

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4272426号
(P4272426)

(45) 発行日 平成21年6月3日(2009.6.3)

(24) 登録日 平成21年3月6日(2009.3.6)

(51) Int.Cl. F I
HO2M 7/537 (2006.01) HO2M 7/537 B

請求項の数 20 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2002-546277 (P2002-546277)	(73) 特許権者	000006013
(86) (22) 出願日	平成12年11月30日(2000.11.30)		三菱電機株式会社
(65) 公表番号	特表2004-515199 (P2004-515199A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公表日	平成16年5月20日(2004.5.20)	(74) 代理人	100089233
(86) 国際出願番号	PCT/JP2000/008491		弁理士 吉田 茂明
(87) 国際公開番号	W02002/045250	(74) 代理人	100088672
(87) 国際公開日	平成14年6月6日(2002.6.6)		弁理士 吉竹 英俊
審査請求日	平成18年2月7日(2006.2.7)	(74) 代理人	100088845
			弁理士 有田 貴弘
		(72) 発明者	フッセイン ハリッドハッサン
			日本国福岡県福岡市西区今宿東一丁目1番 1号 三菱セミコンエンジニアリング株式 会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1電源線(PP)に一方主電極が接続された第1スイッチング素子(21)と、
 当該第1スイッチング素子(21)に逆並列に接続された第1フリーホイールダイオード(22)と、

前記第1スイッチング素子(21)の他方主電極に一方主電極が接続され、第2電源線(NN)に他方主電極が接続された第2スイッチング素子(24)と、

当該第2スイッチング素子(24)に逆並列に接続された第2フリーホイールダイオード(25)と、

前記第1電源線(PP)に一方主電極が接続された第3スイッチング素子(31)と、
 当該第3スイッチング素子(31)に逆並列に接続された第3フリーホイールダイオード(32)と、

前記第3スイッチング素子(31)の他方主電極に一方主電極が接続され、前記第2電源線(NN)に他方主電極が接続された第4スイッチング素子(34)と、

当該第4スイッチング素子(34)に逆並列に接続された第4フリーホイールダイオード(35)と、

前記第1電源線(PP)と前記第2(NN)電源線とに、一端と他端とがそれぞれ接続された容量素子(12)と、

前記第1電源線(PP)と前記第2(NN)電源線の一方に一端が接続された第1スイッチ(11)と、

10

20

直列に接続された直流電源(16)と第2スイッチ(18)とを有し、前記第3(31)および第4(34)スイッチング素子の接続部(V)と前記第2電源線(NN)とに、一端と他端とがそれぞれ接続された初期充電回路(6)と、

前記第1スイッチ(11)がオフしているときに、前記第2スイッチ(18)をオンするとともに、前記第2スイッチング素子(24)を反復的にオン・オフするよう、前記第2スイッチ(18)および前記第2スイッチング素子(24)を制御する初期充電制御部(70)と、を備える電力変換装置。

【請求項2】

前記初期充電制御部(70)は、

前記初期充電回路(6)を流れる電流である充電電流(I_{CHG})が第1基準電流(I_{Max})を超えて大きくなると前記第2スイッチング素子(24)をオフし、前記充電電流(I_{CHG})が前記第1基準電流(I_{Max})よりも低い第2基準電流(I_{Min})を超えて小さくなると前記第2スイッチング素子(24)をオンするように、前記第2スイッチング素子(24)を制御する、請求の範囲第1項記載の電力変換装置。

10

【請求項3】

前記初期充電制御部(70)は、

前記容量素子(12)の電圧である充電電圧(V_{DC} ; V_{DC4})が基準電圧(V_{Ref1})よりも低いときには、前記第1スイッチ(11)をオフし、かつ前記第2スイッチ(18)をオンし、前記充電電圧(V_{DC} ; V_{DC4})が前記基準電圧(V_{Ref1})よりも高いときには、前記第1スイッチ(11)をオンし、かつ前記第2スイッチ(18)をオフするように、前記第1スイッチ(11)および前記第2スイッチ(18)を制御する、請求の範囲第2項記載の電力変換装置。

20

【請求項4】

前記初期充電回路(6)が、前記直流電源(16)と第2スイッチ(18)とに直列に接続されたダイオード(19)を、さらに備える、請求の範囲第1項記載の電力変換装置。

【請求項5】

外部から入力される交流電圧を直流電圧(V_{DC1})へ変換し、当該直流電圧(V_{DC1})を、前記第1電源線(PP)と前記第2電源線(NN)の他方と前記第1スイッチ(11)の他端との間に印加する整流回路(301)を、さらに備える、請求の範囲第1項記載の電力変換装置。

30

【請求項6】

前記直流電源(16)は、前記直流電圧(V_{DC1})を別の直流電圧(V_{DC3})へ変換するコンバータ(16)である、請求の範囲第5項記載の電力変換装置。

【請求項7】

前記第1ないし第4スイッチング素子(21, 24, 31, 34)の制御電極に、それぞれ接続され、当該第1ないし第4スイッチング素子(21, 24, 31, 34)を、それぞれ第1ないし第4制御信号(U_P , U_N , V_P , V_N)にもとづいて駆動する第1ないし第4駆動回路(20, 23, 30, 33)をさらに備え、

前記初期充電制御部(70)は、前記第2駆動回路(23)へ前記第2制御信号(U_N)を伝えることにより、前記第2スイッチング素子(24)を制御する、請求の範囲第1項記載の電力変換装置。

40

【請求項8】

前記第2および第4駆動回路(23, 33)の電源電圧が、前記直流電源(16)によって供給される、請求の範囲第7項記載の電力変換装置。

【請求項9】

前記充電電圧(V_{DC})を検出し、第1検出電圧(V_{DC4})を出力する充電電圧検出回路(13, 14)を、さらに備え、

前記初期充電制御部(70)は、第1検出電圧(V_{DC4})を受信することにより、前記充電電圧(V_{DC})にもとづく、前記第1スイッチ(11)および前記第2スイッチ(18)

50

の制御を行う、請求の範囲第3項記載の電力変換装置。

【請求項10】

前記充電電圧検出回路(13, 14)は、
第1電源線(PP)に一端が接続された第1抵抗素子(13)と、
前記第1抵抗素子(13)の他端に一端が接続され、第2電源線(NN)に他端が接続された第2抵抗素子(14)と、を備え、第1抵抗素子(13)と前記第2抵抗素子(14)の接続部の電圧を前記第1検出電圧(V_{DC4})として出力する、請求の範囲第9項記載の電力変換装置。

【請求項11】

前記充電電流(I_{CHG})を検出し、第2検出電圧(V)_{CHG}を出力する充電電流検出回路(17)を、さらに備え、
前記初期充電制御部(70)は、前記第2検出電圧(V_{CHG})を受信することにより、前記充電電流(I_{CHG})にもとづく、前記第2スイッチング素子(24)の制御を行う、請求の範囲第2項記載の電力変換装置。

【請求項12】

前記充電電流検出回路(17)は、
前記充電電流(I_{CHG})の経路に介挿された第3抵抗素子(17)を備え、当該第3抵抗素子(17)に生じる電圧降下を、第2検出電圧(V)_{CHG}として出力する、請求の範囲第11項記載の電力変換装置。

【請求項13】

前記充電電圧(V_{DC})を検出し、第1検出電圧(V_{DC4})を出力する充電電圧検出回路(13, 14)と、
前記充電電流(I_{CHG})を検出し、第2検出電圧(V_{CHG})を出力する充電電流検出回路(17)とを、さらに備え、
前記初期充電制御部(70)が、
前記第1検出電圧(V_{DC4})と前記第2検出電圧(V_{CHG})を、アナログ形式からデジタル形式へと変換するA/D変換器(92)と、
デジタル形式の第1検出電圧(V_{DC4})と前記第2検出電圧_{CHG}(V)とにもとづいて、デジタル演算処理を実行することにより、前記第1スイッチ(11)、前記第2スイッチ(18)、および前記第2スイッチング素子(24)を制御する信号の組を算出する処理部(93)と、
前記信号の組を増幅して前記第1スイッチ(11)、前記第2スイッチ(18)、および前記第2スイッチング素子(24)へ送出するバッファ回路(94)と、を備える、請求の範囲第3項記載の電力変換装置。

【請求項14】

前記処理部(93)は、プログラムにもとづいて動作するCPU(210)と、前記プログラムを格納するメモリ(211)とを備えており、前記プログラムにもとづいて前記CPU(210)が動作することにより、前記信号の組が算出される、請求の範囲第13項記載の電力変換装置。

【請求項15】

前記充電電圧(V_{DC})を検出し、第1検出電圧(V_{DC4})を出力する充電電圧検出回路(13, 14)と、
前記充電電流(I_{CHG})を検出し、第2検出電圧(V_{CHG})を出力する充電電流検出回路(17)とを、さらに備え、
前記初期充電制御部(70)は、二入力型の第1演算増幅器(80)と二入力型の第2演算増幅器(81)とを備え、
前記第1演算増幅器(80)は、前記第1検出電圧(V_{DC4})と第1基準電圧(V_{Ref1})とを二入力へ受信し、出力信号を、前記第1スイッチ(11)と前記第2スイッチ(18)へこれらの一方のみがオンするように伝え、
前記第2演算増幅器(81)は、正帰還ループを有し、前記第2検出電圧(V)_{CHG}を反

10

20

30

40

50

転入力に受信し、第2基準電圧 (V_{Ref2}) を非反転入力へ受信し、出力信号を前記第2スイッチング素子 (24) へ伝える、請求範囲3記載の電力変換装置。

【請求項16】

前記初期充電制御部 (70) は、論理スイッチ (83) を、さらに備え、
当該論理スイッチ (83) は、前記第2演算増幅器 (81) の出力信号の前記第2スイッチング素子 (24) への伝達経路に介挿され、前記第1演算増幅器 (80) の出力信号が、前記第1スイッチ (11) をオフさせる値であるときに限り、前記第2演算増幅器 (81) の前記出力信号を前記第1スイッチ (11) へ伝える、請求の範囲第15項記載の電力変換装置。

【請求項17】

前記初期充電制御部 (70) は、プログラムにもとづいて動作するCPU (210) と、前記プログラムを格納するメモリ (211) とを備えており、前記プログラムにもとづいて前記CPU (210) が動作することにより、前記第1スイッチ (11)、前記第2スイッチ (18) および前記第2スイッチング素子 (24) が制御される、請求の範囲第1項記載の電力変換装置。

【請求項18】

前記第1ないし第4スイッチング素子 (21, 24, 31, 34) の通常動作を実現するために、これらを制御する主制御部 (200) を、さらに備える、請求の範囲第1項記載の電力変換装置。

【請求項19】

プログラムにもとづいて動作するCPU (203) と、前記プログラムを格納するメモリ (204) とを備えた総合制御部 (201) によって、前記初期充電制御部 (70) と前記主制御部 (200) とが統合されており、
前記プログラムにもとづいて前記CPU (203) が動作することにより、前記充電制御部 (70) による制御と、前記主制御部 (200) による制御とが行われる、請求の範囲第18項記載の電力変換装置。

【請求項20】

前記第1電源線 (PP) に一方主電極が接続された第5スイッチング素子 (41) と、当該第5スイッチング素子 (41) に逆並列に接続された第5フリーホイールダイオード (42) と、
前記第5スイッチング素子 (41) の他方主電極に一方主電極が接続され、前記第2電源線 (NN) に他方主電極が接続された第6スイッチング素子 (44) と、
当該第6スイッチング素子 (44) に逆並列に接続された第6フリーホイールダイオード (45) とを、さらに備える、請求の範囲第1項記載の電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(技術分野)

この発明は、電力変換装置に関し、特に、高い電力定格に対応し、かつ装置の軽量化および縮小化を図りつつ、突入電流を制限するための改良に関する。

【0002】

(背景技術)

図16は、突入電流制限回路を備える従来の電力変換装置 (以下、第1の従来技術と仮称する) の構成を示す回路図である。この電力変換装置451は、インバータ5、容量素子12、主電源10、スイッチ11、11a、および抵抗素子11bを備えている。電力変換装置451は、インバータ5の出力端子U, V, Wに、例えばモータなどの三相の誘導負荷50が接続されることにより、使用に供される。

【0003】

主電源10は、直流の主電源電圧 V_{DC1} をインバータ5の電源入力端子P, Nへ供給する。容量素子12は、電源入力端子P, Nに接続されることにより、インバータ5へ供給される直流の電源電圧を、その容量 C_{DC} によって一定に保持する機能を果たす。スイッチ1

10

20

30

40

50

1 は、リレーとして構成され、誘導負荷 5 への電力の供給を開始する際にオンし、停止する際にオフする主スイッチとして機能する。

【 0 0 0 4 】

スイッチ 1 1 a および抵抗素子 1 1 b は、スイッチ 1 1 がオンしたときに容量素子 1 2 を充電するように流れる突入電流を緩和するために、主電源 1 0 と容量素子 1 2 との間に介挿されている。インバータ 5 を始動するためにスイッチ 1 1 がオンした後、容量素子 1 2 の充電がほぼ完了するまで、スイッチ 1 1 a はオフ状態を維持する。その結果、突入電流が抵抗素子 1 1 b によって制限される。

【 0 0 0 5 】

容量素子 1 2 の充電電圧が主電源電圧 V_{DC1} にほぼ達すると、スイッチ 1 1 a はオンする。その後、インバータ 5 の通常動作が開始される。したがって、インバータ 5 が通常動作を行う期間では、主電源 1 0 が供給する直流電流は、抵抗素子 1 1 b による損失をほとんど生じることなく、インバータ 5 へ供給される。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、スイッチ 1 1 a および抵抗素子 1 1 b には、主電源 1 0 が供給する大きな電流が流れるので、主スイッチとしてのスイッチ 1 1 だけでなく、スイッチ 1 1 a および抵抗素子 1 1 b にも、高い電力定格が要求される。このため、電力変換装置 4 5 1 では、重量および容積が大きく、製造コストも高いという問題点があった。

【 0 0 0 7 】

また、スイッチ 1 1 およびスイッチ 1 1 a (特にスイッチ 1 1) は、高い電圧が印加された状態で、機械的な動作を行う必要があり、それらの信頼性および耐久性に問題点があった。特にアーク放電の発生は、信頼性および耐久性に大きな影響を及ぼす。さらに、インバータ 5 が通常動作を行っているときにスイッチ 1 1 およびスイッチ 1 1 a に発生する導電損失も、無視できない問題となっていた。

【 0 0 0 8 】

図 1 7 は、突入電流制限回路を備える別の従来 of 電力変換装置 (以下、第 2 の従来技術と仮称する) の構成を示す回路図である。この電力変換装置 4 5 2 は、主電源 1 0 と容量素子 1 2 との間に、スイッチ 1 1 a および抵抗素子 1 1 b に代えて、負温度係数サーミスタ (NTC ; Negative Coefficient Thermistor) 1 1 c が介挿されている点において、第 1 の従来技術による電力変換装置 4 5 1 とは特徴的に異なっている。

【 0 0 0 9 】

通常において、インバータ 5 の始動時には NTC 1 1 c の温度は低いため、高い抵抗を保持している。このため、スイッチ 1 1 がオンした後に流れる突入電流は、NTC 1 1 c の高抵抗によって制限される。NTC 1 1 c に発生する損失熱のために、NTC 1 1 c の温度は急速に上昇する。それにともない、NTC 1 1 c の抵抗は急速に低下するので、NTC 1 1 c による損失は減少する。

【 0 0 1 0 】

しかしながら、インバータ 5 が通常動作を行う間に NTC 1 1 c に発生する損失が、無視できない大きさであるため、電力変換装置 4 5 2 は電力定格の低い装置 (例えば、数 kW 級以下の装置) としてのみ構成可能であるという問題点があった。また、例えばインバータ 5 を停止して間もなく再始動する場合など、NTC 1 1 c が十分に冷却されないときに、インバータ 5 を始動する場合には、NTC 1 1 c は、突入電流を制限する機能を十分に果たすことができず、信頼性の上で問題点があった。

【 0 0 1 1 】

図 1 8 は、突入電流制限回路を備える別の従来 of 電力変換装置 (以下、第 3 の従来技術と仮称する) の構成を示す回路図である。この電力変換装置 4 5 3 は、日本国公開特許公報 : 特開平 6 - 1 1 5 8 3 6 号に開示された装置であり、容量素子 1 2 を充電するための初期充電回路が、容量素子 1 2 に並列に接続されている点において、電力変換装置 4 5 1 および 4 5 2 のいずれとも特徴的に異なっている。

【 0 0 1 2 】

10

20

30

40

50

初期充電回路は、リアクトル11d、スイッチ素子11e、直流電源11f、制御部11g、抵抗素子11h、ベースドライブ回路11j、およびダイオード11kを備えている。インバータ5を始動するときには、スイッチ素子11はオフした状態を維持する。この期間に、制御部11gの働きにより、スイッチ素子11eが反復的にオン・オフする。その結果、リアクトル11dへ電流が反復的に蓄積および放出され、放出された電流がダイオード11kを經由して容量素子12へ反復的に供給される。すなわち、初期充電回路はチャージポンプとして機能することにより、容量素子12を充電する。容量素子12の充電がほぼ完了した段階で、初期充電回路は動作を停止し、スイッチ11がオンする。その後、インバータ5が通常動作を開始する。

【0013】

電力変換装置453は、電力定格の高い装置へも適用可能であるという利点があり、スイッチ11aおよび突入電流を制限する抵抗素子11b(図16)のいずれも必要としないという利点を有する。しかしながら、電力変換装置453では、リアクトル11dおよびパワースwitching素子としてのSwitching素子11eが必要であるため、重量および容積が大きく、製造コストも高いという、電力変換装置451と同様の問題点があった。

【0014】

(発明の開示)

本発明は、上記のような問題点を解決し、高い電力定格に対応可能で、かつ装置の軽量化および縮小化を図りつつ突入電流を制限することのできる電力変換装置を提供することを目的とする。

【0015】

この目的を達成するために、この発明にかかる第1局面の装置は、電力変換装置であって、第1電源線に一方主電極が接続された第1Switching素子と、当該第1Switching素子に逆並列に接続された第1フリーホイールダイオードと、前記第1Switching素子の他方主電極に一方主電極が接続され、第2電源線に他方主電極が接続された第2Switching素子と、当該第2Switching素子に逆並列に接続された第2フリーホイールダイオードと、前記第1電源線に一方主電極が接続された第3Switching素子と、当該第3Switching素子に逆並列に接続された第3フリーホイールダイオードと、前記第2電源線に他方主電極が接続された第4Switching素子と、当該第4Switching素子に逆並列に接続された第4フリーホイールダイオードと、前記第1電源線と前記第2電源線とに、一端と他端とがそれぞれ接続された容量素子と、前記第1電源線と前記第2電源線の一方に一端が接続された第1スイッチと、直列に接続された直流電源と第2スイッチとを有し、前記第3および第4Switching素子の接続部と前記第2電源線とに、一端と他端とがそれぞれ接続された初期充電回路と、前記第1スイッチがオフしているときに、前記第2スイッチをオンするとともに、前記第2Switching素子を反復的にオン・オフするよう、前記第2スイッチおよび前記第2Switching素子を制御する初期充電制御部と、を備える。

【0016】

この発明にかかる第2局面の装置では、第1局面の電力変換装置において、前記初期充電制御部は、前記初期充電回路を流れる電流である充電電流が第1基準電流を超えて大きくなると前記第2Switching素子をオフし、前記充電電流が前記第1基準電流よりも低い第2基準電流を超えて小さくなると前記第2Switching素子をオンするように、前記第2Switching素子を制御する。

【0017】

この発明にかかる第3局面の装置では、第2局面の電力変換装置において、前記初期充電制御部は、前記容量素子の電圧である充電電圧が基準電圧よりも低いときには、前記第1スイッチをオフし、かつ前記第2スイッチをオンし、前記充電電圧が前記基準電圧よりも高いときには、前記第1スイッチをオンし、かつ前記第2スイッチをオフするように、前記第1スイッチおよび前記第2スイッチを制御する。

【0018】

この発明にかかる第4局面の装置では、第1局面の電力変換装置において、前記初期充電回路が、前記直流電源と第2スイッチとに直列に接続されたダイオードを、さらに備える。

【0019】

この発明にかかる第5局面の装置では、第1局面の電力変換装置において、外部から入力される交流電圧を直流電圧へ変換し、当該直流電圧を、前記第1電源線と前記第2電源線の他方と前記第1スイッチの他端との間に印加する整流回路を、さらに備える。

【0020】

この発明にかかる第6局面の装置では、第5局面の電力変換装置において、前記直流電源は、前記直流電圧を別の直流電圧へ変換するコンバータである。

10

【0021】

この発明にかかる第7局面の装置では、前記第1ないし第4スイッチング素子の制御電極に、それぞれ接続され、当該第1ないし第4スイッチング素子を、それぞれ第1ないし第4制御信号にもとづいて駆動する第1ないし第4駆動回路をさらに備え、前記初期充電制御部は、第1局面の電力変換装置において、前記第2駆動回路へ前記第2制御信号を伝えることにより、前記第2スイッチング素子を制御する。

【0022】

この発明にかかる第8局面の装置では、第7局面の電力変換装置において、前記第2および第4駆動回路の電源電圧が、前記直流電源によって供給される。

【0023】

この発明にかかる第9局面の装置では、第3局面の電力変換装置において、前記充電電圧を検出し、第1検出電圧を出力する充電電圧検出回路を、さらに備え、前記初期充電制御部は、第1検出電圧を受信することにより、前記充電電圧にもとづく、前記第1スイッチおよび前記第2スイッチの制御を行う。

20

【0024】

この発明にかかる第10局面の装置では、第9局面の電力変換装置において、前記充電電圧検出回路は、第1電源線に一端が接続された第1抵抗素子と、前記第1抵抗素子の他端に一端が接続され、第2電源線に他端が接続された第2抵抗素子と、を備え、第1抵抗素子と前記第2抵抗素子の接続部の電圧を前記第1検出電圧として出力する。

【0025】

この発明にかかる第11局面の装置では、第2局面の電力変換装置において、前記充電電流を検出し、第2検出電圧を出力する充電電流検出回路を、さらに備え、前記初期充電制御部は、前記第2検出電圧を受信することにより、前記充電電流にもとづく、前記第2スイッチング素子の制御を行う。

30

【0026】

この発明にかかる第12局面の装置では、第11局面の電力変換装置において、前記充電電流検出回路は、前記充電電流の経路に介挿された第3抵抗素子を備え、当該第3抵抗素子に生じる電圧降下を、第2検出電圧として出力する。

【0027】

この発明にかかる第13局面の装置では、第3局面の電力変換装置において、前記充電電圧を検出し、第1検出電圧を出力する充電電圧検出回路と、前記充電電流を検出し、第2検出電圧を出力する充電電流検出回路とを、さらに備え、前記初期充電制御部が、前記第1検出電圧と前記第2検出電圧を、アナログ形式からデジタル形式へと変換するA/D変換器と、デジタル形式の第1検出電圧と前記第2検出電圧ともとづいて、デジタル演算処理を実行することにより、前記第1スイッチ、前記第2スイッチ、および前記第2スイッチング素子を制御する信号の組を算出する処理部と、前記信号の組を増幅して前記第1スイッチ、前記第2スイッチ、および前記第2スイッチング素子へ送出するバッファ回路と、を備える。

40

【0028】

この発明にかかる第14局面の装置では、第13局面の電力変換装置において、前記処理

50

部は、プログラムにもとづいて動作するCPUと、前記プログラムを格納するメモリとを備えており、前記プログラムにもとづいて前記CPUが動作することにより、前記信号の組が算出される。

【0029】

この発明にかかる第15局面の装置では、請求範囲3局面の電力変換装置において、前記充電電圧を検出し、第1検出電圧を出力する充電電圧検出回路と、前記充電電流を検出し、第2検出電圧を出力する充電電流検出回路とを、さらに備え、前記初期充電制御部は、二入力型の第1演算増幅器と二入力型の第2演算増幅器とを備え、前記第1演算増幅器は、前記第1検出電圧と第1基準電圧とを二入力へ受信し、出力信号を、前記第1スイッチと前記第2スイッチへこれらの一方のみがオンするように伝え、前記第2演算増幅器は、
10 正帰還ループを有し、前記第2検出電圧を反転入力に受信し、第2基準電圧を非反転入力へ受信し、出力信号を前記第2スイッチング素子へ伝える。

【0030】

この発明にかかる第16局面の装置では、第15局面の電力変換装置において、前記初期充電制御部は、論理スイッチを、さらに備え、当該論理スイッチは、前記第2演算増幅器の出力信号の前記第2スイッチング素子への伝達経路に介挿され、前記第1演算増幅器の出力信号が、前記第1スイッチをオフさせる値であるときに限り、前記第2演算増幅器の前記出力信号を前記第1スイッチへ伝える。

【0031】

この発明にかかる第17局面の装置では、第1局面の電力変換装置において、前記初期充電制御部は、プログラムにもとづいて動作するCPUと、前記プログラムを格納するメモリとを備えており、前記プログラムにもとづいて前記CPUが動作することにより、前記第1スイッチ、前記第2スイッチおよび前記第2スイッチング素子が制御される。
20

【0032】

この発明にかかる第18局面の装置では、第1局面の電力変換装置において、前記第1ないし第4スイッチング素子の通常動作を実現するために、これらを制御する主制御部を、さらに備える。

【0033】

この発明にかかる第19局面の装置では、第18局面の電力変換装置において、プログラムにもとづいて動作するCPUと、前記プログラムを格納するメモリとを備えた総合制御部によって、前記初期充電制御部と前記主制御部とが等価的に構成されており、前記プログラムにもとづいて前記CPUが動作することにより、前記充電制御部による制御と、前記主制御部による制御とが行われる。
30

【0034】

この発明にかかる第20局面の装置では、第1局面の電力変換装置において、前記第1電源線に一方主電極が接続された第5スイッチング素子と、当該第5スイッチング素子に逆並列に接続された第5フリーホイールダイオードと、前記第5スイッチング素子の他方主電極に一方主電極が接続され、前記第2電源線に他方主電極が接続された第6スイッチング素子と、当該第6スイッチング素子に逆並列に接続された第6フリーホイールダイオードとを、さらに備える。
40

【0035】

第1局面の装置では、使用に際して、第1および第2電源線の上記した一方とは異なる他方と、第1スイッチの上記した一方とは異なる他端とに主電源が接続され、第1および第2スイッチング素子の接続部と、第3および第4スイッチング素子の接続部とに、誘導負荷が接続される。第1スイッチがオフしているとき、すなわち通常動作が開始される以前に、初期充電制御部の働きにより、第2スイッチがオンし、第2スイッチング素子が反復的にオンオフする。その結果、初期充電回路と第2スイッチング素子と誘導負荷が有する誘導とが、チャージポンプ回路として機能することにより、充電電流が誘導負荷の誘導に反復的に蓄積および放出され、放出された充電電流が第1フリーホイールダイオードを経由し容量素子を反復的に充電する。容量素子が十分に充電された後に、通常動作のために
50

第1スイッチをオンすれば、第1スイッチをオンすることにもなう突入電流を抑制することができる。

【0036】

しかも、チャージポンプの機能を利用しているために、第1の従来技術とは異なり、主電源が供給する大電流が流れる電力用の抵抗素子および電力用のスイッチが除去され、また第2の従来技術とは異なり、電流定格を高く設定することが可能である。さらに、チャージポンプの機能を実現するのに、通常動作のために不可欠な第2スイッチング素子および第1フリーホイールダイオードと、誘導負荷が有する誘導とが利用されるので、第3の従来技術とは異なり、スイッチング素子および誘導素子を追加的に設ける必要がない。すなわち、第1の局面の装置では、高い電流定格の下でも信頼性が高く、かつ装置の軽量化および小型化を図ることが可能である。

10

【0037】

第2局面の装置では、初期充電回路を流れる充電電流が一定の範囲内の値を保持するように、第2スイッチング素子が反復的にオンオフする。このため、容量素子の充電が短時間でかつ効率よく行われる。

【0038】

第3局面の装置では、容量素子の充電電圧が基準電圧に達するまで、第1スイッチがオフしたままで第2スイッチがオンし、容量素子の充電が行われる。容量素子の充電電圧が基準電圧に達すると、第2スイッチはオフすることにより初期充電回路は誘導負荷から切り離されるとともに、第1スイッチがオンすることにより、主電源から第1および第2電源線へ直流電圧が供給される。このように、容量素子の充電と、その後の通常動作への移行とが、容量素子の充電電圧にもとづいて行われるので、信頼性の高い突入電流の抑制が実現する。

20

【0039】

第4局面の装置では、充電回路にダイオードが備わるので、通常動作の際に、高電圧の印加から第2スイッチおよび直流電源を保護することができる。

【0040】

第5局面の装置では、主電源として整流回路が備わるので、外部に電力用の直流電源を準備することなく、入手し易い交流電源を接続するだけで、使用に供することができる。

【0041】

第6局面の装置では、直流電源が、整流回路が生成する直流電圧を利用したコンバータであるので、直流電源が簡素に構成される。

30

【0042】

第7局面の装置では、スイッチング素子を駆動する駆動回路が備わるので、微小信号を制御信号として送出することにより、大電流定格のスイッチング素子を容易に駆動することができる。また、第2スイッチング素子を制御する初期充電制御部を簡素に構成することができる。

【0043】

第8局面の装置では、第2および第4駆動回路の電源電圧が、直流電源によって供給されるので、第2および第4駆動回路へ電源電圧を供給するための電源を別途に設置する必要がない。その結果、装置の軽量化、小型化および低コスト化がさらに促進される。

40

【0044】

第9局面の装置では、充電電圧検出回路が備わり、これが出力する検出信号が初期充電制御部に利用される。このため、初期充電制御部は処理に適した値の電圧信号を取り扱うことができるので、初期充電制御部を簡素に構成することができる。

【0045】

第10局面の装置では、充電電圧検出回路が、第1抵抗素子と第2抵抗素子との直列回路によって簡素に構成され、充電電圧を分圧して得られる電圧が、第1検出電圧として出力される。すなわち、充電電圧に比例した第1検出電圧が、簡単な構成によって得られる。また、第1抵抗素子と第2抵抗素子の抵抗比を調整することにより、初期充電制御部によ

50

る処理に適した値へ、第1検出信号を容易に調整することができる。

【0046】

第11局面の装置では、充電電流検出回路が備わり、これが出力する検出信号が初期充電制御部に利用される。このため、初期充電制御部は処理に適した値の電圧信号を取り扱うことができるので、初期充電制御部を簡素に構成することができる。

【0047】

第12局面の装置では、充電電流検出回路が、充電電流の経路に介挿された第3抵抗素子を備え、この第3抵抗素子に生じる電圧降下を第2検出電圧として出力する。このため、充電電流検出回路が簡素に構成される。

【0048】

第13局面の装置では、初期充電制御部が、第1および第2検出電圧をデジタル形式へ変換し、これらのデジタル信号にもとづいてデジタル演算処理を実行することによって制御を行う。このため、経年変化が少なく、かつ精度の高い制御が実現する。

【0049】

第14局面の装置では、メモリに格納されたプログラムにしたがってCPUが動作することにより、初期充電制御部による制御が達成される。このため、基準電圧、基準電流、処理の速度、その他の条件を、高い精度で設定することが可能であり、またそれらの設定および変更が容易である。このため、さらに精度の高い制御が実現するとともに、多品種少量生産にも適合した柔軟な設計変更が可能である。

【0050】

第15局面の装置では、第1および第2演算増幅器が第1および第2検出電圧を処理することにより、初期充電制御部による制御が達成される。このため、初期充電制御部が簡素かつ軽量に構成されるとともに、装置の製造コストが節減される。

【0051】

第16局面の装置では、初期充電制御部が論理スイッチを備えるので、充電電圧が基準電圧に達することにより通常動作が開始されるときに、第2演算増幅器の出力信号の第2スイッチング素子への伝達が停止する。このため、第1ないし第4スイッチング素子の通常動作へ、初期充電制御部が干渉することがない。

【0052】

第17局面の装置では、メモリに格納されたプログラムにしたがってCPUが動作することにより、初期充電制御部による制御が達成される。このため、基準電圧、基準電流、処理の速度、その他の条件を、高い精度で設定することが可能であり、またそれらの設定および変更が容易である。このため、さらに精度の高い制御が実現するとともに、多品種少量生産にも適合した柔軟な設計変更が可能である。

【0053】

第18局面の装置では、第1ないし第4スイッチング素子の通常動作を制御する主制御部が備わるので、通常動作のために、第1ないし第4スイッチング素子を駆動する信号を外部から入力する必要がない。

【0054】

第19局面の装置では、メモリに格納されたプログラムにもとづいてCPUが動作することにより、主制御部と初期充電制御部との双方による制御が達成される。このため、主制御部と初期充電制御部とが、全体として簡素かつ軽量に構成されるとともに、装置の製造コストが節減される。

【0055】

第20局面の装置では、第5および第6スイッチング素子、ならびに第5および第6フリーホイールダイオードが備わるので、誘導負荷として三相の誘導負荷を接続することができる。

【0056】

この発明の目的、特徴、局面、および利点は、以下の詳細な説明と添付図面とによって、より明白となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

(発明を実施するための最良の形態)

1. 実施の形態 1

はじめに、本発明の実施の形態 1 による電力変換装置について説明する。

【 0 0 5 8 】

1.1. 装置の構成の概略

図 1 は、本発明の実施の形態による電力変換装置の構成を示す回路図である。以下の図において、図 1 6 ~ 図 1 8 に示した従来技術による装置と同一部分または相当部分（同一の機能をもつ部分）については、同一符号を付して対応関係を明確にしている。

【 0 0 5 9 】

図 1 の電力変換装置 4 0 1 は、インバータ 5、容量素子 1 2、主電源 1 0、スイッチ 1 1、初期充電回路 6、抵抗素子 1 3、1 4、初期充電制御部 7 0、および主制御部 2 0 0 を備えている。電力変換装置 4 0 1 は、インバータ 5 の出力端子 U、V、W に、例えばモータなどの三相の誘導負荷 5 0 が接続されることにより、使用に供される。三相の誘導負荷 5 0 は、誘導 L_U 、 L_V 、 L_W をそれぞれ有するコイル 5 1、5 2、5 3 を備えている。

【 0 0 6 0 】

電力変換装置 4 0 1 では、外部から始動が指示されると、はじめに初期充電動作によって容量素子 1 2 が充電され、その後、通常動作が開始される。初期充電動作は、初期充電制御部 7 0 の制御によって実現し、通常動作は主制御部 2 0 0 の制御によって実現する。初期充電動作の詳細については後述する。

【 0 0 6 1 】

インバータ 5 は、スイッチング素子 2 1、2 4、3 1、3 4、4 1、4 4、フリーホイールダイオード 2 2、2 5、3 2、3 5、4 2、4 5、および駆動回路 2 0、2 3、3 0、3 3、4 0、4 3 を備えている。スイッチング素子 2 1、2 4、3 1、3 4、4 1、4 4 の各々は、一般には、制御電極へ入力される信号に応答して、一对の主電極を通じて流れる主電流の大きさを制御する半導体素子であるが、好ましくは、パワー IGBT、パワーバイポーラトランジスタ、および、パワー MOSFET などのパワー（電力用）スイッチング素子である。中でも、パワー IGBT は、導通（オン）状態での一对の主電極間の電圧である飽和電圧 $V_{CE(sat)}$ が低く、しかも、制御が容易な電圧制御型であるという利点を有している。このため、以下の説明では、スイッチング素子 2 1、2 4、3 1、3 4、4 1、4 4 の各々が、パワー IGBT である例を取り上げる。

【 0 0 6 2 】

スイッチング素子 2 1、3 1、4 1 のコレクタは、高電位電源線 PP に接続されている。スイッチング素子 2 4、3 4、4 4 のコレクタは、それぞれスイッチング素子 2 1、3 1、4 1 のエミッタに接続され、エミッタは低電位電源線 NN に接続されている。出力端子 U は、スイッチング素子 2 1 と 2 4 の接続部に接続され、出力端子 V はスイッチング素子 3 1 と 3 4 の接続部に接続され、出力端子 W は、スイッチング素子 4 1 と 4 4 の接続部に接続されている。

【 0 0 6 3 】

フリーホイールダイオード 2 2、2 5、3 2、3 5、4 2、4 5 は、スイッチング素子 2 1、2 4、3 1、3 4、4 1、4 4 に、順電流が還流する方向にそれぞれ並列接続されている。本明細書では、フリーホイールダイオードがスイッチング素子に、順電流が還流する方向に並列接続されることを、「逆並列に接続される」と表現する。フリーホイールダイオード 2 2、2 5、3 2、3 5、4 2、4 5 は、それぞれスイッチング素子 2 1、2 4、3 1、3 4、4 1、4 4 を、逆電流から保護するために設けられている。

【 0 0 6 4 】

駆動回路 2 0、2 3、3 0、3 3、4 0、4 3 は、それぞれスイッチング素子 2 1、2 4、3 1、3 4、4 1、4 4 のゲートに接続されている。駆動回路 2 0、2 3、3 0、3 3、4 0、4 3 は、それぞれ制御信号 U_P 、 U_N 、 V_P 、 V_N 、 W_P 、 W_N に応答して、それぞれスイッチング素子 2 1、2 4、3 1、3 4、4 1、4 4 を駆動する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 5 】

容量素子 1 2 の一端と他端は、インバータ 5 の外部の高電位電源線 P P と低電位電源線 N N とに、それぞれ接続されている。容量素子 1 2 は、インバータ 5 へ供給される直流の電源電圧を、その容量 C_{DC} によって一定に保持する機能を果たす。インバータ 5 の内部と外部の高電位電源線 P P は、電源入力端子 P を通じて互いに接続され、インバータ 5 の内部と外部の高電位電源線 N N は、電源入力端子 N を通じて互いに接続されている。

【 0 0 6 6 】

スイッチ 1 1 の一端は、高電位電源線 P P に接続され、他端は主電源 1 0 に接続されている。主電源 1 0 は、直流の主電源電圧 V_{DC1} を、高電位電源線 P P と低電位電源線 N N とを通じてインバータ 5 へ供給する。スイッチ 1 1 は、リレーとして構成されている。スイッチ 1 1 は、初期充電制御部 7 0 が送出する制御信号 Rel_1 にもとづいて、電力変換装置 4 0 1 が通常動作を行う際にオンし、通常動作を停止する際にオフする主スイッチとして機能する。

10

【 0 0 6 7 】

初期充電回路 6 は、初期充電期間、すなわち初期充電動作が行われる期間に、初期充電制御部 7 0 の制御にもとづいて反復的にオン・オフするスイッチング素子 2 4 と共同して、容量素子 1 2 を充電するチャージポンプとして機能する。この目的のために、初期充電回路 6 は、互いに直列に接続された直流電源 1 6、スイッチ 1 8、およびダイオード 1 9 を備えている。初期充電回路 6 の一端は出力端子 U, V, W のいずれか（以下において、出力端子 V とする）に接続され、他端は低電位電源線 N N に接続されている。

20

【 0 0 6 8 】

直流電源 1 6 は、主電源 1 0 に比べて、出力電圧が高く、出力インピーダンスが高い補助電源として構成される。直流電源 1 6 は、例えば図 1 が示すように外部直流電源 1 5 が供給する直流電源電圧 V_{DC2} を直流電圧 V_{DC3} へ変換して出力するスイッチング電源、すなわちコンバータとして構成される。

【 0 0 6 9 】

スイッチ 1 8 はリレーとして構成されている。スイッチ 1 8 は、初期充電制御部 7 0 が送出する制御信号 Rel_2 にもとづいて、電力変換装置 4 0 1 が初期充電動作を行う際にオンし、通常動作を行う際にオフする。

【 0 0 7 0 】

ダイオード 1 9 は、通常動作の際に低電圧リレーであるスイッチ 1 8 および直流電源 1 6 を高電圧から保護するブロッキングダイオードとして機能する。ダイオード 1 9 の向きは、初期充電回路 6 を流れる電流である充電電流 I_{CHG} が、チャージポンプの働きによって容量素子 1 2 を充電するように設定され、図 1 の例では、ダイオード 1 9 の順電流が直流電源 1 6 から出力端子 V へ向かって流れるように設定される。

30

【 0 0 7 1 】

主制御部 2 0 0 は、初期充電動作によって容量素子 1 2 の充電が完了した後に、駆動回路 2 0, 2 3, 3 0, 3 3, 4 0, 4 3 へ、それぞれ制御信号 $U_P, U_N, V_P, V_N, W_P, W_N$ を伝え、それによって、選択的かつ反復的にオン・オフするよう、スイッチング素子 2 1, 2 4, 3 1, 3 4, 4 1, 4 4 を制御する。これにより通常動作が実現し、主電源 1 0 からインバータ 5 を通じて誘導負荷 5 0 へ電力が供給される。

40

【 0 0 7 2 】

主制御部 2 0 0 は、例えばプログラムにもとづいて動作する CPU と、プログラムを格納するメモリとを備えている。この場合には、メモリが格納するプログラムにもとづいて CPU が動作することにより、制御信号 $U_P, U_N, V_P, V_N, W_P, W_N$ が算出される。

【 0 0 7 3 】

初期充電制御部 7 0 は、初期充電期間において、初期充電回路 6 が接続されてる出力端子（ここでは、出力端子 V）に接続されたスイッチング素子以外のスイッチング素子（以下において、スイッチング素子 2 4 とする）、およびスイッチ 1 1, 1 8 を制御する。スイッチング素子 2 4 の制御は、制御信号 U_N を駆動回路 2 3 へ伝えることにより行われる。

50

【 0 0 7 4 】

初期充電制御部 7 0 は、容量素子 1 2 の充電電圧 V_{DC} と初期充電回路 6 を流れる充電電流 I_{CHG} にもとづいて、制御を実行する。このために、電力変換装置 4 0 1 は、充電電圧 V_{DC} を検出する充電電圧検出回路と充電電流 I_{CHG} を検出する充電電流検出回路とを備えている。

【 0 0 7 5 】

図 1 の例では、充電電圧検出回路は、高電位電源線 P P に一端が接続された抵抗素子 1 3 と、抵抗素子 1 3 の他端に一端が接続され、低電位電源線 N N に他端が接続された抵抗素子 1 4 と、を備えており、抵抗素子 1 3 と抵抗素子 1 4 の接続部の電圧を検出電圧 V_{DC4} として出力する。すなわち、主電源電圧 V_{DC1} を抵抗素子 1 3 , 1 4 の抵抗 R_1 , R_2 で分圧することによって検出電圧 V_{DC4} が得られる。

10

【 0 0 7 6 】

また、図 1 の例では、充電電流検出回路は、充電電流 I_{CHG} の経路に介挿された抵抗素子 1 7 を備えており、抵抗素子 1 7 に生じる電圧降下を、検出電圧 V_{CHG} として出力する。図 1 の例では特に、抵抗素子 1 7 は直流電源 1 6 の内部に設置されているが、充電電流 I_{CHG} の経路内の他の部位に介挿されてもよく、例えば誘導負荷 5 0 に設置されてもよい。初期充電制御部 7 0 は、検出電圧 V_{DC4} および検出電圧 V_{CHG} を受信することにより、充電電圧 V_{DC} および充電電流 I_{CHG} にもとづく制御を実行する。

【 0 0 7 7 】

1.2. 装置の動作

以下に、電力変換装置 4 0 1 の初期充電動作について説明する。初期充電期間では、主制御部 2 0 0 はスイッチング素子 2 1 , 2 4 , 3 1 , 3 4 , 4 1 , 4 4 のすべてがオフするよう制御する。ただし、初期充電制御部 7 0 が動作を開始すると、スイッチング素子 2 4 のみは、主制御部 2 0 0 の制御に優先して、初期充電制御部 7 0 の制御にしたがって動作する。

20

【 0 0 7 8 】

図 2 は、初期充電制御部 7 0 の制御にもとづいて行われる初期充電動作を示すタイミングチャートである。初期充電制御部 7 0 は、容量素子 1 2 の充電電圧 V_{DC} が、あらかじめ設定された基準電圧よりも低い期間では、スイッチ 1 1 をオフし、かつスイッチ 1 8 をオンするように制御信号 Rel_1 , Rel_2 を送出する（図 2 の (D) および (E) ）。したがって、初期充電制御部 7 0 が動作を開始した初期においては、スイッチ 1 1 はオフし、スイッチ 1 8 はオンしている。

30

【 0 0 7 9 】

充電電圧 V_{DC} は、初期におけるゼロの値から徐々に上昇し、直流電源 1 6 が出力する直流電圧 V_{DC3} へ達する。なぜなら、直流電源 1 6 から流れる充電電流 I_{CHG} が、スイッチ 1 8 、ダイオード 1 9 、およびフリーホイールダイオード 3 2 を経由して、容量素子 1 2 を充電するからである。

【 0 0 8 0 】

上記したように、直流電圧 V_{DC3} は、主電源電圧 V_{DC1} に比べて十分に低く設定され、直流電源 1 6 の出力インピーダンスは、主電源 1 0 の出力インピーダンスに比べて、十分に高く設定される。特に、直流電源 1 6 をスイッチング電源として構成したときには、その内部インピーダンスは容易に高くすることができる。したがって、充電電流 I_{CHG} は、直流電源 1 6 へ過大な負荷を与えない十分に微小な大きさへ制限される。スイッチ 1 8 の接触抵抗、ダイオード 1 9 のオン抵抗、およびフリーホイールダイオード 3 2 のオン抵抗も、充電電流 I_{CHG} の制限に寄与する。

40

【 0 0 8 1 】

充電電圧 V_{DC} が、直流電圧 V_{DC3} に達すると（時刻 $t = 0$ ）、初期充電制御部 7 0 は、スイッチング素子 2 4 をオンするように制御信号 U_N を送出する（図 2 の (C) ）。なお、初期充電制御部 7 0 は、充電電圧 V_{DC} が、直流電圧 V_{DC3} に達するのを待たずに、はじめからスイッチング素子 2 4 をオンしてもよい。

50

【 0 0 8 2 】

スイッチング素子 2 4 がオンすると、図 3 の等価回路が示すように、充電電流 I_{CHG} (I_1 で表す) は、コイル 5 2 およびコイル 5 1 を流れる。図 3 において、全抵抗 R_{Tot1} は、スイッチング素子 2 4 がオンしているときの充電電流 I_{CHG} の経路の等価的な全抵抗であり、直流電源 1 6 の出力抵抗、スイッチ 1 8 のオン抵抗、ダイオード 1 9 のオン抵抗、誘導負荷 5 0 のコイル 5 1 , 5 2 の抵抗、およびスイッチング素子 2 4 のオン抵抗を含んでいる。

【 0 0 8 3 】

スイッチング素子 2 4 がオンしている期間では、充電電流 I_{CHG} は上昇をつづけ、コイル 5 2 および 5 1 の誘導 L_V および L_U へエネルギーを蓄積する。充電電流 I_{CHG} が、あらかじめ設定された基準電流 I_{Max} を超えて大きくなると、初期充電制御部 7 0 は、スイッチング素子 2 4 をオフするように制御信号 U_N を送出する (図 2 の (B) および (C))。基準電流 I_{Max} は、容量素子 1 2 を充電する最大許容電流以下の値に設定される。

10

【 0 0 8 4 】

スイッチング素子 2 4 がオフすると、図 4 の等価回路が示すように、コイル 5 2 および 5 1 の誘導 L_V および L_U に蓄積されたエネルギーによって、充電電流 I_{CHG} (I_2 で表す) がフリーホイールダイオード 2 2 を経由して流れ、それによりエネルギーが容量素子 1 2 へ転送される。その結果、容量素子 1 2 が充電されるので、図 2 の (A) が示すように、容量素子 1 2 の充電電圧 V_{DC} が上昇する。図 4 において、全抵抗 R_{Tot2} は、スイッチング素子 2 4 がオフしているときの充電電流 I_{CHG} の経路の等価的な全抵抗成分であり、直流電源 1 6 の出力抵抗、スイッチ 1 8 のオン抵抗、ダイオード 1 9 のオン抵抗、誘導負荷 5 0 のコイル 5 1 , 5 2 の抵抗、フリーホイールダイオード 2 2 のオン抵抗、および容量素子 1 2 の内部抵抗を含んでいる。

20

【 0 0 8 5 】

スイッチング素子 2 4 がオフしている期間では、充電電流 I_{CHG} は継続的に下降する (図 2 の (B))。充電電流 I_{CHG} が、あらかじめ設定された基準電流 I_{Min} を超えて小さくなると、初期充電制御部 7 0 は、スイッチング素子 2 4 をオンするように制御信号 U_N を送出する (図 2 の (B) および (C))。基準電流 I_{Min} は、基準電流 I_{Max} よりも低く設定される。

【 0 0 8 6 】

スイッチング素子 2 4 をオンしているときに、容量素子 1 2 に蓄積されたエネルギー (あるいは電荷) が、スイッチング素子 2 4 を通じて放出されることはない。なぜなら、フリーホイールダイオード 2 2 , 3 2 , 4 2 が逆バイアスされているからである。初期充電期間における容量素子 1 2 の放電は、抵抗素子 1 3 および 1 4 を流れる電流 I_3 によるのみ引き起こされる。ただし、抵抗素子 1 3 , 1 4 の抵抗 R_1 , R_2 は、通常において数百 k 程度の高い値に設定されるので、抵抗素子 1 3 および 1 4 を通じて起こる容量素子 1 2 の放電は、無視できるほどに小さい。

30

【 0 0 8 7 】

スイッチング素子 2 4 のオン・オフ動作は、反復的に行われる (図 2 の (B))。その結果、容量素子 1 2 の充電電圧 V_{DC} は徐々に上昇する (図 2 の (A))。充電電圧 V_{DC} が主電源電圧 V_{DC1} ないしそれに近い値に到達すると、初期充電制御部 7 0 は、スイッチ 1 8 とスイッチング素子 2 4 とをオフし、スイッチ 1 1 をオンするように制御信号 $Re1_1$, $Re1_2$, U_N を送出する (図 2 の (A) ~ (E))。これにより初期充電動作は完了し、通常動作が開始される。充電電圧 V_{DC} が主電源電圧 V_{DC1} ないしそれに近い値に到達したか否かは、充電電圧 V_{DC} が、あらかじめ設定された基準電圧を超えて高くなったか否かにもとづいて判断される。したがって、基準電圧は、主電源電圧 V_{DC1} に近い値に設定される。

40

【 0 0 8 8 】

初期充電動作を完了するのに要する時間は、様々なパラメータに依存する。これらのパラメータは、容量素子 1 2 の容量 C_{DC} 、誘導負荷 5 0 の誘導 L_U , L_V 、主電源 1 0 の主電源

50

電圧 V_{DC1} 、直流電源 16 の直流電圧 V_{DC3} 、基準電流 I_{Max} と I_{Min} 、および充電電流 I_{CHG} の経路の全抵抗 R_{Tot1} と R_{Tot2} を含んでいる。

【0089】

1.3. 初期充電制御部 70 の構成例 1

図 5 は、アナログ回路を主とするハードウェアのみを用いて、初期充電制御部 70 を簡素に構成した例を示す回路図である。図 5 の例では、初期充電制御部 70 は、二入力型の演算増幅器 80、81 を用いて、比較器 (comparator) と履歴レベル検出器 (hysteresis-level detector) とを構成している。演算増幅器 80 は、抵抗 R_{in1} を有する抵抗素子 71 を通じて反転入力に検出電圧 V_{DC4} を受信し、抵抗 R_{p1} を有する抵抗素子 72 を通じて非反転入力に基準電圧 V_{Ref1} を受信する。したがって、演算増幅器 80 は、検出電圧 V_{DC4} と基準電圧 V_{Ref1} とを比較する比較器として機能する。

10

【0090】

演算増幅器 80 の出力電圧は、抵抗 R_{o1} を有する抵抗素子 73 とツェナー電圧 V_{z1} を有するツェナーダイオード 78 とによってレベル調整される。レベル調整された出力電圧 V_{o1} と検出電圧 V_{DC4} との関係は、図 6 のグラフで表される。基準電圧 V_{Ref1} は、初期充電動作を完了するのに適した基準電圧へ充電電圧 V_{DC} が到達したときに、検出電圧 V_{DC4} が基準電圧 V_{Ref1} に到達する高さに設定される。

【0091】

図 5 に戻って、出力電圧 V_{o1} は、そのまま制御信号 Rel_2 としてスイッチ 18 へ送られ、論理インバータ 82 を経由して制御信号 Rel_1 としてスイッチ 11 へ送られる。出力電圧 V_{o1} は、さらに論理 AND 素子 83 の一方入力へ入力される。

20

【0092】

演算増幅器 81 は、抵抗 R_{in2} を有する抵抗素子 74 を通じて反転入力に検出電圧 V_{CHG} を受信し、抵抗 R_{p2} を有する抵抗素子 75 を通じて非反転入力に基準電圧 V_{Ref2} を受信する。演算増幅器 81 の出力は、抵抗 R_f を有する抵抗素子 76 によって正帰還がかけられている。したがって、演算増幅器 81 は、検出電圧 V_{CHG} と基準電圧 V_{Ref2} とを履歴に依存して比較する履歴レベル検出器として機能する。

【0093】

演算増幅器 81 の出力電圧は、抵抗 R_{o2} を有する抵抗素子 77 とツェナー電圧 V_{z2} を有するツェナーダイオード 79 とによってレベル調整される。レベル調整された出力電圧 V_{o2} と検出電圧 V_{CHG} との関係は、図 7 のグラフで表される。基準電圧 V_{Ref2} は、充電電流 I_{CHG} が基準電流 I_{Max} へ到達したときに、検出電圧 V_{CHG} が図 7 の Max. Level に到達し、充電電流 I_{CHG} が基準電流 I_{Min} へ到達したときに、検出電圧 V_{CHG} が図 7 の Min. Level に到達する高さに設定される。

30

【0094】

図 5 に戻って、出力電圧 V_{o2} は、論理 AND 素子 83 の他方入力へ入力される。論理 AND 素子 83 の出力電圧は、制御信号 U_N として駆動回路 23 へ送られる。論理 AND 素子 83 は、出力電圧 V_{o1} がハイレベルであるときに限って、出力電圧 V_{o2} を制御信号 U_N として駆動回路 23 へ伝える論理スイッチとして機能する。

【0095】

40

1.4. 初期充電制御部 70 の構成例 2

初期充電制御部 70 は、ソフトウェアにもとづいて動作するデジタル回路を用いて構成することも可能である。図 8 に示す初期充電制御部 70 の構成例では、DSP (デジタル信号処理器; Digital Signal Processor) 91 が用いられる。入力段に位置する A/D コンバータ 92 は、検出電圧 V_{DC4} および V_{CHG} をアナログ形式からデジタル形式へ変換する。

【0096】

処理部 93 は、デジタル形式の検出電圧 V_{DC4} および V_{CHG} にもとづいて、デジタル演算処理を実行することにより、スイッチ 11、スイッチ 18、およびスイッチング素子 24 を制御するための制御信号 Rel_1 、 Rel_2 、および U_N を算出する。出力段に位置するバッファ回路 94 は、処理部 93 が算出した制御信号 Rel_1 、 Rel_2 、および U_N を、バ

50

ッファ 95, 96, 97 を通じて増幅した上で、それぞれスイッチ 11、スイッチ 18、および駆動回路 23 へ送出する。

【0097】

処理部 93 は、プログラムにもとづいて動作する CPU 210 と、プログラムを格納するメモリ 211 とを備えている。メモリ 211 が格納するプログラムにもとづいて CPU 210 が動作することにより、制御信号 Rel_1 、 Rel_2 、および U_N が算出される。処理部 93 による処理の手順は、図 9 のフローチャートで表される。

【0098】

処理部 93 による処理が開始されると（ステップ 100）、イネーブル信号 $Enb1$ （図 8）にもとづいて、初期充電動作を行うべきか否か（すなわち、容量素子 12 がすでに充電されているか否か、あるいは、インバータ 5 が通常動作を行っているか否か）が判定される（ステップ 101）。イネーブル信号 $Enb1$ は、主制御部 200 から送られる。イネーブル信号 $Enb1$ が、初期充電動作を行うよう指示していないときには、処理は終了し（ステップ 113）、逆の場合には、制御信号 U_N がスイッチング素子 24 がオンする値へ設定される（ステップ 102）。

【0099】

つぎに、デジタル形式の検出電圧 V_{DC4} および V_{CHG} が入力される（ステップ 103）。つづいて、検出電圧 V_{DC4} が基準電圧 V_{Ref1} と比較される（ステップ 104）。検出電圧 V_{DC4} が基準電圧 V_{Ref1} に達していなければ、スイッチ 11 がオフする値に制御信号 Rel_1 が設定され、スイッチ 18 がオンする値に制御信号 Rel_2 が設定される（ステップ 106）。逆の場合には、スイッチ 11 がオンする値に制御信号 Rel_1 が設定され、スイッチ 18 がオフする値に制御信号 Rel_2 が設定され（ステップ 105）、制御信号 Rel_1 および Rel_2 が出力された後（ステップ 112）、処理は終了する（ステップ 113）。

【0100】

ステップ 106 の後に、充電電流 I_{CHG} が基準電流 I_{Max} を超えて大きくないかが判定される（ステップ 107）。充電電流 I_{CHG} が基準電流 I_{Max} よりも大きければ、スイッチング素子 24 がオフする値に制御信号 U_N が設定され（ステップ 108）、制御信号 Rel_1 、 Rel_2 、 U_N が出力された後（ステップ 111）、処理はステップ 103 へ戻る。

【0101】

ステップ 107 において、否定的な判断結果が得られる（すなわち、充電電流 I_{CHG} が基準電流 I_{Max} よりも大きくはない）ならば、充電電流 I_{CHG} が基準電流 I_{Min} を超えて小さくないかが判定される（ステップ 109）。充電電流 I_{CHG} が基準電流 I_{Min} よりも小さければ、スイッチング素子 24 がオンする値に制御信号 U_N が設定される（ステップ 110）。ステップ 109 で、否定的な判断結果が得られる（すなわち、充電電流 I_{CHG} が基準電流 I_{Min} よりも小さくはない）か、またはステップ 110 が終了すると、制御信号 Rel_1 、 Rel_2 、 U_N が出力された後（ステップ 111）、処理はステップ 103 へ戻る。

【0102】

なお、図 8 の例では、初期充電制御部 70 が DSP 91 を備え、処理部 93 がプログラムにしたがって動作する例を示したが、DSP 91 を、A/D コンバータ 92 と、プログラムを必要としないデジタル回路で構成される処理部 93 とに置き換えることも可能である。

【0103】

1.5. 実証データ

つぎに、電力変換装置 401 の性能を実証するために行われたコンピュータシミュレーションについて説明する。シミュレーションの対象とされた電力変換装置 401 では、初期充電制御部 70 は図 8 のように構成された。各種のパラメータは、以下のように設定された。

【 0 1 0 4 】

$V_{DC1} = 288 \text{ V}$; $V_{DC3} = 12 \text{ V}$; $I_{Max} = 2 \text{ A}$; $I_{Min} = 1.4 \text{ A}$; 誘導負荷 50 の各相当当たりの誘導 $L_U = L_V = L_W = 500 \mu\text{H}$; 誘導負荷 50 の各相当当たりの抵抗 $R_U = R_V = R_W = 10 \text{ m}$; $C_{DC} = 180 \mu\text{F}$; 容量素子 12 の実効直列抵抗 $ESR = 1 \text{ m}$; 容量素子 12 の実効直列誘導 $ESL = 20 \text{ nH}$; $R_1 = 400 \text{ k}$; $R_2 = 7 \text{ k}$; スイッチ 18 のオン抵抗 = 100 m 。

【 0 1 0 5 】

図 10 および図 11 は、シミュレーションの結果を示すグラフである。図 11 は、図 10 の最終段階における時間幅を拡大して示している。シミュレーションの結果は、初期充電動作が開始された（時刻 = 0）後、容量素子 12 の充電電圧 V_{DC} が緩やかに上昇し、時刻が 0.5 秒を経た時点で充電電圧 V_{DC} が主電源電圧 V_{DC1} に達し、初期充電動作を完了していることを示している。すなわち、シミュレーションの結果は、電力変換装置 401 が期待通りに動作することを実証している。

10

【 0 1 0 6 】

1.6. 装置の利点

電力変換装置 401 では、通常動作に先立つ初期充電動作によって、初期充電回路 6 を流れる充電電流 I_{CHG} によって、容量素子 12 がある電圧レベルまで充電されるので、通常動作を開始するためにスイッチ 11 がオンすることともなう突入電流が抑制される。しかも、チャージポンプの機能が利用されているために、第 1 の従来技術（図 16）とは異なり、主電源 10 が供給する大電流が流れる電力用の抵抗素子 11b およびスイッチ 11a が除去される。また、第 2 の従来技術（図 17）とは異なり、電流定格を高く設定することが可能である。さらに、チャージポンプの機能を実現するのに、通常動作で使用されるスイッチング素子 24 およびフリーホイールダイオード 22 と、誘導負荷 50 が有する誘導 L_U , L_V とが利用されるので、第 3 の従来技術（図 18）とは異なり、スイッチング素子 11e およびリアクトル 11d のいずれをも追加的に設ける必要がない。すなわち、電力変換装置 401 では、高い電流定格の下でも信頼性が高く、かつ装置の軽量化および小型化を図ることが可能であるという利点を得られる。

20

【 0 1 0 7 】

また、初期充電制御部 70 が、図 5 の形態を採る場合には、初期充電制御部 70 が簡素かつ軽量に構成されるとともに、装置の製造コストが節減されるという利点を得られる。初期充電制御部 70 が、図 8 の形態を採る場合には、基準電圧、基準電流、処理の速度、その他の条件を、高い精度で設定することが可能であり、またそれらの設定および変更が容易である。このため、精度の高い制御が実現するとともに、多品種少量生産にも適合した柔軟な設計変更が可能であるという利点を得られる。さらに、初期充電制御部 70 が、ソフトウェアを必要としないデジタル回路で構成される処理部 93 を備える場合においても、経年変化が少なく、かつ精度の高い制御が実現するという利点を得られる。

30

【 0 1 0 8 】

2. 実施の形態 2

図 12 は、実施の形態 2 の電力変換装置の構成を示す回路図である。この電力変換装置 402 は、初期充電制御部 70 と主制御部 200 とが単一の総合制御部 201 へ統合されている点において、実施の形態 1 の電力変換装置 401 とは、特徴的に異なっている。総合制御部 201 は、CPU 203 とその動作を規定するプログラムを格納するメモリ 204 とを備えている。メモリ 204 に格納されるプログラムにもとづいて CPU 203 が動作することにより、実施の形態 1 による初期充電制御部 70 と主制御部 200 との双方の制御が実現する。したがって、電力変換装置 402 では、装置のさらなる軽量化、小型化、および低コスト化が達成される。

40

【 0 1 0 9 】

3. 実施の形態 3

図 13 は、実施の形態 3 の電力変換装置の構成を示す回路図である。この電力変換装置 403 は、外部の交流電源 300 から入力される交流電圧を直流電圧 V_{DC1} へ変換する整流

50

回路301を備える点において、実施の形態1の電力変換装置401とは特徴的に異なっている。整流回路301は、直流電圧 V_{DC1} を、電源線NNとスイッチ11の他端との間に印加する。また、直流電源16は、直流電圧 V_{DC1} を別の直流電圧 V_{DC3} へ変換するコンバータとして構成されている。

【0110】

したがって、電力変換装置403は、外部に電力用の直流電源を準備することなく、入手し易い交流電源300を接続するだけで、使用に供することができる。また、直流電源16が、整流回路301が生成する直流電圧 V_{DC1} を利用したコンバータとして構成されるので、直流電源16の構成を簡素化することができる。

【0111】

4. 実施の形態4

図14は、実施の形態4の電力変換装置の構成を示す回路図である。この電力変換装置404は、駆動回路23, 33, 43の電源電圧が、直流電源16によって供給される点において、実施の形態1の電力変換装置401とは特徴的に異なっている。したがって、電力変換装置404では、駆動回路23, 33, 43へ電源電圧を供給するための電源を別途に設置する必要がないという利点を得られる。直流電源16の電力供給能力が初期充電動作と駆動回路23, 33, 43の動作の双方の要求を満たす必要があるが、それでもなお、装置の軽量化、小型化および低コスト化が促進される。

【0112】

駆動回路20, 30, 40には、別の電源60, 61, 62によって、それぞれ電源電圧 V_{DC5} , V_{DC6} , V_{DC7} が供給される。駆動回路20, 23, 30, 33, 40, 43に電源電圧を供給する電源が必要であることは自明であるため、他の実施の形態では、これらの電源の図示を略している。

【0113】

5. 実施の形態5

図15は、実施の形態5の電力変換装置の構成を示す回路図である。この電力変換装置405は、スイッチング素子41, 44、フリーホイールダイオード42, 45、および駆動回路40, 43が除去されている点において、実施の形態1の電力変換装置401とは特徴的に異なっている。それにともない、主制御部200は、制御信号 U_P , U_N , V_P および V_N のみを出力する。

【0114】

電力変換装置405は、単相の誘導負荷55を接続することにより、使用に供される。初期充電動作において、誘導負荷55が有するコイル56の誘導 L_{UV} が、実施の形態1の電力変換装置401における誘導 L_U および L_V と同等に機能する。したがって、電力変換装置405は、電力変換装置401と同等の初期充電動作を達成することができる。

【0115】

6. 変形例

上記の各実施の形態では、初期充電制御部70が、充電電圧 V_{DC} を表現する検出電圧 V_{DC4} と、充電電流 I_{CHG} を表現する検出電圧 V_{CHG} とにもとづいて、スイッチ11、スイッチ18、およびスイッチング素子24を制御する例を示した。これに対して、充電電圧 V_{DC} を表現する信号を参照することなく、例えば、初期充電動作を開始した後に、あらかじめ定められた初期充電期間が経過すると初期充電動作を完了するように、初期充電制御部70を構成することも可能である。また、充電電流 I_{CHG} を表現する信号を参照することなく、あらかじめ定められた周期でスイッチング素子24を反復的にオン・オフさせるように、初期充電制御部70を構成することも可能である。

【0116】

しかしながら、上記各実施の形態の電力変換装置では、初期充電回路6を流れる充電電流 I_{CHG} が一定の範囲内の値を保持するように、スイッチング素子24が反復的にオンオフするので、容量素子12の充電が短時間でかつ効率よく行われるという利点を得られる。また、容量素子12の充電と、その後の通常動作への移行とが、容量素子12の充電電圧

10

20

30

40

50

V_{DC}にもとづいて行われるので、時間を省きつつ信頼性の高い突入電流の抑制が実現するという利点を得られる。

【0117】

この発明は詳細に説明されたが、上記した説明は、すべての局面において、例示であって、この発明がそれに限定されるものではない。例示されていない無数の変形例が、この発明の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。

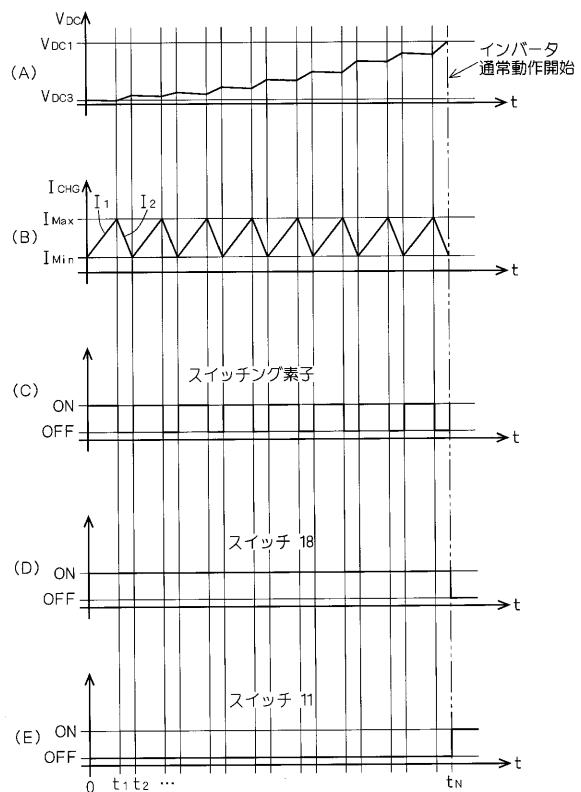
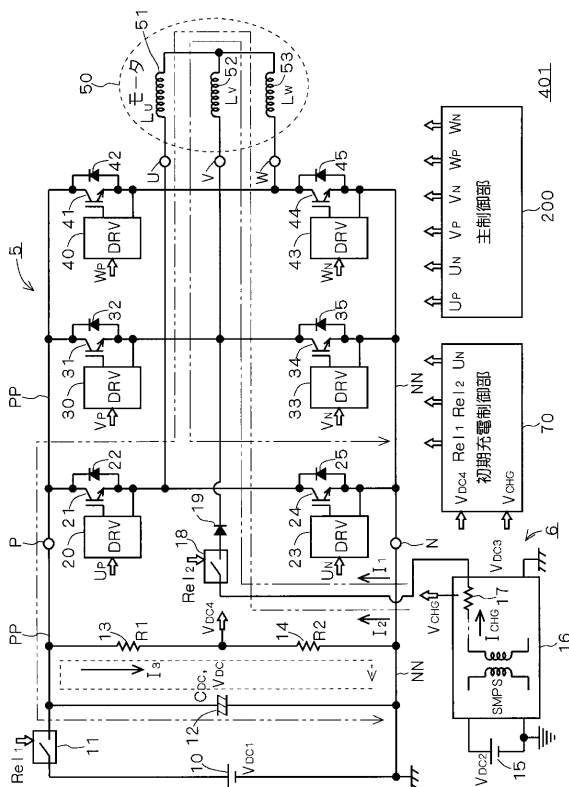
【図面の簡単な説明】

- 【図1】 実施の形態1による電力変換装置の構成を示す回路図である。
- 【図2】 図1の電力変換装置の動作を示すタイミングチャートである。
- 【図3】 図1の電力変換装置の動作説明図である。
- 【図4】 図1の電力変換装置の動作説明図である。
- 【図5】 図1の初期充電制御部の構成例を示す回路図である。
- 【図6】 図5の初期充電制御部の動作を説明するグラフである。
- 【図7】 図5の初期充電制御部の動作を説明するグラフである。
- 【図8】 図1の初期充電制御部の別の構成例を示すブロック図である。
- 【図9】 図8の初期充電制御部の動作を示すフローチャートである。
- 【図10】 図1の電力変換装置に関するシミュレーションの結果を示すグラフである。
- 【図11】 図1の電力変換装置に関するシミュレーションの結果を示すグラフである。
- 【図12】 実施の形態2による電力変換装置の構成を示す回路図である。
- 【図13】 実施の形態3による電力変換装置の構成を示す回路図である。
- 【図14】 実施の形態4による電力変換装置の構成を示す回路図である。
- 【図15】 実施の形態5による電力変換装置の構成を示す回路図である。
- 【図16】 第1の従来技術による電力変換装置の構成を示す回路図である。
- 【図17】 第2の従来技術による電力変換装置の構成を示す回路図である。
- 【図18】 第3の従来技術による電力変換装置の構成を示す回路図である。
- 【図1】

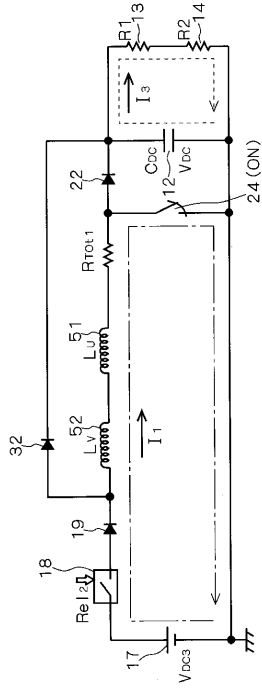
10

20

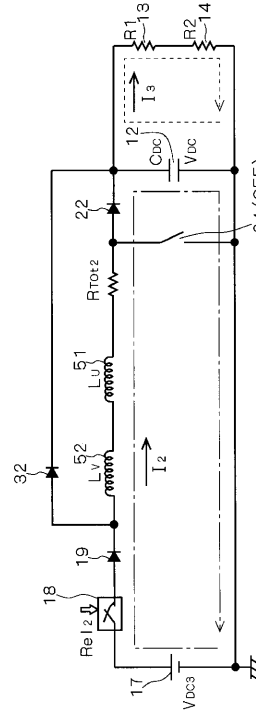
【図2】



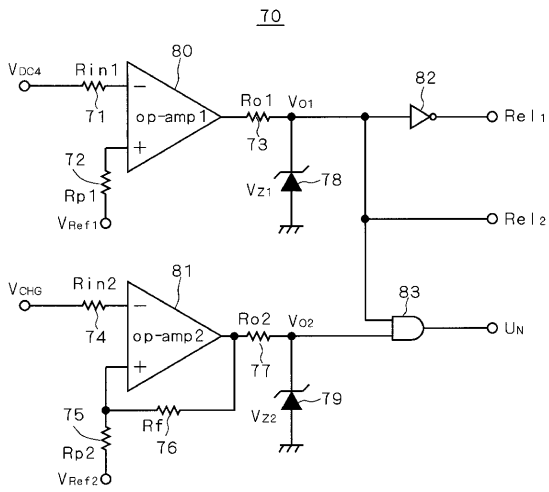
【図3】



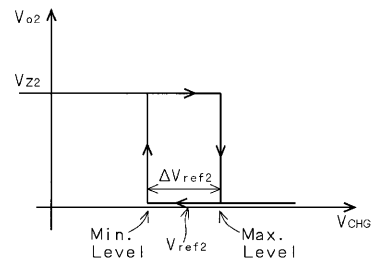
【図4】



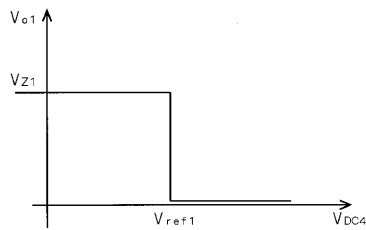
【図5】



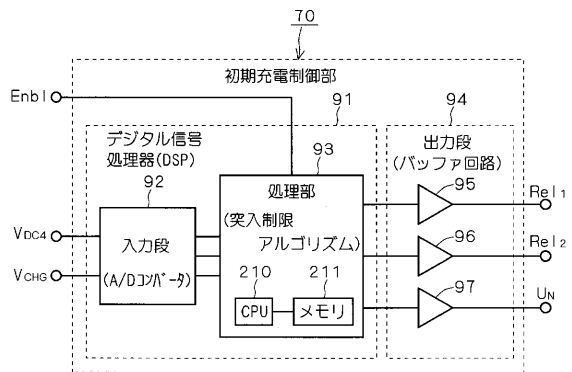
【図7】



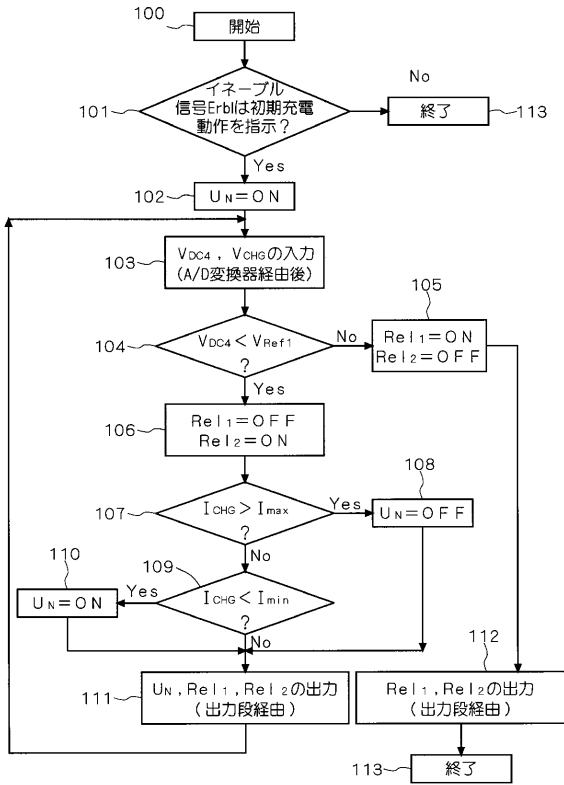
【図6】



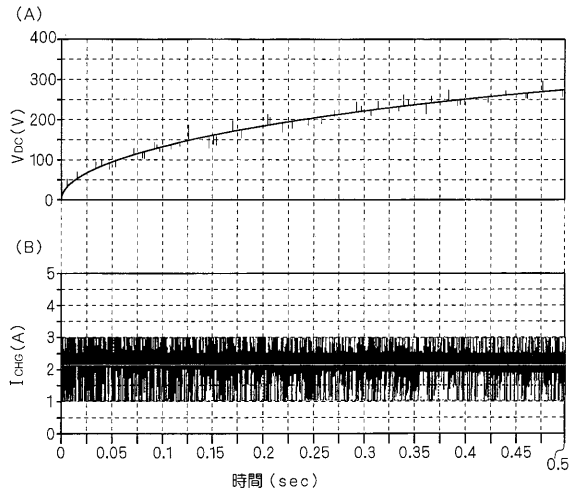
【図8】



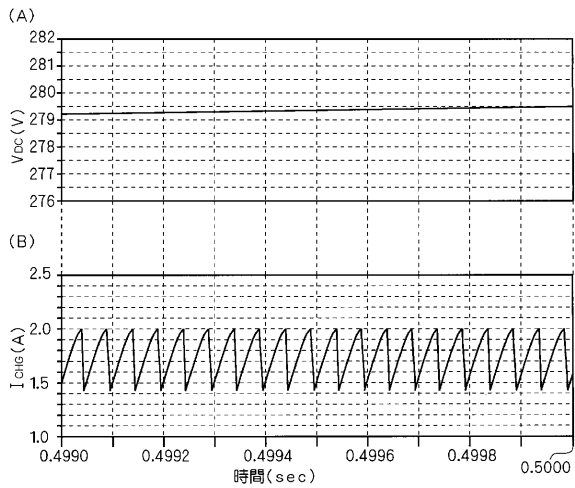
【図9】



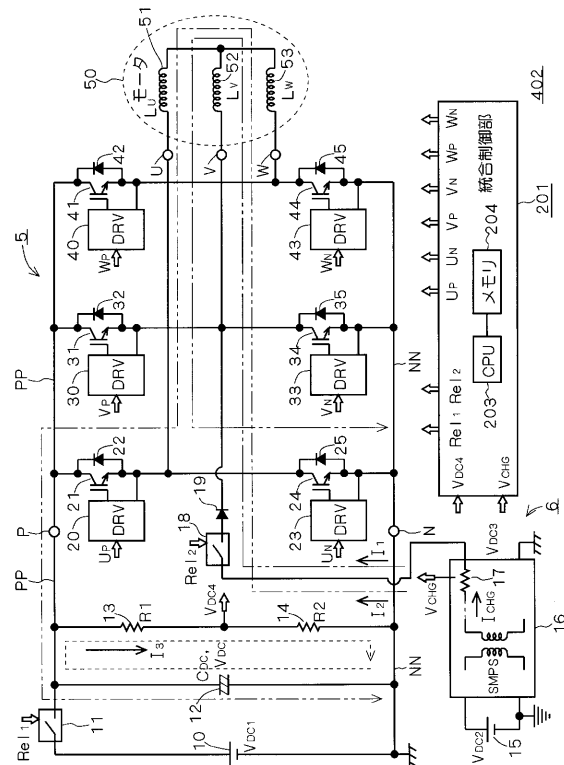
【図10】



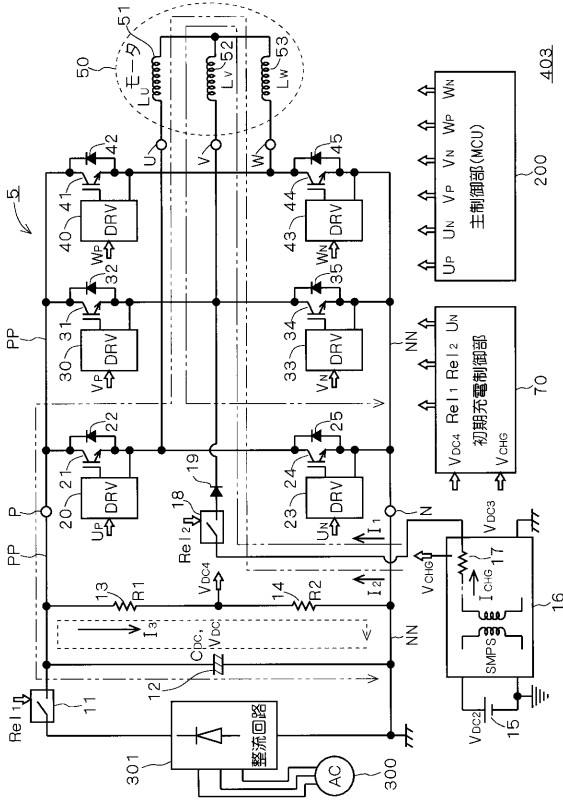
【図11】



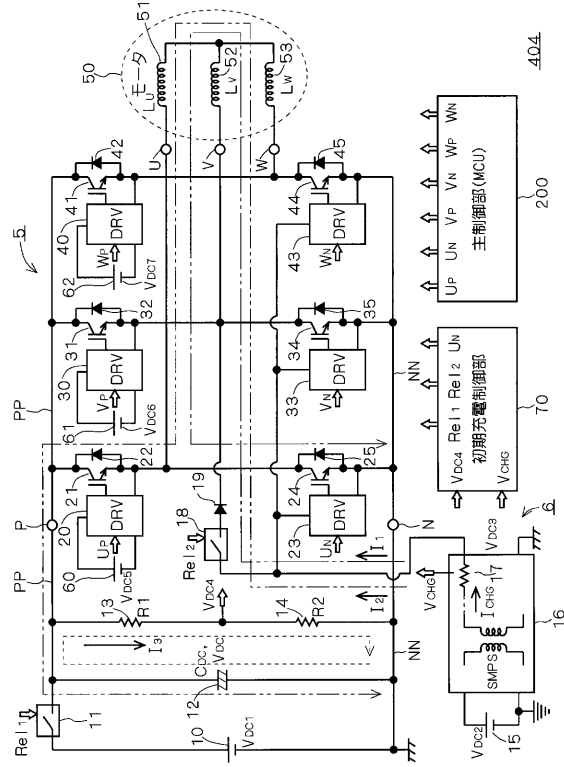
【図12】



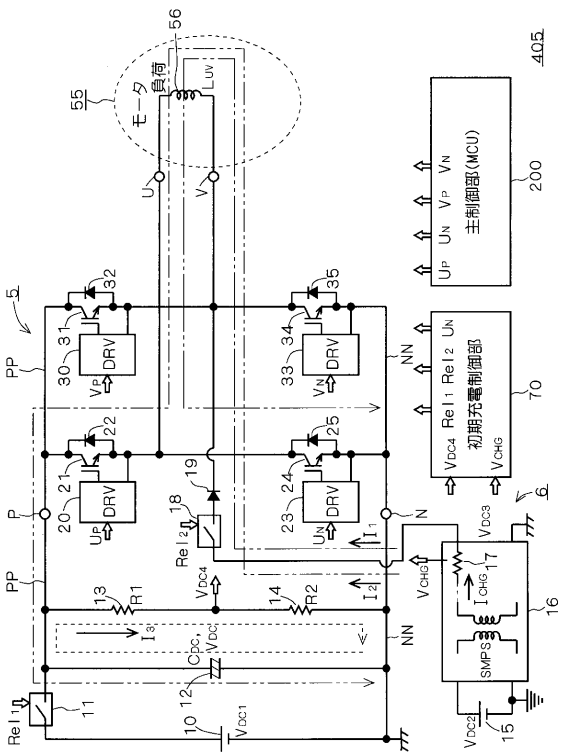
【図13】



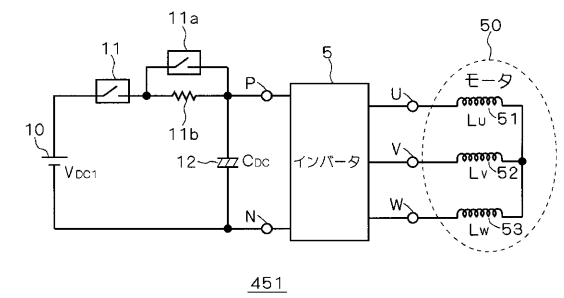
【図14】



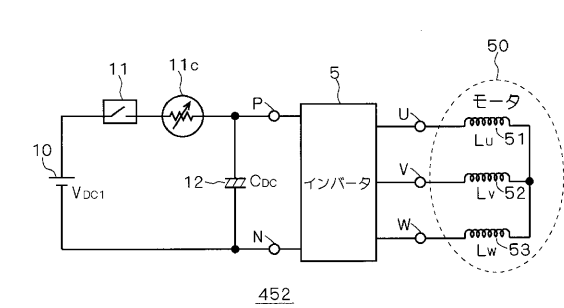
【図15】



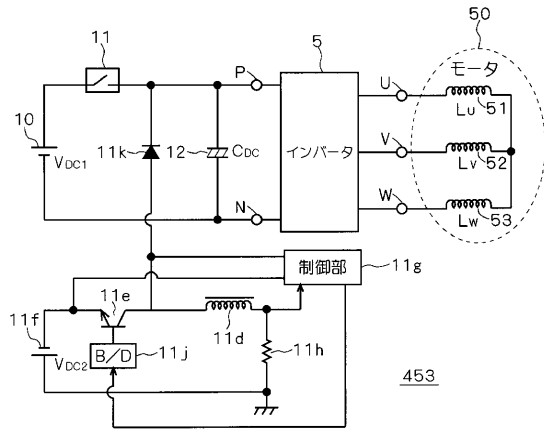
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 日山 一明

日本国福岡県福岡市西区今宿東一丁目1番1号 福菱セミコンエンジニアリング株式会社内

審査官 服部 俊樹

(56)参考文献 特開平5 - 344605 (JP, A)

特開平5 - 176554 (JP, A)

特開平6 - 115836 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 7/537