

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4612342号
(P4612342)

(45) 発行日 平成23年1月12日(2011.1.12)

(24) 登録日 平成22年10月22日(2010.10.22)

(51) Int.Cl.		F I			
HO2M 7/483	(2007.01)	HO2M 7/483			
HO2M 7/48	(2007.01)	HO2M 7/48		N	
		HO2M 7/48		R	

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2004-159567 (P2004-159567)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成16年5月28日(2004.5.28)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2005-341754 (P2005-341754A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成17年12月8日(2005.12.8)	(74) 代理人	100145816
審査請求日	平成19年4月10日(2007.4.10)		弁理士 鹿股 俊雄
		(74) 代理人	100087332
			弁理士 猪股 祥晃
		(74) 代理人	100081189
			弁理士 猪股 弘子
		(72) 発明者	繁田 正昭
			東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中事業所内
		(72) 発明者	西川 浩行
			東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力変換装置および超電導電力貯蔵装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

相互に直列接続され電流源に接続されて前記電流源から供給される直流電力を2段で3相交流電力の1相分に変換する複数の単位変換器と、

前記各単位変換器の出力端にそれぞれ接続されたコンデンサと、

3相交流電力の1相分に対応する前記2段のコンデンサにそれぞれ接続される巻線および対応する3相電源系統の1相に接続される巻線を有する3巻変圧器と、

前記3相交流電源系統の電圧を検出する電圧検出装置と、

前記各コンデンサの電圧を検出する電圧検出装置と、

前記3相交流電源系統の電流を検出する電流検出装置と、

前記電源系統に瞬低が発生したことを検出した場合に系統電流の検出値を用いたフィードフォワード制御とコンデンサ電圧制御とにより過渡時も安定にコンデンサ電圧を制御する制御装置とを備え、

前記制御装置は、

各相を構成する2段の単位変換器の出力端コンデンサの電圧を加算して算出される三相コンデンサ電圧検出値と系統線間電圧検出信号を入力し、コンデンサ電圧制御の結果としてコンデンサ電圧制御DQ電流指令値を出力するコンデンサ電圧制御装置と、

前記コンデンサ電圧制御DQ電流指令値と系統電流フィードフォワード制御DQ電流指令値とを入力し、3相出力電流指令を出力する電流指令制御装置と、

前記3相出力電流指令を入力し、三相のU相1段目単位変換器ゲート信号、U相2段目

単位変換器ゲート信号、三相V相1段目単位変換器ゲート信号、V相2段目単位変換器ゲート信号、三相W相1段目単位変換器ゲート信号、W相2段目単位変換器ゲート信号を前記各単位変換器に対して出力するPWM制御装置と、を有し、

前記電源系統の瞬低中に所定の時間の間、所要の電力を負荷に対して安定に供給する瞬低補償制御機能を有することを特徴とする電力変換装置。

【請求項2】

相互に直列接続され電流源に接続されて前記電流源から供給される直流電力を2段で3相交流電力の1相分に変換する複数の単位変換器と、

前記各単位変換器の出力端にそれぞれ接続されたコンデンサと、

3相交流電力の1相分に対応する前記2段のコンデンサにそれぞれ接続される巻線および対応する3相電源系統の1相に接続される巻線を有する3巻変圧器と、

前記3相交流電源系統の電圧を検出する電圧検出装置と、

前記各コンデンサの電圧を検出する電圧検出装置と、

前記3相交流電源系統の電流を検出する電流検出装置と、

前記電源系統に瞬低が発生したことを検出した場合に系統電流の検出値を用いたフィードフォワード制御とコンデンサ電圧制御とにより過渡時も安定にコンデンサ電圧を制御する制御装置とを備え、

前記制御装置は、

各単位変換器の出力コンデンサ電圧のうち、同種の相間のコンデンサ電圧を互いに加算した値である3相コンデンサ電圧検出値を入力し、模擬系統電流制御の結果としてPI制御出力DQ電流指令値を出力する模擬系統電流制御装置と、

前記PI制御出力DQ電流指令値と系統電流検出信号とを入力し、3相出力電流指令を出力する電流指令制御装置と、

前記3相出力電流指令を入力し、三相のU相1段目単位変換器ゲート信号、U相2段目単位変換器ゲート信号、三相のV相1段目単位変換器ゲート信号、V相2段目単位変換器ゲート信号、三相のW相1段目単位変換器ゲート信号、W相2段目単位変換器ゲート信号を各単位変換器に対して出力するPWM制御装置と、を有し、

前記電源系統の瞬低中に所定の時間の間、所要の電力を負荷に対して安定に供給する瞬低補償制御機能を有することを特徴とする電力変換装置。

【請求項3】

前記単位変換器は単相ブリッジ回路により構成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の電力変換装置。

【請求項4】

請求項1ないし3のいずれかの1項に記載の電力変換装置と、前記電流源としてのSMESコイルとを備えていることを特徴とする超電導電力貯蔵装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力変換装置および瞬低補償用の超電導電力貯蔵装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の、電源系統が瞬低（瞬時電圧低下）した場合に負荷に対して所要の電力を継続して供給する瞬低補償用の超電導電力貯蔵装置（SMES）は、電磁エネルギーを貯蔵する超電導のSMESコイルと、SMESコイルが出力する直流電力を交流電力に変換し負荷に供給する電力変換装置とから構成される。超電導コイルは電流源であるため、電流形変換器を適用することにより、回路構成を簡単にすることが可能である。

【0003】

電流形変換器として図11に示す直接多重化方式が提案されている（例えば、非特許文献1参照）。本方式の場合、単位変換器1の相互間に横流が発生するため、横流抑制用のインダクタンスと横流抑制制御機能が必要となる。また並列方式のため電流容量が大きく

10

20

30

40

50

なるため、S M E S コイルの冷却装置容量が増加し、システム全体のコストが増加する問題がある。更に電流量の増加に伴い変換器の損失が増大する点においても問題がある。

【非特許文献1】永井他、「多重空間ベクトル制御を適用した多重電流形変換器の開発」、平成10年、電学論D, 118巻5号、pp. 630~636

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来のS M E S における電力変換装置では横流が発生することから、横流の抑制のために横流抑制用のインダクタンスと横流抑制制御が必要であった。横流抑制リアクトルを設置すると装置が大型化し、重量も大きくなる。更に横流抑制制御機能が必要となり、電力変換装置のコストアップを招くことになる。またコストにおいては並列方式のためS M E S コイルの電流量の増大に伴う冷却装置のコストの抑制が必要であった。

10

【0005】

本発明は、制御系が簡素かつ高性能で、S M E S コイル、冷却装置、主回路の寸法、重量、容量、コストを大幅に低減することのできる電力変換装置および超電導電力貯蔵装置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】

【0006】

請求項1の発明は電力変換装置であり、相互に直列接続され電流源に接続されて前記電流源から供給される直流電力を2段で3相交流電力の1相分に変換する複数の単位変換器と、前記各単位変換器の出力端にそれぞれ接続されたコンデンサと、3相交流電力の1相分に対応する前記2段のコンデンサにそれぞれ接続される巻線および対応する3相電源系統の1相に接続される巻線を有する3巻変圧器と、前記3相交流電源系統の電圧を検出する電圧検出装置と、前記各コンデンサの電圧を検出する電圧検出装置と、前記3相交流電源系統の電流を検出する電流検出装置と、前記電源系統に瞬低が発生したことを検出した場合に系統電流の検出値を用いたフィードフォワード制御とコンデンサ電圧制御とにより過渡時も安定にコンデンサ電圧を制御する制御装置とを備え、前記制御装置は、各相を構成する2段の単位変換器の出力端コンデンサの電圧を加算して算出される三相コンデンサ電圧検出値と系統線間電圧検出信号を入力し、コンデンサ電圧制御の結果としてコンデンサ電圧制御D Q電流指令値を出力するコンデンサ電圧制御装置と、前記コンデンサ電圧制御D Q電流指令値と系統電流フィードフォワード制御D Q電流指令値とを入力し、3相出力電流指令を出力する電流指令制御装置と、前記3相出力電流指令を入力し、三相のU相1段目単位変換器ゲート信号、U相2段目単位変換器ゲート信号、三相V相1段目単位変換器ゲート信号、V相2段目単位変換器ゲート信号、三相W相1段目単位変換器ゲート信号、W相2段目単位変換器ゲート信号を前記各単位変換器に対して出力するP W M制御装置と、を有し、前記電源系統の瞬低中に所定の時間の間、所要の電力を負荷に対して安定に供給する瞬低補償制御機能を有することを特徴とする。

20

30

【0007】

請求項2の発明は相互に直列接続され電流源に接続されて前記電流源から供給される直流電力を2段で3相交流電力の1相分に変換する複数の単位変換器と、前記各単位変換器の出力端にそれぞれ接続されたコンデンサと、3相交流電力の1相分に対応する前記2段のコンデンサにそれぞれ接続される巻線および対応する3相電源系統の1相に接続される巻線を有する3巻変圧器と、前記3相交流電源系統の電圧を検出する電圧検出装置と、前記各コンデンサの電圧を検出する電圧検出装置と、前記3相交流電源系統の電流を検出する電流検出装置と、前記電源系統に瞬低が発生したことを検出した場合に系統電流の検出値を用いたフィードフォワード制御とコンデンサ電圧制御とにより過渡時も安定にコンデンサ電圧を制御する制御装置とを備え、前記制御装置は、各単位変換器の出力コンデンサ電圧のうち、同種の相間のコンデンサ電圧を互いに加算した値である3相コンデンサ電圧検出値を入力し、模擬系統電流制御の結果としてP I制御出力D Q電流指令値を出力する模擬系統電流制御装置と、前記P I制御出力D Q電流指令値と系統電流検出信号とを入力

40

50

し、3相出力電流指令を出力する電流指令制御装置と、前記3相出力電流指令を入力し、三相のU相1段目単位変換器ゲート信号、U相2段目単位変換器ゲート信号、三相のV相1段目単位変換器ゲート信号、V相2段目単位変換器ゲート信号、三相のW相1段目単位変換器ゲート信号、W相2段目単位変換器ゲート信号を各単位変換器に対して出力するPWM制御装置と、を有し、前記電源系統の瞬低中に所定の時間の間、所要の電力を負荷に対して安定に供給する瞬低補償制御機能を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、制御系が簡素かつ高性能で、SMESコイル、冷却装置、主回路の寸法、重量、容量、コストを大幅に低減することのできる電力変換装置および超電導電力貯蔵装置を提供することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

(第1の実施の形態)

(構成)

図1に本発明の第1の実施の形態の電力変換装置101の構成を示す。

負荷112は系統連系装置109を介して電源系統111に接続され、系統連系装置109と負荷112の間に電力変換装置101が接続されている。

【0010】

電力変換装置101は、相互に直列接続され直流電力を交流電力に変換する複数の単位変換器102と、単位変換器102の出力端に接続されたコンデンサ103と、コンデンサ103と電源系統111とを接続する変圧器104と、系統電圧を検出する電圧検出装置106と、コンデンサ103の電圧を検出する電圧検出装置107と、系統電流を検出する系統電流検出装置108と、系統に瞬低が発生したことを検出した場合に系統電流のフィードフォワード制御を行うとともに瞬低直前のコンデンサ電圧ベクトル振幅および系統相電圧ベクトル位相をそれぞれコンデンサ電圧振幅指令値およびコンデンサ電圧位相指令値とするコンデンサ電圧フィードバック制御により過渡時も安定にコンデンサ電圧を制御する制御装置105とを備えている。

20

【0011】

単位変換器102は、互いに直列接続されている。直列接続された両端の単位変換器102は、SMESコイルからなる電流源110の両端にそれぞれ接続されている。単位変換器102の出力端子間には、コンデンサ103が接続されている。コンデンサ103は、変圧器104の2次側端子に接続される。各変圧器104の1次側の一方の端子は電源系統111の各相の電源ラインに接続され、他の端子は他の変圧器104の一方の端子と互いに接続されている。

30

【0012】

(作用)

制御装置105は、電圧検出装置106を介して電源系統111の線間電圧を検出すると共に、電圧検出装置107を介して各単位変換器102の出力端のコンデンサ103の電圧を検出する。

40

【0013】

制御装置105は、検出した系統電圧信号から算出した系統電圧ベクトルの大きさが、基準値より小さい場合は、系統に瞬低が発生したと判断し、系統連系装置109を開放し、負荷112を電源系統111から遮断する。

【0014】

制御装置105は、電圧検出装置106により検出した3相系統線間電圧信号を入力し、3相2相変換により静止座標系における水平軸方向の基準座標軸に対して90度位相が遅れた系統線間電圧ベクトルを生成する。この90度位相が遅れた系統線間電圧ベクトルの位相に60度を加算することにより、電源系統111の相電圧ベクトルの位相を算出する。瞬低を検出した場合、瞬低直前の相電圧ベクトルの位相をコンデンサ電圧ベクトル位

50

相指令信号とする。また、瞬低発生直前のコンデンサ103の電圧ベクトルの大きさをコンデンサ電圧振幅指令信号とする。このようにして算出したコンデンサ電圧振幅指令信号とコンデンサ電圧ベクトル位相指令信号に基づいて、コンデンサ103の電圧をフィードバック制御する。

【0015】

また制御装置105は、系統電流の検出値を用いたフィードフォワード制御により過渡応答性能を改善する。

この結果、電力変換装置101は、電源系統111に瞬低が発生した場合、所定の時間の間、負荷112に対して安定に電力供給を継続し、瞬低補償制御を行う。

【0016】

(効果)

本実施の形態の電力変換装置によれば、大容量化のため複数の単位変換器102を互いに直列接続することにより、SMESコイルの直流電圧を大きく直流電流を小さくすることが可能となる。これにより従来の並列方式のSMES用電力変換器で必要であった横流抑制リアクトルと制御が不要となり、電力変換装置の寸法、重量、コストを低減することができる。また直流電流容量が低減するためSMESコイルと冷却装置の電流容量とコストを低減することができる。

【0017】

更に、系統電流の検出値を用いたフィードフォワード制御により、過渡応答性能を改善することが可能となり、系統連系装置109のOFF時に系統に過電流が流れたり、負荷電圧が低下したりする問題を解決し、低コストで高性能な瞬低補償用SMES電力変換装置を提供することができる。

【0018】

(第2の実施の形態)

本発明の第2の実施の形態を図2と図3を参照して説明する。

(構成)

図2は本実施の形態の電力変換装置201の構成を示す。

【0019】

負荷112は系統連系装置209を介して電源系統111に接続され、系統連系装置209と負荷112の間に電力変換装置201が接続されている。

【0020】

電力変換装置201は、単位変換器202と、コンデンサ203と、三巻変圧器204と、制御装置205と、電源系統111の系統線間電圧を検出する電圧検出装置206と、各単位変換器202の交流出力端子間に接続された電圧検出装置207と、電源系統111の3相交流電流を検出する電流検出装置208と、負荷112と電力変換装置201とを電源系統111に接続する系統連系装置209とを備えている。

【0021】

この実施の形態では、6台の単位変換器202を互いに直列接続して電力変換装置201を構成している。直列接続された両端の単位変換器202は、SMESコイルからなる電流源110の両端にそれぞれ接続される。単位変換器202の出力端子間には、コンデンサ203が接続されている。コンデンサ203は、三巻変圧器204の2次側の巻線に接続されている。三巻変圧器204の1次側の一方の端子は、電源系統111の各相の電源ラインに接続され、他の端子は他の三巻変圧器204の他方の端子と互いに接続されている。

【0022】

図3に本実施の形態における単位変換器202の構成を示す。

単位変換器202は、单相ブリッジの構成である。各アームは、逆阻止用のダイオード301とスイッチング素子302からなる。この単位変換器202は、一般的な单相ブリッジと汎用の素子を使用することにより低コストな電力変換器となっている。

【0023】

10

20

30

40

50

(作用)

(系統電圧、コンデンサ電圧、系統電流の検出)

制御装置 205 は、電圧検出装置 206 を介して系統電圧を検出すると共に、電圧検出装置 207 を介して各単位変換器 202 の出力端のコンデンサ 203 の電圧を検出する。また制御装置 205 は、電流検出装置 208 を介して、3 相の系統電流を検出する。

【0024】

(コンデンサ電圧位相指令信号の生成)

制御装置 205 は、電圧検出装置 206 を介して検出した 3 相系統電圧を 1 次遅れフィルタに入力する。

制御装置 205 は、1 次遅れフィルタによって得られた 1 次遅れ出力信号を 3 相 2 相変換し、位相が 90 度遅れた 2 相系統線間電圧信号を生成する。制御装置 205 はこの 2 相系統線間電圧信号から系統線間電圧ベクトルの位相を算出する。制御装置 205 は、この系統線間電圧ベクトル位相信号に $\pi/3$ [rad] を加算することにより、系統相電圧ベクトルの位相信号を生成する。そして制御装置 205 は、この系統相電圧ベクトルの位相信号をコンデンサ電圧ベクトル位相指令信号として使用する。

【0025】

(コンデンサ電圧のフィードバック)

制御装置 205 は、検出した 1 段目と 2 段目のコンデンサ 203 の電圧を加算して 3 相の 1 相である U 相のコンデンサ電圧を生成する。

【0026】

また制御装置は、3 段目と 4 段目のコンデンサ 203 の電圧を加算して 3 相の 1 相である V 相のコンデンサ電圧を生成する。

【0027】

更に制御装置 205 は、5 段目と 6 段目のコンデンサ 203 の電圧を加算して 3 相の 1 相である W 相のコンデンサ電圧を生成する。制御装置 205 は、UVW 3 相のコンデンサ電圧信号を 3 相 2 相変換して 2 相コンデンサ電圧を生成する。

【0028】

制御装置 205 は、2 相コンデンサ電圧の 2 乗和の正の平方根をコンデンサ電圧ベクトルの大きさとして算出する。

【0029】

制御装置 205 は、算出したコンデンサ電圧ベクトルの大きさを 1 次遅れフィルタを通すことにより、3 相コンデンサ電圧振幅指令信号として出力する。そして 3 相コンデンサ電圧振幅指令信号を 3 相 2 相変換し、2 相コンデンサ電圧振幅信号を出力する。

【0030】

制御装置 205 は、2 相コンデンサ電圧振幅信号を前記コンデンサ電圧ベクトル位相指令信号により DQ 変換して、DQ コンデンサ電圧振幅信号を出力する。DQ 変換は、静止座標系の成分を系統電圧と同一周波数で回転する回転座標系へ変換する座標変換である。

【0031】

(系統電流フィードフォワード制御)

制御装置 205 は、検出した 3 相系統電流を 1 次遅れフィルタに入力し、1 次遅れフィルタ出力の 3 相系統電流信号を用いて、3 相 2 相変換する。

制御装置 205 は、3 相 2 相変換した 2 相系統電流をコンデンサ電圧ベクトル位相指令信号を用いて DQ 変換を行ない、DQ 系統電流信号を出力する。

【0032】

(瞬低検出判断)

制御装置 205 は、2 相系統線間電圧信号の各成分の 2 乗和の正の平方根を計算し、系統線間電圧ベクトル振幅信号として出力する。そして、この系統線間電圧ベクトル振幅信号がしきい値以下であれば、系統に瞬低が発生したと判断し、瞬低検出信号を出力する。

【0033】

(待機制御)

10

20

30

40

50

制御装置 205 は、電源系統 111 が健全な場合は各単位変換器 202 の上下アームを導通することにより、電流源 110 (SME S コイル) の電流を保持し、待機する。

【0034】

(瞬低補償制御)

もし電源系統 111 に瞬低が発生した場合は、制御装置 205 は、瞬低直前の 3 相コンデンサ電圧振幅指令信号とコンデンサ電圧ベクトル位相指令信号を保持し、系統電源周波数によりコンデンサ電圧ベクトル位相指令信号の位相を進める。

【0035】

制御装置 205 は、3 相コンデンサ電圧振幅指令信号とコンデンサ電圧ベクトル位相指令信号を用いて 3 相コンデンサ電圧指令信号を算出する。

制御装置 205 は、3 相コンデンサ電圧指令信号を 3 相 2 相変換し、コンデンサ電圧ベクトル位相指令信号により DQ 変換し、DQ コンデンサ電圧指令信号を生成する。

【0036】

また制御装置 205 は、2 相コンデンサ電圧検出信号に対してコンデンサ電圧ベクトル位相指令信号を用いて DQ コンデンサ電圧検出信号に変換する。

制御装置 205 は、DQ コンデンサ電圧指令信号と DQ コンデンサ電圧検出信号を用いて PI 制御により、コンデンサ電圧制御出力信号を生成する。

【0037】

制御装置 205 は、コンデンサ電圧制御出力信号と DQ 系統電流信号を加算して、DQ 電流指令信号を生成する。

制御装置 205 は、系統電流のフィードフォワード制御である DQ 系統電流信号を加算することにより、高速に系統連系装置 209 を OFF し、電源系統 111 を遮断する。

【0038】

これにより、電力変換装置 201 は、瞬低期間中、負荷 112 に対し安定に電力供給を継続する。この結果、電力変換装置 201 は、電源系統 111 に瞬低が発生した場合、所定の時間の間、負荷 112 に対して安定に電力供給を継続し、瞬低補償制御を行う。

【0039】

(効果)

この第 2 の実施の形態によれば、複数の単相ブリッジ回路を使用することにより、容易に SME S 用電力変換装置を構成できる。この結果、低コストな電力変換装置を構築できると共に、システムの信頼性を改善することができる。また直流電流容量が低減するため SME S コイルと冷却装置の電流容量とコストを低減することができる。

【0040】

更に、系統電流の検出値を用いたフィードフォワード制御により、過渡応答性能を改善することが可能となり、系統連系装置 209 の OFF 時に系統に過電流が流れたり、負荷電圧が低下したりする問題を解決し、低コストで高性能な瞬低補償用 SME S 電力変換装置を提供することができる。

【0041】

(第 3 の実施の形態)

本発明の第 3 の実施の形態を図 4 から図 7 を参照して説明する。本実施の形態は、図 2 に示した制御装置 205 に関する。

【0042】

(構成)

本実施の形態における制御装置 205 は、図 4 に示すように、コンデンサ電圧制御装置 401 と、電流指令制御装置 402 と、PWM 制御装置 403 とから構成されている。

【0043】

コンデンサ電圧制御装置 401 は、図 5 に示すように、電圧ベクトル位相を 90 度遅らせる 3 相 2 相変換手段 501 a, 501 b, 501 c, 501 d と、コンデンサ電圧振幅検出手段 502 と、コンデンサ電圧振幅制御手段 503 と、系統線間電圧位相検出手段 504 と、加算器 525 と、コンデンサ電圧位相制御手段 505 と、コンデンサ電圧指令生

10

20

30

40

50

成手段506と、2相DQ変換手段507a, 507b, 507cと、減算手段508と、PI制御手段509と、1次遅れフィルタ523a, 523b, 523cと、加算器525と、瞬低判定手段526とを備えている。

【0044】

電流指令制御装置402は、図6に示すように、リミッタ手段601と、ベクトル・リミット手段602と、最小ONパルス幅制御手段603と、DQ2相変換手段604と、2相3相変換手段605と、3相電流指令制御手段606とを備えている。

【0045】

図7に1相当りのPWM制御装置403の構成を示す。

PWM制御装置403は、1段目変換器PWM制御装置701と、2段目変換器PWM制御装置702とから構成されている。1段目変換器PWM制御装置701は、PWM制御装置703と、NOT回路704と、極性反転回路705とを備えている。2段目変換器PWM制御装置702は、1段目変換器PWM制御装置701と同じ構成であるが、キャリア信号711の位相が1段目変換器PWM制御装置701のキャリア信号706に対して90度遅れている。

【0046】

(作用)

図4に示すように、制御装置205を構成するコンデンサ電圧制御装置401は、3相コンデンサ電圧検出値404と系統線間電圧検出信号210を入力し、コンデンサ電圧制御の結果としてコンデンサ電圧制御DQ電流指令値405を出力する。ここで、3相コンデンサ電圧検出値404は、各相を構成する2段の単位変換器202の出力端コンデンサ203の電圧を加算し算出される3相電圧である。

【0047】

電流指令制御装置402は、コンデンサ電圧制御DQ電流指令値405と系統電流フィードフォワード制御DQ電流指令値406を入力し、3相出力電流指令407を出力する。

PWM制御装置403は、3相出力電流指令407を入力し、U相1段目単位変換器ゲート信号408、U相2段目単位変換器ゲート信号409、V相1段目単位変換器ゲート信号410、V相2段目単位変換器ゲート信号411、W相1段目単位変換器ゲート信号412、W相2段目単位変換器ゲート信号413を各単位変換器202に対して出力する。

【0048】

図5に示すように、コンデンサ電圧制御装置401を構成する3相2相変換手段501aは、3相コンデンサ電圧検出値404を入力し、静止2相座標系の2軸成分である2相コンデンサ電圧信号511に変換する。

【0049】

コンデンサ電圧振幅検出手段502は、2相コンデンサ電圧信号511を入力し、2乗和の正の平方根をコンデンサ電圧振幅512として出力する。

【0050】

1次遅れフィルタ523aは、コンデンサ電圧振幅512を入力し、コンデンサ電圧振幅512の高周波リップル成分を除去し、コンデンサ電圧振幅指令フィルタ出力値524を出力する。

【0051】

コンデンサ電圧振幅制御手段503は、コンデンサ電圧振幅指令フィルタ出力値524と、瞬低発生信号522を入力し、瞬低が発生した場合は瞬低発生直前のコンデンサ電圧振幅指令フィルタ出力値524をコンデンサ電圧振幅指令値513として保持する。

【0052】

3相2相変換手段501bは、1次遅れフィルタ523bを介して3相の系統線間電圧検出信号210を入力し、系統線間電圧を90度位相遅れの電圧ベクトル信号に変換する。

【0053】

10

20

30

40

50

系統線間電圧位相検出手段504は、90度位相が遅れた電圧ベクトルを入力し、系統電圧位相信号を算出し出力する。加算器525は、系統電圧位相信号の位相と $\pi/3$ [rad] を加算し、系統相電圧位相信号514を出力する。

【0054】

コンデンサ電圧位相制御手段505は、系統相電圧位相信号514と瞬低発生信号522とを入力し、瞬低が発生した場合は、瞬低発生直前の系統相電圧位相信号514をコンデンサ電圧位相指令信号の基準値として保持し、系統電圧の定格周波数で位相を進め、コンデンサ電圧位相指令信号515を出力する。

コンデンサ電圧指令生成手段506は、コンデンサ電圧振幅指令値513とコンデンサ電圧位相指令信号515とを入力し、3相コンデンサ電圧指令値516を出力する。

10

【0055】

3相2相変換手段501cは、3相コンデンサ電圧指令値516を入力し、静止2相成分のDQコンデンサ電圧指令値517を出力する。

2相DQ変換手段507aは2相コンデンサ電圧指令値517とコンデンサ電圧位相指令信号515とを入力しDQコンデンサ電圧指令値518を出力する。

【0056】

減算手段508は、DQコンデンサ電圧指令値518からDQコンデンサ電圧検出値519を減算することにより、DQコンデンサ電圧偏差520を算出する。

PI制御手段509はDQコンデンサ電圧偏差520を入力し、PI(積算および積分)制御の結果として、コンデンサ電圧制御DQ電流指令値405を出力する。

20

【0057】

3相2相変換501dは、3相の系統電流検出信号211を入力し、3相2相変換により2相の系統電流検出信号を出力する。

2相DQ変換手段507cは、2相の系統電流検出信号を入力し、DQ変換により系統電流フィードフォワード制御DQ電流指令値406を出力する。

【0058】

図6に示すように、電流指令制御装置402を構成するリミッタ手段601は、系統電流フィードフォワード制御DQ電流指令値406とコンデンサ電圧制御DQ電流指令値405を加算して生成するDQ電流指令値600を入力し、D軸電流指令値とQ軸電流指令値との絶対値が、それぞれのリミット値を超えた場合は、DQ軸電流指令値を所定のリミット値に制限したりリミットDQ電流指令607を出力する。

30

【0059】

ベクトル・リミット手段602は、リミットDQ電流指令607を入力し、D軸とQ軸のリミット電流指令から構成される電流ベクトルの振幅が規定値を超えた場合は、電流ベクトルの振幅が規定値になるように、D軸とQ軸のリミット電流指令を変換し、ベクトル・リミットDQ電流指令608を出力する。

【0060】

最小ONパルス幅制御手段603は、ベクトル・リミットDQ電流指令608を入力し、この電流指令を用いたPWM制御の結果、電力変換器202を構成する素子により規定される最小ONパルス幅より短いPWMパルスが発生しないように、ベクトル・リミットDQ電流指令値を制限した値である最小ONパルス幅制御DQ電流指令609を出力する。

40

【0061】

DQ2相変換手段604は、最小ONパルス幅制御DQ電流指令609と、コンデンサ電圧位相指令値515とを入力し、2相電流指令610を出力する。

2相3相変換手段605は、2相電流指令610を入力し、2相3相変換を行ない瞬低補償制御用3相出力電流指令612を出力する。

【0062】

3相電流指令制御手段606は、待機制御用3相出力電流指令613と瞬低補償制御用3相出力電流指令612と瞬低発生信号522を入力する。3相電流指令制御手段606は、瞬低発生信号522が瞬低発生の値にセットされていなければ、待機制御用3相出力

50

電流指令 613 を 3 相出力電流指令 407 として出力する。瞬低発生信号 522 が瞬低発生
の値にセットされていれば、瞬低補償制御用 3 相出力電流指令 612 を 3 相出力電流指
令 407 として出力する。

【0063】

図 7 に示すように、1 段目変換器 PWM 制御装置 701 を構成する PWM 信号発生器 7
03 は、3 相出力電流指令 407 の一相当りの電流指令信号と、キャリア信号 706 を入
力し、3 相出力電流指令 407 の一相当りの電流指令信号がキャリア信号 706 より大き
ければスイッチング素子を ON する PWM 信号を出力し、そうでなければ、スイッチング素
子を OFF する PWM 信号を出力する。発生した PWM 信号は、NOT 回路 704 を介し
て、単相ブリッジ回路の上アームを構成するスイッチング素子のゲート信号 707 と 70
8 として出力される。

10

【0064】

単相ブリッジ回路の下側アームを構成するスイッチング素子に対する PWM 制御は、1
相分の電流指令信号 407 を極性反転回路 705 により反転させた電流指令信号を用いて
行なわれる。反転された電流指令信号とキャリア信号 706 により PWM 制御され、単相
ブリッジ回路の下アームを構成するスイッチング素子に対するゲート信号が出力される。

【0065】

2 段目の単位変換器に対する PWM 制御は、キャリア信号 711 の位相を 1 段目の単位
変換器に対する PWM 制御におけるキャリア信号 706 の位相から 90° ずらすことによ
り実現する。1 段目と 2 段目の単位変換器に対する PWM 制御キャリア信号に 90° の位
相差を設けるのは、発生する高調波を抑制するためである。

20

【0066】

他相の PWM 制御は、他の相の電流指令信号 407 を用いて、同様に実現する。

上記の制御の結果、各単位変換器の出力端フィルタコンデンサ電圧を系統が瞬低する直
前の電圧に制御することができる。

本制御により系統瞬低時に負荷に対して所要の電力補償を実現することが可能となる。

【0067】

(効果)

この第 3 の実施の形態の電力変換装置によれば、従来の三角波比較 PWM 制御を使用す
ることができる。この結果、制御系のコストを抑制することができ、低コストな電力変換
装置を提供することができる。また直流電流容量が低減するため S M E S コイルと冷却装
置の電流容量とコストを低減することができる。

30

【0068】

更に、系統電流の検出値を用いたフィードフォワード制御により、過渡応答性能を改善
することが可能となり、系統連系装置 209 の OFF 時に系統に過電流が流れたり、負荷
電圧が低下する問題を解決し、低コストで高性能な瞬低補償用 S M E S 電力変換装置を提
供することができる。

【0069】

(第 4 の実施の形態)

本発明の第 4 の実施の形態を図 8 から図 10 を参照して説明する。本実施の形態も第 3
の実施の形態と同様に図 2 に示した制御装置 205 に関する。

40

【0070】

(構成)

本実施の形態における制御装置 205 は、図 8 に示すように、模擬系統電流制御装置 8
01 と、電流指令制御装置 802 と、PWM 制御装置 403 から構成されている。

【0071】

模擬系統電流制御装置 801 は、図 9 に示すように、系統線間電圧位相検出手段 901
と、入力した電圧ベクトルの位相を 90 度遅らせる 3 相 2 相変換手段 902 a , 902 b
, 902 c と、コンデンサ電圧振幅検出手段 903 と、1 次遅れフィルタ 927 と、コン
デンサ電圧振幅制御手段 904 と、コンデンサ電圧位相制御手段 906 と、模擬系統 3 相

50

電圧生成手段 907 と、2相DQ変換手段 908a, 908b と、減算手段 909 と、模擬系統電流算出手段 910 と、PI制御手段 911 とを備えている。

【0072】

模擬系統電流算出手段 910 は、図 10 に示すように、減算器 1001a, 1001b と、除算器 1002 と、乗算器 1003a, 1003b と、積分器 1004 と、遅れ要素 1005 とを備えている。

【0073】

(作用)

図 8 に示すように、制御装置 205 の模擬系統電流制御装置 801 は、3相コンデンサ電圧検出値 404 を入力し、模擬系統電流制御の結果としてPI制御出力DQ電流指令値 805 を出力する。ここで、3相コンデンサ電圧検出値 404 は、各単位変換器の出力コンデンサ電圧のうち、同種の相間のコンデンサ電圧を互いに加算した値である。

10

【0074】

電流指令制御装置 802 は、PI制御出力DQ電流指令値 805 と系統電流検出信号 211 を入力し、3相出力電流指令 407 を出力する。

【0075】

PWM制御装置 403 は、3相出力電流指令 407 を入力し、U相1段目単位変換器ゲート信号 408、U相2段目単位変換器ゲート信号 409、V相1段目単位変換器ゲート信号 410、V相2段目単位変換器ゲート信号 411、W相1段目単位変換器ゲート信号 412、W相2段目単位変換器ゲート信号 413 を各単位変換器 202 に対して出力する。

20

【0076】

図 9 に示すように、模擬系統電流制御装置 801 の3相2相変換手段 902a は、3相コンデンサ電圧検出値 404 を入力し、静止2相座標系の2軸成分である二相コンデンサ電圧信号 914 に変換する。

【0077】

コンデンサ電圧振幅検出手段 903 は、二相コンデンサ電圧信号 914 を入力し、2乗和の正の平方根をコンデンサ電圧振幅 915 として出力する。1次遅れフィルタ 927 は、コンデンサ電圧振幅 915 を入力し、高周波リップルを除去したコンデンサ電圧振幅指令フィルタ出力値 928 を出力する。

30

【0078】

コンデンサ電圧振幅制御手段 904 は、コンデンサ電圧振幅指令フィルタ出力値 928 と、瞬低発生信号 522 とを入力し、瞬低が発生した場合は瞬低発生直前のコンデンサ電圧振幅 915 をコンデンサ電圧振幅指令値 917 として保持する。

【0079】

系統線間電圧検出信号 210 は、1次遅れフィルタ 523b を介して3相2相変換手段 902c に入力される。

3相2相変換手段 902c は、系統線間電圧検出信号 210 の1次遅れフィルタ出力値を入力し、2相系統線間電圧位相信号 912 を出力する。

【0080】

系統線間電圧位相検出手段 901 は、2相系統線間電圧位相信号 912 を入力し、系統線間電圧位相信号 913 を出力する。

40

加算器 905 は系統線間電圧位相信号 913 に $\pi/3$ [rad] を加算してコンデンサ電圧位相信号 918 を出力する。

【0081】

コンデンサ電圧位相制御手段 906 は、コンデンサ電圧位相信号 918 と瞬低発生信号 522 とを入力し、瞬低が発生した場合は、瞬低発生直前のコンデンサ電圧位相信号 918 をコンデンサ電圧位相指令信号の基準値として保持し、系統電圧の定格周波数で位相を進め、コンデンサ電圧位相指令信号 919 を出力する。

【0082】

50

模擬系統 3 相電圧生成手段 9 0 7 は、コンデンサ電圧振幅指令値 9 1 7 とコンデンサ電圧位相指令信号 9 1 9 とを入力し、模擬系統電源 3 相電圧指令値 9 2 0 を出力する。

3 相 2 相変換手段 9 0 2 b は、模擬系統電源 3 相電圧指令値 9 2 0 を入力し、静止 2 相成分の模擬系統電源 2 相電圧指令値 9 2 1 を出力する。

【 0 0 8 3 】

2 相 DQ 変換手段 9 0 8 a は、模擬系統電源 2 相電圧指令値 9 2 1 とコンデンサ電圧位相指令値 9 1 9 とを入力し模擬系統電源 DQ 電圧 9 2 2 を出力する。

減算手段 9 0 9 は、模擬系統電源 DQ 電圧 9 2 2 から、コンデンサ DQ 電圧検出値 9 2 3 を減算することにより、模擬系統 DQ 電圧 9 2 4 を算出する。

【 0 0 8 4 】

模擬系統電流算出手段 9 1 0 は、模擬系統 DQ 電圧 9 2 4 から模擬系統電流偏差 9 2 5 を算出し出力する。

PI 制御手段 9 1 1 は、模擬系統電流偏差 9 2 5 を入力し、PI 制御の結果として、PI 制御出力 DQ 電流指令値 8 0 5 を出力する。

【 0 0 8 5 】

図 1 0 に示すように、模擬系統電流算出手段 9 1 0 は、減算器 1 0 0 1 a において、模擬系統 DQ 電圧 9 2 4 から、遅れ要素 1 0 0 5 により保持された前回の模擬系統電流計算値 1 0 0 6 に電源系統 1 1 1 の抵抗値 1 0 0 7 を乗算して算出した電源系統 1 1 1 の抵抗による電圧降下 1 0 0 8 を減算することにより、電源系統 1 1 1 のインダクタンスによる電圧降下 1 0 0 9 を算出する。

【 0 0 8 6 】

次に除算器 1 0 0 2 において、電源系統 1 1 1 のインダクタンスによる電圧降下 1 0 0 9 を電源系統 1 1 1 のインダクタンス値 1 0 1 0 で除算することにより、電源系統 1 1 1 のインダクタンスによる電圧降下を電源系統 1 1 1 のインダクタンスで除算した値 1 0 1 1 を算出する。次に乗算器 1 0 0 3 b において、電源系統 1 1 1 のインダクタンスによる電圧降下を電源系統 1 1 1 のインダクタンスで除算した値 1 0 1 1 にサンプリング時間 1 0 1 2 を乗算することにより、電源系統 1 1 1 の電流変化量 1 0 1 3 を算出する。

【 0 0 8 7 】

積分器 1 0 0 4 は、電源系統 1 1 1 の電流変化量 1 0 1 3 を積分することにより、電源系統 1 1 1 の電流計算値 1 0 1 4 を算出する。減算器 1 0 0 1 b は、電源系統 1 1 1 の電流指令値 1 0 1 5 から電源系統 1 1 1 の電流計算値 1 0 1 4 を減算することにより模擬系統電流偏差 9 2 5 を出力する。電源系統 1 1 1 の電流指令値 1 0 1 5 をゼロに設定することにより、模擬系統電流をゼロに制御するようにコンデンサ電圧を制御する。

【 0 0 8 8 】

(効果)

この実施の形態の電力変換装置によれば、複数の单相ブリッジ回路を使用することにより、容易に S M E S 用電力変換装置を構成できる。この結果、低コストな電力変換装置を構築できると共に、システムの信頼性を改善することができる。また直流電流容量が低減するため S M E S コイルと冷却装置の電流容量とコストを低減することができる。

【 0 0 8 9 】

更に、系統電流の検出値を用いたフィードフォワード制御により、過渡応答性能を改善することが可能となり、系統連系装置 2 0 9 の O F F 時に系統に過電流が流れたり、負荷電圧が低下したりする問題を解決し、低コストで高性能な瞬低補償用 S M E S 電力変換装置を提供することができる。また、模擬系統電流制御装置 8 0 1 を備えることにより、電源系統 1 1 1 による電力供給と電流源 1 1 0 による電力供給を円滑に切り換えることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 9 0 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施の形態の電力変換装置を示す回路図。

【 図 2 】 本発明の第 2 の実施の形態の電力変換装置を示す回路図。

10

20

30

40

50

【図3】本発明の第2の実施の形態における単位変換器の構成を示す回路図。

【図4】本発明の第3の実施の形態における制御装置の構成および信号の流れを示す図。

【図5】本発明の第3の実施の形態におけるコンデンサ電圧制御装置の構成および信号の流れを示す図。

【図6】本発明の第3の実施の形態における電流指令制御装置の構成および信号の流れを示す図。

【図7】本発明の第3の実施の形態におけるPWM制御装置の構成(1相当り)の構成および信号の流れを示す図。

【図8】本発明の第4の実施の形態における制御装置の構成および信号の流れを示す図。

【図9】本発明の第4の実施の形態における模擬系統電流制御装置の構成および信号の流れを示す図。

【図10】本発明の第4の実施の形態における模擬系統電流算出手段の構成および信号の流れを示す図。

【図11】従来の電力変換装置の構成を示す回路図。

【符号の説明】

【0091】

1...単位変換器、2...変圧器、101...電力変換装置、102...単位変換器、103...コンデンサ、104...変圧器、105...制御装置、106...電圧検出装置、107...電圧検出装置、108...電流検出装置、109...系統連系装置、110...電流源、111...電源系統、112...負荷、201...電力変換装置、202...単位変換器、203...コンデンサ、204...3巻変圧器、205...制御装置、206...電圧検出装置、207...電圧検出装置、208...電流検出装置、209...系統連系装置、210...系統線間電圧検出信号、211...系統電流検出信号、212...コンデンサ電圧検出信号、301...ダイオード、302...スイッチング素子、401...コンデンサ電圧制御装置、402...電流指令制御装置、403...PWM制御装置、404...3相コンデンサ電圧検出値、405...コンデンサ電圧制御DQ電流指令値、406...系統電流フィードフォワード制御DQ電流指令値、407...3相出力電流指令、408...U相1段目単位変換器ゲート信号、409...U相2段目単位変換器ゲート信号、410...V相1段目単位変換器ゲート信号、411...V相2段目単位変換器ゲート信号、412...W相1段目単位変換器ゲート信号、413...W相2段目単位変換器ゲート信号、501a, 501b, 501c, 501d...3相2相変換手段、502...コンデンサ電圧振幅検出手段、503...コンデンサ電圧振幅制御手段、504...系統線間電圧位相検出手段、505...コンデンサ電圧位相制御手段、506...コンデンサ電圧指令生成手段、507a, 507b, 507c...2相DQ変換手段、508...減算手段、509...PI制御手段、511...2相コンデンサ電圧信号、512...コンデンサ電圧振幅、513...コンデンサ電圧振幅指令値、514...系統相電圧位相信号、515...コンデンサ電圧位相指令信号、516...3相コンデンサ電圧指令値、517...2相コンデンサ電圧指令値、518...DQコンデンサ電圧指令値、519...DQコンデンサ電圧検出値、520...DQコンデンサ電圧偏差、522...瞬停発生信号、523a, 523b, 523c...1次遅れフィルタ、524...コンデンサ電圧振幅指令フィルタ出力値、525...加算器、526...瞬低判定手段、600...DQ電流指令値、601...リミッタ手段、602...ベクトル・リミット手段、603...最小ONパルス幅制御手段、604...DQ2相変換手段、605...2相3相変換手段、606...3相電流指令制御手段、607...リミットDQ電流指令、608...ベクトル・リミットDQ電流指令、609...最小ONパルス幅制御DQ電流指令、610...2相電流指令、612...瞬低補償制御用3相出力電流指令、613...待機制御用3相出力電流指令、701...1段目変換器PWM制御装置、702...2段目変換器PWM制御装置、703...PWM信号発生器、704...NOT回路、705...極性反転回路、706...キャリア信号、707...1段目変換器Uアームゲート信号、708...1段目変換器Vアームゲート信号、709...1段目変換器Xアームゲート信号、710...1段目変換器Yアームゲート信号、711...キャリア信号、712...2段目変換器Uアームゲート信号、713...2段目変換器Vアームゲート信号、714...2段目変換器Xアームゲート信号、715...2段目

10

20

30

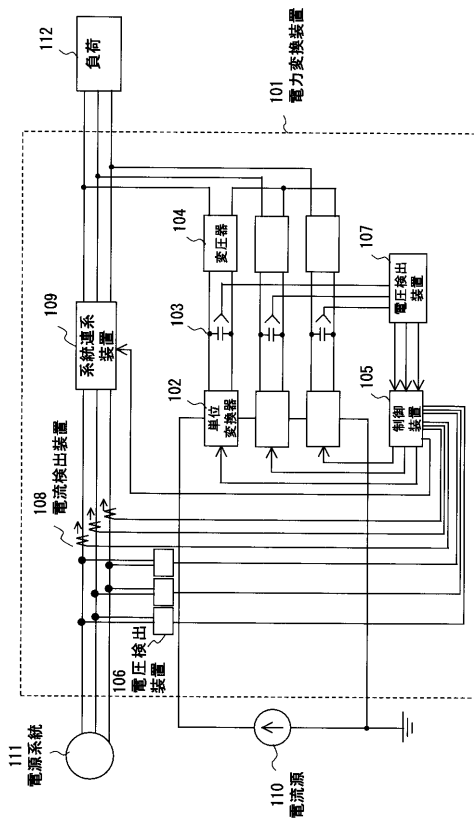
40

50

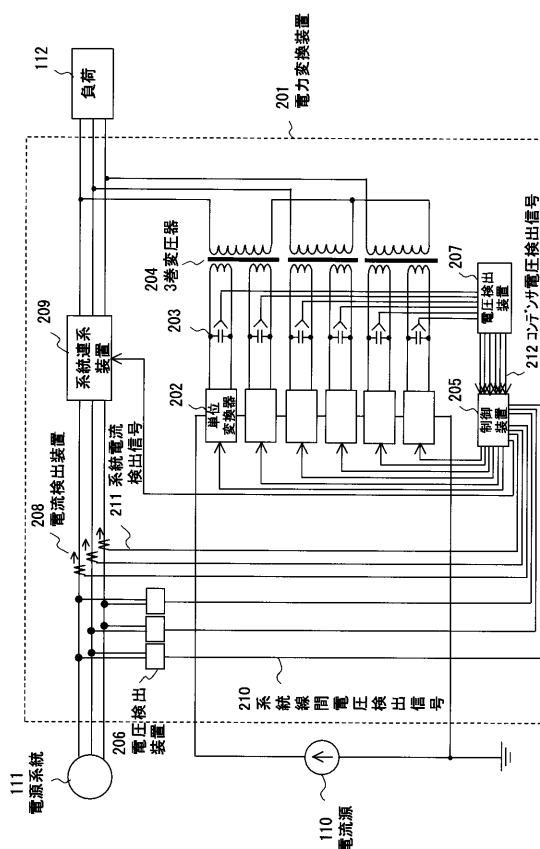
変換器Yアームゲート信号、801...模擬系統電流制御装置、802...電流指令制御装置、805...PI制御出力DQ電流指令値、901...系統線間電圧位相検出手段、902a, 902b, 902c...3相2相変換手段、903...コンデンサ電圧振幅検出手段、904...コンデンサ電圧振幅制御手段、905...加算器、906...コンデンサ電圧位相制御手段、907...模擬系統3相電圧生成手段、908a, 908b...2相DQ変換手段、909...減算手段、910...模擬系統電流算出手段、911...PI制御手段、912...2相系統線間電圧位相信号、913...系統線間電圧位相信号、914...2相コンデンサ電圧信号、915...コンデンサ電圧振幅、917...コンデンサ電圧振幅指令値、918...コンデンサ電圧位相信号、919...コンデンサ電圧位相指令信号、920...模擬系統電源三相電圧指令値、921...模擬系統電源二相電圧指令値、922...模擬系統電源DQ電圧、923...コンデンサDQ電圧検出値、924...模擬系統DQ電圧、925...模擬系統電流偏差、927...1次遅れフィルタ、928...コンデンサ電圧振幅指令フィルタ出力値、1001a, 1001b...減算器、1002...除算器、1003a, 1003b...乗算器、1004...積分器、1005...遅れ要素、1006...前回の模擬系統電流計算値、1007...電源系統の抵抗値、1008...電源系統の抵抗による電圧降下、1009...電源系統のインダクタンスによる電圧降下、1010...電源系統のインダクタンス値、1011...電源系統のインダクタンスによる電圧降下を、電源系統のインダクタンスで除算した値、1012...サンプリング時間、1013...電源系統の電流変化量、1014...電源系統の電流計算値、1015...電源系統の電流指令値。

10

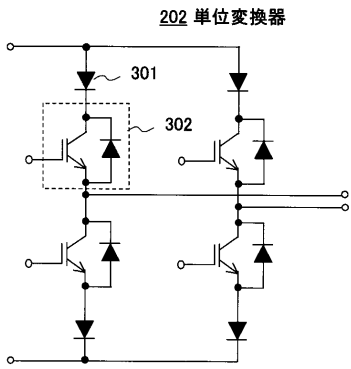
【図1】



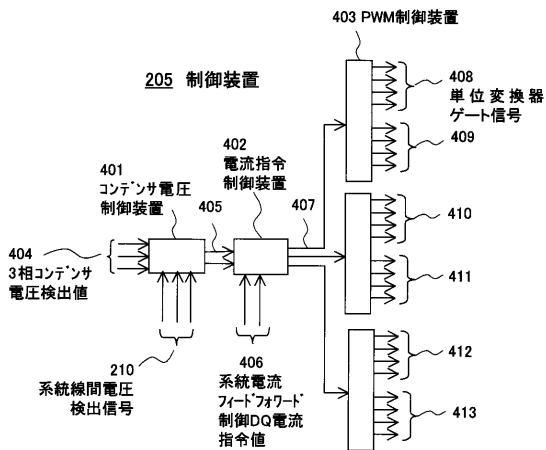
【図2】



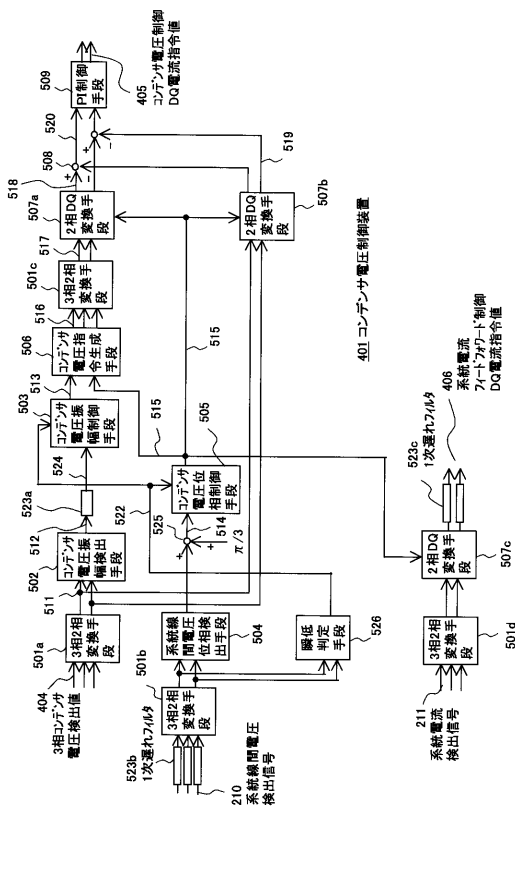
【図3】



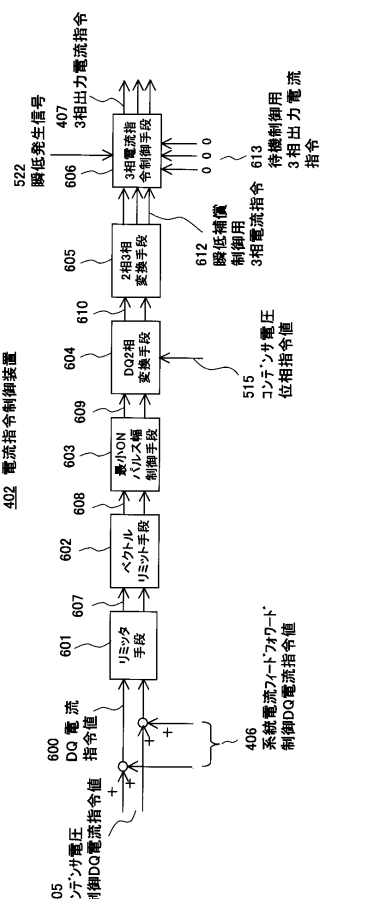
【図4】



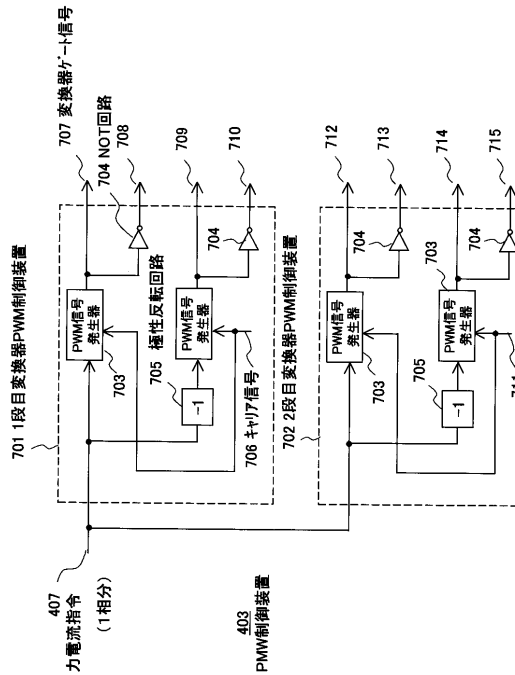
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (72)発明者 井岡 茂
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝 横浜事業所内
- (72)発明者 仙田 郁夫
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝 横浜事業所内
- (72)発明者 篠原 裕文
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中事業所内

審査官 安池 一貴

- (56)参考文献 特開平10-201242(JP,A)
特開平09-117061(JP,A)
特開平04-158270(JP,A)
特開2004-048938(JP,A)
特開2001-016867(JP,A)
特開2001-169566(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 7/483
H02M 7/48