

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5904883号  
(P5904883)

(45) 発行日 平成28年4月20日 (2016. 4. 20)

(24) 登録日 平成28年3月25日 (2016. 3. 25)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 M 7/497 (2007. 01)

H O 2 M 7/497

H O 2 M 7/515 (2007. 01)

H O 2 M 7/515

D

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2012-133623 (P2012-133623)  
 (22) 出願日 平成24年6月13日 (2012. 6. 13)  
 (65) 公開番号 特開2013-258841 (P2013-258841A)  
 (43) 公開日 平成25年12月26日 (2013. 12. 26)  
 審査請求日 平成26年10月28日 (2014. 10. 28)

(73) 特許権者 000006013  
 三菱電機株式会社  
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号  
 (73) 特許権者 501137636  
 東芝三菱電機産業システム株式会社  
 東京都中央区京橋三丁目1番1号  
 (74) 代理人 100094916  
 弁理士 村上 啓吾  
 (74) 代理人 100073759  
 弁理士 大岩 増雄  
 (74) 代理人 100127672  
 弁理士 吉澤 憲治  
 (74) 代理人 100088199  
 弁理士 竹中 岑生

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変圧器多重電力変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多相交流電力と直流電力を相互に変換する複数台の相互に独立した変換器ユニットと、  
 複数台の変圧器と、  
 変換器制御部から構成され、  
 前記各変換器ユニットの交流電圧端子は前記各変圧器を介して直列接続されて電力系統に  
 連系され、  
 前記各変換器ユニットの直流電圧端子は相互に独立し、  
 前記変換器制御部は、前記各変換器ユニットの直流電圧が所定の値になるように、前記各  
 変換器ユニットを制御する変圧器多重電力変換装置。

【請求項 2】

前記変換器ユニットの直流電圧端子に、電源または負荷が接続され、前記変換器ユニット  
 の直流電圧端子は相互に独立しており、前記各変換器ユニットの通過電力はほぼ同じであ  
 る請求項 1 に記載の変圧器多重電力変換装置。

【請求項 3】

前記電源または負荷は、前記変圧器多重電力変換装置と同一構成の第 2 の変圧器多重電力  
 変換装置であり、前記各変換器ユニットの直流電圧端子と前記第 2 の変圧器多重電力変換  
 装置の各変換器ユニットの直流電圧端子とを接続する構成とした請求項 2 に記載の変圧器  
 多重電力変換装置。

【請求項 4】

10

20

前記変換器制御部は、前記各変換器ユニットの直流電圧を検出する直流電圧検出器と、前記電力系統への連系線に設置した交流電圧検出器で検出した交流電圧から電圧位相基準を検出する電圧位相検出部と、前記電力系統への連系線に設置した電流検出器で検出した交流電流から前記電圧位相基準に基づき前記電力系統へ出力される交流電流の有効電流および無効電流を検出する有効無効電流検出部と、直流電圧検出値と直流電圧指令値に基づいて、有効電流指令値を演算する直流電圧制御部と、前記有効電流と前記無効電流と前記直流電圧検出値に基づいて、前記各変換器ユニットの前記直流電圧が同一となるように前記直流電圧の直流電圧補正値を演算するユニット個別直流電圧制御部と、前記無効電流が無効電流指令値に一致するように、無効電流に関する無効電圧基準値を演算する無効電流制御部と、前記有効電流が有効電流指令値に一致するように、前記有効電流に関する有効電圧基準値を演算する有効電流制御部と、前記無効電圧基準値と前記有効電圧基準値と前記直流電圧補正値と前記電圧位相基準に基づいて、前記各変換器ユニットの出力交流電圧基準値を演算する電圧基準値生成部と、前記出力交流電圧基準値に基づいて、前記各変換器ユニットのスイッチング素子を駆動するためのゲートパルス信号を生成するゲートパルス信号生成部と、から構成される請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の変圧器多重電力変換装置。

10

20

【請求項 5】

前記直流電圧制御部は、前記直流電圧検出値から直流電圧代表値を算出し、前記直流電圧代表値が前記直流電圧指令値に一致するように、前記有効電流指令値を演算し、前記ユニット個別直流電圧制御部は、前記直流電圧代表値と前記直流電圧検出値との偏差を零に制御する制御器を備え、前記制御器の出力である有効電力に関わる電圧補正値から前記有効電流に関する有効電圧補正値と前記無効電流に関する無効電圧補正値を演算する構成とした請求項 4 に記載の変圧器多重電力変換装置。

【請求項 6】

前記直流電圧制御部は、前記直流電圧検出値から直流電圧代表値を算出し、前記直流電圧代表値が前記直流電圧指令値に一致するように、前記有効電流指令値を演算し、前記ユニット個別直流電圧制御部は、前記直流電圧代表値と前記直流電圧検出値の偏差を零に制御する制御器を備え、前記制御器の出力である有効電力偏差から、前記有効電流に関する有効電圧補正値と前記無効電流に関する無効電圧補正値を演算する構成とした請求項 4 に記載の変圧器多重電力変換装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、変圧器で多重化された電力変換装置に関し、特に電力系統に連系される変圧器多重電力変換装置に関するものである。

【背景技術】

40

【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。

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などがあり、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側を共通化できるという利点がある。しかし、大容量装置で変換器の多重数が増加する場合は、直流回路の配線インダクタンスと各変換器が持つ平滑コンデンサとの間で共振が発生することがあり、

50

対策が必要となる。

【 0 0 0 3 】

直流回路は共通で、交流側が変圧器で直列多重接続されている多重インバータ装置では、直流回路の配線インダクタンスおよびヒューズ溶断用リアクトルと各変換器が持つ平滑コンデンサとの間で共振が発生するため、この直流回路の共振を抑制するための手段について開示されている（例えば、特許文献 1）。特許文献 1 では、インバータ入力電流に含まれる高調波成分のある成分が相殺し合って小さくなるようにインバータキャリア位相をずらし、直流回路の共振周波数を高調波成分の周波数にほぼ一致させることで共振を抑制している。また、従来技術として、配線に抵抗を挿入するなどの共振抑制対策が知られている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開昭 6 3 - 2 1 7 9 7 8 号公報（〔（ 2 ）頁下段（発明の構成）〕、図 1、4）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

直流回路を共通とする変圧器多重電力変換装置における直流回路の共振の問題を解決するために、特許文献 1 開示発明の方法では、変換器数の増加により複数の共振周波数が存在すると、その周波数を避けられない場合がある。またダンピング抵抗を挿入すると、ダンピング抵抗により損失が増加するという問題がある。

20

さらに、直流回路を共通とする変圧器多重電力変換装置の問題点として、無効電力補償装置のように直流回路に負荷および電源を持たない場合は有効電力が殆ど流れないため、平均的な直流電流はほぼ零となるが、各段の高調波成分の大きさ、位相のずれによる横流が生じる。変換器多重数が増加すると直流回路の共振特性によりその変換器間の横流電流が増加し、直流回路のケーブルやブスバーなどの配線の電流責務が増大するという問題点がある。また直流回路の平滑コンデンサ容量にばらつきがあり配線インピーダンスがある場合、過渡変動時にコンデンサ電圧にばらつきが発生し、コンデンサ電圧が高い変換器から低い変換器へと直流の横流が生じる。

30

【 0 0 0 6 】

また B T B ( B a c k t o B a c k ) ( 非同期連系装置 ) または電力融通装置のように、直流回路に有効電力が通過して直流回路に大きな直流電流が流れる場合は、変換器多重数が増加すると、直流回路を通過する電流が増加し、電流責務が増大する。このため、直流回路のケーブルやブスバーが占める体積が増加し、構造設計が困難になるという問題が生じる。

【 0 0 0 7 】

この発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであり、直流回路の共振による系統に流出する高調波を抑制するとともに、直流回路電流責務を減少させて、直流回路の小型化、簡素化を図ることができる変圧器多重電力変換装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

この発明に係る変圧器多重電力変換装置は、多相交流電力と直流電力を相互に変換する複数台の相互に独立した変換器ユニットと、複数台の変圧器と、変換器制御部から構成され、各変換器ユニットの交流電圧端子は各変圧器を介して直列接続されて電力系統に連系され、各変換器ユニットの直流電圧端子は相互に独立し、変換器制御部は各変換器ユニットの直流電圧が所定の値になるように各変換器ユニットを制御するものである。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

50

この発明に係る変圧器多重電力変換装置は、多相交流電力と直流電力を相互に変換する複数台の相互に独立した変換器ユニットと、複数台の変圧器と、変換器制御部から構成され、各変換器ユニットの交流電圧端子は各変圧器を介して直列接続されて電力系統に連系され、各変換器ユニットの直流電圧端子は相互に独立し、変換器制御部は各変換器ユニットの直流電圧が所定の値になるように各変換器ユニットを制御するものであるため、直流回路の共振による系統に流出する高調波を抑制するとともに、直流回路電流責務を減少させて、直流回路の小型化、簡素化を図り、装置容量を増加させることができる変圧器多重電力変換装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

10

【図 1】この発明の実施の形態 1 の変圧器多重電力変換装置に係るシステム構成図である。

【図 2】この発明の実施の形態 1 の変圧器多重電力変換装置に係る電力変換器の構成図である。

【図 3】この発明の実施の形態 1 の変圧器多重電力変換装置に係る変換器ユニットの回路図例である。

【図 4】この発明の実施の形態 1 の変圧器多重電力変換装置に係る変換器ユニットの回路図例である。

【図 5】この発明の実施の形態 2 の変圧器多重電力変換装置に係る変換器制御部の主要部の構成図である。

20

【図 6】この発明の実施の形態 3 の変圧器多重電力変換装置に係るシステム構成図である。

【図 7】この発明の実施の形態 4 の変圧器多重電力変換装置に係るシステム構成図である。

【図 8】この発明の実施の形態 5 の変圧器多重電力変換装置に係る変換器制御部の主要部の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

実施の形態 1 .

実施の形態 1 は、多重化する変換器ユニット毎に直流回路を設けて分離するとともに、各変換器ユニットの直流電圧を制御する手段を設ける構成とした変圧器多重電力変換装置に関するものである。

30

以下、本願発明の実施の形態 1 の構成、動作について、変圧器多重電力変換装置のシステム構成図である図 1、電力変換器の構成図である図 2、変換器ユニットの回路図例である図 3、4 に基づいて説明する。

【 0 0 1 2 】

図 1 は、本発明の実施の形態 1 の変圧器多重電力変換装置 1 に関するシステム構成を示す。

図 1 の変圧器多重電力変換装置 1 は、電力系統 2 に接続されており、電力変換器 1 0、変換器制御部 1 1、交流電圧検出器 1 2、電流検出器 1 3、および直流電圧検出器 1 4 で構成される。

40

以下、順次電力変換器 1 0、さらに電力変換器 1 0 の構成機器である変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 および変換器制御部 1 1 の構成、機能について説明する。

【 0 0 1 3 】

まず、電力変換器 1 0 の構成、機能について、図 2 に基づき説明する。

図 2 は、電力変換器を単独で変圧器多重電力変換装置を構成した場合の構成図である。説明の都合上、図 1 の変圧器多重電力変換装置 1 と区別するため、変圧器多重電力変換装置 1 0 1 としている。

【 0 0 1 4 】

図 2 の構成図に示すように、変圧器多重電力変換装置 1 0 1 は、複数の相を有する電力

50

系統 2 に接続され、変圧器 2 1 ~ 2 4、変換器ユニット 2 5 ~ 2 8、平滑コンデンサ 2 9 ~ 3 2 で構成される電力変換器 1 0 を含む。

各変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 は、GCT (Gate Commutated Turn - Off thyristor) や IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) などの自己消弧形素子を使用した電力変換機器で構成されている。直流電圧を保持する平滑コンデンサ 2 9 ~ 3 2 は、変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 の直流電圧端子に接続されている。平滑コンデンサ 2 9 ~ 3 2 が保持する直流電圧を、所望の交流電圧に変換する各変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 の交流電圧端子は、各変圧器 2 1 ~ 2 4 の二次巻線に接続されている。各変圧器 2 1 ~ 2 4 の一次巻線は、電力系統 2 に接続される。

10

各変圧器 2 1 ~ 2 4 の電力系統 2 側の一次巻線は、各相直列接続されて星型結線され、各変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 の交流電圧が、各相直列合成された電圧が電力系統 2 に出力される。

各変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 の直流電圧端子に接続された各平滑コンデンサ 2 9 ~ 3 2 は、それぞれ独立しており、相互に接続されていない。

#### 【 0 0 1 5 】

変圧器 2 1 ~ 2 4 の二次巻線各相の一端には、平滑コンデンサ 2 9 ~ 3 2 の直流電圧を所望の交流電圧に変換する変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 の各相電力変換回路交流出力端子が接続される。変圧器 2 1 ~ 2 4 の二次巻線のもう一端には、平滑コンデンサ 2 9 ~ 3 2 に接続された別の電力変換回路の各相交流出力端子が接続されて、多相フルブリッジ回路を構成している。

20

例えば、後で具体的に説明するように、変圧器 2 1 の二次巻線各相の一端 3 3 には、平滑コンデンサ 2 9 の直流電圧を交流に変換する電力変換回路が接続され、二次巻線のもう一端 3 4 には、平滑コンデンサ 2 9 の直流電圧を交流に変換する電力変換回路が接続される。変圧器二次巻線に接続される二つの電力変換回路の直流回路は共通である。

#### 【 0 0 1 6 】

次に、三相の場合について、変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 の具体的回路例を、図 3、図 4 に基づいて説明する。

まず、図 3 に基づいて、変換器ユニット 2 5 の具体例を説明する。

変換器ユニット 2 5 は、スイッチング素子 S 1 1 ~ S 2 2 と、ダイオード D 1 1 ~ D 2 2 から構成される。スイッチング素子 S 1 1 ~ S 2 2 は、例えば GCT であるが、自己消弧型のスイッチング素子であればこれに限定されるものではない。ダイオード D 1 1 ~ D 2 2 はスイッチング素子 S 1 1 ~ S 2 2 にそれぞれ逆並列接続される。

30

図 3 の例では、平滑コンデンサ 2 9 は、直流回路にコンデンサ C 1 を 1 個直列に接続することで構成されており、直流電圧を平滑化する。

三相の場合、平滑コンデンサ 2 9 には 6 つの電力変換回路（例えば、S 1 1、S 1 2、D 1 1、D 1 2 で一つの電力変換回路を構成する）が並列に接続されて、そのうち 3 つの交流出力端子が変圧器 2 1 の各相二次巻線の一端 3 3 に接続され、残りの 3 つの交流出力端子が各相二次巻線のもう一端 3 4 に接続される。すなわち、各相二次巻線の両端それぞれに電力変換回路の交流出力端子が接続されて、2 つの電力変換回路により二次巻線に交流電圧が出力される。ここで、図 3 の変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 の出力相電圧は、2 レベルである。

40

#### 【 0 0 1 7 】

次に、図 4 に基づいて、変換器ユニット 2 5 の他の具体例を説明する。

図 4 において、変換器ユニット 2 5 は、スイッチング素子 S 3 1 ~ S 5 4 と、ダイオード D 3 1 ~ D 5 4 と D 6 0 ~ D 7 1 から構成される。スイッチング素子 S 3 1 ~ S 5 4 は、例えば GCT であるが自己消弧型のスイッチング素子であればこれに限定されるものではない。ダイオード D 3 1 ~ D 5 4 はスイッチング素子 S 3 1 ~ S 5 4 にそれぞれ逆並列接続される。D 6 0 ~ D 7 1 は中性点クランプダイオードである。

図 4 の例では平滑コンデンサ 2 9 (C 3、C 4) は、直流回路にコンデンサ C 3、C 4

50

を２個直列に接続することで構成されており、直流電圧を平滑化する。

図３と同様に、変圧器２１の各相二次巻線の両端には、それぞれ一つの電力変換回路（例えば、Ｓ３１、Ｓ３２、Ｓ３３、Ｓ３４、Ｄ３１、Ｄ３２、Ｄ３３、Ｄ３４、Ｄ６０、Ｄ６１で一つの電力変換回路を構成する）の交流出力端子が接続されて、三相の場合６つの電力変換回路が平滑コンデンサ２９に並列に接続される。ここで、図４の変換器ユニット２５～２８の出力相電圧は、３レベルである。

【００１８】

図３、図４に示すように、変換器ユニット２５～２８の出力相電圧は、２レベル、マルチレベルのいずれの方式でも適用可能である。

【００１９】

図３、図４に具体的回路例として示したように、変換器ユニット２５～２８は、各平滑コンデンサ２９～３２の直流電圧から所望の交流電圧を出力するが、その変換過程で各変圧器２１～２４の二次巻線に流れる交流電流が直流電流に変換されて、各平滑コンデンサ２９～３２に流れる。このとき、変換器ユニット２５の直流電流は平滑コンデンサ２９のみに流れる構成であり、それ以外の平滑コンデンサに直接流れ込む横流は発生しない。他の変換器ユニット２６～２８も同様で、各直流電流はそれぞれに接続された平滑コンデンサ３０～３２のみに流れる構成である。

【００２０】

次に、図１に基づき、変換器制御部１１の構成、機能について説明する。

変換器制御部１１は、電圧位相検出部４１、有効無効電流検出部４２、直流電圧制御部４３、ユニット個別直流電圧制御部４４、無効電流制御部４５、有効電流制御部４６、電圧基準値生成部４７、およびゲートパルス信号生成部４８～５１とから構成される。

変換器制御部１１の機能概要は、次の通りである。変換器制御部１１は、電力系統２への接続線に設けられた交流電圧検出器１２、電流検出器１３によって検出された交流電圧、電流および各変換器ユニット２５～２８の直流電圧端子の直流電圧を直流電圧検出器１４によって検出された直流電圧に基づいて、電力変換器１０における各変換器ユニット２５～２８内のスイッチング素子をスイッチングさせることにより、各変換器ユニット２５～２８の直流電圧を同一になるように制御するとともに、電力変換器１０から電力系統２へ出力される電流を制御する。

【００２１】

以下順次、変換器制御部１１を構成する各部の構成、機能を説明する。

電圧位相検出部４１は、交流電圧検出器１２により検出された電圧 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ から電圧位相を検出する。検出した電圧位相を電圧位相基準として、変換器制御部１１は以下に説明するように制御を行う。

有効無効電流検出部４２は、電流検出器１３により検出された電流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ と電圧位相検出部４１から出力される電圧位相基準に基づいて、電力変換器１０から電力系統２へ出力される有効無効電流 $I_q$ 、 $I_d$ を検出する。

【００２２】

直流電圧制御部４３は、直流電圧検出器１４により検出された変換器ユニット２５～２８の直流電圧 $V_{dc}$ と直流電圧指令値 $V_{dc}^*$ から、直流電圧代表値 $V_{dc\_s}$ と有効電流指令値 $I_q^*$ を演算する。

ユニット個別直流電圧制御部４４は、直流電圧検出器１４により検出された変換器ユニット２５～２８の直流電圧 $V_{dc}$ と、有効無効電流検出部４２で検出される有効電流 $I_q$ 、無効電流 $I_d$ と、直流電圧制御部４３で演算された直流電圧代表値 $V_{dc\_s}$ とから、各変換器ユニット２５～２８の直流電圧が同一となるように各変換器ユニット２５～２８の電圧補正值 $V_{dc1d} \sim V_{dc4d}$ 、 $V_{dc1q} \sim V_{dc4q}$ を求める。

【００２３】

無効電流制御部４５は、有効無効電流検出部４２により検出される無効電流 $I_d$ が指令値 $I_d^*$ と一致するように、電力変換器１０から出力される電圧のうち無効電流と同位相成分である無効電圧基準値 $V_d^*$ を演算する。つまり無効電流制御部４５では、電力変換

10

20

30

40

50

器 10 から出力される交流電圧のうち無効電流にかかわる成分の制御を行なう。

有効電流制御部 46 は、有効無効電流検出部 42 により検出される有効電流  $I_q$  が指令値  $I_q^*$  と一致するように、電力変換器 10 から出力される電圧のうち有効電流と同位相成分である有効電圧基準値  $V_q^*$  を演算する。つまり有効電流制御部 46 は、電力変換器 10 から出力される交流電圧のうち有効電流にかかわる成分の制御を行なう。

#### 【0024】

電圧基準値生成部 47 は、無効電流制御部 45 にて算出される無効電圧基準値  $V_d^*$  と、有効電圧基準値  $V_q^*$  と、ユニット個別直流電圧制御部 44 にて算出される電圧補正值  $V_{dc1d} \sim V_{dc4d}$ 、 $V_{dc1q} \sim V_{dc4q}$  と、電圧位相検出部 41 から出力される電圧位相基準とから、各変換器ユニット 25 ~ 28 より出力される電圧である出力交流電圧基準値  $V_{1u}^* \sim V_{4u}^*$ 、 $V_{1v}^* \sim V_{4v}^*$ 、 $V_{1w}^* \sim V_{4w}^*$  を演算する。

10

#### 【0025】

変換器ユニット 25 への出力を例として、電圧基準値生成部 47 の機能をさらに詳しく説明する。

電圧基準値生成部 47 にて、無効電流制御部 45 で算出された無効電圧基準値  $V_d^*$  と、有効電流制御部 46 で算出された有効電圧基準値  $V_q^*$  に、ユニット個別直流電圧制御部 44 で算出された変換器ユニット 25 の電圧補正值  $V_{d1}$ 、 $V_{q1}$  を加算し、系統電圧と同位相である  $V_{1d}^*$  と  $V_{1d}^*$  から位相が 90 度異なる成分である  $V_{1q}^*$  を、静止座標系の三相（ある相に対し、他の相が 120 度進んだ成分および 120 度遅れた成分）に変換することで、変換器ユニット 25 から出力される出力交流電圧基準値  $V_{1u}^*$ 、 $V_{1v}^*$ 、 $V_{1w}^*$  を演算する。

20

#### 【0026】

ゲートパルス信号生成部 48 ~ 51 は、例えば PWM (Pulse Width Modulation) 制御によって、電力変換器 10 が出力交流電圧基準値  $V_{1u}^* \sim V_{4u}^*$ 、 $V_{1v}^* \sim V_{4v}^*$ 、 $V_{1w}^* \sim V_{4w}^*$  に相当する電圧を出力するために、ゲートパルス信号を変換器ユニット 25 ~ 28 の電力変換回路を構成するスイッチング素子に出力する。

#### 【0027】

実施の形態 1 の変圧器多重電力変換装置 1 に係る電力変換器 10 は、同じ構成である変換器ユニット 25 ~ 28 を変圧器 21 ~ 24 で直列多重接続し、系統 2 に連系している。

30

直列接続であるため出力電流は共通であり、さらにすべての変換器ユニット 25 ~ 28 は同じ構成でかつ各変換器ユニット 25 ~ 28 に接続されている変圧器 21 ~ 24 の変圧比は同じであるため、各変換器ユニット 25 ~ 28 の出力電流はほぼ同じ値となる。さらに各変換器ユニット 25 ~ 28 の出力電圧に関して、各変換器ユニット 25 ~ 28 の電圧基準値は共通の信号  $V_d^*$ 、 $V_q^*$  であるため、各変換器ユニット 25 ~ 28 の出力電圧もほぼ同じ値となる。したがって、すべての変換器ユニット 25 ~ 28 で出力電圧、出力電流がほぼ同じ値となるので、変換器ユニット 25 ~ 28 の出力有効電力はほぼ同じ値となる。

#### 【0028】

40

次に、実施の形態 1 の重要構成部である直流電圧制御部 43 とユニット個別直流電圧制御部 44 について、さらに説明する。

まず直流電圧制御部 43 について説明する。一般的に、コンデンサの充放電により直流電圧を制御するには、コンデンサに流入流出する直流電流を変化させる。直流電流が変化することは有効電力が変化することとなるので、実施の形態 1 の変換器制御部 11 においては、有効電流指令値を変化させる。したがって、直流電圧制御部 43 では、直流電圧指令値  $V_{dc}^*$  と、各変換器ユニット 25 ~ 28 の直流電圧から算出される直流電圧代表値  $V_{dc\_s}$  の偏差を小さくするような有効電流指令値  $I_q^*$  を求める。

#### 【0029】

先に説明したとおり、各変換器ユニット 25 ~ 28 の出力電力はほぼ同じ値であるので

50

、直流電圧もほぼ同じ値である。したがって直流電圧指令値  $V_{dc}^*$  と比較する直流電圧代表値  $V_{dc\_s}$  は、各変換器ユニット 25 ~ 28 の直流電圧の合計値でもよいし、直流電圧の平均値でもよい。また各変換器ユニット 25 ~ 28 の内から選択した任意の変換器ユニットの直流電圧でもよい。

#### 【0030】

次に、ユニット個別直流電圧制御部 44 について説明する。各変換器ユニット 25 ~ 28 に接続されている平滑コンデンサ 29 ~ 32 の電圧はほぼ同じ値であるが、変換器の損失や電圧検出器、電流検出器の検出誤差、PWM によるスイッチングタイミングのばらつき等の要因により、実際には同じ値ではない。したがって、変換器ユニット 25 ~ 28 毎に各々の変換器ユニット 25 ~ 28 の直流電圧と電圧代表値  $V_{dc\_s}$  との偏差を補正する。

10

#### 【0031】

直流電圧の制御を行うには、先に説明したとおり有効電力を変化させる。有効電力を変化させるには電圧を変化させる方法、電流を変化させる方法の 2 つの方法が考えられるが、実施の形態 1 の電力変換器 10 は直列多重構成であり、変換器ユニット 25 ~ 28 毎に出力電流を変化させることはできないため、出力電圧を変化させる。つまり変換器ユニット 25 ~ 28 共通の出力電圧  $V_d^*$ 、 $V_q^*$  に変換器ユニット個別の電圧補正值  $V_{dc1d} \sim V_{dc4d}$ 、 $V_{dc1q} \sim V_{dc4q}$  を加算し、出力電圧基準値を調整し、出力電圧を変化させる。

#### 【0032】

20

実施の形態 1 では、変換器ユニット 25 ~ 28 は 4 直列多重となっているが、多重数はこれに限定されるものではない。また、各変圧器 21 ~ 24 の二次巻線の一端を接続して星型結線とし、二次巻線のもう一端には電力変換回路の交流出力端子を接続して相数と同じ数の電力変換回路で構成しても良い。

さらに、三相の場合、各変圧器 21 ~ 24 の二次巻線をデルタ結線して、三相の電力変換回路で変換器ユニット 25 ~ 28 を構成することもできる。

#### 【0033】

実施の形態 1 では、以上のように構成しているので、変圧器多重電力変換装置 1 の各変換器ユニット 25 ~ 28 の直流電圧に接続された平滑コンデンサ 29 ~ 32 の電圧のばらつきを抑えつつ、所望の交流出力電流を出力することができる。さらに各変換器ユニット 25 ~ 28 の直流電流は、自らが接続されている平滑コンデンサ 29 ~ 32 にのみ流れる構成のため、直流回路では他の変換器ユニットへの横流が流れない。よって直流回路を簡素にすることができ、多重数を変えても直流回路設計への影響が無く、容易に容量を増加できる。

30

#### 【0034】

以上説明したように、実施の形態 1 に係る変圧器多重電力変換装置は、多重化する変換器ユニット毎に直流回路を設けて分離するとともに、各変換器ユニットの直流電圧を制御する手段を設ける構成としたので、直流回路の共振による系統に流出する高調波を抑制するとともに、直流回路電流責務を減少させて、直流回路の小型化、簡素化を図り、装置容量を増加させることができる。

40

#### 【0035】

実施の形態 2 .

実施の形態 2 は、実施の形態 1 の変圧器多重電力変換装置 1 の変換器制御部 11 の直流電圧制御部 43 とユニット個別直流電圧制御部 44 について、さらに具体的回路に展開したものである。

実施の形態 2 の変圧器多重電力変換装置の構成は、実施の形態 1 の図 1 と同じであり、図 5 は図 1 の中の直流電圧制御部 43 とユニット個別直流電圧制御部 44 について詳細を示したものである。

以下、実施の形態 2 の直流電圧制御部 243 とユニット個別直流電圧制御部 244 の構成、動作について、主要部の詳細構成図である図 5 に基づいて説明する。

50



図 5 において、図 1 と同一あるいは相当部分には、同一の符号を付している。

#### 【 0 0 3 6 】

実施の形態 2 では、例として、直流電圧代表値を各変換器ユニットの直流電圧の平均値とした場合について説明する。なお、直流電圧代表値を各変換器ユニットの直流電圧の平均値とするため、実施の形態 1 で説明した直流電圧制御部 4 3 の出力  $V_{dc\_s}$  は、 $V_{dc\_ave}$  となる。

#### 【 0 0 3 7 】

まず、直流電圧制御部 2 4 3 について説明する。

直流電圧制御部 2 4 3 は、加算器 2 5 1、演算器 2 5 2、加減算器 2 5 3、制御器 2 5 4 から構成される。

10

次に、直流電圧制御部 2 4 3 の機能について説明する。

直流電圧制御部 2 4 3 は、直流電圧指令値  $V_{dc}^*$  と平滑コンデンサ 2 9 ~ 3 2 の直流電圧から加算器 2 5 1 と演算器 2 5 2 で算出した直流電圧の平均値  $V_{dc\_ave}$  との偏差を加減算器 2 5 3 で算出し、この偏差を零にするように制御器 2 5 4 で制御を行い有効電流指令値  $I_{q}^*$  を算出する。

これにより、変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 毎に接続されている平滑コンデンサ 2 9 ~ 3 2 の直流電圧平均値  $V_{dc\_ave}$  を直流電圧指令値  $V_{dc}^*$  に制御することが可能となる。

#### 【 0 0 3 8 】

次に、各変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 で個別に直流電圧を制御するユニット個別直流電圧制御部 2 4 4 について説明する。

20

ユニット個別直流電圧制御部 2 4 4 は、加減算器 2 6 1 ~ 2 6 4、制御器 2 6 5 ~ 2 6 8、乗算器 2 6 9 ~ 2 7 6、演算器 2 7 7、割算器 2 7 8、2 7 9、符号変換器 2 8 0、2 8 1 から構成される。

ユニット個別直流電圧制御部 2 4 4 の機能について説明する。

前述のように各変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 に接続されている平滑コンデンサ 2 9 ~ 3 2 の電圧は、変換器の損失や各検出器、制御のばらつき等の要因により、実際にはアンバランスが生じる。よってユニット個別直流電圧制御部 2 4 4 では、各変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 の直流電圧のばらつきを補正する。

#### 【 0 0 3 9 】

30

前述のように直流電圧制御部 2 4 3 により、平滑コンデンサ 2 9 ~ 3 2 の直流電圧平均値は電圧指令値となるよう制御されるので、ユニット個別直流電圧制御部 2 4 4 では、ユニット毎に平均直流電圧  $V_{dc\_ave}$  と各変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 の直流電圧との偏差に基づき、この偏差を零にするように制御する。このため、各変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 への電圧補正值  $V_{dc1d} \sim V_{dc4d}$ 、 $V_{dc1q} \sim V_{dc4q}$  を算出する。

#### 【 0 0 4 0 】

前述のとおり平滑コンデンサ 2 9 ~ 3 2 の直流電圧を制御するためには、有効電力を制御しなくてはならない。つまり、変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 の出力電流と同じ位相の電圧を指令値に重畳する。

40

以下に、詳細を説明する。変換器ユニット 2 5 ~ 2 8 はすべて同じであり、ここでは例として変換器ユニット 2 5 について説明する。

#### 【 0 0 4 1 】

平均直流電圧  $V_{dc\_ave}$  と変換器ユニット 2 5 の検出した直流電圧  $V_{dc1}$  の偏差を零とするように制御器 2 6 5 で制御する。平均直流電圧  $V_{dc\_ave}$  と直流電圧  $V_{dc1}$  の偏差を零とするよう制御された制御器 2 6 5 の出力  $V_{dc1}$  は、有効電力に関わる電圧指令値の補正值である。つまり電圧補正值  $V_{dc1}$  は、出力電流と同じ位相の成分となる。そこで、この電圧補正值  $V_{dc1}$  を無効電流にかかる成分と有効電流にかかる成分に配分する。

無効電流にかかる配分係数（以降、無効配分係数という）と有効電流にかかる配分係数

50

(以降、有効配分係数という)は、無効配分係数の二乗と有効配分係数の二乗の和の平方根で計算される大きさが1となるように設定し、電圧補正值  $V_{dc1}$  にそれぞれ乗算(乗算器269~276)して、変換器ユニット25の無効電圧補正值  $V_{d1}$  と有効電圧補正值  $V_{q1}$  を算出する。

具体的には、無効配分係数は検出された無効電流  $I_d$  を  $I_d$  の二乗と  $I_q$  の二乗和の平方根で計算される(演算器277)出力電流の大きさに除算(割算器278)して算出する。有効配分係数は、有効電流  $I_q$  を  $I_d$  の二乗と  $I_q$  の二乗和の平方根で計算される(演算器277)出力電流の大きさに除算(割算器279)して演算する。

#### 【0042】

電流検出器13は、電力変換器10から系統2へ出力する方向を正に検出している。したがって、電圧補正值が正の場合、平滑コンデンサ29が放電し、電圧補正值が負の場合、平滑コンデンサ29が充電される方向である。しかし、平均直流電圧  $V_{dc\_ave}$  と直流電圧  $V_{dc1}$  の偏差を零とするよう制御する制御器265は、平均直流電圧  $V_{dc\_ave}$  から直流電圧  $V_{dc1}$  を減じた偏差に正のゲインを乗じて電圧補正值  $V_{dc1}$  を演算する。したがって、直流電圧を充電したい場合には、電圧補正值  $V_{dc1}$  が正、放電したい場合には  $V_{dc1}$  が負となる。つまり充放電方向が異なるため、 $I_d$ 、 $I_q$  をそれぞれ出力電流の絶対値で除算後、符号変換器280、281で-1を乗算して充放電方向を合わせている。

#### 【0043】

変換器ユニット26~28についても同様であり、変換器ユニット26は平均直流電圧  $V_{dc\_ave}$  と変換器ユニット26の直流電圧  $V_{dc2}$  より電圧基準値  $V_{2u^*}$ 、 $V_{2v^*}$ 、 $V_{2w^*}$  を算出する。

変換器ユニット27は平均直流電圧  $V_{dc\_ave}$  と変換器ユニット27の直流電圧  $V_{dc3}$  より電圧基準値  $V_{3u^*}$ 、 $V_{3v^*}$ 、 $V_{3w^*}$  を算出する。

変換器ユニット28は平均直流電圧  $V_{dc\_ave}$  と変換器ユニット28の直流電圧  $V_{dc4}$  より電圧基準値  $V_{4u^*}$ 、 $V_{4v^*}$ 、 $V_{4w^*}$  を算出する。

#### 【0044】

実施の形態2では、例として直流電圧代表値を各変換器ユニットの直流電圧平均値としたが、直流電圧代表値は、例えば各変換器ユニットの直流電圧の合計値でもよい。また各変換器ユニット25~28の内から選択した任意の変換器ユニットの直流電圧を直流電圧代表値としてもよく、これに限るものではない。

#### 【0045】

実施の形態2に係る変圧器多重電力変換装置は、以上のように構成しているので、各変換器ユニット25~28の直流電圧に接続された平滑コンデンサ29~32の電圧のばらつきを抑えつつ、所望の交流出力電流を出力することができる。さらに、各変換器ユニット25~28の直流電流は自らが接続されている平滑コンデンサ29~32にのみ流れる構成のため、他の変換器ユニット25~28への横流が流れず、直流回路を簡素にすることができ、多重数を変えても直流回路設計への影響が無く、容易に容量を増加することができる。

#### 【0046】

以上説明したように、実施の形態2に係る変圧器多重電力変換装置は、実施の形態1の変圧器多重電力変換装置の変換器制御部の直流電圧制御部とユニット個別直流電圧制御部について、さらに具体的回路に展開したものであるため、直流回路の共振による系統に流出する高調波を抑制するとともに、直流回路電流責務を減少させて、直流回路の小型化、簡素化を図り、装置容量を増加させることができる。

#### 【0047】

実施の形態3

実施の形態3の変圧器多重電力変換装置は、実施の形態1の変圧器多重電力変換装置(以下、第1の変圧器多重電力変換装置)の変換器ユニットの直流電圧端子に接続された電源または負荷が、実施の形態1の変圧器多重電力変換装置と同一構成の第2の変圧器多重

10

20

30

40

50

電力変換装置の場合である。具体的には、第1の変圧器多重電力変換装置の各変換器ユニットの直流電圧端子と第2の変圧器多重電力変換装置の各変換器ユニットの直流電圧端子とを接続した構成としたものである。

【0048】

以下、実施の形態3の構成、動作について、変圧器多重電力変換装置301のシステム構成図である図6に基づいて説明する。

図6において、図1と同一あるいは相当部分には、同一の符号を付している。

なお、図6において、第1の変圧器多重電力変換装置および第2の変圧器多重電力変換装置の基本的な構成、機能は実施の形態1と同じであるため、説明は省略し、差異部を中心に説明する。

10

【0049】

第1の変圧器多重電力変換装置は、変圧器21～24、変換器ユニット25～28、平滑コンデンサ29～32、変換器制御部11、交流電圧検出器12、電流検出器13、および直流電圧検出器14から構成される。また、第2の変圧器多重電力変換装置は、変圧器59～62、変換器ユニット55～58、平滑コンデンサ29～32、変換器制御部311、交流電圧検出器312、電流検出器313、および直流電圧検出器14で構成される。ただし、平滑コンデンサ29～32および直流電圧検出器14は共通である。

【0050】

図6では、システム全体としての変圧器多重電力変換装置301は、電力系統2に変圧器21～24を介して連系され、もう一方の電力系統302に変圧器59～62を介して連系されている。電力系統2から供給された交流電圧を所望の直流電圧に変換する各変換器ユニット25～28と、平滑コンデンサ29～32により保持された直流電圧を所望の交流電圧に変換するもう一方の変換器ユニット55～58と、変換された交流電圧を電力系統302に供給するための変圧器59～62とから構成される。

20

すなわち、2つの変圧器多重電力変換装置である第1の変圧器多重電力変換装置と第2の変圧器多重電力変換装置を、各変換器ユニットの直流部を接続した構成となっている。

変圧器多重電力変換装置301は、1方の系統から他の系統へと電力を融通する回路構成であり、直流回路には融通電力による大きな直流電流が流れる。

【0051】

変換器ユニット25～28の直流回路に接続されている変換器ユニット55～58は、それぞれ個別であり、各変換器ユニット55～58の通過電力はほぼ同じであり、各変換器ユニット55～58の変換器容量はほぼ同容量でよい。

30

【0052】

なお、本実施の形態3は各変換器ユニット25～28の直流回路通過電力がほぼ同じであればよいので、直流回路にほぼ同じ電力の負荷および電源が接続されていてもよく、直流回路に接続されている変換器ユニット55～58および変圧器59～62および電力系統63の構成は、これに限るものではない。

【0053】

さらに、実施の形態3では、直流電圧検出器14によって検出された直流電圧を第2の変圧器多重電力変換装置の変換器制御部311にも入力し、各変換器ユニット55～58の直流出力電圧の制御に使用する構成とした。しかし、必ずしもその必要はなく、第1の変圧器多重電力変換装置の変換器ユニット25～28の直流出力電圧を制御するのみで、直流出力電圧のアンバランスを解消することができる。このため、直流電圧検出器14によって検出された直流電圧を変換器制御部に入力せず、構成を簡素化することができる。

40

【0054】

実施の形態3に係る変圧器多重電力変換装置は、直流回路に負荷および電源が連系されて、直流回路に大きな直流電流が流れる場合においても、変圧器多重電力変換装置の直流回路、具体的には、第1の変圧器多重電力変換装置の直流回路、および第2の変圧器多重電力変換装置の直流回路には横流が流れず、直流回路に流れる直流電流は融通電流のみとなる。

50

これにより、変圧器多重電力変換装置の直流回路の横流が流れず、直流回路を簡素にすることができ、多重数を増加することができる。

【0055】

以上説明したように、実施の形態3に係る変圧器多重電力変換装置は、実施の形態1の変圧器多重電力変換装置の各変換器ユニットの直流電圧端子に、第2の変圧器多重電力変換装置の各変換器ユニットの直流電圧端子を接続した構成としたものであるため、直流回路の共振による系統に流出する高調波を抑制するとともに、直流回路電流責務を減少させて、直流回路の小型化、簡素化を図り、装置容量を増加させることができる。

【0056】

実施の形態4

10

実施の形態4の変圧器多重電力変換装置は、実施の形態1の変圧器多重電力変換装置の各変換器ユニットの直流電圧端子を高インピーダンス機器で相互接続した構成であり、具体的には、各変換器ユニットの直流電圧端子に接続された各平滑コンデンサを、共通のコンデンサで相互に接続した構成としたものである。

以下、本願発明の実施の形態4の構成、動作について、変圧器多重電力変換装置401のシステム構成図である図7に基づいて、実施の形態1との差異部を中心に説明する。

図7において、図1と同一あるいは相当部分には、同一の符号を付している。

【0057】

図7に示す変圧器多重電力変換装置401は、電力系統2に接続された電力変換器410と変換器制御部411、交流電圧検出器12、電流検出器13から構成される。電力変換器410は、変圧器21～24、変換器ユニット25～28、平滑コンデンサ70～73、共通のコンデンサ74および直流電圧検出器14から構成されている。

20

【0058】

変換器制御部411は、図1と同様であり、図1と異なるのは電力変換器410の以下に示す点である。

変換器ユニット25～28にて変換された直流電圧を保持する平滑コンデンサは、各変換器ユニット25～28の直流電圧端子に接続された各平滑コンデンサ70～73と各変換器ユニット共通のコンデンサ74とで構成されている。つまり実施の形態4では、各変換器ユニットの直流部はコンデンサ74で相互に接続されているという特徴を持つ。

さらに、平滑コンデンサ70～73とコンデンサ74の間にはインピーダンスが存在し、直流回路の共振は発生しない。このインピーダンスの例としては、装置が大型で直流回路が長くなることにより抵抗が大きくなる場合や、回路に挿入されたダンピング抵抗がある。

30

【0059】

図7に示す変圧器多重電力変換装置401は、各変換器ユニット25～28の直流電圧端子部はコンデンサ74で共通となっているが、変換器制御部411は実施の形態1と同様であり直流電圧制御部43とユニット個別直流電圧制御部44が設けられている。変換ユニット個別に平均値制御を行わない場合は、直流回路の平滑コンデンサ容量にばらつきがあるため配線インピーダンスがあると、過渡変動時にコンデンサ電圧にばらつきが発生し、コンデンサ電圧が高い変換器ユニットから低い変換器ユニットへと直流の横流が生じる。

40

【0060】

しかし、実施の形態4のように変換器ユニット個別に平均値制御を行う場合、各変換器ユニット25～28の平滑コンデンサ電圧が平均値となるように制御されるため、各ユニット間の横流電流を小さくすることが可能となり、直流回路の負担が小さくなり直流回路を簡素にすることができ、多重数を増加することができる。

また、各変換器ユニット25～28の平滑コンデンサ70～73を相互に接続することで、平滑コンデンサ70～73の対地電圧がほぼ同電位となる。直流回路がほぼ同電位となることにより、変換器の絶縁設計の簡素化、および直流回路に設けられている地絡保護検出を共通化が可能となる。

50

## 【 0 0 6 1 】

実施の形態 4 に係る変圧器多重電力変換装置は、以上のように構成しているので、各変換器ユニット 25 ~ 28 の直流電圧端子に接続された平滑コンデンサ 29 ~ 32 の電圧のばらつきを抑えつつ、所望の交流出力電流を出力することができる。さらに各変換器ユニット 25 ~ 28 の直流電流は自らが接続されている平滑コンデンサ 29 ~ 32 にのみ流れる構成のため、他の変換器ユニット 25 ~ 28 への横流が流れず、直流回路を簡素にすることができ、多重数を変えても直流回路設計への影響が無く、容易に容量を増加することができる。

さらに、各変換器ユニット 25 ~ 28 の各平滑コンデンサ 29 ~ 32 を相互に接続することで、各平滑コンデンサ 29 ~ 32 の対地電圧がほぼ同電位、すなわち直流回路がほぼ同電位となることにより、変換器ユニットの絶縁設計の簡素化、および直流回路に設けられている地絡保護検出を共通化が可能となる。

10

## 【 0 0 6 2 】

以上説明したように、実施の形態 4 に係る変圧器多重電力変換装置は、各変換器ユニットの直流電圧端子を高インピーダンス機器で相互接続した構成、具体的には、各変換器ユニットの直流電圧端子に接続された各平滑コンデンサを、共通のコンデンサで相互に接続した構成としたものであるため、直流回路の共振による系統に流出する高調波を抑制するとともに、直流回路電流責務を減少させて、直流回路の小型化、簡素化を図り、装置容量を増加させることができる。

## 【 0 0 6 3 】

20

実施の形態 5 .

実施の形態 5 の変圧器多重電力変換装置は、実施の形態 1 の変圧器多重電力変換装置 1 の変換器制御部 11 のユニット個別直流電圧制御部 44 について、別の具体的回路に展開したものである。

実施の形態 5 の変圧器多重電力変換装置の構成は、実施の形態 1 の図 1 と同じであり、図 8 は図 1 の中の直流電圧制御部 43 とユニット個別直流電圧制御部 44 について詳細を示したものであり、実施の形態 2 の図 5 とはユニット個別直流電圧制御部が異なる。

以下、実施の形態 5 の直流電圧制御部 243 とユニット個別直流電圧制御部 544 の構成、動作について、主要部の詳細構成図である図 8 に基づいて説明する。実施の形態 2 と同一の構成要素の説明は省略する。

30

図 8 において、図 1 あるいは図 5 と同一あるいは相当部分には、同一の符号を付している。

## 【 0 0 6 4 】

ユニット個別直流電圧制御部 544 の構成および機能について、順次説明する。

ユニット個別直流電圧制御部 544 は、加減算器 561 ~ 564、制御器 565 ~ 568、乗算器 569 ~ 576、演算器 577、割算器 578、579、符号変換器 580、581 から構成される。

ユニット個別直流電圧制御部 544 の機能について説明する。

ユニット個別直流電圧制御部 544 は、直流電圧検出器 14 により検出された変換器ユニット 25 ~ 28 の直流電圧と有効無効電流検出部 42 で検出される有効電流  $I_q$  と無効電流  $I_d$  とから、各変換器ユニット 25 ~ 28 の電圧補正值  $V_{dc1d} \sim V_{dc4d}$ 、 $V_{dc1q} \sim V_{dc4q}$  を求める。

40

変換器ユニット 25 ~ 28 はすべて同じであり、ここでは、例えば変換器ユニット 25 について説明する。また例として、直流電圧代表値  $V_{dc\_s}$  を、各変換器ユニット 25 ~ 28 の直流電圧の平均値  $V_{dc\_ave}$  とした場合を説明する。

## 【 0 0 6 5 】

ユニット個別直流電圧制御部 544 では、平均直流電圧  $V_{dc\_ave}$  と直流電圧検出器 14 により検出される変換器ユニット 25 の直流電圧  $V_{dc1}$  との偏差を零とするよう制御器 565 で制御する。この制御器 565 の出力を有効電力偏差  $P_1$  とする。

電圧は電力を電流で除すことで計算できるので、有効電力偏差  $P_1$  を有効電流で除算

50

し、電圧偏差  $V_{dc1}$  を求める。電圧偏差  $V_{dc1}$  から無効電圧補正值  $V_{d1}$  と有効電圧補正值  $V_{q1}$  の演算方法は、実施の形態 2 と同様のため詳細な説明は省略する。

上記より有効電力偏差  $P_1$  を  $I_d$  の二乗と  $I_q$  の二乗の和（演算器 577）で除算（割算器 578、579）し、検出された無効電流  $I_d$  と有効電流  $I_q$  をそれぞれ乗算（乗算器 569、579）することで、無効電圧補正值  $V_{d1}$  および有効電圧補正值  $V_{q1}$  が演算できる。

#### 【0066】

本実施の形態 5 では、直流電圧偏差（有効電力偏差  $P$ ）を出力電流の振幅で除算しているため、変換器が出力する有効電力が小さい場合は、直流電圧偏差のゲインが大きくなる。つまり出力有効電力量により制御ゲインが可変となる構成となっている。

10

#### 【0067】

変換器ユニット 26 ~ 28 についても同様であり、変換器ユニット 26 は平均直流電圧  $V_{dc\_ave}$  と変換器ユニット 26 の直流電圧  $V_{dc2}$  と  $V_d^*$ 、 $V_q^*$ 、 $I_d^*$ 、 $I_q^*$  より、電圧基準値  $V_{2u}^*$ 、 $V_{2v}^*$ 、 $V_{2w}^*$  を算出する。

変換器ユニット 27 は平均直流電圧  $V_{dc\_ave}$  と変換器ユニット 27 の直流電圧  $V_{dc3}$  と  $V_d^*$ 、 $V_q^*$ 、 $I_d^*$ 、 $I_q^*$  より、電圧基準値  $V_{3u}^*$ 、 $V_{3v}^*$ 、 $V_{3w}^*$  を算出する。

変換器ユニット 28 は平均直流電圧  $V_{dc\_ave}$  と変換器ユニット 28 の直流電圧  $V_{dc4}$  と  $V_d^*$ 、 $V_q^*$ 、 $I_d^*$ 、 $I_q^*$  より、電圧基準値  $V_{4u}^*$ 、 $V_{4v}^*$ 、 $V_{4w}^*$  を算出する。

20

#### 【0068】

本実施の形態 5 に係る変圧器多重電力変換装置は、以上のように構成しているので、各変換器ユニット 25 ~ 28 の直流電圧に接続された平滑コンデンサ 29 ~ 32 の電圧のばらつきを抑えつつ、所望の交流出力電流を出力することができる。平滑コンデンサ 29 ~ 32 の電圧のばらつきはユニット個別直流電圧制御部により抑制されるが、ユニット個別直流電圧制御のゲインは出力有効電力に反比例するため、出力有効電力が小さい時にはゲインが大きくなり直流電圧の制御性が良くなる。さらに各変換器ユニット 25 ~ 28 の直流電流は自らが接続されている平滑コンデンサ 29 ~ 32 にのみ流れる構成のため、他の変換器ユニット 25 ~ 28 への横流が流れず、直流回路を簡素にすることができ、多重数を変えても直流回路設計への影響が無く、容易に容量を増加することができる。

30

#### 【0069】

図 8 では、実施の形態 2 の図 5 における変換器制御部 211 のユニット個別直流電圧制御部 244 に替えて、変換器制御部 511 のユニット個別直流電圧制御部 544 としたが、実施の形態 3 の図 6 および実施の形態 4 の図 7 における変換器制御部を変換器制御部 511 とすることも可能である。

#### 【0070】

ここでは例として、直流電圧代表値を各変換器ユニットの直流電圧平均値としたが、直流電圧代表値は、例えば各変換器ユニットの直流電圧の合計値でもよい。また各変換器ユニット 25 ~ 28 の内から選択した任意の変換器ユニットの直流電圧でもよい。

#### 【0071】

以上説明したように、実施の形態 5 に係る変圧器多重電力変換装置は、実施の形態 1 の変圧器多重電力変換装置の変換器制御部の直流電圧制御部とユニット個別直流電圧制御部について、さらに具体的回路に展開したものであるため、直流回路の共振による系統に流出する高調波を抑制するとともに、直流回路電流責務を減少させて、直流回路の小型化、簡素化を図り、装置容量を増加させることができる。

40

#### 【0072】

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特許請求の範囲によって示され、特許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。

50

## 【 0 0 7 3 】

なお、変圧器多重電力変換装置に係る本発明は、その発明の範囲内において、実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

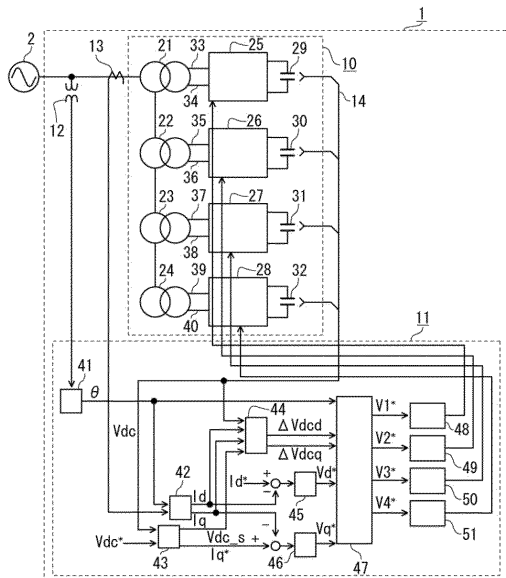
## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 7 4 】

1, 101 変圧器多重電力変換装置、2, 302 電力系統、  
10, 310, 410 電力変換器、  
11, 211, 311, 411, 511 変換器制御部、12, 312 交流電圧検出器、  
13, 313 電流検出器、14 直流電圧検出器、  
21, 22, 23, 24, 59, 60, 61, 62 変圧器、  
25, 26, 27, 28, 55, 56, 57, 58 変換器ユニット、  
29, 30, 31, 32 平滑コンデンサ、41 電圧位相検出部、  
42 有効無効電流検出部、43, 243 直流電圧制御部  
44, 244, 544 ユニット個別直流電圧制御部、45 無効電流制御部、  
46 有効電流制御部、47 電圧基準値生成部、  
48, 49, 50, 51 ゲートパルス信号生成部、74 コンデンサ、  
254, 265, 266, 267, 268, 565, 566, 567, 568 制御器。

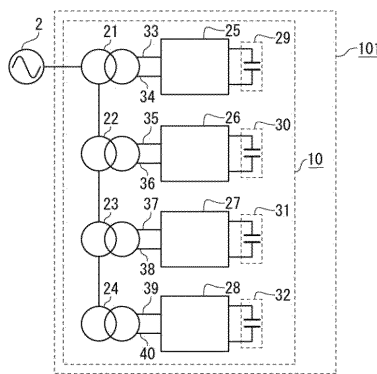
10

【 図 1 】



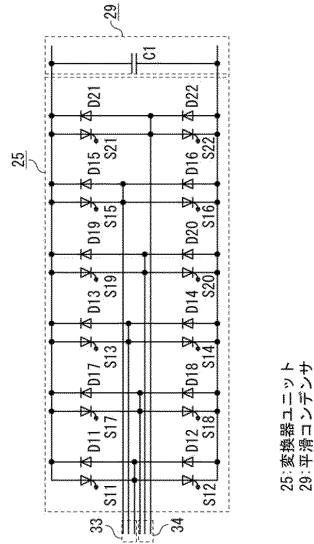
- 1: 変圧器多重電力変換装置  
2: 電力系統  
10: 電力変換器  
11: 変換器制御部  
12: 交流電圧検出器  
13: 電流検出器  
14: 直流電圧検出器  
21, 22, 23, 24: 変圧器  
25, 26, 27, 28: 変換器ユニット  
29, 30, 31, 32: 平滑コンデンサ  
41: 電圧位相検出部  
42: 有効無効電流検出部  
43: 直流電圧制御部  
44: ユニット個別直流電圧制御部  
45: 無効電流制御部  
46: 有効電流制御部  
47: 電圧基準値生成部  
48, 49, 50, 51: ゲートパルス信号生成部

【 図 2 】

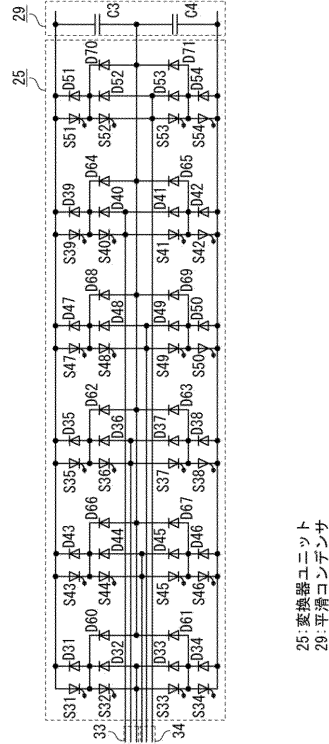


- 2: 電力系統  
10: 電力変換器  
21, 22, 23, 24: 変圧器  
25, 26, 27, 28: 変換器ユニット  
29, 30, 31, 32: 平滑コンデンサ  
101: 変圧器多重電力変換装置

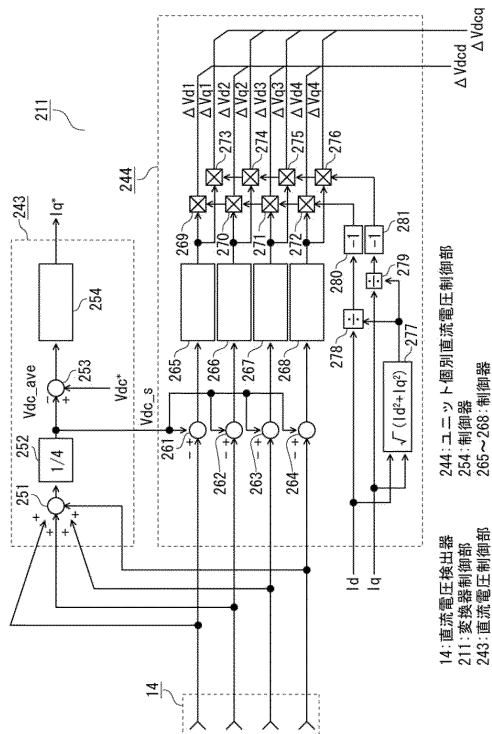
【図 3】



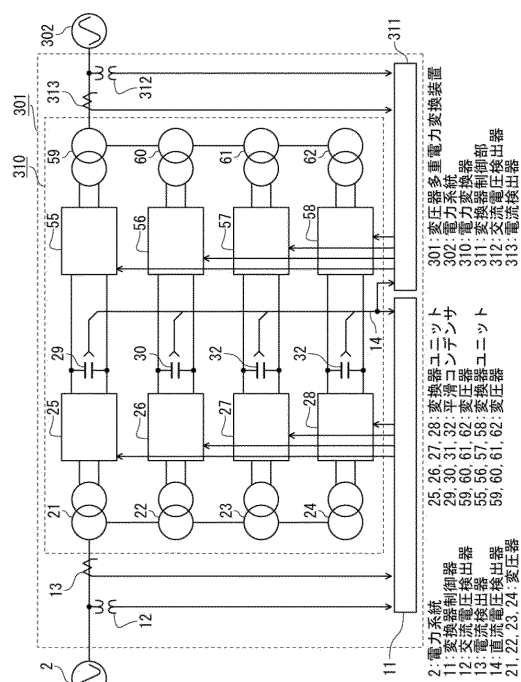
【図 4】



【図 5】



【図 6】







---

フロントページの続き

- (72)発明者 棕木 香帆  
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
- (72)発明者 藤井 俊行  
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
- (72)発明者 森島 直樹  
東京都港区三田三丁目13番16号 東芝三菱電機産業システム株式会社内
- (72)発明者 東 耕太郎  
東京都港区三田三丁目13番16号 東芝三菱電機産業システム株式会社内

審査官 宮地 将斗

- (56)参考文献 特開2003-033039(JP,A)  
特開平10-127065(JP,A)  
特開平03-139173(JP,A)  
特開2008-154444(JP,A)  
特開平06-276747(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02M 7/42 - 7/98