付して、重複する説明は省略する。

図1は、実施形態に係る直流遮断システム200の構成を示すブロック図である。直流遮断システム200は、直流遮断装置100および制御装置210を有する。

[0009] 直流遮断装置100は、主遮断器10、転流回路20、エネルギー吸収回路30、および整流回路40を有する。

[0010] 主遮断器10は、直流線路11に設けられている。図1の例において、主遮断器10の左側には、例えば発電所などの電力供給源が接続され、右側には、負荷が接続される。以下の説明において、電力供給源が接続される側の線路11aを上流側、負荷が接続される側の負荷側線路11bを下流側という。以下に説明する直流遮断システム200は、紙面上の左右を入れ替えて、線路11aを負荷が接続される下流側、線路11bを電力供給源が接続される上流側とする場合でも適用可能である。

[0011] 主遮断器10は、例えば、複数の遮断ユニットを備え、遮断ユニットは、真空遮断器、ガス遮断器、ギャップスイッチのうち少なくともいずれか1つ、あるいは、これらを組み合わせて構成されていてもよい。また、主遮断器10には、可飽和リアクトルが直列に接続されていてもよい。可飽和リアクトルは、1個ないし直列に接続された複数の可飽和リアクトルでもよい。

[0012] また、主遮断器10は、エネルギー吸収ユニットであるエネルギー吸収回路30に対して互いに並列に接続された分圧回路を更に含んでもよい。この場合の分圧回路は、例えば、複数の遮断ユニットにおける真空遮断器、ガス遮断器、ギャップスイッチの極間に生じる極間電圧を均等または不均等に分圧するように動作する回路でよい。また、遮断ユニットは、真空遮断器、ガス遮断器、ギャップスイッチのうち少なくともいずれか1つと、エネル

ギー吸収ユニットと、が互いに並列に接続された回路を含んでいてもよい。

- [0013] 主遮断器 10 は、遮断器作動回路 1 からの指令により、たとえば、システムの故障箇所を切り離すための遮断動作を行う。
- [0014] 転流回路 20 は、主遮断器 10 での遮断の際に、交流成分を生成するために設けられている。転流回路 20 は、図 1 に示すように、主遮断器 10 と並列に設けられている。転流回路 20 は、互いに直列に設けられた開閉器 21 およびコンデンサ 22 を有する。
- [0015] エネルギー吸収回路 30 は、主遮断器 10 での遮断の際に、直流系統と直流線路に蓄積される残留エネルギーを吸収するために設けられたエネルギー吸収ユニットである。エネルギー吸収回路 30 は、それぞれ、主遮断器 10 と並列に設けられた避雷器 (MOSA: Metal Oxide Surge Arrestors) 31 およびリアクトル 32 を有する。リアクトル 32 は、転流回路 20 に直列に配されている。避雷器 31 は、酸化亜鉛 (ZnO) 素子が直列のみ、または並列のみ、あるいは直列および並列の組み合わせにより構成される。
- [0016] 整流回路 40 は、主遮断器 10 と並列に設けられ、互いに並列に逆方向に配されたサイリスタ 41a およびサイリスタ 41b を有する。
- [0017] 制御装置 210 は、遮断器作動回路 1 から主遮断器 10 への遮断指令信号を受け入れるとともに、転流回路 20 および整流回路 40 に所定の指令信号を出力する。
- [0018] 制御装置 210 は、例えば、落雷などにより事故電流が遮断対象電流として発生した場合に、事故電流が発生した場所を系統から遮断し、その後、系統を迅速に再接続するように高速度再開路する場合がある。この場合、制御装置 210 は、主遮断器 10 が系統を遮断した後、整流回路 40 により系統を再接続したときに、整流回路 40 に流れる事故電流に転流回路 20 より電流を重畳させる。高速度再開路後に事故が継続していない場合には、主遮断器 10 を再度投入する。コンデンサ 22 に対する予備充電回路などの充電回路が設けられる場合には、充電の制御を制御装置 210 が担ってもよい。な

お、直流遮断システム200には、高速度再閉路しないものがある。この場合、制御装置210は、主遮断器10がシステムを遮断した後、高速度再閉路の制御をしなくてもよい。

[0019] 制御装置210は、例えば、CPU (Central Processing Unit) 等のハードウェアプロセッサが制御プログラム (ソフトウェア) を実行することにより開閉制御を実行する。また、制御装置210は、は、LSI (Large Scale Integrator) やASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、GPU (Graphic Processing Unit) 等のハードウェア (回路部: circuitryを含む) によって開閉制御を実行してもよいし、ソフトウェアとハードウェアの協働によって開閉制御を実行してもよい。

[0020] 制御プログラムは、予めコントローラのHDDやフラッシュメモリ等の記憶装置 (非一過性の記憶媒体を備える記憶装置) に格納されていてもよいし、DVDやCD-ROM等の着脱可能な記憶媒体に格納されており、記憶媒体 (非一過性の記憶媒体) がドライブ装置に装着されることで記憶装置にインストールされてもよい。制御プログラムは、その他の記憶部に記憶されていてもよい。

[0021] ここで、各部の電流、電圧を図1に示すような符号で示す。具体的には、直流線路11を流れる直流線路電流を I 、主遮断器10を流れる主遮断器電流を I_b 、主遮断器10にかかる主遮断器電圧を V_b 、転流回路20を流れる転流回路電流を I_t 、転流回路20の開閉器21にかかる開閉器電圧を V_t で、それぞれ表わす。

[0022] 図2は、実施形態に係る直流遮断装置100の基本的な構成を示すブロック図である。図2は、図1に示した本実施形態に係る直流遮断装置100およびその構成部分と変形例を説明するための基本的な構成図である。

[0023] 直流遮断装置100は、主遮断器10と、主遮断器10にそれぞれ並列に

設けられたエネルギー吸収回路30および整流回路40と、エネルギー吸収回路30に電氣的に接続された転流回路20を有する。図1に示した本実施形態に係る直流遮断装置100も、この構成に基づいている。

[0024] まず、図3ないし図6を用いて、転流回路20の変形例について説明する。なお、図3ないし図6においては、図中の左側が電力供給源側線路11aに接続される側（上流側）であり、右側が負荷側線路11bに接続される側（下流側）である。いずれの図においても、紙面上の左右を入れ替えてもよい。

[0025] 図3は、実施形態に係る直流遮断装置100の第1の例による転流回路20を示すブロック図である。第1の例は、図1に示した本実施形態に係る直流遮断装置100の転流回路20の場合である。

[0026] 図4は、実施形態に係る直流遮断装置100の第2の例による転流回路20aを示すブロック図である。転流回路20aは、上流側から順に直列に配された開閉器21、リアクトル23、およびコンデンサ22を有する。

[0027] 図5は、実施形態に係る直流遮断装置100の第3の例による転流回路20bを示すブロック図である。転流回路20bは、上流側から順に直列に配された開閉器21、コンデンサ22、およびリアクトル23を有する。

[0028] 図6は、実施形態に係る直流遮断装置100の第4の例による転流回路20cを示すブロック図である。転流回路20cは、上流側から順に直列に配されたコンデンサ22、開閉器21、およびリアクトル23を有する。

[0029] また、転流回路20、20a、20b、20cのいずれかを組み合わせて転流回路としてもよい。

[0030] 次に、図7ないし図12を用いて、エネルギー吸収回路30の変形例について説明する。なお、図7ないし図12においても、同様に、図中の左側が電力供給源側線路11aに接続される側（上流側）であり、右側が負荷側線路11bに接続される側（下流側）である。いずれの図においても、紙面上の左右を入れ替えてもよく、また紙面上の上下を入れ替えてもよい。

[0031] 図7は、実施形態に係る直流遮断装置の第1の例によるエネルギー吸収回

路30を示すブロック図である。第1の例は、図1に示した本実施形態に係る直流遮断装置100のエネルギー吸収回路30の場合である。

[0032] 図8は、実施形態に係る直流遮断装置の第2の例によるエネルギー吸収回路30aを示すブロック図である。エネルギー吸収回路30aは、上流側と下流側の間に配された避雷器31と、上流側で転流回路20との接続ラインおよび下流側で負荷側線路11bとの接続ラインにそれぞれ配されたリアクトル32を有する。

[0033] 図9は、実施形態に係る直流遮断装置の第3の例によるエネルギー吸収回路30bを示すブロック図である。エネルギー吸収回路30bは、上流側と下流側の間に配された避雷器31と、上流側で転流回路20との接続ラインおよび上流側で電力供給源側線路11aとの接続ラインにそれぞれ配されたリアクトル32を有する。

[0034] 図10は、実施形態に係る直流遮断装置の第4の例によるエネルギー吸収回路30cを示すブロック図である。エネルギー吸収回路30cは、上流側と下流側の間に配された避雷器31と、電力供給源側線路11aとの接続ラインおよび負荷側線路11bとの接続ラインにそれぞれ配されたリアクトル32を有する。

[0035] 図11は、実施形態に係る直流遮断装置の第5の例によるエネルギー吸収回路30dを示すブロック図である。エネルギー吸収回路30dは、電力供給源側線路11aとの接続ラインに配されたリアクトル32を有する。なお、エネルギー吸収回路30dは、避雷器31を具備していない。また、エネルギー吸収回路30dにおいては、電力供給源側線路11aとの接続ラインが転流回路20と整流回路40を電力供給源側線路11aに接続し、負荷側線路11bとの接続ラインが転流回路20と整流回路40を負荷側線路11bに接続する。

[0036] 図12は、実施形態に係る直流遮断装置の第6の例によるエネルギー吸収回路30eを示すブロック図である。エネルギー吸収回路30eは、上流側と下流側の間に配された避雷器31を有する。なお、エネルギー吸収回路3

0 e は、リアクトルを有しない。

[0037] また、エネルギー吸収回路 30、30 a、30 b、30 c、30 d、30 e のいずれかを組み合わせてエネルギー吸収回路としてもよい。

[0038] 次に、図 13 ないし図 17 用いて、整流回路 40 の変形例について説明する。なお、図 13 ないし図 17 においても、同様に、図中の左側が電力供給源側線路 11 a に接続される側（上流側）であり、右側が負荷側線路 11 b に接続される側（下流側）である。

[0039] 図 13 は、実施形態に係る直流遮断装置の第 1 の例による整流回路 40 を示すブロック図である。第 1 の例は、図 1 に示した本実施形態に係る直流遮断装置 100 の整流回路 40 の場合である。

[0040] 図 14 は、実施形態に係る直流遮断装置の第 2 の例による整流回路 40 a を示すブロック図である。整流回路 40 a は、図 1 のサイリスタ 41 a、41 b に代えて、上流側と下流側の間に配されたトライアック（TRIAC：Triode for Alternating Current）42 を有する。

[0041] 図 15 は、実施形態に係る直流遮断装置の第 3 の例による整流回路 40 b を示すブロック図である。整流回路 40 b は、下流側から上流側に順流方向に配されたダイオード 43 と、ダイオード 43 と並列でかつダイオード 43 と逆方向に配されたサイリスタ 41 a を有する。

[0042] 図 16 は、実施形態に係る直流遮断装置の第 4 の例による整流回路 40 c を示すブロック図である。整流回路 40 c は、下流側から上流側に逆方向に配されたダイオード 43 と、ダイオード 43 と並列に配された自励半導体 44 を有する。自励半導体 44 は、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）、IEGT（Injection Enhanced Gate Transistor）、IGCT（Integrated Gate Commutated Turn-off thyristor）、GTO（Gate Turn-Off Thyristor）でもよい。

- [0043] 図17は、実施形態に係る直流遮断装置の第5の例による整流回路40dを示すブロック図である。整流回路40dは、互いに並列で、かつ互いに逆方向に配された2つの自励半導体44を有する。
- [0044] また、整流回路40、40a、40b、40c、40dのいずれかを組み合わせさせて整流回路としてもよい。
- [0045] 以上、本実施形態に係る転流回路20とその変形例、エネルギー吸収回路30とその変形例、および整流回路40とその変形例について説明したが、これらは、任意に組み合わせることができる。なお、図3に示す転流回路20と、図12に示すエネルギー吸収回路30eの組合せの場合には、リアクトルが設けられないことになるが、回路のL分（インダクタンス）により、振動成分を生成することが可能である。
- [0046] 図18は、実施形態に係る直流遮断装置100の制御方法における遮断責務の遂行の手順を示すフロー図である。図18において、実線の枠内は制御装置210の動作を示し、破線の枠内は、直流遮断装置100の状態の推移を示す。また、図19は、実施形態に係る直流遮断システムの時間的な推移の例を示すグラフである。図18に示した遮断責務の遂行の手順を図19のグラフを引用しながら、順次、説明する。
- [0047] なお、以下では、図1に示す構成を有する直流遮断装置100の場合を例にとって説明するが、それぞれの少なくとも1つないし全ての要素において変形例を用いる場合であっても、それぞれの等価な部分に置き換えれば、制御方法は同様である。
- [0048] まず、制御装置210は、整流回路40の各サイリスタ41a、41bのゲート信号をオンに設定する（ステップS11）。すなわち、事故発生に備えて、整流回路40は、主遮断器10と並列に電力供給源側線路11aと負荷側線路11b間を導通する状態となる。
- [0049] 一方、転流回路20の開閉器21は開状態とする。転流回路20が主遮断器10と切り離されたこの状態にあっては、コンデンサ22に、直流線路11とは逆方向の電位を生ずるように、図1では図示していない例えば予備充

電回路を介して充電されている。すなわち、転流回路20は、コンデンサ22の充電状態に設定されている。

[0050] 時刻 t_2 (図19)に、事故が発生する(事象推移W1)。事故が発生すると制御装置210は、事故発生信号を受信する(ステップS12)。ここで、事故とは、直流線路11あるいはこれが接続する回路あるいは電力系統に事故が発生し、主遮断器10を開放すべき状態になることを言う。事故発生信号は、たとえば、地絡、過電流、3相電流、電圧不平衡等に起因し、これらの継電器からの直接または間接的な出力、あるいは他の保護系統からの指令などである。

[0051] 制御装置210は、事故発生信号を受信すると、主遮断器10の開指令を出力する(ステップS13)。制御装置210からの開指令を受けて、主遮断器10は、時刻 t_2 (図19)で開状態に移行する。主遮断器10の開放とともに主遮断器10には、アーク放電が発生し、主遮断器10において通電状態が継続する(事象推移W2)。

[0052] 制御装置210は、主遮断器10への開指令の出力の次に、転流回路20の開閉器21に閉指令を出力する(ステップS14)。主遮断器10への開指令の出力と同時に、転流回路20の開閉器21に閉指令を出力してもよい。また、主遮断器10への開指令の出力以前に、転流回路20の開閉器21に閉指令を出力してもよい。制御装置210からの閉指令を受けて、転流回路20の開閉器21は時刻 t_3 において閉状態に移行する。

[0053] 転流回路20の開閉器21が閉となることにより、転流回路20から主遮断器10に交流電流が印加される(事象推移W3)。すなわち、コンデンサ22、リアクトル32、および主遮断器10を含むループに、予め充電されたコンデンサ22から電荷が放出され、事故電流である電流 I_b が流れる向きとは逆向きの振動電流が主遮断器10側に供給され、事故電流に重畳される。その結果、主遮断器10では、電流零点が形成され、電流遮断を完了する(図19の時刻 t_4)。

[0054] 時刻 t_4 で主遮断器10に電流零点が形成されて電流遮断を完了すると、

時刻 t_3 から時刻 t_4 の間ではコンデンサ 22、リアクトル 41、および主遮断器 10 を含むループに流れていた共振電流は、時刻 t_4 以後はコンデンサ 22、リアクトル 41、および整流回路 40 を構成するサイリスタ 41a およびサイリスタ 41b を含むループに流れる。また、時刻 t_1 から時刻 t_4 の間に主遮断器 10 に流れていた事故電流 I_b は、時刻 t_4 以後は整流回路 40 を構成するサイリスタ 41a およびサイリスタ 41b に流れる。そのため、整流回路 40 を構成するサイリスタ 41a およびサイリスタ 41b には、事故電流 I_b と、コンデンサ 22、リアクトル 23、およびサイリスタ 41a およびサイリスタ 41b を含むループに流れる共振電流の両者が流れることになる（事象推移 W4）。

[0055] この後、主遮断器 10 の絶縁性能が回復側に復帰する（事象推移 W5）。この間、制御装置 210 は、主遮断器 10 の絶縁性能の確認を継続する（ステップ S15）。すなわち、絶縁性能が回復したと判定されない場合（ステップ S16 NO）には、ステップ S15 およびステップ S16 を繰り返す。

[0056] 主遮断器 10 の絶縁性能の確認は、たとえば、主遮断器 10 の推定電圧を主遮断器 10 に流れる電流の実測値で除した抵抗値として求めてもよい。あるいは、主遮断器の両端に加わる電圧の実測値と電流の推定値により求めてもよい。あるいは、主遮断器 10 に流れる電の実測値と主遮断器の両端に加わる電圧の実測値とから求めてもよい。また、主遮断器 10 の両端に加わる電圧は、整流回路 40 を構成するサイリスタ 41a およびサイリスタ 41b が導通状態である間は、サイリスタの ON 電圧と、電流変化率と回路のインダクタンス成分の積との和として求めてもよい。

[0057] 絶縁性能が回復したと判定された場合（ステップ S16 YES）には、制御装置 210 は、整流回路 40 のサイリスタ 41a およびサイリスタ 41b のゲート信号を OFF する（ステップ S17）。整流回路 40 は、サイリスタ 41a およびサイリスタ 41b に流れる電流が零となるまで導通状態を維持する。図 19 では時刻 t_5 に対応する。

- [0058] 整流回路40のサイリスタ41aおよびサイリスタ41bに流れる事故電流 I_b と、転流回路20のコンデンサ22、リアクトル23、および主遮断器10を含むループに流れる共振電流との和が零となる時、整流回路40のサイリスタ41aおよびサイリスタ41bに流れる電流が零となる。この結果、サイリスタ41aおよびサイリスタ41bは非導通状態へと遷移する。その結果、直流遮断システム200は電流遮断を完了することにより、遮断責務を果たす（事象推移W6）。図19では時刻 t_6 に対応する。
- [0059] なお、このような制御により強制的に事故電流を遮断すると、系統に電磁エネルギーが残留することがある。この残留した電磁エネルギーは、転流回路20を構成するコンデンサ22を充電し、エネルギー吸収回路30によって処理される。時刻 t_6 において直流遮断システム200の電流遮断が完了すると、事故電流は電流 I_r となって主遮断器10および整流回路40を除いた回路による転流回路20に流れる状態となる。
- [0060] 転流回路20に流れる事故電流による電流 I_r は、開閉器21が「閉」である間は、予め充電されていた向きとは逆向きにコンデンサ22を充電する。リアクトル32に誘起される電圧を無視すれば、コンデンサ22の充電電圧 V_c は主遮断器10の両端の電圧 V_b とほぼ等しく、エネルギー吸収回路30のユニットである避雷器31は V_b がある電圧値まで上昇した時刻からエネルギーの処理を開始する。
- [0061] 制御装置210は、開閉器21に再度「開」指令を出力する（ステップS18）。これに基づいて、開閉器21が図19の時刻 t_7 において再度「開」となることにより、コンデンサ22は直流系統から切り離される。高速度再開路のステップが必要な場合、開閉器21が再度「開」となることにより、コンデンサ22の充電電圧 V_c を再度の事故処理に必要な電圧値を維持することができる。
- [0062] 高速度再開路のステップが必要な場合、もちろん、コンデンサ22に図示しない回路から充電されることにより、電圧値を上昇ないし維持してもよい。なお、図19の時刻 t_7 は、直流遮断システム200が電流遮断を完了す

ることにより、遮断責務を果たす事象推移W6の前であってもよい。加えて、開閉器21が電磁ないし機械的反発力により閉動作後に自動的に開動作が実行される場合、制御装置210は開閉器21に「開」指令を出力しなくてもよい。

[0063] 次に、高速度再開路ステップS20の手順について説明する。図20は、実施形態に係る直流遮断装置100の制御方法における高速度再開路の手順を示すフロー図である。

[0064] まず、制御装置210は、整流回路40のサイリスタ41aのゲート信号をONとする（ステップS21、図19の時刻t8）。さらに、整流回路40のサイリスタ41bのゲート信号をONとしてもよい。

[0065] 高速度再開路するために、整流回路40を構成するサイリスタ41aをONした際に、事故が継続していない場合、制御装置210は、主遮断器10に再度「閉」指令を出力する（ステップS22）。この結果、高速度再開路が達成される。

[0066] 一方、高速度再開路するために、整流回路40を構成するサイリスタ41aをONした際に、事故が継続している場合があり、この場合について以下に説明する。なお、図19の時刻t8以降は、この場合の応答を示している。

[0067] 高速度再開路後には、整流回路を構成するサイリスタ41aに事故電流が流れる。この際、事故電流である電流Ibの向きは高速度再開路を実施する前の一度目の事故電流の向きと同一となる。

[0068] 制御装置210は、事故が継続し、電流Ibが再度流れている状態を受けて、時刻t9にてサイリスタ41a、41bのゲート信号をOFFする。サイリスタ41a、41bがターンオフするまでは、導通状態が維持される。

[0069] 続いて、時刻t10に、転流回路20を構成する開閉器21を「閉」とする。開閉器21を「閉」とすることにより、コンデンサ22、リアクトル32、および整流回路40を含むループに、予め充電されたコンデンサ22から電荷が放出される。コンデンサ22から電荷が放出されることによって、

コンデンサ22からリアクトル32とサイリスタ41aとを通過する共振電流が流れる。これにより、直流遮断装置100では、事故電流である電流I_bが流れる向きと同じ向きの振動電流が事故電流に重畳された後、共振により逆向きの振動電流が事故電流に重畳される。その結果、サイリスタ41aは時刻t₁₁でターンオフする。その後、一度目の事故遮断の場合と同様に、系統に残留する電磁エネルギーが処理される。

[0070] 以上が、高速度再閉路するために、整流回路40を構成するサイリスタ41aをONした際に、事故が継続している場合の処理の流れである。

[0071] また、別のケースとして、事故により主遮断器10に流れる事故電流である電流I_bが図1中の矢印の向きとは逆向きに流れる場合が想定される。この場合には、一度目の事故遮断として、時刻t₃に開閉器21を「閉」とすることにより、主遮断器10には、事故電流である電流I_bが流れる向きと同じ向きの振動電流が事故電流に重畳された後、共振により電流I_bが流れる向きと逆向きの振動電流が事故電流に重畳される。その結果、主遮断器10は、時刻t₄で電流零点が形成されて電流遮断を完了することにより、遮断責務を果たす。

[0072] 主遮断器10が遮断されることで、主遮断器10に流れていた事故電流や振動電流は、整流回路40のサイリスタ41a、41bに流れる。整流回路40のサイリスタ41a、41bのゲート信号を時刻t₅にOFFすることにより、事故電流と振動電流の和が零となる時刻t₆にサイリスタ41a、41bがターンオフし、直流遮断装置100は事故遮断を完了する。その後、直流系統に残留する電磁エネルギーが処理される。

[0073] なお、以上の説明では転流回路20から主遮断器10に重畳される共振電流により主遮断器10に形成される第一電流零点にて遮断が成功する場合について説明した。これに対して、主遮断器10は、第一電流零点での電流遮断には失敗したが、第二電流零点や第三電流零点にて成功する場合もある。

[0074] この場合において、遮断対象電流として負荷電流を遮断するときの動作は、一度目の事故遮断と同様の操作を実施する。すなわち、主遮断器10を「

開」とし、転流回路20の開閉器21を「閉」とすることで、コンデンサ22から、コンデンサ22、開閉器21、リアクトル32、主遮断器10を含むループに電荷が放出されることで、共振電流が流れる。共振電流が流れることにより、主遮断器10に電流零点が形成されて電流遮断を完了することにより、遮断責務を果たす。

[0075] 主遮断器10に流れる電流が零となると、コンデンサ22、開閉器21、リアクトル32、主遮断器10を含むループに流れていた共振電流は、コンデンサ22、開閉器21、リアクトル32、整流回路40を含むループに流れる。直流遮断装置100の制御装置210は、主遮断器10に電流零点が形成された後の適した時刻に整流回路40のサイリスタ41a、41bのゲート信号をOFFすることにより、サイリスタ41a、41bに流れる負荷電流と共振電流の和がゼロとなった時刻においてサイリスタ41a、41bがターンオフする。この結果、整流回路40は非導通状態となり、遮断責務を果たす。系統に残ったエネルギーはエネルギー吸収回路30によって処理される。その結果、直流遮断装置100は電流遮断責務を果たす。

[0076] 図21は、実施形態に係る直流遮断システムの効果の説明用の第1のグラフである。また、図22は、実施形態に係る直流遮断システムの効果の説明用の第2のグラフである。

[0077] 第1のグラフは、本実施形態の場合の応答、第2のグラフは比較例として示す従来例の場合の応答である。図21および図22の横軸は、時間(ms)、縦軸は、主遮断器10における電圧値および電流値であり、いずれも相対値(pu)である。

[0078] 今、図21において、主遮断器10の電流値I_bがゼロとなる点をp1a、主遮断器10の電圧の絶対値がマイナス方向に最大となる点をp2aで表す。同様に、図22において、主遮断器10の電流値I_bがゼロとなる点をp1b、主遮断器10の電圧の絶対値がマイナス方向に最大となる点をp2bで表す。

[0079] このとき、図21(本実施形態)における点p1aから点p2aまでの時

時間間隔 Δt_1 と、図22（比較例）における点p1bから点p2bまでの時間間隔 Δt_2 とを比較すると、時間間隔 Δt_1 は時間間隔 Δt_2 の100倍程度以上であり、時間間隔 Δt_1 は時間間隔 Δt_2 に比べて著しく大きい。

[0080] また、主遮断器10の電流値 I_b がゼロとなる点と主遮断器10の電圧の絶対値がマイナス方向に最大となる点とを結ぶ傾きである電圧変化率（ $\Delta V_{cb} / \Delta t$ ）の値については、図21（本実施形態）の場合は、図22（比較例）の場合の100分の1程度以下であり、本実施形態の場合は、比較例の場合に比較して著しく小さい。

[0081] このように、比較例に示す従来技術では、主遮断器に流れる電流が零となった直後に過渡回復電圧が印加される。一方、本実施形態に係る直流遮断装置100においては、主遮断器に流れる電流が零となって所定の時間が経過後に過渡回復電圧が印加される。このため、主遮断器10の電流値 I_b がゼロとなる点と主遮断器10の電圧の絶対値がマイナス方向に最大となる点とを結ぶ傾きである電圧変化率（ $\Delta V_{cb} / \Delta t$ ）は従来例と比較して著しく低下する。このため、遮断失敗のリスクを低減することができる。

[0082] さらに、本実施形態では、主遮断器10に電流零点が形成された後、整流回路40に事故電流および振動電流を転流させるため、主遮断器10の電流零点後に印加される過渡回復電圧を小さくすることができる。したがって、主遮断器10を構成する遮断器の直列数を減少させることができ、小型化が容易となる。

[0083] また、従来例では、1度目の事故遮断を行った後、高速度再開路と、再遮断を実施するために主遮断器を複数回駆動する必要があり、駆動機構が複雑となり小型化が容易でない。この点、本実施形態の直流遮断システム200では、整流回路40と、転流回路20を用いて高速度再開路と再遮断をすることができるため、再遮断に主遮断器10を動作させる必要がない。この結果、駆動機構や制御回路が簡略化される。加えて、主遮断器10を動作させる必要がないため、主遮断器10の電極が十分に開くまで待つ必要がなく、高速に再遮断ができ、再遮断に必要なコンデンサを減らすことができる。こ

の結果、装置全体のコンパクト化を図ることができる。

[0084] 以上、説明した実施形態によれば、構造をコンパクトにすることができる直流遮断システム、直流遮断装置の制御方法、および直流遮断装置の制御プログラムを提供することが可能となる。

[0085] [その他の実施形態]

以上、本発明の実施形態を説明したが、実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。また、これらの各実施形態の特徴を組み合わせてもよい。また、実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

符号の説明

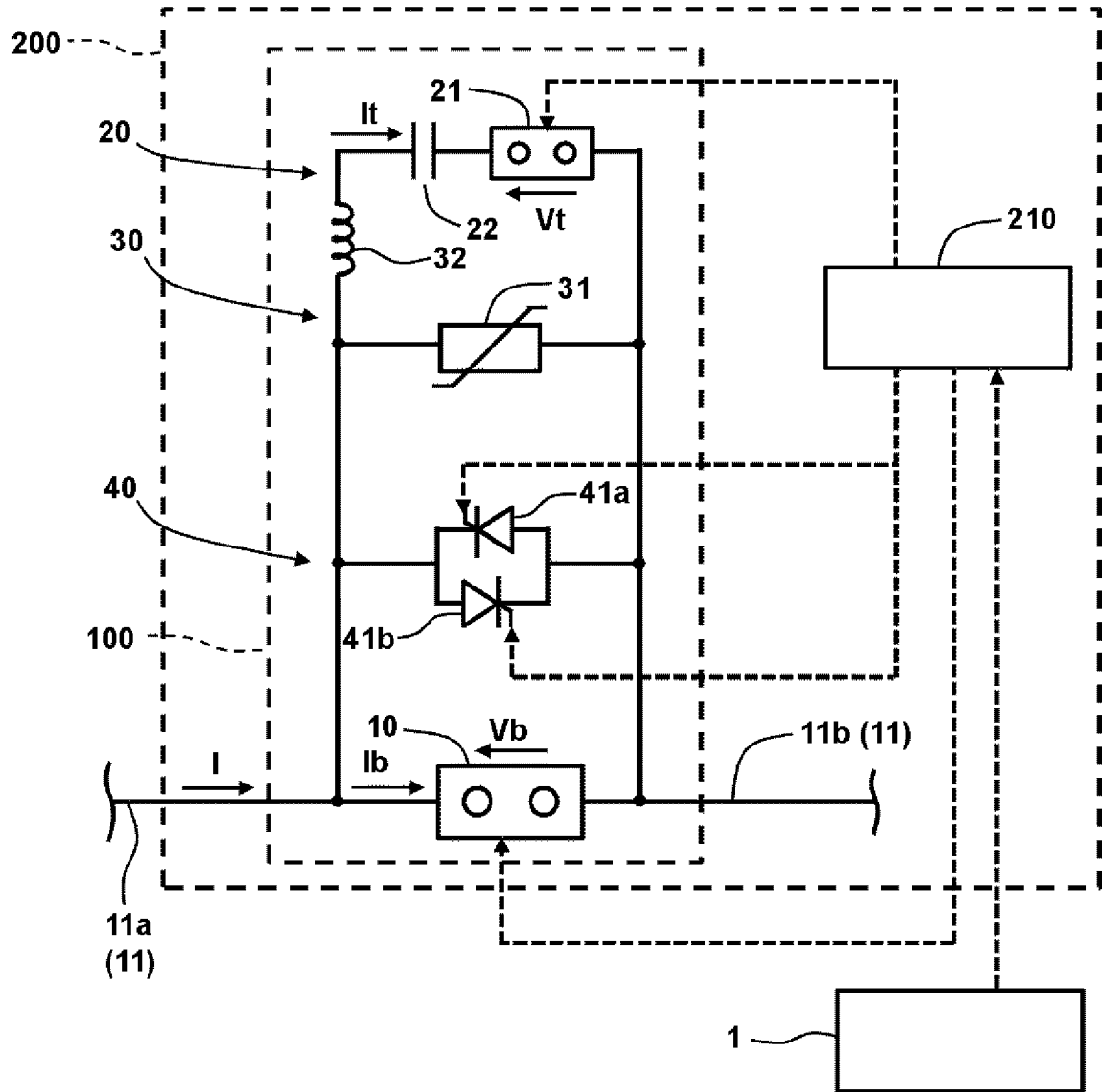
[0086] 1…遮断器作動回路、10…主遮断器、11…直流線路、11a…電力供給源側線路、11b…負荷側線路、20、20a、20b、20c…転流回路、21…開閉器、22…コンデンサ、23…リアクトル、30、30a、30b、30c、30d、30e…エネルギー吸収回路、31…避雷器、32…リアクトル、40、40a、40b、40c、40d…整流回路、41a、41b…サイリスタ、42…トライアック、43…ダイオード、44…自励半導体、100…直流遮断装置、200…直流遮断システム、210…制御装置

請求の範囲

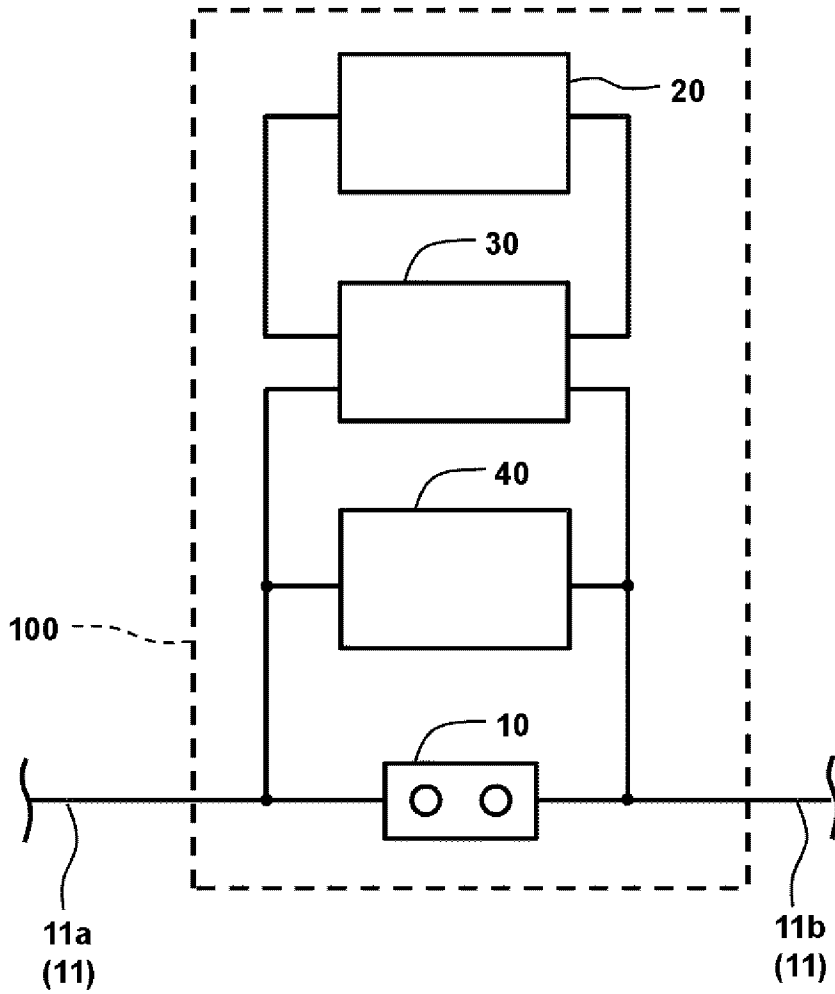
- [請求項1] 直流線路に設けられた主遮断器と、
前記主遮断器に並列に接続され、前記主遮断器の開放時に前記主遮断器に共振電流を供給する転流回路と、
前記転流回路に並列に接続され、前記主遮断器の開放時に前記主遮断器の絶縁性能が回復するまでの間は導通状態を維持可能な整流回路と、
前記主遮断器、前記転流回路、および前記整流回路を制御する制御装置と、
を備えることを特徴とする直流遮断システム。
- [請求項2] 前記転流回路に電氣的に接続されたエネルギー吸収回路をさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の直流遮断システム。
- [請求項3] 前記主遮断器は、複数のユニットで構成されることを特徴とする請求項1に記載の直流遮断システム。
- [請求項4] 前記主遮断器に直列に設けられた電流計をさらに備え、
前記制御装置は、前記電流計に流れる電流の値から前記主遮断器の前記絶縁性能を算出する、
ことを特徴とする請求項1に記載の直流遮断システム。
- [請求項5] 整流回路を導通状態とするステップと、
事故発生信号を受けて主遮断器を開放状態とするステップと、
前記事故発生信号を受けて転流回路から前記主遮断器に共振電流を供給するステップと、
前記主遮断器の絶縁性能の回復の有無を判定するステップと、
前記絶縁性能が回復したと判定した場合には、前記整流回路を非導通状態とするステップと、
を有することを特徴とする直流遮断装置の制御方法。
- [請求項6] コンピュータに、
整流回路を導通状態とさせるステップと、

事故発生信号を受けて主遮断器を開放状態とさせるステップと、
前記事故発生信号を受けて転流回路から前記主遮断器に共振電流を
供給させるステップと、
前記主遮断器の絶縁性能の回復の有無を判定するステップと、
前記絶縁性能が回復したと判定した場合には、前記整流回路を非導
通状態とさせるステップと、
を実行させるための直流遮断装置の制御プログラム。

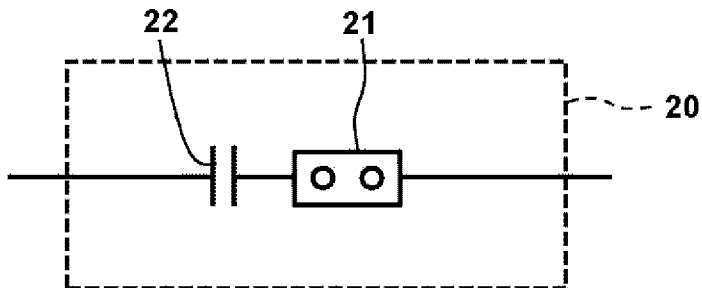
[図1]



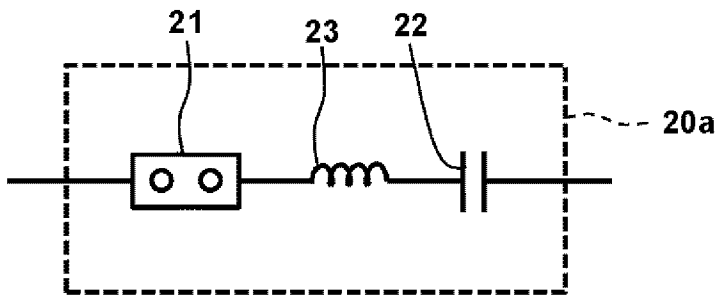
[図2]



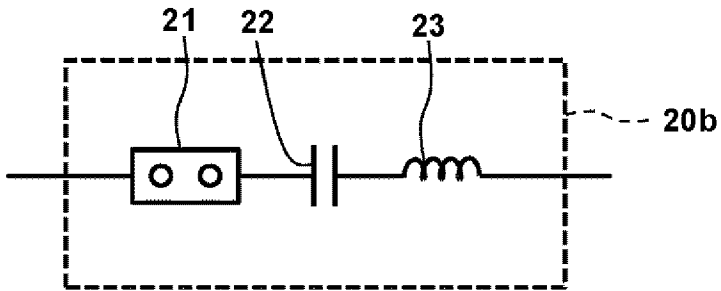
[図3]



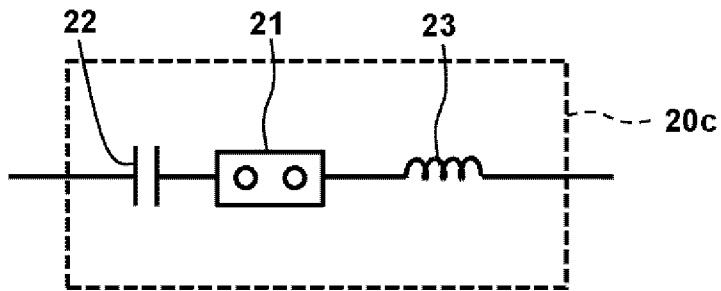
[図4]



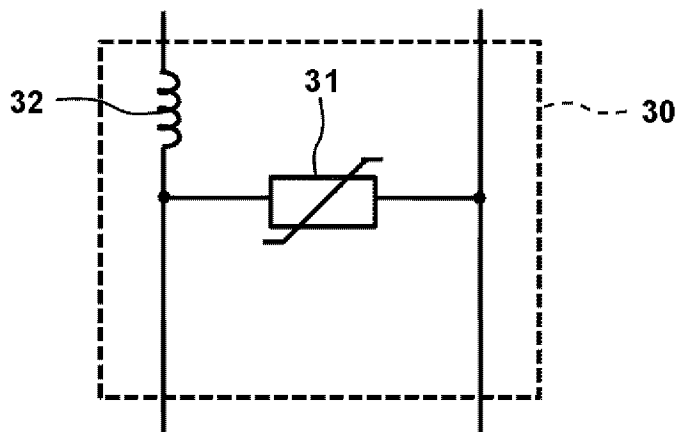
[図5]



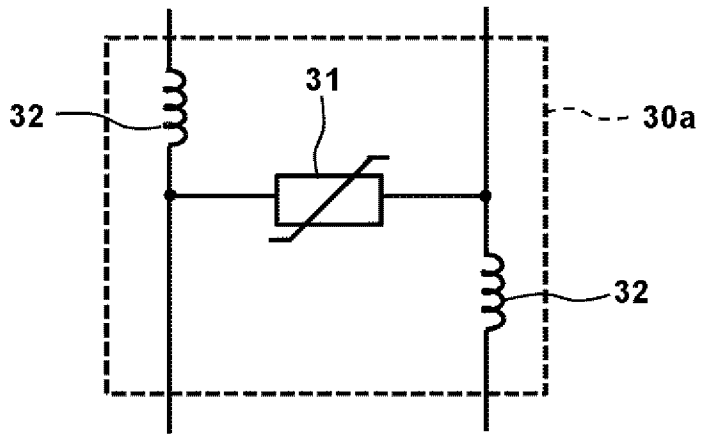
[図6]



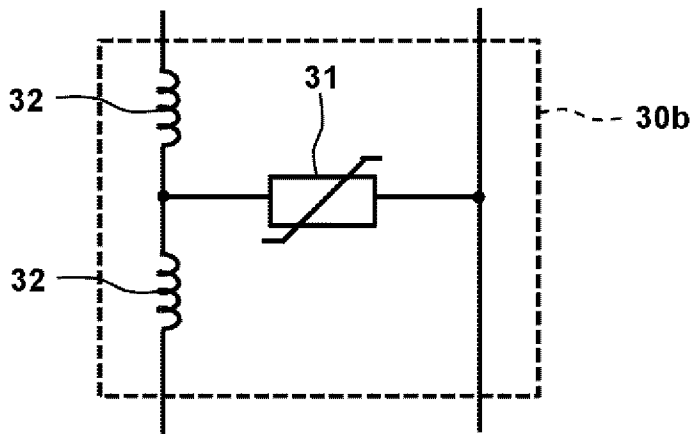
[図7]



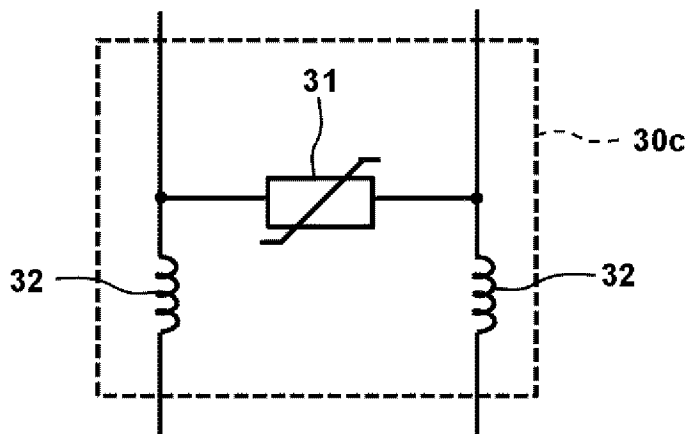
[図8]



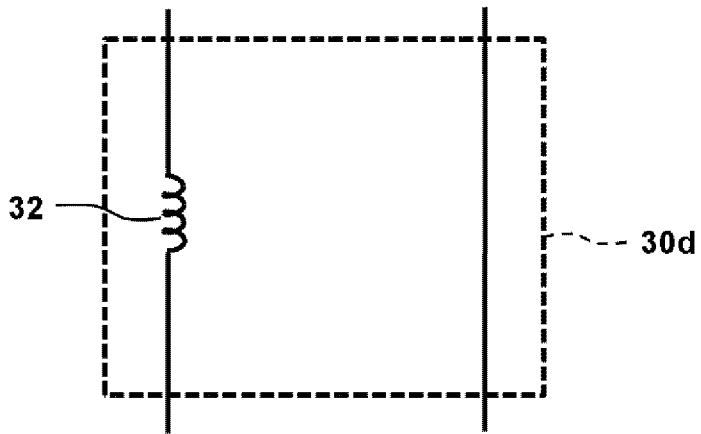
[図9]



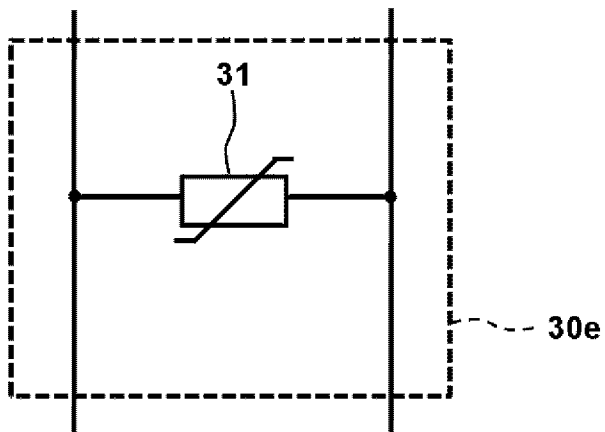
[図10]



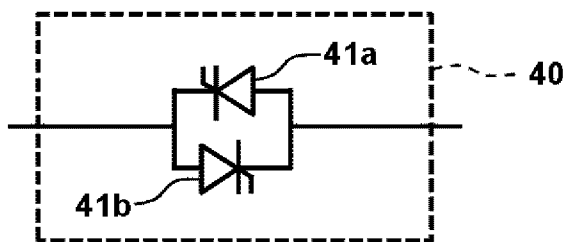
[図11]



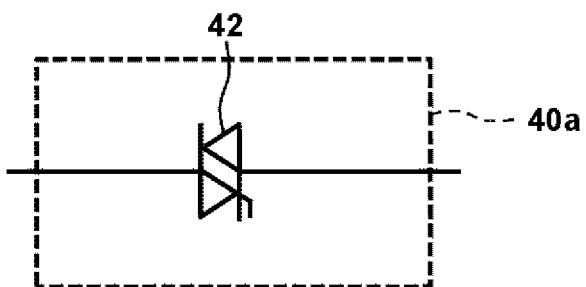
[図12]



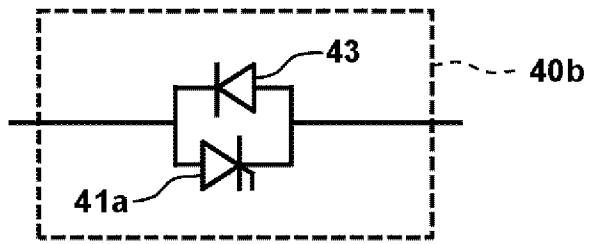
[図13]



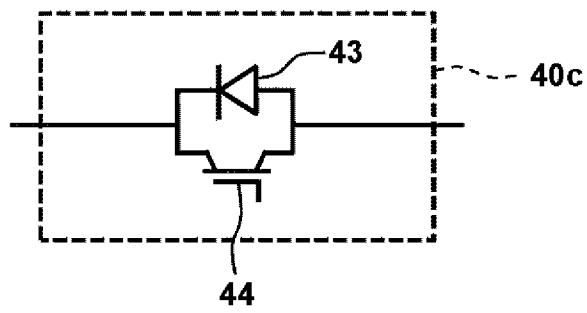
[図14]



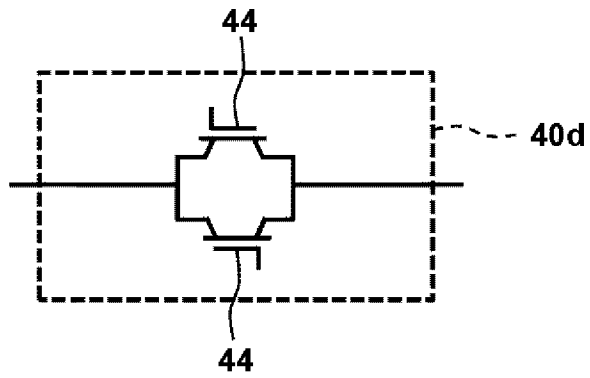
[図15]



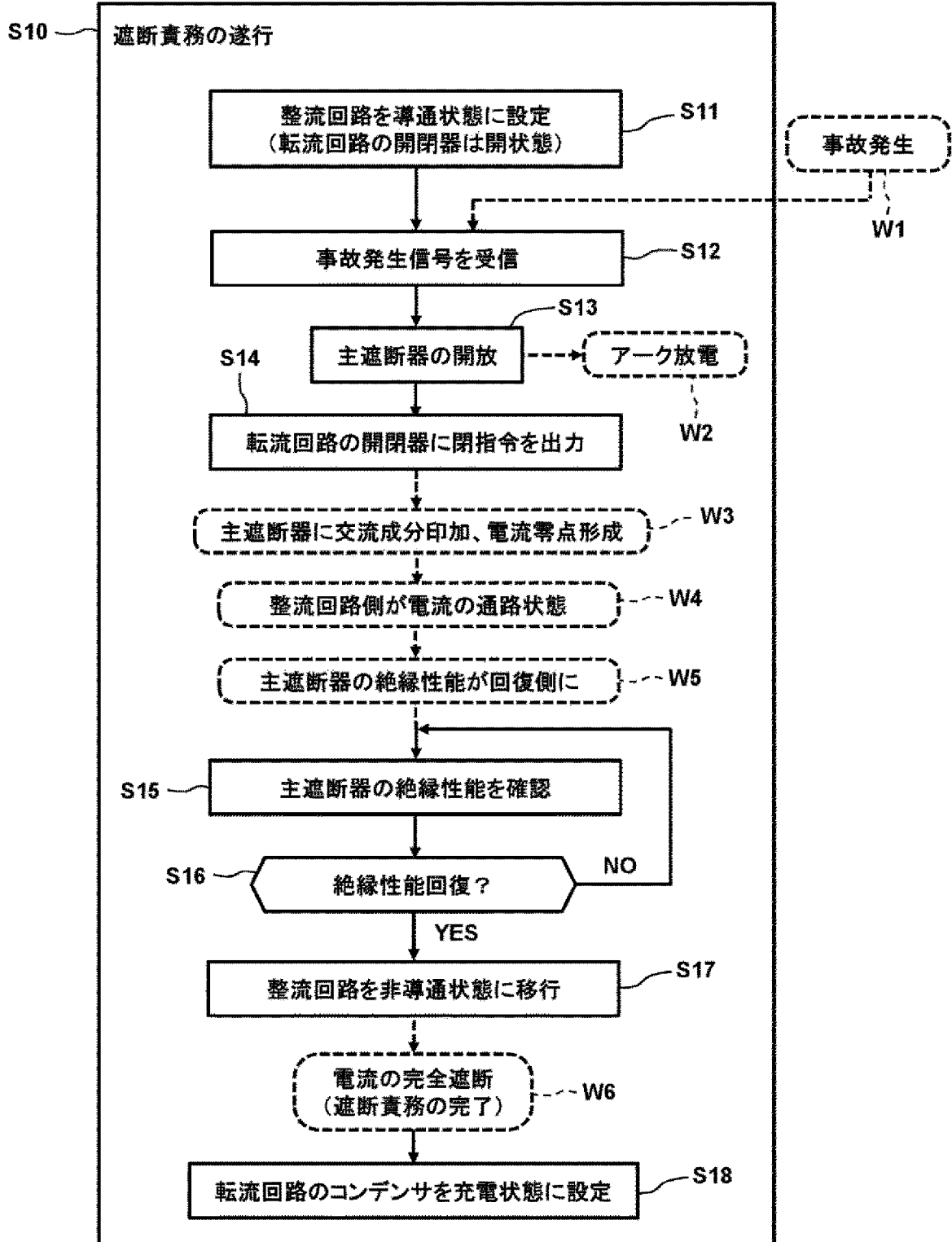
[図16]



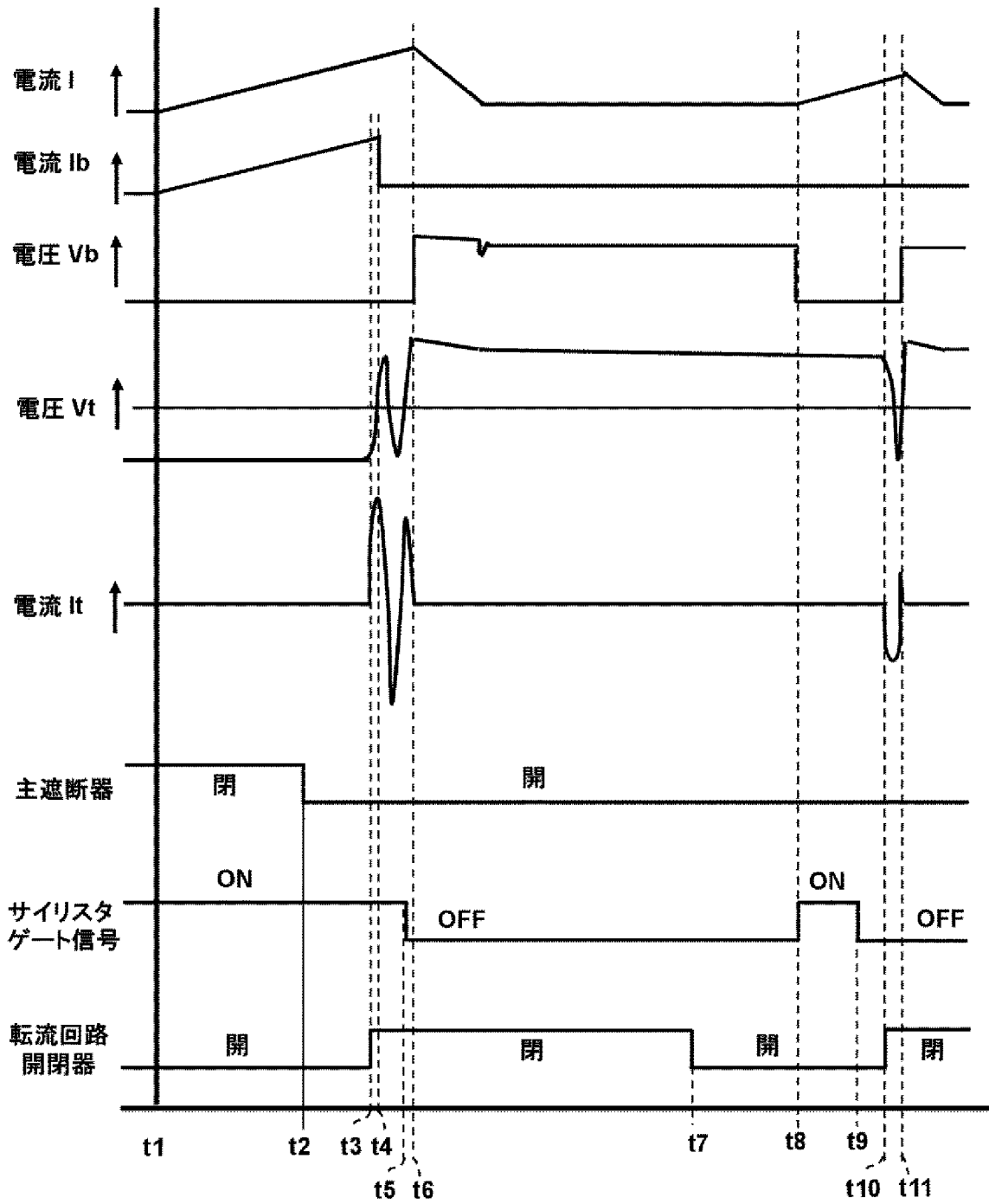
[図17]



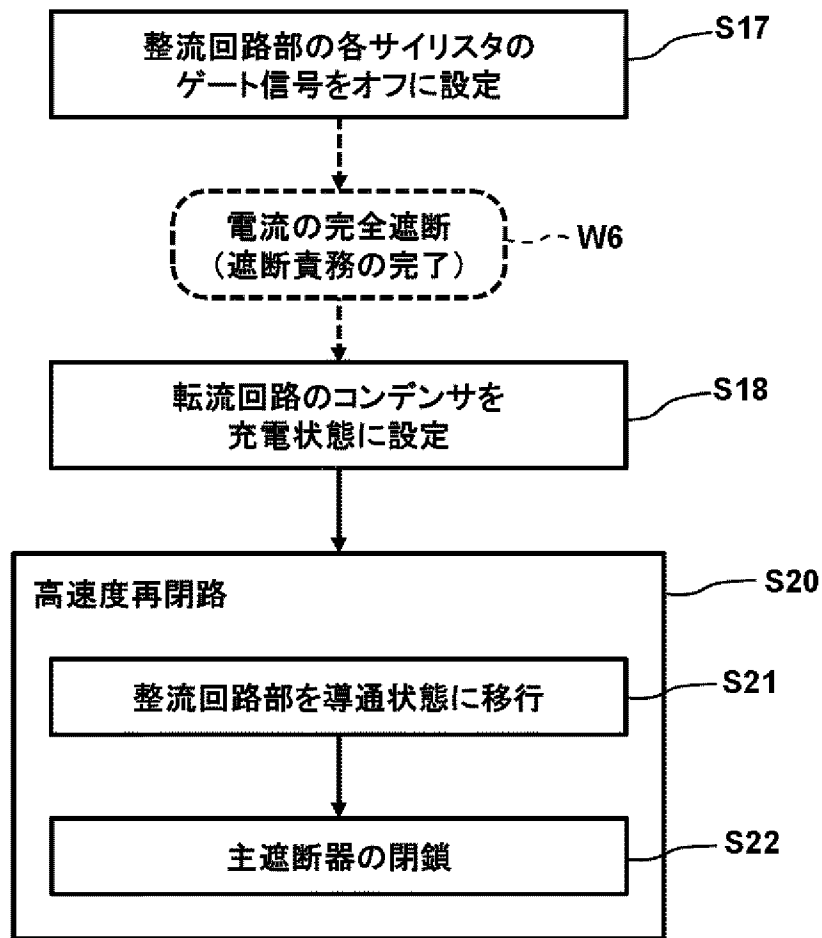
[図18]



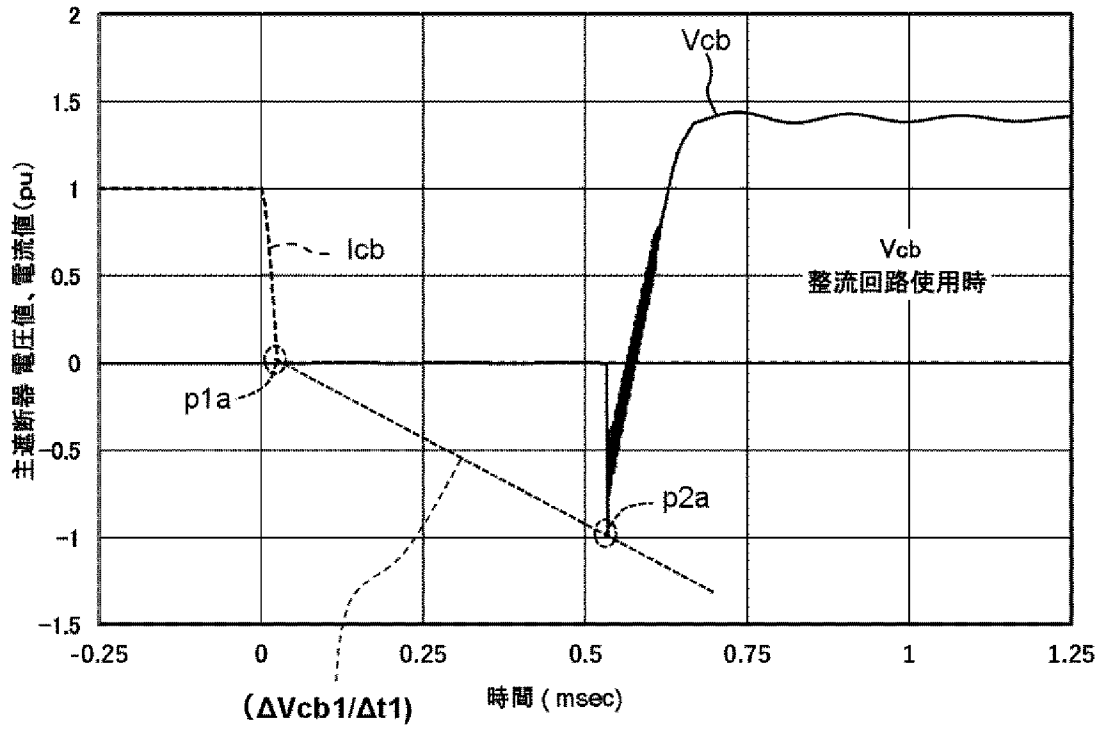
[図19]



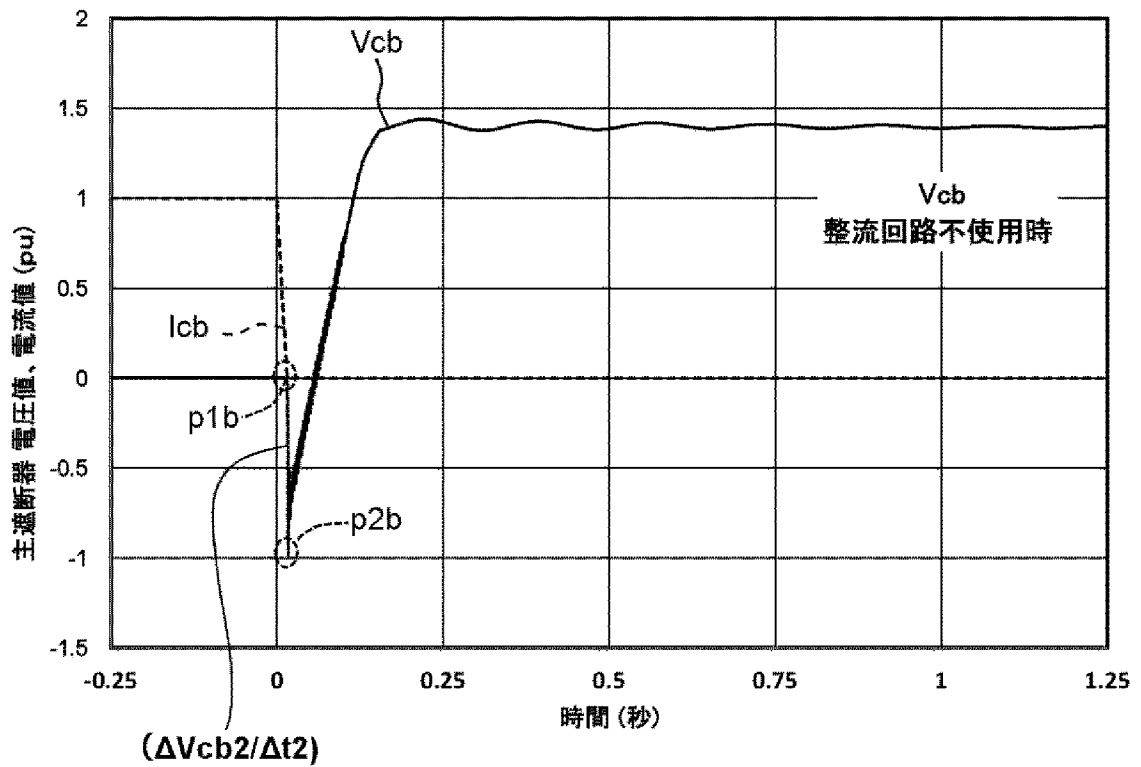
[図20]



[圖21]



[圖22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/046635

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01H 33/59</i> (2006.01)i FI: H01H33/59 D		
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) H01H33/59		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
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.
X	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 99869/1985 (Laid-open No. 7738/1987) (MEIDENSHA CORPORATION) 17 January 1987 (1987-01-17), specification, page 1, line 5 to page 2, line 5, page 7, line 8 to page 12, line 1, fig. 1, 2	5-6
Y		1-4
Y	WO 2015/087558 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 18 June 2015 (2015-06-18) paragraphs [0016]-[0022], [0027], fig. 1	1-4
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 20 February 2023		Date of mailing of the international search report 07 March 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2022/046635

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 62-7738 U1	17 January 1987	(Family: none)	
WO 2015/087558 A1	18 June 2015	US 2016/0204596 A1 paragraphs [0035]-[0041], [0046], fig. 1	
		EP 3082208 A1	
		CN 105531893 A	
		DK 3082208 T3	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01H 33/59(2006.01)i FI: H01H33/59 D		
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）） H01H33/59 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査でを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
X	日本国実用新案登録出願60-99869号(日本国実用新案登録出願公開62-7738号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(株式会社明電舎) 17.01.1987 (1987-01-17) 明細書第1頁第5行-第2頁第5行, 第7頁第8行-第12頁第1行, 第1図-第2図	5-6
Y		1-4
Y	WO 2015/087558 A1 (三菱電機株式会社) 18.06.2015 (2015-06-18) 段落 [0016] - [0022], [0027], 図1	1-4
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
20.02.2023	07.03.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 内田 勝久 3T 3799 電話番号 03-3581-1101 内線 3368	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/046635

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 62-7738 U1	17.01.1987	(ファミリーなし)	
WO 2015/087558 A1	18.06.2015	US 2016/0204596 A1 段落 [0035] - [0041], [0046], 図1 EP 3082208 A1 CN 105531893 A DK 3082208 T3	