

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7551012号
(P7551012)

(45)発行日 令和6年9月13日(2024.9.13)

(24)登録日 令和6年9月5日(2024.9.5)

(51)国際特許分類 F I
H 0 2 M 7/49 (2007.01) H 0 2 M 7/49
H 0 2 M 7/48 (2007.01) H 0 2 M 7/48 E

請求項の数 7 (全34頁)

(21)出願番号	特願2023-576311(P2023-576311)	(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
(86)(22)出願日	令和4年1月26日(2022.1.26)	(74)代理人	110002941 弁理士法人ばるも特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/002812	(72)発明者	田中 美和子 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
(87)国際公開番号	WO2023/144911	(72)発明者	梶山 拓也 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
(87)国際公開日	令和5年8月3日(2023.8.3)	審査官	安食 泰秀
審査請求日	令和5年11月2日(2023.11.2)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電力変換装置および電力変換装置の制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数相の交流系統と直流系統との間で電力変換を行う電力変換器と、前記電力変換器を制御する制御装置とを備え、

前記電力変換器は、

前記複数相の交流にそれぞれ対応したレグ回路を有し、前記レグ回路は一对の正側アームと負側アームとが直列接続され、

前記正側アームおよび前記負側アームのそれぞれは、互いに直列接続された複数の半導体スイッチング素子の直列体と前記直列体に並列接続されたコンデンサとからなる変換器セルを、1あるいは複数個直列接続して構成され、

前記正側アームと前記負側アームの接続点が前記交流系統に接続されるとともに、前記複数のレグ回路を前記直流系統の正負の直流母線間に並列接続して構成され、

前記制御装置は、

全ての前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第1の代表値が、予め定められた全電圧指令値に追従するように制御して第1電圧指令値を生成する第1電圧制御部と、

各相毎の前記レグ回路の前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第2の代表値が、前記レグ回路間で等しくなるように制御して第2電圧指令値を生成する相バランス制御部と、

各相毎の前記レグ回路における前記正側アームおよび前記負側アームの前記変換器セルの

10

20

コンデンサ電圧の平均値相当の値である第3の代表値が、各相毎の前記レグ回路における前記正側アームと前記負側アームとの間で等しくなるように制御して第3電圧指令値を生成する正負バランス制御部と、

前記第1電圧指令値、前記第2電圧指令値、および前記第3電圧指令値に基づき、各アーム毎のアーム電圧指令値を生成し、各前記アーム電圧指令値と各アーム毎の各前記変換器セルに対応する搬送波とを比較した結果に基づき、各アーム毎のアーム変調指令値を生成するアーム変調指令値演算部と、

各アーム毎の前記アーム変調指令値および各アーム毎のアーム電流に基づき、各前記変換器セルを挿入するかバイパスするかを決定するコンデンサ電圧バランス制御部と、

前記コンデンサ電圧バランス制御部が決定した前記変換器セルの挿入およびバイパスの指令に基づき、前記変換器セルの前記半導体スイッチング素子に対する駆動信号を生成するゲート信号生成部と、

を備えた電力変換装置。

【請求項2】

前記コンデンサ電圧バランス制御部は、前記アーム変調指令値が変動する場合、前記アーム電流の方向と、前記変換器セルのコンデンサ電圧の大きさに応じて、前記変換器セルを挿入するかバイパスするかを決定する請求項1に記載の電力変換装置。

【請求項3】

前記コンデンサ電圧バランス制御部は、前記アーム変調指令値が変動しない場合、挿入している前記変換器セルの中でコンデンサ電圧の許容範囲外となった前記変換器セルがある場合に、当該変換器セルを交換する請求項1に記載の電力変換装置

【請求項4】

前記アーム変調指令値は、前記アーム電圧指令値が各前記搬送波よりも大きい場合の前記変換器セルの個数の合計値に相当する値とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の電力変換装置。

【請求項5】

前記コンデンサ電圧バランス制御部は、前記アーム電流がゼロ付近でコンデンサ電圧の許容範囲を逸脱する前記変換器セルがあった場合に、交換対象となる前記変換器セルの内、少なくとも一つの前記変換器セルのコンデンサ電圧が許容範囲内である場合に限り、許容範囲を逸脱する前記変換器セルを許容範囲内の前記変換器セルに交換する請求項1に記載の電力変換装置。

【請求項6】

前記コンデンサ電圧バランス制御部は、前記アーム変調指令値が変動しない場合に、挿入している前記変換器セルの中でコンデンサ電圧許容範囲を逸脱する前記変換器セルがある場合に、交換対象となる前記変換器セルの内、少なくとも一つの前記変換器セルのコンデンサ電圧が許容範囲内である場合に限り、許容範囲を逸脱する前記変換器セルを許容範囲内の前記変換器セルに交換する請求項1に記載の電力変換装置。

【請求項7】

複数相の交流系統と直流系統との間で電力変換を行う電力変換器と、前記電力変換器を制御する制御装置とを備え、

前記電力変換器は、

前記複数相の交流にそれぞれ対応したレグ回路を有し、前記レグ回路は一对の正側アームと負側アームとが直列接続され、

前記正側アームおよび前記負側アームのそれぞれは、互いに直列接続された複数の半導体スイッチング素子の直列体と前記直列体に並列接続されたコンデンサとからなる変換器セルを、1あるいは複数個直列接続して構成され、

前記正側アームと前記負側アームの接続点が前記交流系統に接続されるとともに、前記複数のレグ回路を前記直流系統の正負の直流母線間に並列接続して構成された電力変換装置の制御方法であって、

前記制御装置は、

10

20

30

40

50

全ての前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第1の代表値が、予め定められた全電圧指令値に追従するように制御して第1電圧指令値を生成する第1ステップと、

各相毎の前記レグ回路の前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第2代表値が、前記レグ回路間で等しくなうように制御して第2電圧指令値を生成する第2ステップと、

各相毎の前記レグ回路における前記正側アームおよび前記負側アームの前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第3の代表値が、各相毎の前記レグ回路における前記正側アームと前記負側アームとの間で等しくなるように制御して第3電圧指令値を生成する第3ステップと、

10

前記第1電圧指令値、前記第2電圧指令値、および前記第3電圧指令値に基づき、各アーム毎のアーム電圧指令値を生成し、各前記アーム電圧指令値と各アーム毎の前記変換器セルに対応する搬送波とを比較した結果に基づき、各アーム毎のアーム変調指令値を生成する第4ステップと、

各アーム毎の前記アーム変調指令値および各アーム毎のアーム電流に基づき、各前記変換器セルを挿入するかバイパスするかを決定する第5ステップと、

前記第5ステップにおいて決定した前記変換器セルの挿入およびバイパスの指令に基づき、前記変換器セルの前記半導体スイッチング素子に対する駆動信号を生成する第6ステップと、を実施する電力変換装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本願は、電力変換装置および電力変換装置の制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、電力系統などの高圧用途に用いられる電力変換装置においては、複数台の変換器セルを直列多重接続して構成するマルチレベル変換器の実用化が図られている。これらの変換器は、モジュラーマルチレベル変換器 (Modular Multilevel Converter、以下、MMCと略する) 方式、または、カスケード・マルチレベル変換器 (Cascade Multilevel Converter、以下、CMCと略する) 方式などと呼ばれ、例えば三相交流から直流への変換、またはその逆変換に用いられる。これらの変換器は直列多重接続されている変換器セルのコンデンサ電圧を利用して出力電圧を生成する (下記の特許文献1参照)。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特許第5455055号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

40

モジュラーマルチレベル変換器では各変換器セル内のコンデンサ電圧はアームを流れる電流の充放電により変動するため、変換器セルのコンデンサ電圧が過電圧とならないように、一定範囲内にバランスするように制御する必要がある。

前記特許文献1に記載の電力変換装置では、モジュラーマルチレベル変換器の変換器セルのコンデンサ電圧を一定に制御するために、各相アームのコンデンサ電圧の平均値になるように制御する平均値制御と、各変換器セルのコンデンサ電圧のバランスをとる個別バランス制御と、正負アームのコンデンサ電圧のバランスをとる正負アームバランス制御を行っている。

【0005】

前記特許文献1では個別バランス制御により各変換器セルのコンデンサ電圧の制御を行

50

うが、各変換器セルのスイッチング素子のスイッチングを搬送波比較により行うため、搬送波の周波数が低くなると、個々のコンデンサ電圧のリップルが増大し、運転継続が難しくなる。また、全ての変換器セルは搬送波の周期毎にスイッチングするために、スイッチング損失が大きくなる。

【 0 0 0 6 】

本願は、変換器セルのコンデンサ電圧を一定の範囲内に収め、運転継続性とスイッチング損失を低減する電力変換装置および電力変換装置の制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本願に開示される電力変換装置は、
複数相の交流系統と直流系統との間で電力変換を行う電力変換器と、前記電力変換器を制御する制御装置とを備え、

前記電力変換器は、

前記複数相の交流にそれぞれ対応したレグ回路を有し、前記レグ回路は一对の正側アームと負側アームとが直列接続され、

前記正側アームおよび前記負側アームのそれぞれは、互いに直列接続された複数の半導体スイッチング素子の直列体と前記直列体に並列接続されたコンデンサとからなる変換器セルを、1あるいは複数個直列接続して構成され、

前記正側アームと前記負側アームの接続点が前記交流系統に接続されるとともに、前記複数のレグ回路を前記直流系統の正負の直流母線間に並列接続して構成され、

前記制御装置は、

全ての前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第1の代表値が、予め定められた全電圧指令値に追従するように制御して第1電圧指令値を生成する第1電圧制御部と、

各相毎の前記レグ回路の前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第2の代表値が、前記レグ回路間で等しくなるように制御して第2電圧指令値を生成する相バランス制御部と、

各相毎の前記レグ回路における前記正側アームおよび前記負側アームの前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第3の代表値が、各相毎の前記レグ回路における前記正側アームと前記負側アームとの間で等しくなるように制御して第3電圧指令値を生成する正負バランス制御部と、

前記第1電圧指令値、前記第2電圧指令値、および前記第3電圧指令値に基づき、各アーム毎のアーム電圧指令値を生成し、各前記アーム電圧指令値と各アーム毎の前記変換器セルに対応する搬送波とを比較した結果に基づき、各アーム毎のアーム変調指令値を生成するアーム変調指令値演算部と、

各アーム毎の前記アーム変調指令値および各アーム毎のアーム電流に基づき、各前記変換器セルを挿入するかバイパスするかを決定するコンデンサ電圧バランス制御部と、

前記コンデンサ電圧バランス制御部が決定した前記変換器セルの挿入およびバイパスの指令に基づき、前記変換器セルの前記半導体スイッチング素子に対する駆動信号を生成するゲート信号生成部と、を備える。

また、本願に開示される電力変換装置の制御方法は、

複数相の交流系統と直流系統との間で電力変換を行う電力変換器と、前記電力変換器を制御する制御装置とを備え、

前記電力変換器は、

前記複数相の交流にそれぞれ対応したレグ回路を有し、前記レグ回路は一对の正側アームと負側アームとが直列接続され、

前記正側アームおよび前記負側アームのそれぞれは、互いに直列接続された複数の半導体スイッチング素子の直列体と前記直列体に並列接続されたコンデンサとからなる変換器セルを、1あるいは複数個直列接続して構成され、

10

20

30

40

50

前記正側アームと前記負側アームの接続点が前記交流系統に接続されるとともに、前記複数のレグ回路を前記直流系統の正負の直流母線間に並列接続して構成された電力変換装置の制御方法であって、

前記制御装置は、

全ての前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第1の代表値が、予め定められた全電圧指令値に追従するように制御して第1電圧指令値を生成する第1ステップと、

各相毎の前記レグ回路の前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第2代表値が、前記レグ回路間で等しくなるように制御して第2電圧指令値を生成する第2ステップと、

10

各相毎の前記レグ回路における前記正側アームおよび前記負側アームの前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第3の代表値が、各相毎の前記レグ回路における前記正側アームと前記負側アームとの間で等しくなるように制御して第3電圧指令値を生成する第3ステップと、

前記第1電圧指令値、前記第2電圧指令値、および前記第3電圧指令値に基づき、各アーム毎のアーム電圧指令値を生成し、各前記アーム電圧指令値と各アーム毎の各前記変換器セルに対応する搬送波とを比較した結果に基づき、各アーム毎のアーム変調指令値を生成する第4ステップと、

各アーム毎の前記アーム変調指令値および各アーム毎のアーム電流に基づき、各前記変換器セルを挿入するかバイパスするかを決定する第5ステップと、

20

前記第5ステップにおいて決定した前記変換器セルの挿入およびバイパスの指令に基づき、前記変換器セルの前記半導体スイッチング素子に対する駆動信号を生成する第6ステップと、を実施する。

【発明の効果】

【0008】

本願に開示される電力変換装置および電力変換装置の制御方法によれば、各変換器セルのコンデンサの電圧を一定範囲内に収めることができ、運転継続性を高め、スイッチング損失を削減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

30

【図1】本願の実施の形態による電力変換装置を含む電力変換システムを示す概略構成図である。

【図2】実施の形態1による電力変換装置の変換器セルの構成の一例を示す回路図である。

【図3】実施の形態1による電力変換装置の変換器セルの構成の他例を示す回路図である。

【図4】実施の形態1による電力変換装置の変換器セルの構成の他例を示す回路図である。

【図5】実施の形態1による電力変換装置の制御装置を示すブロック図である。

【図6】実施の形態1による電力変換装置に流れる電流を説明するための図である。

【図7】実施の形態1による電力変換装置の全電圧制御部を示すブロック図である。

【図8】実施の形態1による電力変換装置の電流制御部を示すブロック図である。

【図9】実施の形態1による電力変換装置の相バランス制御部を示すブロック図である。

40

【図10】実施の形態1による電力変換装置の正負バランス制御部を示すブロック図である。

【図11】実施の形態1によるアーム変調指令値演算部の動作を表すフローチャートである。

【図12】実施の形態1によるアーム変調指令値演算部のアーム電圧指令値と搬送波を示す図である。

【図13】実施の形態の電力変換装置の制御装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【図14】実施の形態1によるコンデンサ電圧バランス制御部の動作を示すフローチャートである。

50

【図 15】実施の形態 1 によるコンデンサ電圧バランス制御部の動作を示すフローチャートである。

【図 16】図 16 A、図 16 B、図 16 C および図 16 D は、実施の形態 1 による変換器セルが出力する電圧を説明する図である。

【図 17】実施の形態 2 によるコンデンサ電圧バランス制御部の動作を示すフローチャートである。

【図 18】実施の形態 2 によるコンデンサ電圧バランス制御部の動作を示すフローチャートである。

【図 19】実施の形態 2 によるコンデンサ電圧バランス制御部の一部の動作を示すフローチャートである。

10

【図 20】実施の形態 2 によるコンデンサ電圧バランス制御部の一部の動作を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本願の実施の形態による電力変換装置を図に基づいて説明する。

【0011】

実施の形態 1 .

[電力変換装置の全体構成]

図 1 は、実施の形態 1 による電力変換装置を含む電力変換システムの概略構成を示すブロック図である。

20

図 1 に示すように、電力変換装置 100 は、電力変換器 1 と、制御装置 7 とから構成されている。

電力変換器 1 は、交流と直流との間で相互に電力変換を行うものであり、その交流側が変圧器 3 を介して複数相交流（例えば三相交流）としての交流系統（交流回路）2 に接続され、その直流側が正側直流端子 6 P、負側直流端子 6 N を介して直流系統（直流回路）99 に接続されている。

【0012】

電力変換器 1 は、複数相交流としての三相交流の U 相、V 相、W 相のそれぞれに対応して備えられる 3 個のレグ回路 8 u、8 v、8 w を、正側直流端子 6 P、負側直流端子 6 N 間に並列接続して備える。

30

レグ回路 8 u は、一対のアームとしての正側アーム 9 p u および負側アーム 9 n u を有し、正側アーム 9 p u と負側アーム 9 n u とは互いに直列接続される。

正側アーム 9 p u の一端は正側直流端子 6 P に接続され、負側アーム 9 n u の一端は負側直流端子 6 N に接続される。また、正側アーム 9 p u および負側アーム 9 n u の接続点 4 u は変圧器 3 の U 相端子に接続される。

レグ回路 8 v は、一対のアームとしての正側アーム 9 p v および負側アーム 9 n v を有し、正側アーム 9 p v と負側アーム 9 n v とは互いに直列接続される。

正側アーム 9 p v の一端は正側直流端子 6 P に接続され、負側アーム 9 n v の一端は負側直流端子 6 N に接続される。また、正側アーム 9 p v および負側アーム 9 n v の接続点 4 v は変圧器 3 の V 相端子に接続される。

40

レグ回路 8 w は、一対のアームとしての正側アーム 9 p w および負側アーム 9 n w を有し、正側アーム 9 p w と負側アーム 9 n w とは互いに直列接続される。

正側アーム 9 p w の一端は正側直流端子 6 P に接続され、負側アーム 9 n w の一端は負側直流端子 6 N に接続される。また、正側アーム 9 p w および負側アーム 9 n w の接続点 4 w は変圧器 3 の W 相端子に接続される。

【0013】

次に、レグ回路 8 u、8 v、8 w の構成について説明する。

V 相、W 相のレグ回路 8 v、8 w は、U 相のレグ回路 8 u と同様の構成を有しているため、代表して U 相のレグ回路 8 u を用いて説明する。

レグ回路 8 u の正側アーム 9 p u は、直列接続された複数の変換器セル 10 と、リアク

50

トル 5 u P とを有し、これら複数の変換器セル 1 0 とリアクトル 5 u P とが直列接続されて構成される。

同様に、レグ回路 8 u の負側アーム 9 n u は、直列接続された複数の変換器セル 1 0 と、リアクトル 5 u N を有し、これら変換器セル 1 0 とリアクトル 5 u N とが直列接続されて構成される。

なお、リアクトル 5 u P は正側アーム 9 p u 内であればいずれの位置であってもよく、同様にリアクトル 5 u N も負側アーム 9 n u 内であればいずれの位置であってもよい。リアクトル 5 u P、5 u N のインダクタンス値は互いに異なってよく、他の相のリアクトルと結合されたものでも良い。さらに、正側アーム 9 p u 内にのみリアクトル 5 u P を設ける構成でもよく、もしくは、負側アーム 9 n u 内にのみリアクトル 5 u N を設ける構成でもよい。アームリアクトルは、変換器内を循環する循環電流を抑制するために挿入するものであり、変換器セル 1 0 と直列に接続されるものであればよく、複数個を分散して挿入してもよい。

10

なお、以降の説明において、レグ回路 8 u、8 v、8 w のそれぞれを区別する必要がない場合は、レグ回路 8 と称している。また、正側アーム 9 p u、9 p v、9 p w、負側アーム 9 n u、9 n v、9 n w のそれぞれを区別する必要がない場合は、アーム 9 あるいは、正側アーム 9 P、負側アーム 9 N と称している。

【 0 0 1 4 】

[変換器セルの構成]

次に、各レグ回路 8 を構成する変換器セル 1 0 の構成について説明する。

20

図 2 は、実施の形態 1 による変換器セル 1 0 の構成の一例を示す回路図である。

図 3 は、実施の形態 1 による変換器セル 1 0 の、図 2 とは異なる構成例を示す回路図である。

図 4 は、実施の形態 1 による変換器セル 1 0 の、図 2、図 3 とは異なる構成例を示す回路図である。

なお、変換器セル 1 0 は、図 2 ~ 図 4 に示すいずれの回路構成を用いても良く、正側アーム 9 P、負側アーム 9 N 内で各回路構成を組み合わせても良い。

【 0 0 1 5 】

図 2 に示す変換器セル 1 0 は、互いに直列接続された半導体スイッチング素子 1 2 U、1 2 L の直列体と、これら直列体に並列接続されたエネルギー蓄積要素としてのコンデンサ 1 5 と、コンデンサ 1 5 の電圧値 V c a p を検出する電圧センサ 1 6 とを有する。半導体スイッチング素子 1 2 U と 1 2 L との接続点は正側の入出力端子 1 2 a に接続され、半導体スイッチング素子 1 2 L とコンデンサ 1 5 との接続点は負側の入出力端子 1 2 b に接続される。

30

図 2 に示す構成の変換器セル 1 0 において、半導体スイッチング素子 1 2 U、1 2 L は、一方がオン状態となり、他方がオフ状態になるように制御される。半導体スイッチング素子 1 2 U がオン状態であり、半導体スイッチング素子 1 2 L がオフ状態の時、入出力端子 1 2 a と 1 2 b との間にはコンデンサ 1 5 の両端電圧が印加される。なお、入出力端子 1 2 a 側に正側電圧、1 2 b 側に負側電圧が印加される。

【 0 0 1 6 】

40

また、図 3 に示す変換器セル 1 0 は、互いに直列接続された半導体スイッチング素子 1 2 U、1 2 L の直列体と、この直列体に並列接続されたエネルギー蓄積要素としてのコンデンサ 1 5 と、コンデンサ 1 5 の電圧値 V c a p を検出する電圧センサ 1 6 とを有する。半導体スイッチング素子 1 2 U と 1 2 L の接続点は負側の入出力端子 1 2 b に接続され、半導体スイッチング素子 1 2 U とコンデンサ 1 5 との接続点は正側の入出力端子 1 2 a に接続される。

図 3 に示す構成の変換器セル 1 0 において、半導体スイッチング素子 1 2 U、1 2 L は、一方がオン状態となり、他方がオフ状態になるように制御される。半導体スイッチング素子 1 2 U がオフ状態であり、半導体スイッチング素子 1 2 L がオン状態の時、入出力端子 1 2 a と 1 2 b との間にはコンデンサ 1 5 の両端電圧が印加される。なお、入出力端子

50

12a側に正側電圧、12b側に負側電圧が印加される。

【0017】

また、図4に示す構成の変換器セル10は、互いに直列接続された半導体スイッチング素子12U1、12L1の直列体と、同じく互いに直列接続された半導体スイッチング素子12U2、12L2の直列体と、エネルギー蓄積要素としてのコンデンサ15と、コンデンサ15の電圧値Vcapを検出する電圧センサ16とを有する。そして、これら、半導体スイッチング素子12U1、12L1の直列体と、半導体スイッチング素子12U2、12L2の直列体と、コンデンサ15とが、並列接続される。

図4に示す構成の変換器セル10において、半導体スイッチング素子12U1、12L1は、一方がオン状態となり、他方がオフ状態になるように制御される。同様に半導体スイッチング素子12U2、12L2は、一方がオン状態となり、他方がオフ状態になるように制御される。半導体スイッチング素子12U1がオン状態であり、半導体スイッチング素子12L1がオフ状態の時、かつ半導体スイッチング素子12U2がオフ状態であり、半導体スイッチング素子12L2がオン状態の時、入出力端子12aと12bとの間にはコンデンサ15の両端電圧が印加される。なお、入出力端子12a側に正側電圧、12b側に負側電圧が印加される。

10

なお、半導体スイッチング素子12U、12L、12U1、12L1、12U2、12L2を総称する場合は、半導体スイッチング素子12とする。

【0018】

[電力変換装置の検出器]

次に、電力変換装置100の電圧および電流を検出する検出器について説明する。

電力変換装置100は、前記のコンデンサ15の電圧値Vcap(以下、コンデンサ電圧値Vcapと称する)を検出する電圧センサ16以外に、電力変換装置100の電圧および電流を検出する複数の検出器を備えている。

すなわち、図1に示すように、レグ回路8u、8v、8wの各アーム9pu、9nu、9pv、9nv、9pw、9nwを流れるアーム電流Ipu、Inu、Ipv、Inu、Ipw、Inwを検出する電流センサ40を備えている。また、交流系統2の交流電圧Vu、Vv、Vwを検出する電圧センサ20、交流系統2の交流電流Iu、Iv、Iwを検出する電流センサ30、正側直流端子6Pと負側直流端子6Nとの間の直流電圧Vdcを検出する電圧センサ(図示せず)、正側直流端子6Pまたは負側直流端子6Nを流れる直流電流Idcを検出する電流センサ60を備えている。

20

なお、アーム電流Ipu、Inu、Ipu、Inu、Ipu、Inu、Ipu、Inuを総称する場合は、アーム電流Iarmと記す。

30

【0019】

[電力変換器の制御装置]

制御装置7は、前記の複数の検出器で測定された検出値を入力している。すなわち、制御装置7は、全ての変換器セル10のコンデンサ電圧値Vcap、各アーム9pu、9nu、9pv、9nv、9pw、9nwを流れるアーム電流Ipu、Inu、Ipu、Inu、Ipu、Inu、Ipu、Inu、交流系統2の交流電圧Vu、Vv、Vw、交流系統2の交流電流Iu、Iv、Iw、並びに、正側直流端子6Pと負側直流端子6Nの間の直流電圧Vdcおよび直流電流Idcを入力している。

40

さらに、制御装置7は、正側直流端子6Pと負側直流端子6Nの間の直流電圧指令Vdc*および直流電流指令値Idc*、全ての変換器セル10のコンデンサ電圧の平均値を制御するための全電圧指令値Vcap*を入力している。なお、直流電圧指令Vdc*、直流電流指令値Idc*および全電圧指令値Vcap*は、外部から入力されても良いし、制御装置7内で設定または生成されるものであっても良い。

また、変換器セルのコンデンサ電圧Vcapを一定範囲に保つための許容範囲の最大値Vmaxと最小値Vminを入力している。なお、許容範囲の最大値Vmax及び最小値Vminは、外部から入力されてもよいし、制御装置7内で設定または生成されるものであっても良い。

50

【 0 0 2 0 】

図 5 は、実施の形態 1 による電力変換器の制御装置 7 を示すブロック図である。

制御装置 7 は、全電圧制御部 2 0 0 および電流制御部 3 0 0 を含む第 1 電圧制御部 4 0 0 と、相バランス制御部 5 0 0 と、正負バランス制御部 6 0 0 と、アーム変調指令値演算部 7 0 0 と、コンデンサ電圧バランス制御部 8 0 0 と、ゲート信号生成部 9 0 0 とを備える。

【 0 0 2 1 】

第 1 電圧制御部 4 0 0 は、全ての前記変換器セル 1 0 のコンデンサ電圧の平均値相当の値である第 1 の代表値 V_{cap_av} が、予め定められた全電圧指令値 V_{cap}^* に追従するように制御して第 1 電圧指令値 V_{ac}^* を生成する。

10

【 0 0 2 2 】

相バランス制御部 5 0 0 は、各相毎のレグ回路 8 (8 u、8 v、8 w) の変換器セル 1 0 のコンデンサ電圧の平均値相当の値である第 2 の代表値 V_{capu} 、 V_{capv} 、 V_{capw} が、第 1 の代表値 V_{cap_av} に追従するように制御して第 2 電圧指令値 V_z^* を生成する。

【 0 0 2 3 】

正負バランス制御部 6 0 0 は、各相毎のレグ回路 8 (8 u、8 v、8 w) における正側アーム及び負側アームの変換器セル 1 0 のコンデンサ電圧の平均値相当の値である第 3 の代表値 V_{capXX_av} (XX : 9 pu、9 nv、9 pv、9 nv、9 pw、9 nw) が、各相毎のレグ回路 8 における正側アームと負側アームとの間で偏差がゼロとなるように制御して第 3 電圧指令値 V_{pn}^* を生成する。

20

【 0 0 2 4 】

アーム変調指令値演算部 7 0 0 は、第 1 電圧指令値 V_{ac}^* と、第 2 電圧指令値 V_z^* と、第 3 電圧指令値 V_{pn}^* とを合成したアーム電圧指令値 V_{ref} と各変換器セルに割り当てられている搬送波を大小比較して、アーム電圧指令値 V_{ref} が搬送波より大きくなる変換器セルの個数を総計した値を各アーム上の全変換器セル数で除算して、アーム変調指令値 K_{ref} を生成する。

【 0 0 2 5 】

コンデンサ電圧バランス制御部 8 0 0 は、アーム変調指令値 K_{ref} と、コンデンサ電圧 V_{cap} と、アーム電流 I_{pu} 、 I_{nu} 、 I_{pv} 、 I_{nv} 、 I_{pw} 、 I_{nw} と、コンデンサ電圧の許容範囲の最大値 V_{max} 及び最小値 V_{min} を入力する。

30

そして、コンデンサ電圧バランス制御部 8 0 0 は、コンデンサ電圧の許容範囲にある変換器セル 1 0 を、アーム変調指令値 K_{ref} と、アーム電流 I_{pu} 、 I_{nu} 、 I_{pv} 、 I_{nv} 、 I_{pw} 、 I_{nw} の極性と、各変換器セル 1 0 のコンデンサ電圧の大きさに基づいて、挿入するまたはバイパスする変換器セル 1 0 を決定する。

【 0 0 2 6 】

ゲート信号生成部 9 0 0 は、コンデンサ電圧バランス制御部 8 0 0 で決定した変換器セル 1 0 のスイッチング状態になるように半導体スイッチング素子 1 2 を駆動するゲート信号を生成する。

【 0 0 2 7 】

前述のように、第 1 電圧制御部 4 0 0 は、全電圧制御部 2 0 0 および電流制御部 3 0 0 を含む。

40

全電圧制御部 2 0 0 は、第 1 の代表値 V_{cap_av} と全電圧指令値 V_{cap}^* の差分がゼロになるように有効電流指令値 I_q^* を生成する。

電流制御部 3 0 0 は、電力変換器 1 の有効電流 I_q が有効電流指令値 I_q^* に追従し、電力変換器 1 の無効電流 I_d が無効電流指令値 I_d^* に追従するように第 1 電圧指令値 V_{ac}^* を生成する。

【 0 0 2 8 】

なお、制御装置 7 は、ハードウェアの一例を図 1 3 に示すように、プロセッサ 1 0 0 0 と記憶装置 1 0 0 1 から構成される。記憶装置は図示していないが、ランダムアクセスメ

50

メモリ等の揮発性記憶装置と、フラッシュメモリ等の不揮発性の補助記憶装置とを備える。

また、フラッシュメモリの代わりにハードディスクの補助記憶装置を備えてもよい。プロセッサ 1000 は、記憶装置 1001 から入力されたプログラムを実行する。この場合、補助記憶装置から揮発性記憶装置を介してプロセッサ 1000 にプログラムが入力される。また、プロセッサ 1000 は、演算結果等のデータを記憶装置 1001 の揮発性記憶装置に出力してもよいし、揮発性記憶装置を介して補助記憶装置にデータを保存してもよい。

また、制御装置 7 は専用回路によって構成しても良いし、その一部または全部を F P G A (F e i l d P r o g r a m m a b l e G a t e A r r a y) によって構成しても良い。

10

【 0 0 2 9 】

[電力変換装置に流れる電流]

ここで、実施の形態 1 の制御装置 7 の動作の説明に入る前に、図 6 に基づいて、電力変換装置 100 に流れる電流について説明する。

図 6 において、各電流要素は以下の通りになる。

I_{pu} 、 I_{pv} 、 I_{pw} : U 相正側アーム 9_{pu}、V 相正側アーム 9_{pv}、W 相正側アーム 9_{pw} に流れる電流、

I_{nu} 、 I_{nv} 、 I_{nw} : U 相負側アーム 9_{nu}、V 相負側アーム 9_{nv}、W 相負側アーム 9_{nw} に流れる電流、

I_u : 交流系統を経由する U 相の交流電流であり、この交流電流 I_u は U 相正側アーム 9_{pu} および U 相負側アーム 9_{nu} に、その 1/2 が分流する。

20

I_v : 交流系統を経由する V 相の交流電流であり、この交流電流 I_v は V 相正側アーム 9_{pv} および V 相負側アーム 9_{nv} に、その 1/2 が分流する。

I_w : 交流系統を経由する W 相の交流電流であり、この交流電流 I_w は W 相正側アーム 9_{pw} および W 相負側アーム 9_{nw} に、その 1/2 が分流する。

I_{dc} : 直流系統を経由する電流であり、それぞれ U 相アーム、V 相アーム、W 相アームには I_{dc} の 1/3 が流れる。

I_{zu} : U 相アームに流れる電流 I_{pu} 、 I_{nu} から交流電力系統を経由する電流 $I_u/2$ を除いた電流成分であり、以下の関係が成立する。

$$I_{zu} = I_{pu} + I_u / 2 \cdots (1)$$

30

$$I_{zu} = I_{nu} - I_u / 2 \cdots (2)$$

I_{zuc} : 交流系統および直流系統を経由せず、レグ回路 8_u、8_v、8_w の相間を循環する循環電流成分であり、前記 (1) (2) 式から電流 I_u を消去すると、電流成分 I_{zu} は下記の (3) 式となる。

$$I_{zu} = (I_{pu} + I_{nu}) / 2 \cdots (3)$$

従って、循環電流成分 I_{zuc} は下記の (4) 式となる。

$$I_{zuc} = I_{zu} - I_{dc} / 3 \cdots (4)$$

同様に、図示はしていないが、

I_{zv} : V 相アームに流れる電流 I_{pv} 、 I_{nv} から交流電力系統を経由する電流 $I_v/2$ を除いた電流成分、

40

I_{zw} : W 相アームに流れる電流 I_{pw} 、 I_{nw} から交流電力系統を経由する電流 $I_w/2$ を除いた電流成分、とすると、

循環電流成分 I_{zvc} 、 I_{zwc} は、下記の (5)、(6) 式となる。

$$I_{zvc} = I_{zv} - I_{dc} / 3 \cdots (5)$$

$$I_{zwc} = I_{zw} - I_{dc} / 3 \cdots (6)$$

【 0 0 3 0 】

[電力変換器の制御の概要]

次に、電力変換器 1 の制御の概要について説明する。

電力変換器 1 において、各変換器セル 10 のコンデンサ電圧の時間的变化は、交流瞬時電力をコンデンサ電圧で除算したものであり、交流電流に依存するため、交流系統の系統

50

周波数と同一周波数の振動が発生する。

したがって、電力変換器 1 では各変換器セル 10 が過電圧とならないように、各変換器セル 10 のコンデンサ電圧を一定範囲内にバランスさせることが重要である。

【 0 0 3 1 】

実施の形態 1 の電力変換器 1 におけるコンデンサ電圧の制御は、以下の 4 つの電圧成分についての制御を行う。

第 1 電圧制御部 4 0 0 は、全ての変換器セル 10 のコンデンサ電圧の平均値相当の値である第 1 の代表値に関する制御を行う。

相バランス制御部 5 0 0 は、各相毎のレグ回路 8 の変換器セル 10 のコンデンサ電圧の平均値相当の値である第 2 の代表値に関する制御を行う。

正負バランス制御部 6 0 0 は、各相毎のレグ回路 8 における正側アーム及び負側アームの変換器セル 10 のコンデンサ電圧の平均値相当の値である第 3 の代表値に関する制御を行う。

コンデンサ電圧バランス制御部 8 0 0 は、アーム変調指令値 K_{ref} に最も近い電圧になるように変換器セル 10 を挿入またはバイパスし、また、アーム電流 I_{arm} の方向に応じて、各変換器セル 10 を挿入するかまたはバイパスするかを決定する。ここで、制御装置 7 は全ての変換器セル 10 のコンデンサ電圧 V_{cap} と、各変換器セル 10 が挿入されているかバイパスされているかの情報を図 13 の記憶装置 1 0 0 1 に逐次記憶しており、コンデンサ電圧 V_{cap} が許容範囲内（最小値 V_{min} ~ 最大値 V_{max} ）にある変換器セル 10 を挿入し、許容範囲（最小値 V_{min} ~ 最大値 V_{max} ）外となった変換器セル 10 をバイパスするように各変換器セル 10 のスイッチング状態を決定する。このようにして各変換器セル 10 のコンデンサ電圧 V_{cap} を許容範囲（最小値 V_{min} ~ 最大値 V_{max} ）内にバランスさせる。

【 0 0 3 2 】

[コンデンサ電圧の変動]

ここで、コンデンサ電圧の変動をより詳細に説明する。

電力変換器 1 では、直流電圧 V_{dc} および直流電流 I_{dc} は正側アームおよび負側アームで同極性であり、各相で同極性である。

また、電力変換器 1 が入出力する交流電圧および交流電流が三相平衡の場合、交流電圧および交流電流は正側アームおよび負側アームで逆極性であり、各相で 1 2 0 度ずれている。

つまり、系統周波数と同一周波数のコンデンサ電圧の振動は、正側アームおよび負側アームで逆極性であり、各相で 1 2 0 度ずつずれている。系統周波数の 2 倍の周波数のコンデンサ電圧の振動は、正側アームおよび負側アームで同極性であり、各相で 1 2 0 度ずつずれている。

したがって、コンデンサ電圧は、複数相のうちの一相の片側アームのみを平均すると、系統周波数と同一周波数の振動と系統周波数の 2 倍の周波数の振動とが共に存在する。

各相レグ回路のコンデンサの平均電圧については、系統周波数と同一の振動は正側アームおよび負側アームでキャンセルされて系統周波数の 2 倍の周波数成分の振動のみとなる。

また、全変換器セルのコンデンサ電圧の平均は、系統周波数と同一の振動及び系統周波数の 2 倍の振動共にアーム間および相間でキャンセルされ振動成分はなくなる。

【 0 0 3 3 】

[電力変換器の制御の詳細]

以下、電力変換器 1 の制御装置 7 の詳細動作について説明する。

[全電圧制御部]

図 7 は、実施の形態 1 の全電圧制御部 2 0 0 の制御ブロック図を示す。

全電圧制御部 2 0 0 には、全て（全相全アーム）の変換器セル 10 のコンデンサ電圧 V_{cap} 、全ての変換器セル 10 に対するコンデンサ電圧指令値 V_{cap}^* （以下、全電圧指令値 V_{cap}^* と称す）、及び直流電流指令値 I_{dc}^* が入力される。

なお、全ての変換器セル 10 のコンデンサ電圧値を代表して表す場合は、例えば図 5 に

10

20

30

40

50

示すように V_{cap} と、個別で表す場合は、例えば図 7 に示すように、U 相正側アームのコンデンサ電圧を $V_{capu1} \cdots V_{capuk}$ 、U 相負側アームのコンデンサ電圧を $V_{capnu1} \cdots V_{capnuk}$ 、V 相正側アームのコンデンサ電圧を $V_{capv1} \cdots V_{capvk}$ 、V 相負側アームのコンデンサ電圧を $V_{capnv1} \cdots V_{capnvk}$ 、W 相正側アームのコンデンサ電圧を $V_{capw1} \cdots V_{capwk}$ 、U 相負側アームのコンデンサ電圧を $V_{capnw1} \cdots V_{capnwk}$ 、としている。

【0034】

図 7 において、全電圧制御部 200 の第 1 の代表値演算部 210 は、全ての変換器セル 10 のコンデンサ電圧 V_{cap} の平均値相当の値 V_{cap_av} を演算する。ここで、平均値相当の値 V_{cap_av} とは、全ての変換器セル 10 のコンデンサ電圧 V_{cap} の総和を全ての変換器セル 10 の数で除算した平均値、あるいは、全ての変換器セル 10 のコンデンサ電圧 V_{cap} の中央値でも良い。なお、第 1 の代表値演算部 210 で算出された平均値相当の値 V_{cap_av} を、本願では第 1 の代表値 V_{cap_av} と称する。

10

【0035】

そして、全電圧制御部 200 では、全ての変換器セル 10 のコンデンサ電圧 V_{cap} の平均値相当の値 V_{cap_av} が予め定められた全電圧指令値 V_{cap}^* に追従するように制御する。全変換器セルのコンデンサ電圧 V_{cap} の平均値相当の値 V_{cap_av} は急峻な変動を抑制するためフィルタを通した値でもよい。

【0036】

電力変換器 1 における交流電力と直流電力の差分が全変換器セル 10 の共通の有効電力となるため、全変換器セル 10 のコンデンサ電圧は有効電流 I_q により制御する。すなわち、全変換器セル 10 のコンデンサ電圧 V_{cap} の平均値相当の値 V_{cap_av} と全電圧指令値 V_{cap}^* との差分が 0 になるように PI (Proportional Integral) 制御器等の制御器 220 によりフィードバック制御する。そして、フィードバックした制御量 230 に、直流電流指令値 I_{dc}^* または電流センサ 60 より検出した直流電流検出値 I_{dc} にフィルタを通した値を加算器 240 により加算し、加算した制御量を有効電流指令値 I_q^* として出力する。

20

そして、全電圧制御部 200 は、有効電流指令値 I_q^* を電流制御部 300 に出力し、第 1 の代表値演算部 210 で算出された平均値相当の値 V_{cap_av} を第 1 の代表値 $V_{cap_av}^*$ として相バランス制御部 500 に出力する。

30

【0037】

[電流制御部]

次に、実施の形態 1 の電流制御部 300 の構成及び動作について説明する。

図 5 に示すように、電流制御部 300 は、電圧センサ 20 で検出された交流電圧 V_u 、 V_v 、 V_w と、電流センサ 30 で検出された交流電流 I_u 、 I_v 、 I_w と、全電圧制御部 200 より出力された有効電流指令値 I_q^* と、電力変換装置 100 の運転条件から決まる無効電流指令値 I_d^* とを入力する。

【0038】

図 8 は、実施の形態 1 の電流制御部 300 の制御ブロック図を示す。

40

電流制御部 300 では、電力変換器 1 の全変換器セル 10 の有効電流 I_q および無効電流 I_d を制御することにより、電力変換器 1 の電力制御を行っている。

有効電流 I_q および無効電流 I_d は、交流電流 I_u 、 I_v 、 I_w 、並びに交流電圧 V_u 、 V_v 、 V_w と同期する位相に基づき、下記の (7) 式により三相/二相変換して求められる。

【0039】

【数 1】

50

数1

$$\begin{pmatrix} Id \\ Iq \end{pmatrix} = \frac{2}{3} \begin{pmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta-2\pi/3) & \cos(\theta-4\pi/3) \\ -\sin(\theta) & -\sin(\theta-2\pi/3) & -\sin(\theta-4\pi/3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Iu \\ Iv \\ Iw \end{pmatrix} \quad \dots (7)$$

10

【0040】

すなわち、図8において、交流電圧 V_u 、 V_v 、 V_w を入力した位相検出器311は、交流電圧 V_u 、 V_v 、 V_w の位相を検出する。そして、三相/二相変換器310は、交流電流 I_u 、 I_v 、 I_w と、位相検出器311から出力される交流電圧 V_u 、 V_v 、 V_w の位相を入力し、前記の(7)式に基づいて、有効電流 I_q および無効電流 I_d を算出する。

【0041】

次に、有効電流 I_q および無効電流 I_d が、それぞれ有効電流指令値 I_q^* および無効電流指令値 I_d^* に追従するように、例えばPI制御器のような制御器320および制御器330によりフィードバック制御することにより、 dq 軸上の電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* を求める。

20

【0042】

次に、二相/三相変換器350は、 dq 軸上の電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* を入力して、下記の(8)式を用いて、各相(U相、V相、W相)の交流電圧指令値 V_{acu}^* 、 V_{acv}^* 、 V_{acw}^* を出力する。なお、交流電圧指令値 V_{acu}^* 、 V_{acv}^* 、 V_{acw}^* を総称する場合は、交流電圧指令値 V_{ac}^* と記する。

【0043】

【数2】

数2

$$\begin{pmatrix} Vacu^* \\ Vacv^* \\ Vacw^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 1/2 & -\sqrt{3}/2 \\ 1/2 & \sqrt{3}/2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Vd^* \\ Vq^* \end{pmatrix} \quad \dots (8)$$

30

【0044】

そして、電流制御部300は、交流電圧指令値 V_{ac}^* (V_{acu}^* 、 V_{acv}^* 、 V_{acw}^*)を後段のアーム変調指令値演算部700に出力する。

ここで、交流電圧指令値 V_{ac}^* (V_{acu}^* 、 V_{acv}^* 、 V_{acw}^*)を、本願では第1電圧指令値 V_{ac}^* と称する。

【0045】

[相バランス制御部]

次に、実施の形態1の相バランス制御部500の構成及び動作について説明する。

図5に示すように、相バランス制御部500は、全ての変換器セル10のコンデンサ電圧 V_{cap} と、電流センサ40で検出されるアーム電流 I_{pu} 、 I_{nu} 、 I_{pv} 、 I_{nv}

40

50

、 I_{pw} 、 I_{nw} と、電流センサ60で検出される直流電流 I_{dc} と、全電圧制御部200から出力された全コンデンサ電圧の平均値相当の値(第1の代表値) $V_{cap_av^*}$ と、後述する正負バランス制御部600から出力された正負バランス用の循環電流指令値 I_{zpn^*} ($I_{zpn a^*}$ 、 $I_{zpn b}$)とを入力する。

【0046】

図9は、実施の形態1の相バランス制御部500の制御ブロック図を示す。

相バランス制御部500は、各相(U相、V相、W相)のコンデンサ電圧の平均値相当の値(第2の代表値) V_{capu} 、 V_{capv} 、 V_{capw} が、全電圧制御部200から出力された全コンデンサ電圧の平均値相当の値(第1の代表値) $V_{cap_av^*}$ に追従するように制御する。

【0047】

第2の代表値演算部510は、各相(U相、V相、W相)のレグ回路8u、8v、8wにおける全ての変換器セル10のコンデンサ電圧の平均値相当の値(第2の代表値) V_{capu} 、 V_{capv} 、 V_{capw} を演算する。

各相(U相、V相、W相)の変換器セル10のコンデンサ電圧の平均値相当の値(第2の代表値) V_{capu} 、 V_{capv} 、 V_{capw} とは、各相のコンデンサ電圧 V_{cap} の平均値、あるいは、各相のコンデンサ電圧 V_{cap} の中央値、あるいは、各相のコンデンサ電圧 V_{cap} の最大値及び最小値から演算される代表値でもよい。

【0048】

各相のコンデンサ電圧の平均値相当の値(第2の代表値) V_{capu} 、 V_{capv} 、 V_{capw} は、系統周波数の2倍の周波数成分で振動するため、第2の代表値 V_{capu} 、 V_{capv} 、 V_{capw} から系統周波数の2倍の周波数をフィルタ511、512、513により除去する。フィルタ511、512、513は系統周波数の2倍の周波数の移動平均フィルタまたはノッチフィルタ等が適用される。

【0049】

次に、第2の代表値 V_{capu} 、 V_{capv} 、 V_{capw} をフィルタ511、512、513に通した値を V_{capu-} 、 V_{capv-} 、 V_{capw-} とし、これらの値 V_{capu-} 、 V_{capv-} 、 V_{capw-} を3相/2相変換器520により下記の(9)式に基づき3相/2相変換して制御値 V_{capa} 、 V_{capb} を演算する。

【0050】

【数3】

数3

$$\begin{pmatrix} V_{capa} \\ V_{capb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{capu-} \\ V_{capv-} \\ V_{capw-} \end{pmatrix} \quad \dots (9)$$

【0051】

次に、全電圧制御部200から出力された全コンデンサ電圧の平均値相当の値(第1の代表値) $V_{cap_av^*}$ と、前記制御値 V_{capa} 、 V_{capb} との偏差がそれぞれゼロになるように、制御器521、522を用いて例えばPI(Proportional Integral)制御して、相バランス用の循環電流指令値 I_{za^*} 、 I_{zb^*} を求める。

次に、相バランス用の循環電流指令値 I_{za^*} 、 I_{zb^*} と、後述する正負バランス制御部600により出力された正負バランス用の循環電流指令値 $I_{zpn a^*}$ 、 $I_{zpn b}$ を加算する。

そして、後述する3相/2相変換器560から出力された制御値 I_{za} 、 I_{zb} と、前

10

20

30

40

50

記の相バランス用の循環電流指令値 I_{za}^* 、 I_{zb}^* および正負バランス用の循環電流指令値 $I_{zpn a}^*$ 、 $I_{zpn b}^*$ を加算した値と、の偏差がゼロとなるように、制御器 531、532 を用いて例えば P I (P r o p o r t i n a l I n t e g r a l) 制御を行って、出力値 531 a、531 b を出力する。そして、出力値 531 a、531 b を 2 相 / 3 相変換器 540 により変換して循環電流用の電圧指令値 V_{zU}^* 、 V_{zV}^* 、 V_{zW}^* を出力する。ここで、循環電流用の電圧指令値 V_{zU}^* 、 V_{zV}^* 、 V_{zW}^* を総称する場合は、電圧指令値 V_{z}^* と記す。

【 0 0 5 2 】

一方、相バランス制御部 500 の循環電流演算部 550 は、アーム電流 I_{pu} 、 I_{nu} 、 I_{pv} 、 I_{nv} 、 I_{pw} 、 I_{nw} 、および、直流電流 I_{dc} を入力して、前述の式 (3) ~ 式 (6) を用いて循環電流 I_{zuc} 、 I_{zvc} 、 I_{zwc} を演算する。そして、3 相 / 2 相変換器 560 は循環電流 I_{zuc} 、 I_{zvc} 、 I_{zwc} を下記の式 (10) に基づき 3 相 / 2 相変換して制御値 I_{za} 、 I_{zb} を出力する。

10

【 0 0 5 3 】

【 数 4 】

数4

$$\begin{pmatrix} I_{za} \\ I_{zb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{zuc} \\ I_{zvc} \\ I_{zwc} \end{pmatrix} \dots (10)$$

20

【 0 0 5 4 】

3 相 / 2 相変換器 560 から出力される制御値 I_{za} 、 I_{zb} は、前述の通り、相バランス用の循環電流指令値 I_{za}^* 、 I_{zb}^* および正負バランス用の循環電流指令値 $I_{zpn a}^*$ 、 $I_{zpn b}^*$ を加算した値との偏差がゼロとなるように、制御器 531、532 を用いて例えば P I 制御される。

相バランス制御部 500 は、2 相 / 3 相変換器 540 からの循環電流用の電圧指令値 V_{zU}^* 、 V_{zV}^* 、 V_{zW}^* を後段のアーム変調指令値演算部 700 に出力する。

30

なお、電圧指令値 V_{zU}^* 、 V_{zV}^* 、 V_{zW}^* を総称する場合は、電圧指令値 V_{z}^* (図 5 参照) と記する。

また、電圧指令値 V_{z}^* (V_{zU}^* 、 V_{zV}^* 、 V_{zW}^*) を、本願では第 2 電圧指令値と称する。

【 0 0 5 5 】

[正負バランス制御部]

次に、実施の形態 1 の正負バランス制御部 600 の構成と動作について説明する。

図 5 に示すように、正負バランス制御部 600 は、全ての変換器セル 10 のコンデンサ電圧 V_{cap} を入力する。

40

正負バランス制御部 600 は、各相 (U 相、V 相、W 相) のレグ回路 8 u、8 v、8 w において、正側アームのコンデンサ電圧と、負側アームのコンデンサ電圧とがバランスするように制御する。

正側アームと負側アームのコンデンサ電圧のアンバランスを解消するためには、正側アームおよび負側アーム間でコンデンサ 15 に流入する電力の方向 (電流の充放電方向) を逆方向にする必要がある。電力変換器 1 が入出力する交流電圧は正側アームおよび負側アームで逆極性であるので、正側アームおよび負側アーム間でコンデンサを充放電させるために、同極性の 1 f 成分の交流電流を流す。

【 0 0 5 6 】

図 10 は、実施の形態 1 の正負バランス制御部 600 の制御ブロック図を示す。

50

第3の代表値演算部610は、全ての変換器セル10のコンデンサ電圧値 V_{cap} を入力し、各相（U相、V相、W相）毎における正側アームおよび負側アームのそれぞれの変換器セル10のコンデンサ電圧の平均値相当の値（ V_{capup_av} 、 V_{capun_av} 、 V_{capvp_av} 、 V_{capvn_av} 、 V_{capwp_av} 、 V_{capwn_av} ）を演算する。ここで、平均値相当の値とは、各相毎の正側アームおよび負側アームのコンデンサ電圧の平均値、または各相毎の正側アームおよび負側アームのコンデンサ電圧の中央値、または各相毎の正側アームおよび負側アームのコンデンサ電圧の最大値及び最小値から演算される代表値でもよい。

【0057】

そして、各相毎に、正側アームのコンデンサ電圧の平均値相当の値（ V_{capup_av} 、 V_{capvp_av} 、 V_{capwp_av} ）と、負側アームのコンデンサ電圧の平均値相当の値（ V_{capun_av} 、 V_{capvn_av} 、 V_{capwn_av} ）との差分が、それぞれゼロとなるよう制御する。

10

【0058】

具体的には、図10に示すように、第3の代表値演算部610で算出した、正側アームのコンデンサ電圧の平均値相当の値（ V_{capup_av} 、 V_{capvp_av} 、 V_{capwp_av} ）と負側アームのコンデンサ電圧の平均値相当の値（ V_{capun_av} 、 V_{capvn_av} 、 V_{capwn_av} ）との差分をとった値に、それぞれ乗算器により（ $1/2$ ）を乗算し、乗算した値をフィルタ621、622、623に通す。

【0059】

演算した片側アームのコンデンサ電圧の平均値相当の値には、系統周波数と同一の周波数振動と系統周波数の2倍の周波数振動が存在するため、フィルタ621、622、623としての系統周波数と同一の周波数の移動平均フィルタを通すか、もしくは系統周波数と同一の周波数のノッチフィルタ及び2倍の周波数のノッチフィルタを通す。

20

そして、フィルタ621、622、623を通した値（各相正負バランス出力と称する）を、制御器631、632、633により例えばPI制御して出力する。

【0060】

ここで、正側アーム及び負側アームのコンデンサ電圧のアンバランスを解消するためには、正側アームと負側アーム間でコンデンサに流入する電力の方向（電流の充放電方向）を逆方向にする必要がある。電力変換器1が入出力する交流電圧は正側アーム及び負側アームで逆極性なので、正側アームおよび負側アーム間のコンデンサで充放電させるためには、同極性の $1f$ （基本波）成分の電流を流す必要がある。

30

【0061】

すなわち、制御器631、632、633の出力値に対して、各相の正側アームおよび負側アームのバランスに必要な交流電流の大きさを出力するため、乗算器651、652、653で各相の交流電圧と同位相の大きさ1の単位正弦波（ V_{unit} 、 V_{vunit} 、 V_{wunit} ）を乗算して、各相 $1f$ （基本波）成分の交流電流を求め、これらを3相/2相変換器660により3相/2相変換して、正負バランス用循環電流指令値（ $I_{zpn a^*}$ 、 $I_{zpn b^*}$ ）を出力する。

【0062】

一方、制御器671、672、673により交流電圧指令 V_{pnU^*} 、 V_{pnV^*} 、 V_{pnW^*} を出力する。

40

すなわち、フィルタ621、622、623を通した値（各相正負バランス出力）を加算した値に乗算器680により（ $1/3$ ）を乗算して、中性点電圧 V_z を求める。そして、各相バランス正負出力と中性点電圧 V_z の差分を制御器671、672、673により例えばPI制御して、正負バランス用交流電圧指令 V_{pnU^*} 、 V_{pnV^*} 、 V_{pnW^*} を出力する。ここで、交流電圧指令 V_{pnU^*} 、 V_{pnV^*} 、 V_{pnW^*} を総称する場合、交流電圧指令値 V_{pn^*} と記する（図5参照）。

また、電圧指令値 V_{pn^*} （ V_{pnU^*} 、 V_{pnV^*} 、 V_{pnW^*} ）を、本願では第3電圧指令値と称する。

50

【0063】

正負バランス制御部600は、各相交流成分を循環電流指令値 I_{zpn}^* ($I_{zpn a}^*$ 、 $I_{zpn b}^*$)として、各相直流成分を交流電圧指令値 V_{pn}^* ($V_{pn U}^*$ 、 $V_{pn V}^*$ 、 $V_{pn W}^*$)として出力する。

【0064】

[アーム変調指令値演算部]

次に、実施の形態1のアーム変調指令値演算部700の構成および動作について説明する。

図5に示すように、アーム変調指令値演算部700は、直流電圧指令値 V_{dc}^* と、電流制御部300より出力された第1電圧指令値 V_{ac}^* (V_{acu}^* 、 V_{acv}^* 、 V_{acw}^*)と、相バランス制御部500より出力された第2電圧指令値 V_z^* ($V_z U^*$ 、 $V_z V^*$ 、 $V_z W^*$)と、正負バランス制御部600より出力された第3電圧指令値 V_{pn}^* ($V_{pn U}^*$ 、 $V_{pn V}^*$ 、 $V_{pn W}^*$)と、を入力する。

10

【0065】

図11は、アーム変調指令値演算部700の基本動作フローチャートを示したものである。

ステップS01において、各制御出力の電圧指令値を入力する。すなわち、直流電圧指令値 V_{dc}^* と、第1電圧指令値 V_{ac}^* (V_{acu}^* 、 V_{acv}^* 、 V_{acw}^*)と、第2電圧指令値 V_z^* ($V_z U^*$ 、 $V_z V^*$ 、 $V_z W^*$)と、第3電圧指令値 V_{pn}^* ($V_{pn U}^*$ 、 $V_{pn V}^*$ 、 $V_{pn W}^*$)と、を入力する。

20

【0066】

次に、ステップS02において、アーム毎のアーム電圧指令値 V_{ref} を下記の式(11)により演算する。

すなわち、U相正側アーム、V相正側アーム、W相正側アーム、U相負側アーム、V相負側アーム、およびW相負側アームの電圧指令値 V_{ref} ($V_{ref pu}$ 、 $V_{ref pv}$ 、 $V_{ref pw}$ 、 $V_{ref nu}$ 、 $V_{ref nv}$ 、および $V_{ref nw}$)を下記の式(11)により演算する。

【0067】

$$\begin{aligned} V_{ref pu} &= V_{dc}^* + V_z U^* - V_{acu}^* - V_{pn U}^* \\ V_{ref pv} &= V_{dc}^* + V_z V^* - V_{acv}^* - V_{pn V}^* \\ V_{ref pw} &= V_{dc}^* + V_z W^* - V_{acw}^* - V_{pn W}^* \\ V_{ref nu} &= V_{dc}^* + V_z U^* + V_{acu}^* + V_{pn U}^* \\ V_{ref nv} &= V_{dc}^* + V_z V^* + V_{acv}^* + V_{pn V}^* \\ V_{ref nw} &= V_{dc}^* + V_z W^* + V_{acw}^* + V_{pn W}^* \\ &\dots (11) \end{aligned}$$

30

【0068】

次に、ステップS03において、各アームの各変換器セルの搬送波の位相を決定する。

すなわち、図12に示すように、各アーム毎の各変換器セルに対応する搬送波を作成する。ここで、各変換器セルの搬送波(図12のセル1の搬送波、セル2の搬送波、セル3の搬送波、 \dots セルKの搬送波(Kは各アームの変換器セルの総数))を作成するにあたって、各搬送波の位相が、当該搬送波の1周期(2π [rad])に対して式(12)に示す位相 c_r [rad.]ずつ均等にずれる(移動する)ように、作成する。

40

【0069】

$$c_r = 2\pi / K \dots (12)$$

ここで、Kは(各アームのセル数)

【0070】

なお、図12は、各アームにおける、アーム電圧指令 V_{ref} と当該アームの各変換器セルに対応する搬送波との関係を示した図である。ここでは、各変換器セルの搬送波を三角波としているが、のこぎり波などその他の搬送波であってもよい。

【0071】

50

次に、ステップS04において、各アーム毎のアーム電圧指令値 (V_{refpu} 、 V_{refpv} 、 V_{refpw} 、 V_{refnu} 、 V_{refnv} 、 V_{refnw}) を量子化する。

量子化するとは、連続量である各アーム毎のアーム電圧指令値を、制御装置のプロセッサによりデジタル処理するため、離散値で近似値に変換することを言う。

離散値で近似した後の電圧指令値を各アームの全コンデンサ電圧の定格値で除算してPU化した後、図12に示すように各変換器セルの搬送波と比較する。

【0072】

次に、ステップS05において、アーム電圧指令 V_{ref} が各セルの搬送波より大きい場合の変換器セルの個数を数えるための計数値をCounterとし、Counterを0に初期化する。

10

【0073】

次に、上記のステップS03からS05までのステップを、U相正側アームの場合について説明する。

まず、ステップS03において、図12に示すように、U相正側アームの各変換器セルの搬送波の位相を式(12)に示す位相 $cr[\text{rad.}]$ ずつ均等に移動させた搬送波を作成する。

次に、ステップS04において、U相正側アームのアーム電圧指令値 V_{refpu} を量子化する。

次に、ステップS05において、U相正側アームのアーム電圧指令値 V_{refpu} が各変換器セルの搬送波より大きい場合の変換器セルの個数を数えるための計数値であるCounterを0に初期化する。

20

【0074】

次に、ステップS06において、アーム電圧指令値と各変換器セルの搬送波を比較する。ここで、U相正側アームを例にとると、U相正側アームのアーム電圧指令値 V_{refpu} と、U相正側アームの1番目のセルの搬送波とを大小比較する。

【0075】

次に、ステップS07において、アーム電圧指令値 V_{refpu} の方が大きい場合には、ステップS08に進み、挿入すべき変換器セルの数として、Counterに1を加える。

【0076】

そして、U相正側アーム内の変換器セルの個数分、ステップS06からステップS08を繰り返す。すなわち、アーム電圧指令値 V_{refpu} とU相正側アームの2番目、3番目、・・・、K番目のセルの搬送波とを大小比較して、アーム電圧指令値 V_{refpu} の方が大きい場合には、挿入すべきセルの数として、Counterを1つつ更新していく。

30

【0077】

U相正側アーム内の変換器セルの個数分、ステップS06からステップS08までのループが終了すると、ステップS09に移行する。

【0078】

ステップS09では、ステップS08で計数されたCounterを、U相正側アームの全変換器セル数(K)で除算することにより、U相正側アームのアーム変調指令値 K_{refpu} を生成する。

40

すなわち、 $K_{refpu} = \text{Counter} / (\text{U相正側アームの全変換器セル数} : K)$ となる。

【0079】

U相正側アームのアーム変調指令値 K_{refpu} を生成すると、ステップS03に戻り、その他のアームのアーム変調指令値 K_{ref} を生成する。

すなわち、V相正側アーム、W相正側アーム、U相負側アーム、V相負側アーム、およびW相負側アームについても、前述の図11のフローチャートのステップS03からステップS09にしたがって、アーム変調指令値 (K_{refpv} 、 K_{refpw} 、 K_{refn}

50

u、 K_{refnv} 、および K_{refnw})を生成する。

つまり、 $K_{refpv} = Counter / (V \text{相正側アームの全変換器セル数})$ 、
 $K_{refpw} = Counter / (W \text{相正側アームの全変換器セル数})$ 、
 $K_{refnu} = Counter / (U \text{相負側アームの全変換器セル数})$ 、
 $K_{refnv} = Counter / (V \text{相負側アームの全変換器セル数})$ 、
 $K_{refnw} = Counter / (W \text{相負側アームの全変換器セル数})$ 、とな

る。

【0080】

[コンデンサ電圧バランス制御部]

次に、実施の形態1のコンデンサ電圧バランス制御部800の構成及び動作について説明する。 10

図5に示すように、コンデンサ電圧バランス制御部800は、アーム変調指令値演算部700から出力された各アームのアーム変調指令値(K_{refpu} 、 K_{refpv} 、 K_{refpw} 、 K_{refnu} 、 K_{refnv} 、および K_{refnw})と、全ての変換器セル10のコンデンサ電圧 V_{cap} と、アーム電流 I_{pu} 、 I_{nu} 、 I_{pv} 、 I_{nv} 、 I_{pw} 、 I_{nw} と、変換器セル10のコンデンサ電圧の許容範囲の最大値 V_{max} 及び最小値 V_{min} を入力する。

【0081】

コンデンサ電圧バランス制御部800は、各変換器セル10のコンデンサ電圧がコンデンサ電圧の許容範囲内(最大値 V_{max} ～最小値 V_{min})であって、{各アームにおいて挿入された変換器セルのコンデンサ電圧の合計}を{(変換器セルのコンデンサの定格電圧) \times (各アームの変換器セルの数)}で除した値が、アーム変調指令値 K_{ref} (K_{refpu} 、 K_{refpv} 、 K_{refpw} 、 K_{refnu} 、 K_{refnv} 、および K_{refnw})に最も近くなるように、挿入する変換器セル10またはバイパスする変換器セル10を決定する。 20

【0082】

図14および図15は、実施の形態1に係るコンデンサ電圧バランス制御部800の動作を示すフローチャートであり、各アームの中のどの変換器セル10を挿入させるかまたはバイパスさせるかを決定するフローチャートである。

図14および図15を参照して、コンデンサ電圧バランス制御部800の動作を説明する。 30

そして、ここでは、まずU相正側アームを例にとって説明する。

なお、コンデンサ電圧バランス制御部800の演算は、所定の演算周期で行われる。

【0083】

コンデンサ電圧バランス制御部800は、ステップS10において、各アームにおいて挿入している全ての変換器セル10のリスト(L_{ipu} 、 L_{inu} 、 L_{ipv} 、 L_{inv} 、 L_{ipw} 、 L_{inw})、および、各アームにおいてバイパスしている全ての変換器セル10のリスト(L_{bpu} 、 L_{bnu} 、 L_{bpv} 、 L_{bnv} 、 L_{bpw} 、 L_{bnw})を内部データとして記憶装置1001に保持する。ここで、 L_{ipu} 、 L_{ipv} 、 L_{ipw} は、それぞれU相正側アーム、V相正側アーム、W相正側アームにおいて、挿入している変換器セル10のリストを表しており、 L_{inu} 、 L_{inv} 、 L_{inw} は、それぞれU相負側アーム、V相負側アーム、W相負側アームにおいて、挿入している変換器セル10のリストを表している。また、 L_{bpu} 、 L_{bpv} 、 L_{bpw} は、それぞれU相正側アーム、V相正側アーム、W相正側アームにおいて、バイパスしている変換器セル10のリストを表しており、 L_{bnu} 、 L_{bnv} 、 L_{bnw} は、それぞれU相負側アーム、V相負側アーム、W相負側アームにおいて、バイパスしている変換器セル10のリストを表している。 40

【0084】

ステップS11において、アーム変調指令値 K_{ref} (K_{refpu} 、 K_{refpv} 、 K_{refpw} 、 K_{refnu} 、 K_{refnv} 、 K_{refnw})と、全ての変換器セル10のコンデンサ電圧 V_{cap} と、コンデンサ電圧の許容範囲の最大値 V_{max} および最小値 50

Vminを入力する。

【0085】

ステップS12において、アーム変調指令値Krefpuの今回の値が前回の値から変動しているか否かを判別する。すなわち、今回の演算時刻のアーム変調指令値Krefpuが、前回の演算時刻のアーム変調指令値Krefpuから変動しているかを判別する。

ステップS12において、アーム変調指令値Krefpuの今回の値が前回の値から変動している場合は、ステップS13に進む。

ステップS12において、アーム変調指令値Krefpuの今回の値が前回の値から変動していない場合は、ステップS22に進む。

【0086】

ステップS13では、アーム変調指令値Krefpuの今回の値と前回の値の差分 Krefpuを計算し、当該差分 Krefpuが式(13)を満たすか否かを判定する。

【0087】

$$Krefpu - 1 / K \cdots (13)$$

ここで、KはU相正側アーム内の変換器セルの数

【0088】

ステップS13において、アーム変調指令値の差分 Krefpuが、式(13)を満たさない場合は、各アームで挿入している変換器セル10のリストおよび各アームでバイパスしている変換器セル10のリストは現状の状態を維持する。

【0089】

ステップS13において、アーム変調指令値の差分 Krefpuが、式(13)を満たす場合、ステップS14に進み、アーム変調指令値Krefpuが増加したか否かを判定する。

【0090】

ステップS14において、アーム変調指令値Krefpuが減少している (Krefpu < 0) 場合、ステップS15に進み、アーム電流Ipuの符号が正 (ゼロ以上) であるか、または、負であるかを判定する。

【0091】

ステップS15において、アーム電流Ipuの符号が負の場合、すなわち各変換器セル10のコンデンサが放電される場合には、ステップS17に進み、記憶装置1001に記憶されている挿入中の変換器セル10の中からコンデンサ電圧Vcapが最小の変換器セル10を選択して当該変換器セル10をバイパスする変換器セル10とする。そして、当該変換器セル10を、挿入している変換器セルのリスト(Lipu)から削除し、バイパスしている変換器セルのリスト(Lbpu)へ追加する。

この場合、アーム変調指令値Krefpuが減少しており、アーム電流Ipuが負の場合であるので、変換器セル10のコンデンサ電圧が小さい順番に、バイパスする変換器セルのリスト(Lbpu)に追加して行く。

【0092】

ステップS15において、アーム電流Ipuの符号がゼロ以上の場合、すなわち各変換器セル10のコンデンサが充電される場合には、ステップS16に進み、記憶装置1001に記憶されている挿入中の変換器セル10の中からコンデンサ電圧Vcapが最大の変換器セル10を選択して当該変換器セル10をバイパスする変換器セル10とする。そして、当該変換器セル10を、挿入している変換器セルのリスト(Lipu)から削除し、バイパスしている変換器セルのリスト(Lbpu)へ追加する。

この場合、アーム変調指令値Krefpuが減少しており、アーム電流Ipuがゼロ以上の場合であるので、変換器セル10のコンデンサ電圧が大きい順番に、バイパスする変換器セルのリスト(Lbpu)に追加して行く。

【0093】

また、ステップS14において、アーム変調指令値Krefpuが増加している (Krefpu > 0) 場合、ステップS18に進み、アーム電流Ipuの符号が正 (ゼロ以上

10

20

30

40

50

: $I_{pu} = 0$) であるか否かを判定する。

【0094】

ステップS18において、アーム電流 I_{pu} の符号が負の場合 ($I_{pu} < 0$)、すなわち各変換器セル10のコンデンサが放電される場合には、ステップS20に進む。ステップS20では、記憶装置1001に記憶されているバイパス中の変換器セル10の中から、コンデンサ電圧 V_{cap} が最大の変換器セル10を挿入する変換器セル10とする。そして、当該変換器セル10を、バイパスしている変換器セルのリスト (L_{bpu}) から削除し、挿入している変換器セルのリスト (L_{ipu}) へ追加する。

この場合、アーム変調指令値 K_{refpu} が増加しており、アーム電流 I_{pu} が負の場合であるので、変換器セル10のコンデンサ電圧が大きい順番に、挿入している変換器セルのリスト (L_{ipu}) に追加して行く。

10

【0095】

また、ステップS18において、アーム電流 I_{pu} の符号が正の場合 ($I_{pu} > 0$)、すなわち各変換器セル10のコンデンサが充電される場合には、ステップS19に進む。ステップS19では、記憶装置1001に記憶されているバイパス中の変換器セル10の中から、コンデンサ電圧 V_{cap} が最小の変換器セル10を挿入する変換器セル10とする。そして、当該変換器セル10を、バイパスしている変換器セルのリスト (L_{bpu}) から削除し、挿入している変換器セルのリスト (L_{ipu}) へ追加する。

この場合、アーム変調指令値 K_{refpu} が増加しており、アーム電流 I_{pu} がゼロ以上 (コンデンサの充電) の場合であるので、変換器セル10のコンデンサ電圧が小さい順番に、挿入している変換器セルのリスト (L_{ipu}) に追加して行く。

20

【0096】

次に、ステップS21に進み、 $K_{refpu} < 0$ の場合には、 $K_{refpu} = K_{refpu} + (1/K)$ とし、 $K_{refpu} > 0$ の場合には、 $K_{refpu} = K_{refpu} - (1/K)$ とする。

上記では、U相正側アームについて説明したが、U相負側アーム、V相正側アーム、V相負側アーム、W相正側アーム、W相負側アームについても、同様な動作を行う。

【0097】

最後に、ステップS100において、挿入している変換器セルのリスト (L_{ipu} 、 L_{inu} 、 L_{ipv} 、 L_{inv} 、 L_{ipw} 、 L_{inw}) の順番に沿って変換器セル10の駆動の順番を決定し、ゲート信号生成部900に変換器セル10の挿入およびバイパスの指令を出力する。そして、挿入している変換器セルのリスト (L_{ipu} 、 L_{inu} 、 L_{ipv} 、 L_{inv} 、 L_{ipw} 、 L_{inw}) に基づき、挿入している変換器セル10を対象にして、変換器セル10の順番 (例えば、図12に示す、セル1、セル2、セル3、・・・、セルKの順番) に沿って駆動して行く。

30

【0098】

一方、ステップS12において、アーム変調指令値 K_{refpu} が変動しない場合 (ステップS21においてNoの場合) に、アーム電流 I_{arm} (I_{pu}) が流れているとコンデンサが充放電され、コンデンサ電圧の許容値 ($V_{min} - V_{max}$) 範囲外となる場合がある。

40

そこで、ステップS12においてNoの場合は、ステップS22に進み、アーム電流 I_{arm} (I_{pu}) が0以上 ($I_{arm} > 0$) か否かを判定する。

【0099】

ステップS22において、アーム電流 I_{arm} (I_{pu}) が0未満の場合 ($I_{arm} < 0$)、すなわち変換器セル10のコンデンサが放電される場合には、ステップS23に進み、挿入している変換器セル10の中でコンデンサ電圧 V_{cap} がコンデンサ電圧の許容最小値 V_{min} を下回るものがあるか否かを判定する。

ステップS23において、挿入している変換器セル10の中でコンデンサ電圧 V_{cap} がコンデンサ電圧の許容最小値 V_{min} を下回るものがある場合には、ステップS24に進み、当該変換器セル10を、挿入している変換器のリスト (L_{ipu}) から削除し、バ

50

バイパスしている変換器のリスト (L b p u) に追加する。そして、バイパス中の変換器セル 10 の中からコンデンサ電圧 V_{cap} が最大の変換器セル 10 を、バイパスしている変換器のリスト (L b p u) から削除し、挿入している変換器のリスト (L i p u) に追加する。

【0100】

ステップ S 2 2 において、アーム電流 I_{arm} (I_{pu}) がゼロ以上の場合 ($I_{arm} > 0$)、すなわち変換器セル 10 のコンデンサが充電される場合には、ステップ S 2 5 に進み、挿入している変換器セル 10 の中でコンデンサ電圧 V_{cap} がコンデンサ電圧許容最大値 V_{max} を超えるものがあるか否かを判定する。

ステップ 2 5 において、挿入している変換器セル 10 の中でコンデンサ電圧 V_{cap} がコンデンサ電圧許容最大値 V_{max} を超えるものがある場合には、ステップ S 2 6 に進み、当該変換器セル 10 を挿入している変換器のリスト (L i p u) から削除し、バイパスしている変換器のリスト (L b p u) に追加する。そして、バイパスしている変換器セル 10 の中から、コンデンサ電圧 V_{cap} が最小の変換器セルをバイパスしている変換器のリスト (L b p u) から削除し、挿入している変換器のリスト (L i p u) に追加する。

【0101】

また、ステップ S 2 3 ($V_{cap} < V_{min}$) で No の場合、またはステップ S 2 5 ($V_{cap} > V_{max}$) で No の場合は、挿入している変換器セル 10 の中でコンデンサ電圧 V_{cap} がコンデンサ電圧の許容値 ($V_{min} - V_{max}$) 範囲内にある場合であるので、挿入している変換器セルのリスト (L i p u) およびバイパスしている変換器セルのリスト (L b p u) は現状の状態を維持する。

上記では、U 相正側アームについて説明したが、U 相負側アーム、V 相正側アーム、V 相負側アーム、W 相正側アーム、W 相負側アームについても、同様な動作を行う。

【0102】

最後に、ステップ S 1 0 0 において、挿入している変換器セル 10 のリスト (L i p u、L i n u、L i p v、L i n v、L i p w、L i n w) の順番に沿って変換器セル 10 の駆動の順番を決定し、ゲート信号生成部 9 0 0 に変換器セル 10 の挿入およびバイパスの指令を出力する。

【0103】

[ゲート信号生成部]

ゲート信号生成部 9 0 0 は、コンデンサ電圧バランス制御部 8 0 0 が出力する、全ての変換器セル 10 の挿入およびバイパスの指令を受け、また、挿入した変換器セル 10 の駆動の順番の指令を受けて、各アームの各変換器セル 10 の半導体スイッチング素子 1 2 のゲート信号を生成する。

ここで、図 1 6 を参照して挿入またはバイパス時に生成するゲート信号について説明する。

【0104】

図 1 6 A は、アーム電流 I_{arm} が負 (コンデンサから放電する方向) の場合の変換器セル 10 の挿入時の変換器セル 10 の出力電圧を説明する図である。

変換器セル 10 の挿入時は、半導体スイッチング素子 1 2 U を ON、半導体スイッチング素子 1 2 L を OFF として、変換器セル 10 の入出力端子 1 2 a、1 2 b 間にコンデンサ 1 5 の電圧 V_{cap} [V] が出力される。

【0105】

図 1 6 B は、アーム電流 I_{arm} が負 (コンデンサから放電する方向) の場合の変換器セル 10 のバイパス時の変換器セル 10 の出力電圧を説明する図である。

変換器セル 10 のバイパス時は、半導体スイッチング素子 1 2 U を OFF、半導体スイッチング素子 1 2 L を ON として、変換器セル 10 の入出力端子 1 2 a、1 2 b 間に 0 [V] が出力される。

【0106】

図 1 6 C は、アーム電流 I_{arm} が正 (コンデンサを充電する方向) の場合の変換器セ

10

20

30

40

50

ル 10 の挿入時の変換器セル 10 の出力電圧を説明する図である。

変換器セル 10 の挿入時は、半導体スイッチング素子 12 U を ON、半導体スイッチング素子 12 L を OFF として、変換器セル 10 の入出力端子 12 a、12 b 間にコンデンサ 15 の電圧 $V_{cap}[V]$ が出力される。

【 0 1 0 7 】

図 16 D は、アーム電流 I_{arm} が正（コンデンサを充電する方向）の場合の変換器セル 10 のバイパス時の変換器セル 10 の出力電圧を説明する図である。

変換器セル 10 のバイパス時は半導体スイッチング素子 12 U を OFF、半導体スイッチング素子 12 L を ON として、変換器セル 10 の入出力端子 12 a、12 b 間に 0 [V] が出力される。

【 0 1 0 8 】

以上のように、ゲート信号生成部 900 はコンデンサ電圧バランス制御部 800 から出力された挿入またはバイパスの指令に従って、半導体スイッチング素子 12 のゲート信号を生成する。

【 0 1 0 9 】

[実施の形態 1 の効果]

以上のように実施の形態 1 の電力変換装置によれば、複数相の交流系統と直流系統との間で電力変換を行う電力変換器と、前記電力変換器を制御する制御装置とを備え、

前記電力変換器は、

前記複数相の交流にそれぞれ対応したレグ回路を有し、前記レグ回路は一对の正側アームと負側アームとが直列接続され、

前記正側アームおよび前記負側アームのそれぞれは、互いに直列接続された複数の半導体スイッチング素子の直列体と前記直列体に並列接続されたコンデンサとからなる変換器セルを、1 あるいは複数個直列接続して構成され、

前記正側アームと前記負側アームの接続点が前記交流系統に接続されるとともに、前記複数のレグ回路を前記直流系統の正負の直流母線間に並列接続して構成され、

前記制御装置は、

全ての前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第 1 の代表値が、予め定められた全電圧指令値に追従するように制御して第 1 電圧指令値を生成する第 1 電圧制御部と、

各相毎の前記レグ回路の前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第 2 の代表値が、前記レグ回路間で等しくなるように制御して第 2 電圧指令値を生成する相バランス制御部と、

各相毎の前記レグ回路における前記正側アームおよび前記負側アームの前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第 3 の代表値が、各相毎の前記レグ回路における前記正側アームと前記負側アームとの間で等しくなるように制御して第 3 電圧指令値を生成する正負バランス制御部と、

前記第 1 電圧指令値、前記第 2 電圧指令値、および前記第 3 電圧指令値に基づき、各アーム毎のアーム電圧指令値を生成し、各前記アーム電圧指令値と各アーム毎の各前記変換器セルに対応する搬送波とを比較した結果に基づき、各アーム毎のアーム変調指令値を生成するアーム変調指令値演算部と、

各アーム毎の前記アーム変調指令値および各アーム毎のアーム電流に基づき、各前記変換器セルを挿入するかバイパスするかを決定するコンデンサ電圧バランス制御部と、

前記コンデンサ電圧バランス制御部が決定した前記変換器セルの挿入およびバイパスの指令に基づき、前記変換器セルの前記半導体スイッチング素子に対する駆動信号を生成するゲート信号生成部と、を備えたので、

各変換器セルのコンデンサの電圧を一定範囲内に収めることができ、運転継続性を高め、スイッチング損失を削減することができる。

【 0 1 1 0 】

10

20

30

40

50

また、コンデンサ電圧バランス制御部は、前記アーム変調指令値が変動する場合、前記アーム電流の方向と、前記変換器セルのコンデンサ電圧の大きさに応じて、前記変換器セルを挿入するかバイパスするかを決定したので、変換器セルのコンデンサの電圧を一定範囲内に収めることができ、運転継続性を高め、スイッチング損失を削減することができる。

【0111】

さらに、コンデンサ電圧バランス制御部は、前記アーム変調指令値が変動しない場合、挿入している前記変換器セルの中でコンデンサ電圧の許容範囲外となった前記変換器セルがある場合に、当該変換器セルを交換するようにしたので、変換器セルのコンデンサの電圧を一定範囲内に収めることができ、運転継続性を高め、スイッチング損失を削減することができる。

【0112】

また、アーム変調指令値は、前記アーム電圧指令値が各前記搬送波よりも大きい場合の前記変換器セルの個数の合計値に相当する値としたので、変換器セルのコンデンサの電圧を一定範囲内に収めることができ、運転継続性を高め、スイッチング損失を削減することができる。

【0113】

また、実施の形態1の電力変換装置の制御方法によれば、複数相の交流系統と直流系統との間で電力変換を行う電力変換器と、前記電力変換器を制御する制御装置とを備え、

前記電力変換器は、

前記複数相の交流にそれぞれ対応したレグ回路を有し、前記レグ回路は一对の正側アームと負側アームとが直列接続され、

前記正側アームおよび前記負側アームのそれぞれは、互いに直列接続された複数の半導体スイッチング素子の直列体と前記直列体に並列接続されたコンデンサとからなる変換器セルを、1あるいは複数個直列接続して構成され、

前記正側アームと前記負側アームの接続点が前記交流系統に接続されるとともに、前記複数のレグ回路を前記直流系統の正負の直流母線間に並列接続して構成された電力変換装置の制御方法であって、

前記制御装置は、

全ての前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第1の代表値が、予め定められた全電圧指令値に追従するように制御して第1電圧指令値を生成する第1ステップと、

各相毎の前記レグ回路の前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第2代表値が、前記レグ回路間で等しくなるように制御して第2電圧指令値を生成する第2ステップと、

各相毎の前記レグ回路における前記正側アームおよび前記負側アームの前記変換器セルのコンデンサ電圧の平均値相当の値である第3の代表値が、各相毎の前記レグ回路における前記正側アームと前記負側アームとの間で等しくなるように制御して第3電圧指令値を生成する第3ステップと、

前記第1電圧指令値、前記第2電圧指令値、および前記第3電圧指令値に基づき、各アーム毎のアーム電圧指令値を生成し、各前記アーム電圧指令値と各アーム毎の前記変換器セルに対応する搬送波とを比較した結果に基づき、各アーム毎のアーム変調指令値を生成する第4ステップと、

各アーム毎の前記アーム変調指令値および各アーム毎のアーム電流に基づき、各前記変換器セルを挿入するかバイパスするかを決定する第5ステップと、

前記第5ステップにおいて決定した前記変換器セルの挿入およびバイパスの指令に基づき、前記変換器セルの前記半導体スイッチング素子に対する駆動信号を生成する第6ステップと、を実施するようにしたので、

各変換器セルのコンデンサの電圧を一定範囲内に収めることができ、運転継続性を高め、スイッチング損失を削減することができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 4 】

実施の形態 2 .

実施の形態 1 において、アーム電圧指令値（図 1 2 の（アーム電圧指令値 / 定格電圧））が 1 [p u] の近くで運転している場合に、挿入中の変換器セル 1 0 のコンデンサ電圧 V_{cap} がコンデンサ電圧の許容最大値 V_{max} を超えた場合、バイパスしている変換器セル 1 0 が少ない上、バイパス中の変換器セル 1 0 のコンデンサ電圧が既にコンデンサ電圧の許容最大値 V_{max} 近辺である場合に、変換器セル 1 0 の交換を行っても、頻繁に変換器セル 1 0 の挿入およびバイパスが繰り返され、半導体スイッチング素子 1 2 のスイッチング損失が増えることになる。

実施の形態 2 では、コンデンサ電圧の許容範囲を緩和してスイッチング損失をさらに削減する動作を追加するものである。

10

【 0 1 1 5 】

図 1 7 及び図 1 8 は、実施の形態 2 によるコンデンサ電圧バランス制御部 8 0 0 の動作を示すフローチャートである。

実施の形態 2 は、ステップ S 3 0、ステップ S 3 1、ステップ S 3 2 のフローチャートが実施の形態 1 のフローチャートと異なり、それ以外のステップは実施の形態 1 のフローチャートと同様である。

また、コンデンサ電圧バランス制御部 8 0 0 以外の構成および制御動作に関しては、実施の形態 1 と同様であるため、その説明を省略する。

【 0 1 1 6 】

20

図 1 7 及び図 1 8 のフローチャートにおいて、まず、ステップ S 1 0 では、各アームにおいて挿入している全ての変換器セル 1 0 のリスト（ L_{ipu} 、 L_{inu} 、 L_{ipv} 、 L_{inv} 、 L_{ipw} 、 L_{inw} ）、および、各アームにおいてバイパスしている全ての変換器セル 1 0 のリスト（ L_{bpu} 、 L_{bnu} 、 L_{bpv} 、 L_{bnv} 、 L_{bpw} 、 L_{bnw} ）を内部データとして記憶装置 1 0 0 1 に保持する。ここで、 L_{ipu} 、 L_{ipv} 、 L_{ipw} は、それぞれ U 相正側アーム、V 相正側アーム、W 相正側アームにおいて、挿入している変換器セル 1 0 のリストを表しており、 L_{inu} 、 L_{inv} 、 L_{inw} は、それぞれ U 相負側アーム、V 相負側アーム、W 相負側アームにおいて、挿入している変換器セル 1 0 のリストを表している。また、 L_{bpu} 、 L_{bpv} 、 L_{bpw} は、それぞれ U 相正側アーム、V 相正側アーム、W 相正側アームにおいて、バイパスしている変換器セル 1 0 のリスト

30

【 0 1 1 7 】

次に、ステップ S 1 1 では、アーム変調指令値 K_{ref} （ K_{refpu} 、 K_{refpv} 、 K_{refpw} 、 K_{refnu} 、 K_{refnv} 、 K_{refnw} ）と、全ての変換器セル 1 0 のコンデンサ電圧 V_{cap} と、コンデンサ電圧の許容範囲の最大値 V_{max} および最小値 V_{min} を入力する。

【 0 1 1 8 】

次に、ステップ S 3 0 において、アーム電流 I_{arm} の符号が変動したかどうかを判定する。

40

ステップ S 3 0 において、アーム電流 I_{arm} の符号が変動した場合（Yes の場合）、すなわち、アーム電流 I_{arm} が 0 [A] となった場合に、ステップ S 3 1 に進み、図 1 9 に示す挿入セル交換フローチャート 1 の動作が開始される。

【 0 1 1 9 】

ここで、図 1 9 に基づいて、挿入セル交換フローチャート 1 について説明する。

ステップ S 3 3 において、アーム電流 I_{arm} が 0 以上（ $I_{arm} \geq 0$ ）の場合、すなわち変換器セル 1 0 のコンデンサに充電電流が流れる場合には、ステップ S 3 7 に進む。

【 0 1 2 0 】

ステップ S 3 7 において、バイパス中の変換器セル 1 0 の中でコンデンサ電圧が最小値

50

の変換器セル10のコンデンサ電圧 $[V_c(SM(min, off))]$ と、コンデンサ電圧の許容最小値 $[V_{min}]$ を比較し、コンデンサ電圧 $[V_c(SM(min, off))]$ が許容最小値 $[V_{min}]$ より小さい場合には、ステップS39に進み、挿入変換器セルリスト(U相正側アームの場合、 $Lipu$)の中からコンデンサ電圧が最大の変換器セル $[SM(max, on)]$ を削除し、当該変換器セルをバイパス変換器セルリスト(U相正側アームの場合、 $Lbpu$)へ追加する。

また、バイパス変換器セルリスト(U相正側アームの場合、 $Lbpu$)の中からコンデンサ電圧最小の変換器セル $[SM(min, off)]$ を削除し、当該変換器セルを挿入変換器セルリスト(U相正側アームの場合、 $Lipu$)へ追加する。

ここで、 SM とは、 $SubModule$ の略であり、変換器セル10を意味する。そして、 $SM(min, off)$ はバイパス中の変換器セル10の中でコンデンサ電圧が最小の変換器セル10を意味しており、 $V_c(SM(min, off))$ は当該変換器セル10のコンデンサ電圧を示す。また、 $SM(max, on)$ は挿入中の変換器セル10の中でコンデンサ電圧が最大である変換器セル10を意味している。

【0121】

ステップS37において、バイパス中の変換器セルの中からコンデンサ電圧の最小値の変換器セルのコンデンサ電圧 $[V_c(SM(min, off))]$ が許容最小値 $[V_{min}]$ 以上の場合には、ステップS38に進む。

ステップS38では、挿入中の変換器セル10の中でコンデンサ電圧最大の変換器セルのコンデンサ電圧 $[V_c(SM(max, on))]$ が許容最大値 $[V_{max}]$ を超え、かつバイパス中の変換器セル10の中でコンデンサ電圧最小の変換器セル10のコンデンサ電圧 $[V_c(SM(min, off))]$ が許容最大値 $[V_{max}]$ を超えない場合には、ステップS39に進む。

ステップS39では、上述と同様に、挿入変換器セルリスト(U相正側アームの場合、 $Lipu$)の中からコンデンサ電圧が最大の変換器セル $[SM(max, on)]$ を削除し、当該変換器セルをバイパス変換器セルリスト(U相正側アームの場合、 $Lbpu$)へ追加する。

また、バイパス変換器セルリスト(U相正側アームの場合、 $Lbpu$)の中からコンデンサ電圧最小の変換器セル $[SM(min, off)]$ を削除し、当該変換器セルを挿入変換器セルリスト(U相正側アームの場合、 $Lipu$)へ追加する。

【0122】

変換器セル10の交換を行うとその分スイッチング回数は増えるが、アーム電流が0[A]付近で変換器セル10のスイッチングを行うため、スイッチング損失は増加しない。

【0123】

ステップS38においてNoの場合、すなわち、バイパス中のすべての変換器セルのコンデンサ電圧が許容最大値 $[V_{max}]$ を超えていた場合には、変換器セル10の交換を行わないようにすることで、変換器セル10の挿入およびバイパスが繰り返されないようにする。

【0124】

ステップS33において、アーム電流 I_{arm} が負の場合、すなわち、コンデンサに放電電流が流れる場合には、ステップS34に進む。

ステップS34では、バイパス中の変換器セルの中でコンデンサ電圧が最大の変換器セルのコンデンサ電圧 $[V_c(SM(max, off))]$ が、許容最大値 $[V_{max}]$ を超えるかを判断し、許容最大値 $[V_{max}]$ を超える場合はステップS36に進む。

ステップS36では、挿入変換器セルリスト(U相正側アームの場合、 $Lipu$)の中からコンデンサ電圧が最小の変換器セル $[SM(min, on)]$ を削除し、当該変換器セルをバイパス変換器セルリスト(U相正側アームの場合、 $Lbpu$)へ追加する。

また、バイパス変換器セルリスト(U相正側アームの場合、 $Lbpu$)の中からコンデンサ電圧最大の変換器セル $[SM(max, off)]$ を削除し、当該変換器セルを挿入変換器セルリスト(U相正側アームの場合、 $Lipu$)へ追加する。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 5 】

また、ステップ S 3 4 において、バイパス中の変換器セルの中でコンデンサ電圧が最大の変換器セルのコンデンサ電圧 $[V_c(SM(max, off))]$ が、コンデンサ電圧の許容最大値 $[V_{max}]$ 以下である場合は、ステップ S 3 5 に進む。

ステップ S 3 5 では、挿入中の変換器セルの中でコンデンサ電圧が最小の変換器セルのコンデンサ電圧 $[V_c(SM(min, on))]$ が許容最小値 $[V_{min}]$ 未満で、かつ、バイパス中の変換器セルの中でコンデンサ電圧が最大の変換器セルのコンデンサ電圧 $[V_c(SM(max, off))]$ が許容最小値 $[V_{min}]$ を超える場合には、ステップ S 3 6 に進む。

ステップ S 3 6 では、上記と同様に、挿入変換器セルリスト (U相正側アームの場合、 $Lipu$) の中からコンデンサ電圧が最小の変換器セル $[SM(min, on)]$ を削除し、当該変換器セルをバイパス変換器セルリスト (U相正側アームの場合、 $Lbpu$) へ追加する。

また、バイパス変換器セルリスト (U相正側アームの場合、 $Lbpu$) の中からコンデンサ電圧最大の変換器セル $[SM(max, off)]$ を削除し、当該変換器セルを挿入変換器セルリスト (U相正側アームの場合、 $Lipu$) へ追加する。

【 0 1 2 6 】

一方、ステップ S 3 5 において No の場合、すなわち、バイパス中の全ての変換器セルのコンデンサ電圧が許容最小値 $[V_{min}]$ を下回っている場合には、変換器セルの交換を行わないようにすることで、変換器セルの挿入およびバイパスが繰り返されないようにする。

【 0 1 2 7 】

次に、挿入セル交換フローチャート 2 について説明する。

挿入セル交換フローチャート 2 は、図 1 8 のステップ S 1 2 において、アーム変調指令値が変動しない場合に実行される。

図 2 0 は、挿入セル交換フローチャート 2 の動作を示す。

図 2 0 を参照して、挿入セル交換フローチャート 2 について説明する。

【 0 1 2 8 】

ステップ S 4 0 において、アーム電流 I_{arm} がゼロ以上の場合 ($I_{arm} \geq 0$)、すなわち、変換器セルのコンデンサに充電電流が流れる場合には、ステップ S 4 3 に進む。

【 0 1 2 9 】

ステップ S 4 3 では、挿入中の変換器セルの中でコンデンサ電圧が最大の変換器セルのコンデンサ電圧 $[V_c(SM(max, on))]$ が、コンデンサ電圧の許容最大値 $[V_{max}]$ を超え、かつ、バイパス中の変換器セルの中でコンデンサ電圧が最小の変換器セルのコンデンサ電圧 $[V_c(SM(min, off))]$ が、コンデンサ電圧の許容最大値 $[V_{max}]$ より小さいかを判定する。

ステップ S 4 3 の判定で Yes の場合は、ステップ S 4 4 に進み、挿入変換器セルリスト (U相正側アームの場合、 $Lipu$) の中からコンデンサ電圧が最大の変換器セル $[SM(max, on)]$ を削除し、当該変換器セルをバイパス変換器セルリスト (U相正側アームの場合、 $Lbpu$) へ追加する。

また、バイパス変換器セルリスト (U相正側アームの場合、 $Lbpu$) の中からコンデンサ電圧最小の変換器セル $[SM(min, off)]$ を削除し、当該変換器セルを挿入変換器セルリスト (U相正側アームの場合、 $Lipu$) へ追加する。

【 0 1 3 0 】

また、ステップ S 4 0 において、アーム電流 I_{arm} が負の場合 ($I_{arm} < 0$)、すなわち、変換器セルのコンデンサに放電電流が流れる場合には、ステップ S 4 1 に進む。

【 0 1 3 1 】

ステップ S 4 1 では、挿入中の変換器セルの中でコンデンサ電圧が最小の変換器セルのコンデンサ電圧 $[V_c(SM(min, on))]$ がコンデンサ電圧の許容最小値 $[V_{min}]$ より小さく、かつ、バイパス中の変換器セルの中でコンデンサ電圧が最大の変換器

10

20

30

40

50

セルのコンデンサ電圧 [$V_c (SM(max, off))$] がコンデンサ電圧の許容最小値 [V_{min}] を超えるかを判定する。

ステップ S 4 2 の判定で Yes の場合は、ステップ S 4 2 に進み、挿入変換器セルリスト (U 相正側アームの場合、L i p u) の中からコンデンサ電圧が最小の変換器セル [$SM(min, on)$] を削除し、当該変換器セルをバイパス変換器セルリスト (U 相正側アームの場合、L b p u) へ追加する。

また、バイパス変換器セルリスト (U 相正側アームの場合、L b p u) の中からコンデンサ電圧最大の変換器セル [$SM(max, off)$] を削除し、当該変換器セルを挿入変換器セルリスト (U 相正側アームの場合、L i p u) へ追加する。

【 0 1 3 2 】

ステップ S 4 1 及びステップ S 4 3 の判定で No の場合、すなわち、交換できる変換器セルがない場合には、変換器セルの交換を行わないようにすることで、変換器セルの挿入およびバイパスが繰り返されないようにする。

【 0 1 3 3 】

以上のように実施の形態 2 によれば、コンデンサ電圧バランス制御部は、アーム電流がゼロ付近でコンデンサ電圧の許容範囲を逸脱する前記変換器セルがあった場合に、交換対象となる前記変換器セルの内、少なくとも一つの前記変換器セルのコンデンサ電圧が許容範囲内である場合に限り、許容範囲を逸脱する前記変換器セルを許容範囲内の前記変換器セルに交換するようにした。

【 0 1 3 4 】

また、コンデンサ電圧バランス制御部は、アーム変調指令値が変動しない場合に、挿入している前記変換器セルの中でコンデンサ電圧許容範囲を逸脱する前記変換器セルがある場合に、交換対象となる前記変換器セルの内、少なくとも一つの前記変換器セルのコンデンサ電圧が許容範囲内である場合に限り、許容範囲を逸脱する前記変換器セルを許容範囲内の前記変換器セルに交換するようにした。

【 0 1 3 5 】

すなわち、実施の形態 1 に比較して変換器セルのコンデンサ電圧の変動幅は大きくなるが、変換器セルのコンデンサ電圧が許容範囲外となり、交換対象の変換器セルのコンデンサ電圧も許容範囲外にある場合には、変換器セルの交換を行わないようにすることにより、変換器セルの挿入およびバイパスが繰り返されないようにすることができ、スイッチング損失を低減することができる。

【 0 1 3 6 】

本願は、様々な例示的な実施の形態及び実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、及び機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。従って、例示されていない無数の変形例が、本願に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも一つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも一つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

【 符号の説明 】

【 0 1 3 7 】

1 電力変換器、2 交流系統、7 制御装置、8 レグ回路、9 アーム、10 変換器セル、12 半導体スイッチング素子、15 コンデンサ、16 電圧センサ、20 電圧センサ、30 電流センサ、40 電流センサ、60 電流センサ、99 直流回路、100 電力変換装置、200 全電圧制御部、300 電流制御部、400 第1電圧制御部、500 相バランス制御部、600 正負バランス制御部、700 アーム変調指令値演算部、800 コンデンサ電圧バランス制御部、900 ゲート信号生成部。

10

20

30

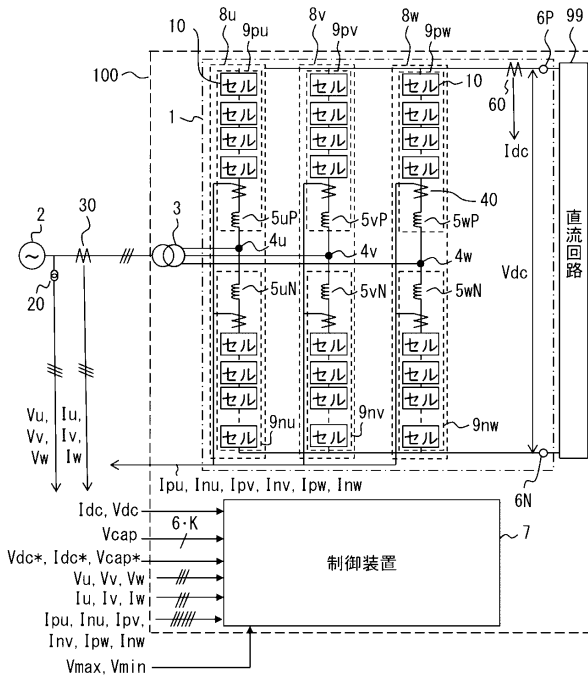
40

50

【 図面 】

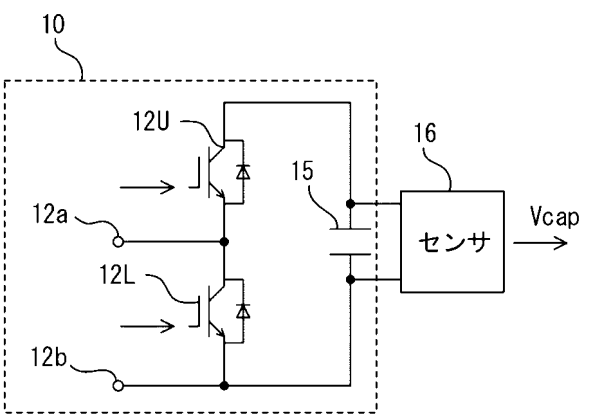
【 図 1 】

図1



【 図 2 】

図2

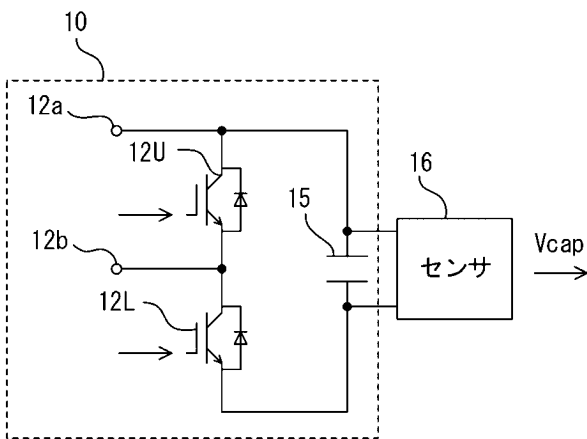


10

20

【 図 3 】

図3

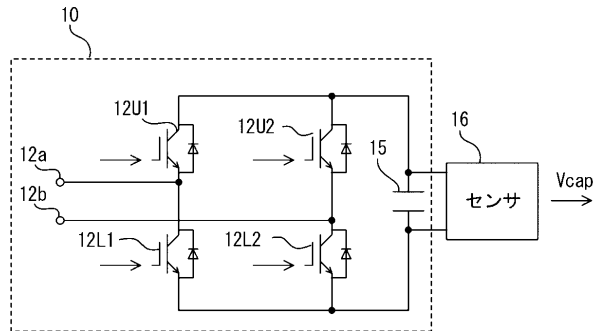


30

40

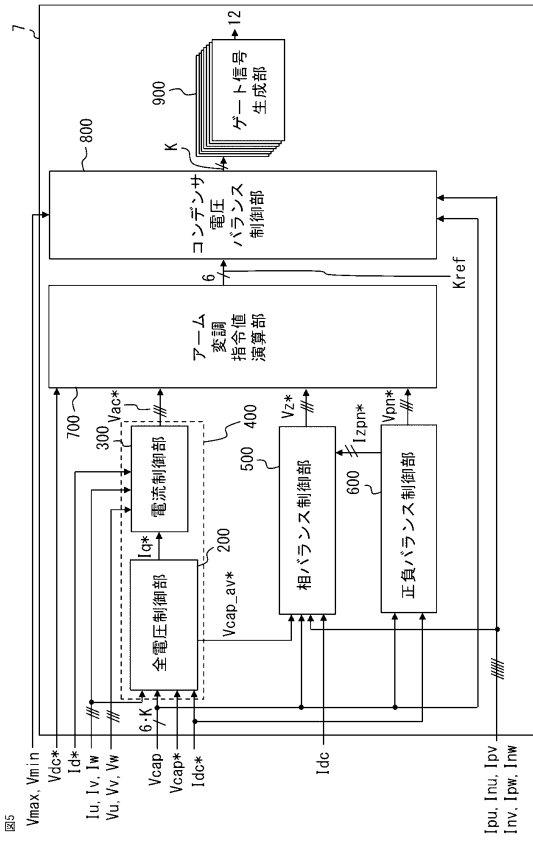
【 図 4 】

図4

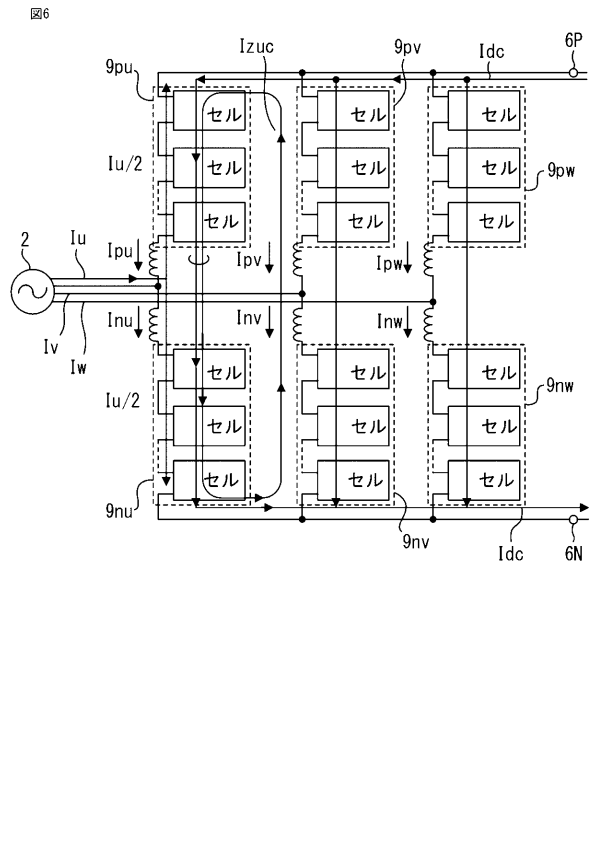


50

【図5】



【図6】



10

20

【図7】

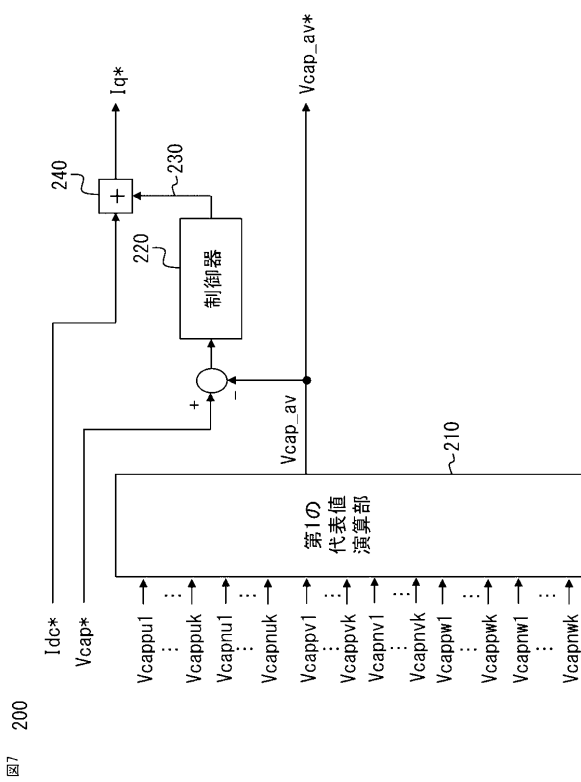


図7 200

【図8】

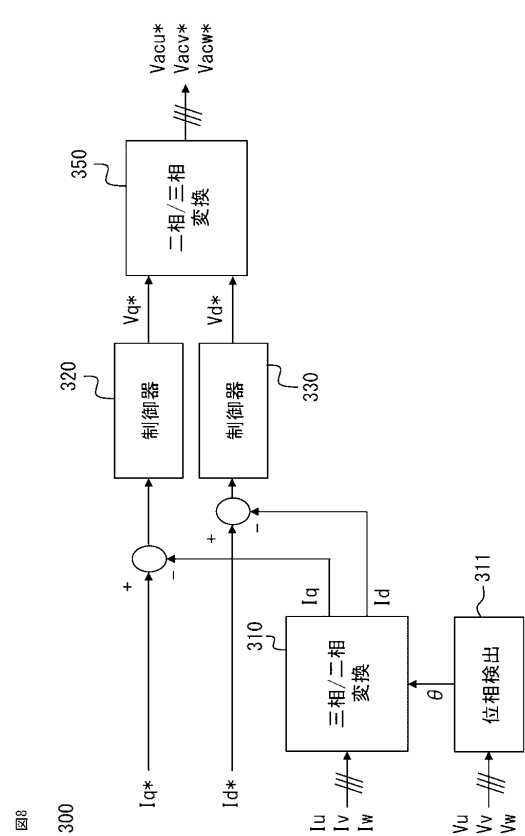


図8 300

30

40

50

【図 9】

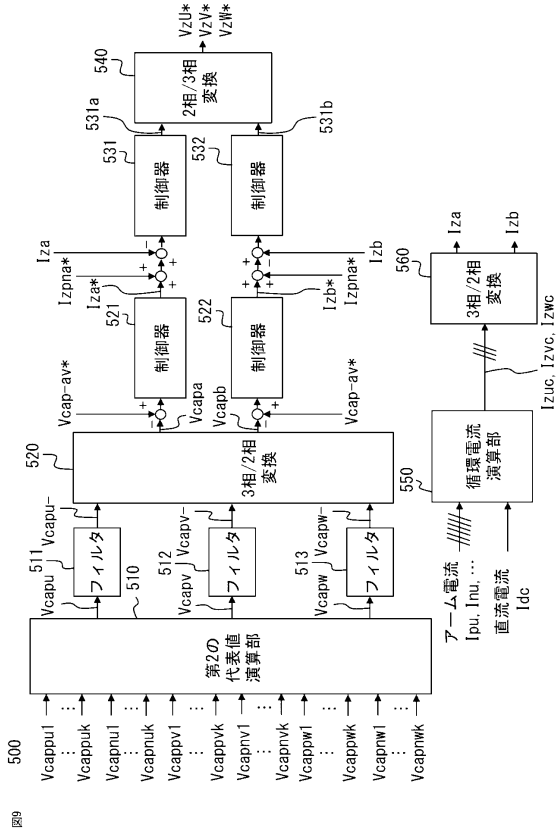


図9

【図 10】

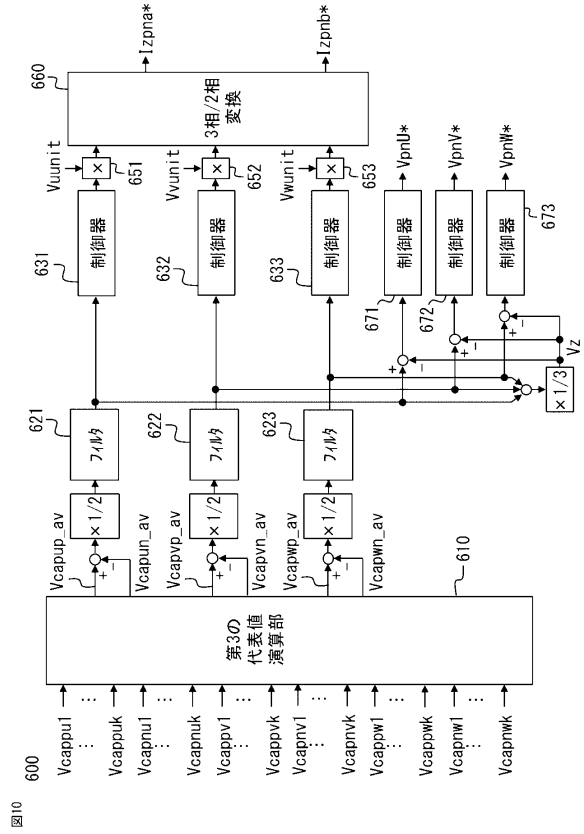


図10

【図 11】

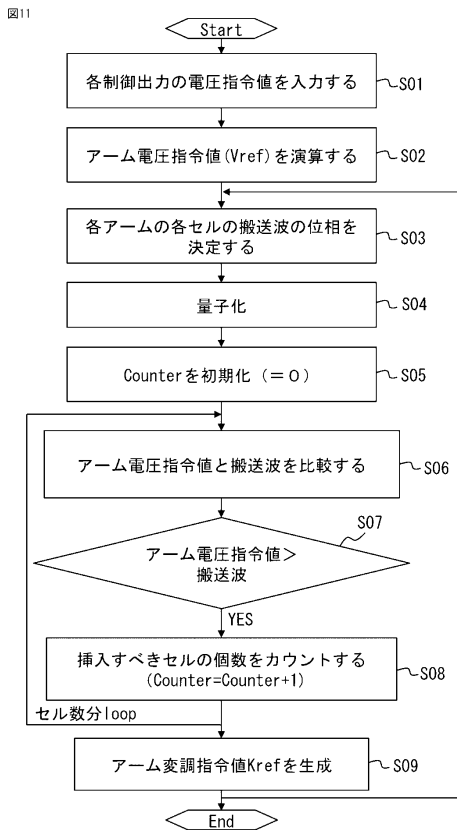


図11

【図 12】

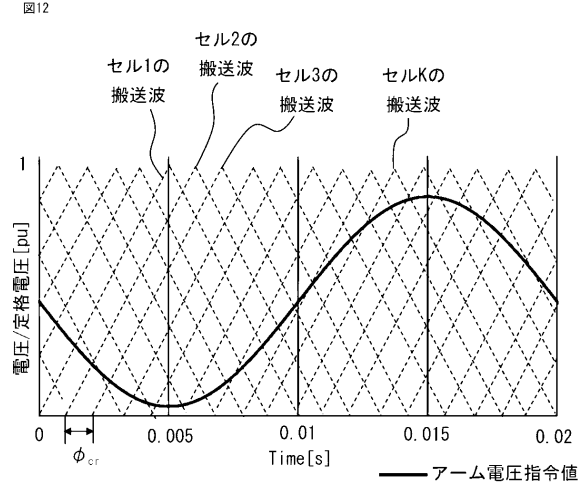


図12

10

20

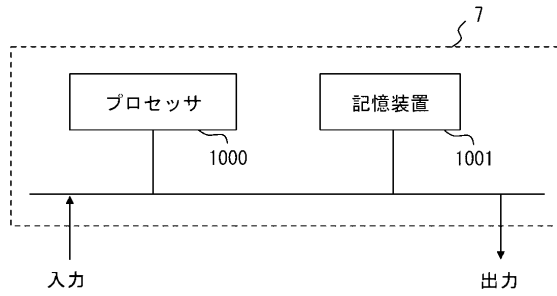
30

40

50

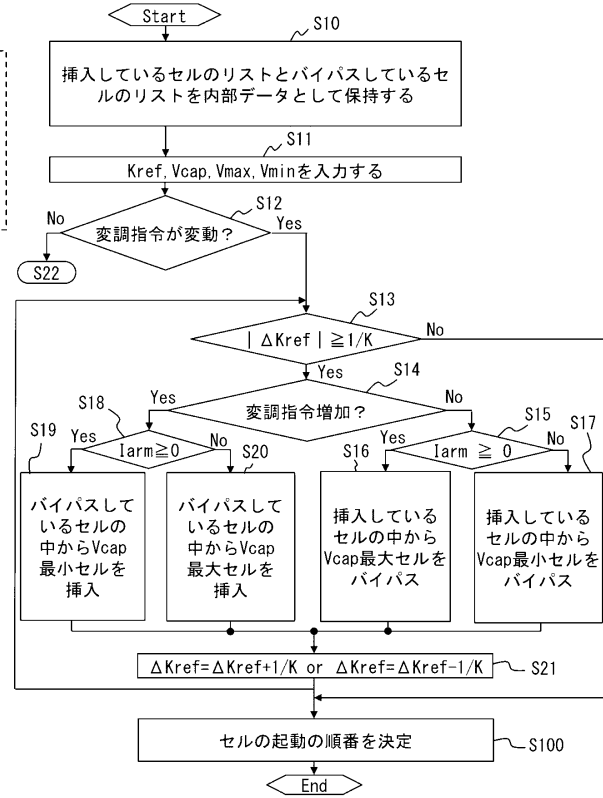
【図13】

図13



【図14】

図14

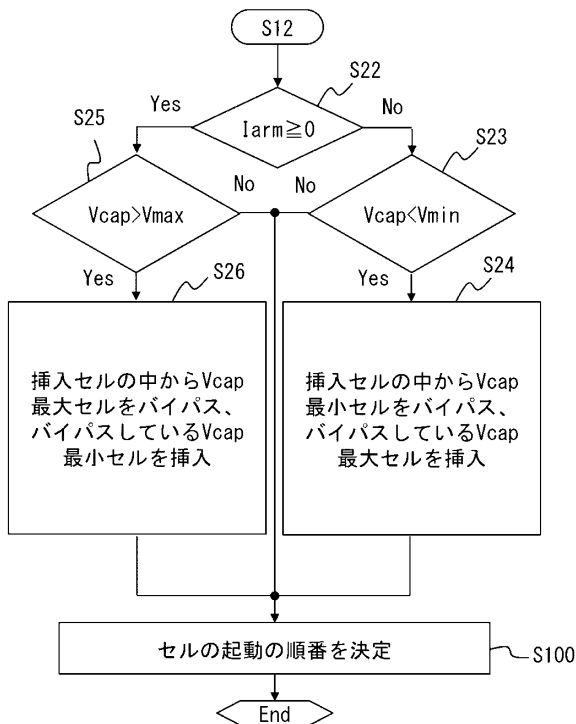


10

20

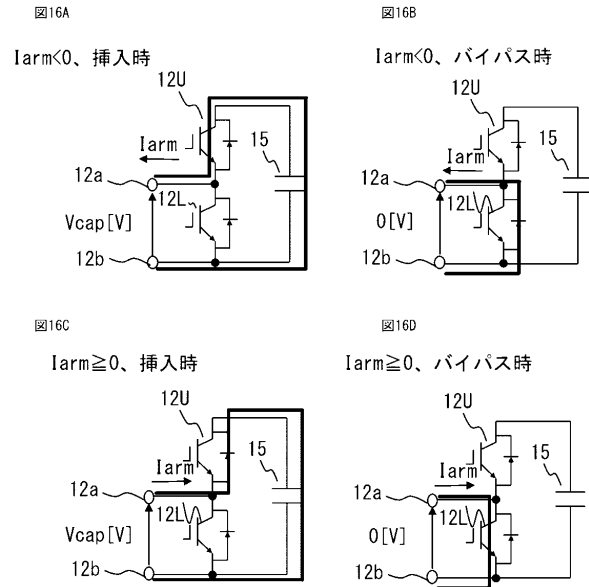
【図15】

図15



【図16】

図16



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特許第 6 9 2 6 3 5 5 (J P , B 1)
特開 2 0 2 0 - 1 0 2 9 3 4 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 1 8 2 5 1 7 (J P , A)
特許第 6 8 9 9 9 6 7 (J P , B 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|---------|
| H 0 2 M | 7 / 4 9 |
| H 0 2 M | 7 / 4 8 |