

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5028940号
(P5028940)

(45) 発行日 平成24年9月19日(2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年7月6日(2012.7.6)

(51) Int.Cl. F I
H O 2 M 7/497 (2007.01) H O 2 M 7/497

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2006-276592 (P2006-276592)	(73) 特許権者	000003687 東京電力株式会社 東京都千代田区内幸町一丁目1番3号
(22) 出願日	平成18年10月10日(2006.10.10)	(74) 代理人	100100516 弁理士 三谷 恵
(65) 公開番号	特開2008-99400 (P2008-99400A)	(72) 発明者	中島 達人 東京都千代田区内幸町1丁目1番3号 東京電力株式会社内
(43) 公開日	平成20年4月24日(2008.4.24)	(72) 発明者	宮崎 聡 東京都千代田区内幸町1丁目1番3号 東京電力株式会社内
審査請求日	平成21年3月18日(2009.3.18)	(72) 発明者	菅野 純弥 東京都千代田区内幸町1丁目1番3号 東京電力株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直列多重型交直変換装置の出力電圧制御装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電力を変換する複数台の変換器が三相各相にそれぞれ直列に接続されて構成された直列多重型交直変換装置の出力電圧制御装置において、前記直列多重型交直変換装置の電圧指令値を入力する電圧指令値入力手段と、前記電圧指令値入力手段で入力した前記直列多重型交直変換装置の電圧上げまたは下げ及び位相変化の電圧指令値に基づいて各相の各々の変換器のうち少なくとも1台の変換器の出力電圧の電圧値及び位相を一定とし残りのいずれかの変換器の出力電圧の電圧値及び位相を変化させた状態で、各相の各々の変換器の出力電圧のベクトル和が前記直列多重型交直変換装置の電圧指令値と等しくなるような各相の各々の変換器の電圧指令値を出力する変換器電圧指令値出力手段と、前記変換器電圧指令値出力手段からの変換器の電圧指令値に基づいて各相の各々の変換器の出力電圧を制御する変換器制御手段とを備えたことを特徴とする直列多重型交直変換装置の出力電圧制御装置。

10

【請求項2】

前記変換器制御手段は、電圧指令値に基づく交流電圧波形と搬送波とを比較しそれらの値の大小により各相の各々の変換器を制御する搬送波比較制御方式が採用され、電圧値を変化させた変換器に対して、搬送波の周波数を変えることを特徴とする請求項1記載の直列多重型交直変換装置の出力電圧制御装置。

【請求項3】

電力を変換する複数台の変換器が三相各相にそれぞれ直列に接続されて構成された直列

20

多重型交直変換装置の出力電圧制御方法において、前記直列多重型交直変換装置の電圧指令値を入力し、入力した前記直列多重型交直変換装置の電圧上げまたは下げ及び位相変化の電圧指令値に基づいて各相の各々の変換器のうち少なくとも1台の変換器の出力電圧の電圧値及び位相を一定とし残りのいずれかの変換器の出力電圧の電圧値及び位相を変化させた状態で、各相の各々の変換器の出力電圧のベクトル和が前記直列多重型交直変換装置の電圧指令値と等しくなるような各相の各々の変換器の電圧指令値を出力し、出力された変換器の電圧指令値に基づいて各相の各々の変換器の出力電圧を制御することを特徴とする直列多重型交直変換装置の出力電圧制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、複数台の交直変換器が三相各相にそれぞれ直列に接続されて構成された直列多重型交直変換装置の出力電圧制御装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、交直変換装置の出力制御装置には、搬送波比較方式によるパルス幅変調制御が用いられており、交流出力電圧を制御している。搬送波比較方式は、出力電圧指令値に基づく交流電圧波形と、スイッチング周波数を定める搬送波（キャリア）とを比較し、交流電圧波形と搬送波の値の大小によりオンオフパルス信号を生成する方式である。

【0003】

20

例えば、交直変換装置の出力電圧を下げるには交流電圧波形の振幅（変調率）を1から下げることになるが、変調率を下げると、図10に示すように、電圧高調波が増加して電圧歪率が増大する傾向にある。一方、キャリア周波数を上げることで波形歪みの減少や制御性能の向上を図ることができるが、交直変換器はキャリア周波数を上げるにつれロスが増えるため、特に大容量の交直変換器の場合には、実用上キャリア周波数を低めに設定している。

【0004】

大容量の交直変換装置の場合、1台の変換器あたりの変換器容量を大きくすることは設計上困難であるので、変換器の多重化方式を使用している。例えば、三相各相に対して複数台の変換器を直列に接続して直列多重型交直変換装置を構成している。この多重方式の直列多重型交直変換装置では、出力電圧を低下させる場合には、各々の各変換器は、同位相で同変調率の電圧ベクトルを合成して出力している。例えば、2台の変換器で多重化している場合、従来は変調率を0.8にするには、同位相で2台の変換器ともに変調率を0.8にしていた。

30

【0005】

図11は、2台の変換器で多重化されている直列多重型交直変換装置の出力電圧を1 puから0.8 puに低下させた場合の出力電圧ベクトル図である。図11(a)は直列多重型交直変換装置の出力電圧を低下させる前の出力電圧ベクトル図、図11(b)は直列多重型交直変換装置の出力電圧を低下させた後の出力電圧ベクトル図である。

【0006】

40

図11(a)に示すように、直列多重型変換装置の三相の同相の変換器は同位相で同変調率の電圧ベクトルであり、三相各相は120°の位相差があり三相平衡している。例えば、U相では2台の変換器の出力電圧U1、U2は同じ位相で同じ電圧値（同じ変調率）である。V相についても2台の変換器の出力電圧V1、V2は同じ位相で同じ電圧値（同じ変調率）であり、W相についても2台の変換器の出力電圧W1、W2は同じ位相で同じ電圧値（同じ変調率）である。そして、三相各相は120°の位相差があり三相平衡していることから、U1～W2の電圧値はすべて等しい。

【0007】

この状態で、出力電圧を0.8 puに低下させる場合には三相各相の2台の変換器の変調率を0.8にする。これにより、図11に示すように、三相各相の2台の変換器の出力

50

電圧は $u_1 \sim w_2$ は、図 11 (a) の電圧ベクトルを $0.8 pu$ に縮小した相似形の電圧ベクトルとなる。

【0008】

ここで、直列多重型交直変換装置において、特定高調波次数を削減するためにスイッチング角度をあらかじめ求めておき、そのスイッチング角度で運転するようにした電力変換装置がある（例えば、特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特開平 6 - 276747 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかし、特許文献 1 のものでは、各次高調波含有率が最小になるスイッチング角度を求めるようにしているが、出力電圧が一定である場合の制御であり、出力電圧を可変にする場合には、そのまま適用することができない。すなわち、例えば、2 台の変換器で多重化している場合、出力電圧を $0.8 pu$ にするには、同位相で 2 台の変換器ともに変調率を 0.8 にしているが、この変調率の変化によって出力される波形歪みが変わるので、各次高調波含有率も変化する。

【0010】

そこで、高調波フィルタを設けて波形歪みを除去することが行われているが、高調波フィルタを設計する場合には、波形歪みの最大値をある制限値まで抑制するようにフィルタ設計する必要があるため、高調波フィルタのコンパクト化ができない。

【0011】

本発明の目的は、変換器での変換損失を抑制しつつ出力電圧の変更に伴う高調波の抑制ができる直列多重型交直変換装置の出力電圧制御装置及び方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

請求項 1 の発明に係わる直列多重型交直変換装置の出力電圧制御装置は、電力を変換する複数台の変換器が三相各相にそれぞれ直列に接続されて構成された直列多重型交直変換装置の出力電圧制御装置において、前記直列多重型交直変換装置の電圧指令値を入力する電圧指令値入力手段と、前記電圧指令値入力手段で入力した前記直列多重型交直変換装置の電圧上げまたは下げ及び位相変化の電圧指令値に基づいて各相の各々の変換器のうち少なくとも 1 台の変換器の出力電圧の電圧値及び位相を一定とし残りのいずれかの変換器の出力電圧の電圧値及び位相を変化させた状態で、各相の各々の変換器の出力電圧のベクトル和が前記直列多重型交直変換装置の電圧指令値と等しくなるような各相の各々の変換器の電圧指令値を出力する変換器電圧指令値出力手段と、前記変換器電圧指令値出力手段からの変換器の電圧指令値に基づいて各相の各々の変換器の出力電圧を制御する変換器制御手段とを備えたことを特徴とする。

【0016】

請求項 2 の発明に係わる直列多重型交直変換装置の出力電圧制御装置は、請求項 1 の発明において、前記変換器制御手段は、電圧指令値に基づく交流電圧波形と搬送波とを比較しそれらの値の大小により各相の各々の変換器を制御する搬送波比較制御方式が採用され、電圧指令値を変化させた変換器に対して、搬送波の周波数を変えることを特徴とする。

【0018】

請求項 3 の発明に係わる直列多重型交直変換装置の出力電圧制御方法は、電力を変換する複数台の変換器が三相各相にそれぞれ直列に接続されて構成された直列多重型交直変換装置の出力電圧制御方法において、前記直列多重型交直変換装置の電圧指令値を入力し、入力した前記直列多重型交直変換装置の電圧上げまたは下げ及び位相変化の電圧指令値に基づいて各相の各々の変換器のうち少なくとも 1 台の変換器の出力電圧の電圧値及び位相を一定とし残りのいずれかの変換器の出力電圧の電圧値及び位相を変化させた状態で、各相の各々の変換器の出力電圧のベクトル和が前記直列多重型交直変換装置の電圧指令値と等しくなるような各相の各々の変換器の電圧指令値を出力し、出力された変換器の電圧指

10

20

30

40

50

令値に基づいて各相の各々の変換器の出力電圧を制御することを特徴とする。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、各相の各々の変換器の出力電圧のベクトル和が直列多重型交直変換装置の電圧指令値と等しくなるような各相の各々の変換器の電圧指令値を出力するので、直列多重型交直変換装置の電圧上げまたは下げの電圧指令値に対しても変調率を変化させることなく、各相の各々の変換器の電圧指令値を出力できる。従って、変調率を下げることに伴う電圧高調波の増加を防止でき電圧歪率が増大することを防止できる。また、高調波フィルタの容量を削減でき高調波フィルタのコンパクト化やフィルタ損失の低減を図ることができる。また、発生高調波の減少により、変圧器で発生する高調波ロスを減少できる

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

図1は本発明の実施の形態に係わる直列多重型交直変換装置の出力電圧制御装置の構成図である。直列多重型変換装置11は、三相各相に対してそれぞれ複数台の変換器12が設けられる。図1では三相各相のU相、V相、W相に対して、それぞれn台の変換器12が設けられた場合を示している。すなわち、U相には変換器12U1、12U2～12Unが設けられ、V相には変換器12V1、12V2～12Vnが設けられ、W相には変換器12W1、12W2～12Wnが設けられている。

【0021】

図2は、変換器12の一例を示す回路構成図である。変換器12は、例えば絶縁ゲート形半導体素子である4個のIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)13を直並列に接続して構成され、直流電源14からの直流電力を交流電力に変換して巻線15に出力するようになっている。

20

【0022】

そして、図1に示すように、変換器12の巻線15を変圧器16の一次巻線に磁気結合させ、三相各相にn個ずつ直列に配置する。これにより、変圧器16の各々の一次巻線からは、各相につき、直列接続されたn個の変換器12の出力電圧が出力される。

【0023】

変換器制御装置17は、各々の変換器12U1～12Wnを制御するものであり、直列多重型交直変換装置の電圧指令値Vrは電圧指令値入力手段18に入力される。変換器電圧指令値出力手段19は、電圧指令値入力手段18で入力した直列多重型交直変換装置の電圧指令値Vrに基づいて、記憶部20に予め記憶された各相の各々の変換器12U1～12Wnの電圧指令値Vru1～Vrwnを取り出し変換器制御手段21に出力する。

30

【0024】

変換器制御手段21は、例えば、電圧指令値に基づく交流電圧波形と搬送波とを比較しそれらの値の大小により各相の各々の変換器を制御する搬送波比較制御方式により、ゲート制御回路22に制御指令を出力する。すなわち、変換器制御手段21は、各相の各々の変換器12U1～12Wnの出力電圧が変換器電圧指令値出力手段19からの変換器12U1～12Wnの電圧指令値Vru1～Vrwnになるようにゲート制御回路22に制御指令を出力し、ゲート制御回路22は各相の各々の変換器12U1～12Wnにゲート信号を出力する。

40

【0025】

ここで、記憶部20には、三相各相の各々の変換器12U1～12Wnの出力電圧のベクトル和が直列多重型交直変換装置の電圧指令値Vrと等しくなるような各相の各々の変換器12U1～12Wnの電圧指令値Vru1～Vrwnが予め記憶されている。

【0026】

図3は、記憶部20に予め記憶されている各相の各々の変換器12の電圧指令値の実施例1の説明図である。図3では各相の各々の変換器12が2台ずつ設けられた場合の電圧ベクトルを示しており、図3(a)は直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させ

50

る前の出力電圧ベクトル図、図3(b)は直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させた後の出力電圧ベクトル図である。

【0027】

すなわち、この実施例1は、直列多重型交直変換装置11の電圧下げの電圧指令値 V_r を入力したとき、各相の各々の変換器12 $U_1 \sim 12W_2$ の出力電圧 $U_1 \sim W_2$ の電圧値 $|U_1| \sim |W_2|$ (変調率 m が1のときの出力電圧の電圧値)を一定のまま保持し、出力電圧 $U_1 \sim W_2$ の位相を変化させるものである。

【0028】

図3(a)に示すように、直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させる前の出力電圧は、U相では2台の変換器の出力電圧 U_1 、 U_2 は同じ位相で同じ電圧値(変調率 m が1のときの出力電圧の電圧値)、V相についても同様に2台の変換器の出力電圧 V_1 、 V_2 は同じ位相で同じ電圧値(変調率 m が1のときの出力電圧の電圧値)、W相についても同様に2台の変換器の出力電圧 W_1 、 W_2 は同じ位相で同じ電圧値(変調率 m が1のときの出力電圧の電圧値)である。そして、三相各相は 120° の位相差があり三相平衡していることから、 $U_1 \sim W_2$ の電圧値はすべて等しい。つまり、 $|U_1| = |U_2| = |V_1| = |V_2| = |W_1| = |W_2|$ である。

【0029】

いま、直列多重型交直変換装置11の電圧指令値 V_r が $3/2$ 倍である電圧下げ指令(変調率 m が $m = 3/2$)であった場合には、図3(b)に示すように、各相の各々の変換器12 $U_1 \sim 12W_2$ の出力電圧 $U_1 \sim W_2$ の電圧値 $|U_1| \sim |W_2|$ を一定のまま保持し、出力電圧 U_1 、 V_1 、 W_1 の位相を $\pi/6$ だけ進め、出力電圧 U_2 、 V_2 、 W_2 の位相を $\pi/6$ だけ遅らせる。これにより、U相、V相、W相につき、大きさが $3/2$ 倍で位相は元のままの 120° ずつ変化した出力電圧が得られる。

【0030】

ここで、変換器12の損失について検討する。変換器12の損失(導通損失・環流ダイオードの損失)は、変調率 m と力率 $\cos \theta$ との積で示される。図11に示した従来方式の場合には、三相各相の位相を同一として $U_1 \sim W_2$ の電圧値 $|U_1| \sim |W_2|$ を $3/2$ 倍とするので変調率 m は $m = 3/2$ であり、 $\theta = 0$ であるので力率 $\cos \theta$ は $\cos 0 = 1$ である。従って、従来方式の場合には変換器12の損失(導通損失・環流ダイオードの損失)は、 $m \cos \theta = (3/2) \cdot 1$ の積で表せる。一方、実施例1では出力電圧 $U_1 \sim W_2$ の電圧値 $|U_1| \sim |W_2|$ を一定のまま保持するので変調率 m は $m = 1$ であり、 $\theta = \pi/6$ であるので力率 $\cos \theta$ は $\cos \pi/6 = \sqrt{3}/2$ である。従って、実施例1の場合には変換器12の損失(導通損失・環流ダイオードの損失)は、 $m \cos \theta = 1 \cdot (\sqrt{3}/2)$ の積で表せ、導通損失・環流ダイオードの損失は同じである。また、キャリア周波数が同じならば、スイッチング回数は同じであり、ターンオン・ターンオフ損失も同じであるので、結果として、従来方式と実施例1ともに損失に関してはほぼ同じである。

【0031】

図4は、記憶部20に予め記憶されている各相の各々の変換器12の電圧指令値の実施例2の説明図である。図4では各相の各々の変換器12が2台ずつ設けられた場合の電圧ベクトルを示しており、図4(a)は直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させる前の出力電圧ベクトル図、図4(b)は直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させた後の出力電圧ベクトル図である。

【0032】

この実施例2は、直列多重型交直変換装置11の電圧下げの電圧指令値 V_r を入力したとき、直列多重型交直変換装置11の電圧指令値 V_r が1台の変換器12の出力電圧 $|U_1| \sim |W_2|$ (変調率 m が1のときの出力電圧)より大きいときは、各相の各々の変換器12 $U_1 \sim 12W_2$ のうち1台の変換器12の出力電圧の電圧値及び位相を一定とし、残りの少なくとも1台の変換器12の出力電圧の電圧値を変化させる(変調率 m を1未満とする)ものである。

【0033】

10

20

30

40

50

図4(a)に示すように、直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させる前の出力電圧は、図3(a)と同様に、三相各相は 120° の位相差があり三相平衡しており、 $U1 \sim W2$ の電圧値はすべて等しく、 $|U1| = |U2| = |V1| = |V2| = |W1| = |W2|$ である。

【0034】

いま、直列多重型交直変換装置11の電圧指令値 V_r が 0.6 倍である電圧下げ指令が与えられたとする。この場合には、図4(b)に示すように、各相の各々の変換器12U1、12V1、12W1の出力電圧 $U1$ 、 $V1$ 、 $W1$ の電圧値 $|U1|$ 、 $|V1|$ 、 $|W1|$ 及び位相を一定のまま保持し、残りの各相の変換器12U2、12V2、12W2の出力電圧 $u2$ 、 $v2$ 、 $w2$ の位相はそのまま、電圧値 $|u2|$ 、 $|v2|$ 、 $|w2|$ をそれぞれ $0.2pu$ に変化させる。これにより、U相、V相、W相につき、大きさが 0.6 倍で位相は元のままの 120° ずつ変化した出力電圧が得られる。この場合の変換器12の損失についても従来方式とほぼ同じとなる。

10

【0035】

図5は、記憶部20に予め記憶されている各相の各々の変換器12の電圧指令値の実施例3の説明図である。図5では各相の各々の変換器12が2台ずつ設けられた場合の電圧ベクトルを示しており、図5(a)は直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させる前の出力電圧ベクトル図、図5(b)は直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させた後の出力電圧ベクトル図である。

【0036】

この実施例3は、直列多重型交直変換装置11の電圧下げ及び位相変化の電圧指令値 V_r を入力したとき、各相の各々の変換器12U1～12W2のうち少なくとも1台の変換器12の出力電圧の電圧値及び位相を一定とし、残りのいずれかの変換器12の出力電圧の電圧値及び位相を変化させるものである。

20

【0037】

図5(a)に示すように、直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させる前の出力電圧は、図3(a)と同様に、三相各相は 120° の位相差があり三相平衡しており、 $U1 \sim W2$ の電圧値はすべて等しく、 $|U1| = |U2| = |V1| = |V2| = |W1| = |W2|$ である。

【0038】

いま、直列多重型交直変換装置11の電圧指令値 V_r が事前の $1/3$ 倍で、位相が $1/6$ の進みの電圧指令が与えられたとする。この場合には、図5(b)に示すように、各相の各々の変換器12U1、12V1、12W1の出力電圧 $U1$ 、 $V1$ 、 $W1$ の電圧値 $|U1|$ 、 $|V1|$ 、 $|W1|$ 及び位相を一定のまま保持し、残りの各相の変換器12U2、12V2、12W2の出力電圧 $u2$ 、 $v2$ 、 $w2$ の位相を $1/2$ だけ進め、さらに、電圧値 $|u2|$ 、 $|v2|$ 、 $|w2|$ をそれぞれ $1/3$ に変化させる。これにより、U相、V相、W相につき、大きさが事前の $1/3$ 倍で位相は $1/6$ だけ進み元のままの 120° ずつ変化した出力電圧が得られる。この場合の変換器12の損失についても従来方式とほぼ同じとなる。

30

【0039】

なお、図5(a)の電圧ベクトルにおいて、電圧の大きさを一定にした状態で位相のみを変化させることも可能である。変換器の位相を 1 度変更する場合、従来方法では、 $|U1| = |U2| = |V1| = |V2| = |W1| = |W2|$ の条件で各電圧ベクトルの位相をそれぞれ 1 度回転させていたが、本発明の場合には、電圧ベクトル $U1$ 、 $V1$ 、 $W1$ を一定にして、 $U2$ 、 $V2$ 、 $W2$ の位相と大きさとを変化させることにより、従来と同様に 1 度の位相制御を行うことも可能である。図6は、記憶部20に予め記憶されている各相の各々の変換器12の電圧指令値の実施例4の説明図である。図6では各相の各々の変換器12が2台ずつ設けられた場合の電圧ベクトルを示しており、図6(a)は直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させる前の出力電圧ベクトル図、図6(b)は直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させた後の出力電圧ベクトル図である。

40

50

【 0 0 4 0 】

この実施例 4 は、図 3 に示した実施例 1 に対し、搬送波比較制御方式でゲート制御回路 2 2 に制御指令を出力する場合に、直列多重型交直変換装置 1 1 の電圧下げの電圧指令値 V_r を入力したときは、各相の各々の変換器 1 2 U 1 ~ 1 2 W 2 のうちの 1 台の変換器 1 2 の出力電圧の電圧値（変調率 m が 1 のときの出力電圧）及び位相を一定とし、残りの少なくとも 1 台の変換器 1 2 の出力電圧の電圧値を変化させる（変調率 m を 1 未満とする）とともに、電圧値及び位相を変化させた変換器に対して、搬送波比較制御方式の搬送波の周波数（キャリア周波数）を上げるようにしたものである。

【 0 0 4 1 】

図 6 (a) に示すように、直列多重型交直変換装置 1 1 の出力電圧を低下させる前の出力電圧は、図 3 (a) と同様に、三相各相は 120° の位相差があり三相平衡しており、U 1 ~ W 2 の電圧値はすべて等しく、 $|U_1| = |U_2| = |V_1| = |V_2| = |W_1| = |W_2|$ である。

【 0 0 4 2 】

いま、直列多重型交直変換装置 1 1 の電圧指令値 V_r が事前の $1/3$ 倍である電圧下げ指令（変調率 m が $m = 3/2$ ）であった場合には、図 6 (b) に示すように、各相の各々の変換器 1 2 U 1、1 2 V 1、1 2 W 1 の出力電圧 U 1、V 1、W 1 の電圧値 $|U_1|$ 、 $|V_1|$ 、 $|W_1|$ を一定のまま保持し、位相を $1/6$ だけ進める。そして、残りの各相の変換器 1 2 U 2、1 2 V 2、1 2 W 2 の出力電圧 u_2 、 v_2 、 w_2 の位相を $1/3$ だけ遅らせ、さらに、電圧値 $|u_2|$ 、 $|v_2|$ 、 $|w_2|$ をそれぞれ $1/3$ に変化させる。また、電圧値 $|u_2|$ 、 $|v_2|$ 、 $|w_2|$ をそれぞれ $1/3$ に変化させた残りの各相の変換器 1 2 U 2、1 2 V 2、1 2 W 2 の出力電圧 u_2 、 v_2 、 w_2 の搬送波の周波数（キャリア周波数） F_c を上げる。

【 0 0 4 3 】

これにより、U 相、V 相、W 相につき、大きさが $3/2$ 倍で位相は元のままの 120° ずつ変化した出力電圧が得られ、また、電圧値をそれぞれ変化させた残りの各相の変換器 1 2 U 2、1 2 V 2、1 2 W 2 の出力電圧 u_2 、 v_2 、 w_2 の搬送波の周波数（キャリア周波数） F_c を上昇させるので、波形歪みを減少した出力電圧が得られる。変調率が変化すると、発生する高調波電圧歪も増減する。

【 0 0 4 4 】

変調率に応じてキャリア周波数を変えることにより、発生高調波の変動を抑制することができる。この場合の変換器 1 2 の損失については、キャリア周波数を上げるのでロスが増えるが、キャリア周波数を上げるのは電圧値を低下させた残りの各相の変換器 1 2 U 2、1 2 V 2、1 2 W 2 の出力電圧 u_2 、 v_2 、 w_2 についてだけであるので、その影響は少なく従来方式とほぼ同じの損失となる。以上の説明では、実施例 1 に対して、搬送波比較制御方式の搬送波の周波数（キャリア周波数）を上げるようにしたが、実施例 2、3 に対しても同様に適用できる。

【 0 0 4 5 】

図 7 は、記憶部 2 0 に予め記憶されている各相の各々の変換器 1 2 の電圧指令値の実施例 5 の説明図である。図 7 では各相の各々の変換器 1 2 が 3 台ずつ設けられた場合の電圧ベクトルを示しており、図 7 (a) は直列多重型交直変換装置 1 1 の出力電圧を低下させる前の出力電圧ベクトル図、図 7 (b) は直列多重型交直変換装置 1 1 の出力電圧を低下させた後の出力電圧ベクトル図である。

【 0 0 4 6 】

この実施例 5 は、図 3 に示した実施例 1 に対し、直列多重型交直変換装置 1 1 の電圧下げの電圧指令値 V_r を入力したときは、直列多重型交直変換装置 1 1 の電圧指令値 V_r を直列接続された複数台の変換器 1 2 の何台で分担できるか否かを判定し、直列多重型交直変換装置 1 2 の電圧指令値 V_r を分担するに必要な台数分以外の残りの変換器 1 2 を停止するかまたは出力電圧を 0 とし、直列多重型交直変換装置 1 1 の電圧指令値 V_r を分担するに必要な台数分の変換器 1 2 の出力電圧を調整するようにしたものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 7 】

図 7 (a) に示すように、直列多重型交直変換装置 1 1 の出力電圧を低下させる前の出力電圧は、U 相では 3 台の変換器の出力電圧 U_1 、 U_2 、 U_3 は同じ位相で同じ電圧値 (変調率 m が 1 のときの出力電圧の電圧値)、V 相についても同様に 3 台の変換器の出力電圧 V_1 、 V_2 、 V_3 は同じ位相で同じ電圧値 (変調率 m が 1 のときの出力電圧の電圧値)、W 相についても同様に 3 台の変換器の出力電圧 W_1 、 W_2 、 W_3 は同じ位相で同じ電圧値 (変調率 m が 1 のときの出力電圧の電圧値) である。そして、三相各相は 120° の位相差があり三相平衡していることから、 $U_1 \sim W_3$ の電圧値はすべて等しい。つまり、 $|U_1| = |U_2| = |U_3| = |V_1| = |V_2| = |V_3| = |W_1| = |W_2| = |W_3|$ である。

10

【 0 0 4 8 】

いま、直列多重型交直変換装置 1 1 の電圧指令値 V_r が $2/3$ 倍である電圧下げ指令が与えられたとする。この場合には、図 7 (b) に示すように、各相の各々の変換器 $12U_1$ 、 $12U_2$ の出力電圧 U_1 、 U_2 の電圧値 $|U_1|$ 、 $|U_2|$ 及び位相を一定のまま保持し、残りの各相の変換器 $12U_3$ 、 $12V_3$ 、 $12W_3$ を停止するかまたは出力電圧を 0 とする。これにより、U 相、V 相、W 相につき、大きさが $2/3$ 倍で位相は元のままの 120° ずつ変化した出力電圧が得られる。

【 0 0 4 9 】

また、直列多重型交直変換装置 1 1 の電圧指令値 V_r が 1 台の変換器 1 2 の出力電圧の整数倍でない電圧下げ指令であるとき、例えば、 $2/3$ 倍より小さく $1/3$ 倍より大きい電圧下げ指令 (例えば $3/3$ 倍の電圧下げ指令) が与えられたときは、各相の 1 台の変換器 $12U_3$ 、 $12V_3$ 、 $12W_3$ を停止するかまたは出力電圧を 0 とし、残りの各相の各々の変換器 $12U_1$ 、 $12U_2$ の出力電圧 U_1 、 U_2 の位相はそのまま、電圧値 $|U_1|$ 、 $|U_2|$ を $3/2$ 倍 (変調率 m が $m = 3/2$) とする。これにより、U 相、V 相、W 相につき、大きさが $3/3$ 倍で位相は元のままの 120° ずつ変化した出力電圧が得られる。

20

【 0 0 5 0 】

図 8 は、記憶部 2 0 に予め記憶されている各相の各々の変換器 1 2 の電圧指令値の実施例 6 の説明図である。図 8 では各相の各々の変換器 1 2 が 3 台ずつ設けられた場合の電圧ベクトルを示しており、図 8 (a) は直列多重型交直変換装置 1 1 の出力電圧を低下させる前の出力電圧ベクトル図、図 8 (b) は直列多重型交直変換装置 1 1 の出力電圧を低下させた後の出力電圧ベクトル図である。

30

【 0 0 5 1 】

この実施例 6 は、図 7 に示した実施例 5 に対し、1 台の変換器の出力電圧の整数倍でない電圧下げ指令が与えられたときは、停止または出力電圧を 0 としない変換器 1 2 の出力電圧の電圧値を小さくすることに代えて、停止または出力電圧を 0 としない変換器 1 2 の出力電圧の電圧値 (変調率 m が 1 のときの出力電圧の電圧値) を一定のまま保持し、出力電圧の位相を変化させるものである。

【 0 0 5 2 】

図 8 (a) に示すように、直列多重型交直変換装置 1 1 の出力電圧を低下させる前の出力電圧は、図 7 (a) と同様に、三相各相は 120° の位相差があり三相平衡しており、 $U_1 \sim W_3$ の電圧値はすべて等しく、 $|U_1| = |U_2| = |U_3| = |V_1| = |V_2| = |V_3| = |W_1| = |W_2| = |W_3|$ である。

40

【 0 0 5 3 】

いま、直列多重型交直変換装置 1 1 の電圧指令値 V_r が $3/3$ 倍である電圧下げ指令 (変調率 m が $m = 3/2$) が与えられたとする。この場合、1 台の変換器 1 2 の出力電圧の整数倍でない電圧下げ指令であり、1 台を停止または出力電圧を 0 として 2 台の変換器 1 2 で負担できる電圧指令であるので、各相の 1 台の変換器 $12U_3$ 、 $12V_3$ 、 $12W_3$ を停止または出力電圧を 0 とし、U 相では 2 台の変換器 $12U_1$ 、 $12U_2$ 、V 相では 2 台の変換器 $12V_1$ 、 $12V_2$ 、W 相では 2 台の変換器 $12W_1$ 、 $12W_2$ で電圧指

50

令値 V_r を出力する。

【0054】

図8(b)に示すように、各相の各々の変換器12U1~12W2の出力電圧U1~W2の電圧値 $|U1| \sim |W2|$ を一定のまま保持し、出力電圧U1、V1、W1の位相を $\pi/6$ だけ進め、出力電圧U2、V2、W2の位相を $\pi/6$ だけ遅らせる。これにより、U相、V相、W相につき、大きさが $\sqrt{3}/3$ 倍で位相は元のままの 120° ずつ変化した出力電圧が得られる。

【0055】

以上の説明では、直列多重型交直変換装置11の電圧指令値 V_r に対応して、図3ないし図8に示したような各相の各々の変換器12の電圧指令値を予め記憶部20に記憶するようしたが、その都度演算するようにしてもよい。

10

【0056】

本発明の形態では単相変換器を組み合わせた例を紹介しているが三相変換器あるいは三相・単相変換器を組み合わせてもよい。

【0057】

また、各相の変換器12は同じ台数で運転するようにしたが、各相ごとに異なる台数で運転するようにしてもよい。例えば、各相の各々の変換器12が4台ずつ設けられ、合計12台の変換器12を有した直列多重型交直変換装置11において、U相及びV相は2台で運転し、W相は3台で運転するようにしてもよい。この場合、三相各相のU相、V相、W相の出力電圧の電圧値は等しくなるように制御することは言うまでもない。なお、各相の変換器12の運転台数を同じとしない場合でも、そのときの変換器12の損失はほとんど変わらない。

20

【0058】

また、変換器12の出力電圧を下げる場合に、ある変換器を逆に出力することも可能である。図9は、記憶部20に予め記憶されている各相の各々の変換器12の電圧指令値の実施例7の説明図である。図9では各相の各々の変換器12が3台ずつ設けられた場合の電圧ベクトルを示しており、図9(a)は直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させる前の出力電圧ベクトル図、図9(b)は直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させた後の出力電圧ベクトル図である。

【0059】

この実施例9は、図8に示した実施例6に対し、1台の変換器の出力電圧の整数倍でない電圧下げ指令が与えられたときは、停止または出力電圧を0としない変換器12の出力電圧の電圧値を一定のまま保持して出力電圧の位相を変化させることに代えて、いずれかの変換器12の出力電圧の電圧値を逆に出力するようにしたものである。

30

【0060】

図9(a)に示すように、直列多重型交直変換装置11の出力電圧を低下させる前の出力電圧は、図8(a)と同様に、三相各相は 120° の位相差があり三相平衡しており、U1~W3の電圧値はすべて等しく、 $|U1| = |U2| = |U3| = |V1| = |V2| = |V3| = |W1| = |W2| = |W3|$ である。

【0061】

いま、直列多重型交直変換装置11の電圧指令値 V_r が $1/2$ 倍である電圧下げ指令(変調率 m が $m = 1/2$)が与えられたとする。この場合、図9(b)に示すように、U相の2台の変換器12U1、12U2の出力電圧U1、U2、V相の2台の変換器12V1、12V2の出力電圧V1、V2、W相の2台の変換器12W1、12W2の出力電圧W1、W2を一定のまま保持し、U相の変換器12U3の出力電圧 u_3 、V相の変換器12V3の出力電圧 v_3 、W相の変換器12W3の出力電圧 w_3 を逆方向の $0.5 pu$ の出力とする。これにより、U相、V相、W相につき、大きさが $1/2$ 倍で位相は元のままの 120° ずつ変化した出力電圧が得られる。これは、U3、V3、W3の位相変化範囲に制限を与えることなく逆位相の場合にも適用できるという趣旨である。さらに、U1、U2、V1、V2、W1、W2の出力を固定し、U3、V3、W3の電圧ベクトルのみを変

40

50

化させることができる。その結果、U 1、U 2、V 1、V 2、W 1、W 2の制御回路を簡素化することができる。

【0062】

本発明の実施の形態によれば、直列多重型変換装置の変換器12の出力電圧を変更する場合に、従来のように、それぞれの変換器12の出力電圧を同位相でかつ同変調率で運転するのではなく、複数の変換器12の位相と電圧値(変調率)とを個別に制御し、電圧ベクトルを合成して所定の電圧ベクトルとするので、高調波による電圧歪みが少なく制御できる。このため、高調波フィルタの容量削減によるコンパクト化やフィルタ損失の低減が行える。また、発生高調波の減少により変圧器で発生する高調波ロスを減少させることができる。また、変換器12の出力電圧の電圧値(変調率)と位相とを自由に変更ができるので、直列多重型交直変換装置の電圧指令値に柔軟に対応できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】本発明の実施の形態に係わる直列多重型交直変換装置の出力電圧制御装置の構成図。

【図2】本発明の実施の形態における変換器の一例を示す回路構成図。

【図3】本発明の実施の形態における記憶部に予め記憶されている各相の各々の変換器の電圧指令値の実施例1の説明図。

【図4】本発明の実施の形態における記憶部に予め記憶されている各相の各々の変換器の電圧指令値の実施例2の説明図。

20

【図5】本発明の実施の形態における記憶部に予め記憶されている各相の各々の変換器の電圧指令値の実施例3の説明図。

【図6】本発明の実施の形態における記憶部に予め記憶されている各相の各々の変換器の電圧指令値の実施例4の説明図。

【図7】本発明の実施の形態における記憶部に予め記憶されている各相の各々の変換器の電圧指令値の実施例5の説明図。

【図8】本発明の実施の形態における記憶部に予め記憶されている各相の各々の変換器の電圧指令値の実施例6の説明図。

【図9】本発明の実施の形態における記憶部に予め記憶されている各相の各々の変換器の電圧指令値の実施例7の説明図。

30

【図10】変換器の変調率と変換器の出力電圧の電圧歪率と関係を示し特性図。

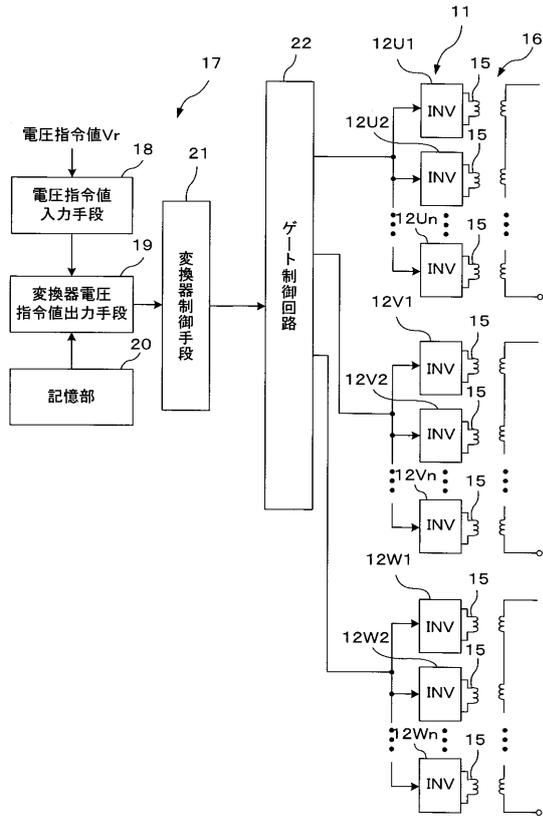
【図11】2台の変換器で多重化されている従来の直列多重型交直変換装置の出力電圧を1から0.8に低下させた場合の出力電圧ベクトル図。

【符号の説明】

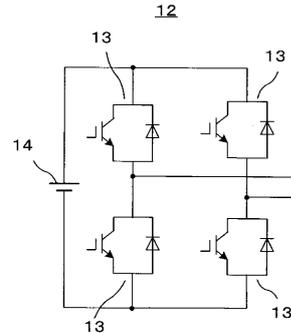
【0064】

11...直列多重型変換装置、12...変換器、13...IGBT、14...直流電源、15...巻線、16...変圧器、17...変換器制御装置、18...電圧指令値入力手段、19...変換器電圧指令値出力手段、20...記憶部、21...変換器制御手段、22...ゲート制御回路

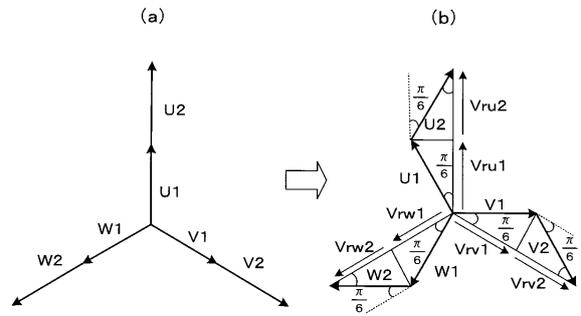
【図1】



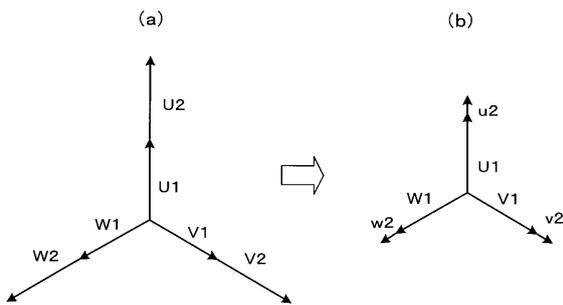
【図2】



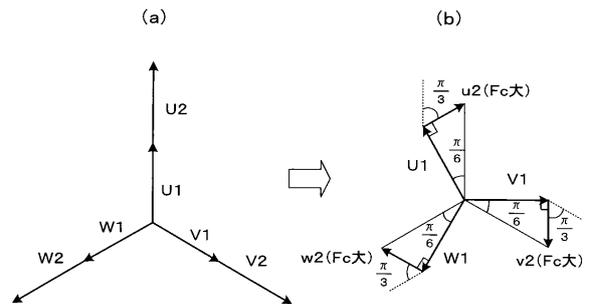
【図3】



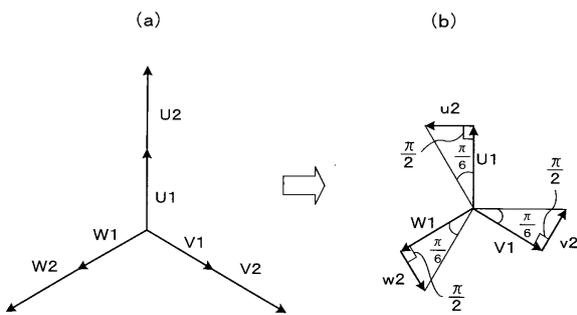
【図4】



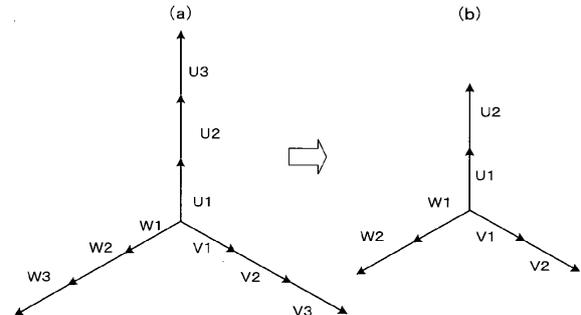
【図6】



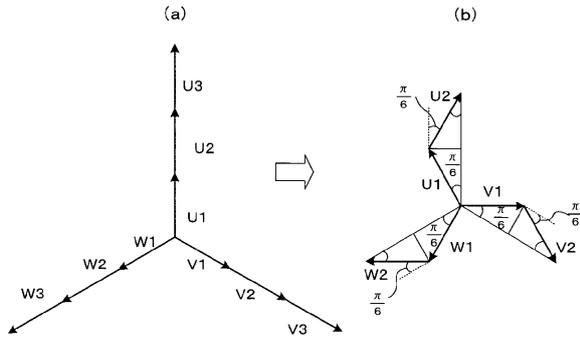
【図5】



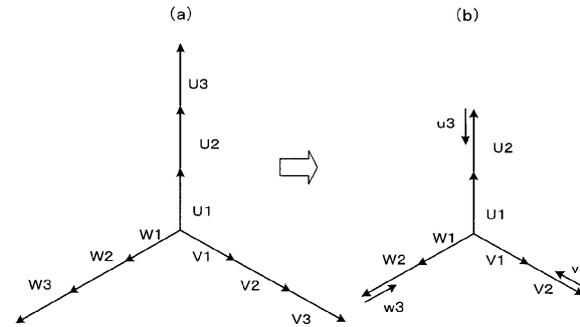
【図7】



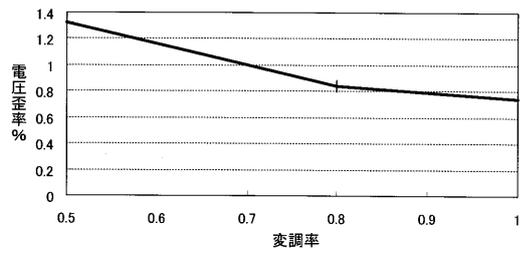
【図8】



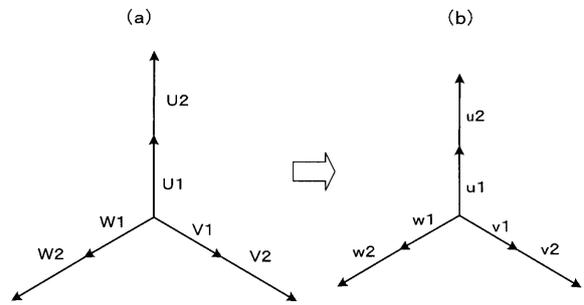
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

審査官 安池 一貴

(56)参考文献 特開平10-070886(JP,A)
特開平04-222465(JP,A)
特開2000-060142(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02M 7/497