

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012年12月27日(27.12.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/176338 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 7/12 (2006.01) H02M 3/155 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/064589
- (22) 国際出願日: 2011年6月24日(24.06.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社MERSTech(MERSTech, Inc.) [JP/JP]; 〒1410021 東京都品川区上大崎二丁目15番19号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 嶋田 隆一 (SHIMADA, Ryuichi) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山2-12-1 国立大学法人東京工业大学内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 木村 満(KIMURA, Mitsuru); 〒1010054 東京都千代田区神田錦町二丁目7番地 協販ビル2階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

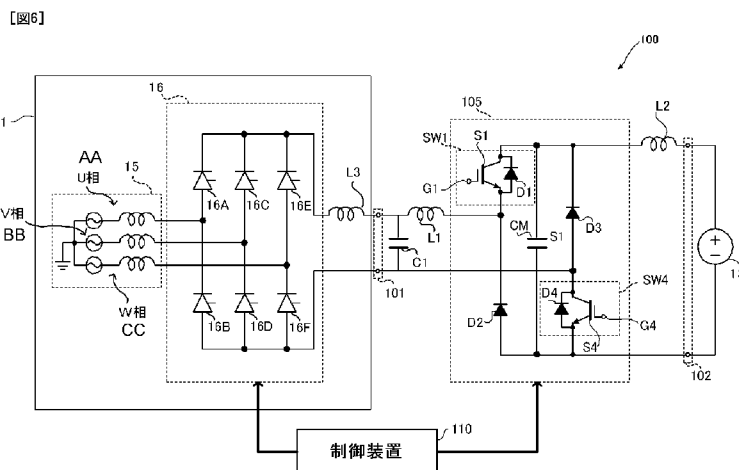
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: ELECTRICAL POWER CONVERSION DEVICE, ELECTRICAL POWER CONVERSION CONTROL DEVICE, ELECTRICAL POWER CONVERSION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 電力変換装置、電力変換制御装置、電力変換方法、及び、プログラム

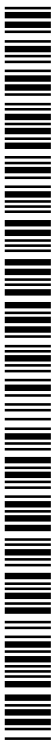


110 Control device
AA U-phase
BB V-phase
CC W-phase

(57) Abstract: In the present invention, an electrical power conversion device (100) is provided with the following: a first connecting section (101) that is connected to a current source (11); a second connecting section (102) that is connected to a voltage source (13); and a magnetic energy recovery switch (105) that performs either a first supply in which electrical power from the current source (11) is converted and supplied to the voltage source (13) or a second supply in which electrical power from the voltage source (13) is converted and supplied to the current source (11). The electrical power conversion device (100) is further provided with a control unit (110). The control unit (110), by changing the timing at which the thyristors (16A-16F) of the current source (11) are switched on, causes the magnetic energy recovery switch (105) to perform either the first supply or the second supply.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2012/176338 A1



電力変換装置（100）は、電流源（11）と接続される第1の接続部（101）と、電圧源（13）に接続される第2の接続部（102）と、電流源（11）からの電力を変換して電圧源（13）に供給する第1の供給と電圧源（13）からの電力を変換して電流源（11）に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチ（105）と、を備える。電力変換装置（100）は、さらに制御部（110）を備え、制御部（110）は、電流源（11）のサイリスタ（16A-16F）等をオンにするタイミングを変化させることによって、磁気エネルギー回生スイッチ（105）に第1の供給と第2の供給とのいずれかを行わせる。

明 細 書

発明の名称：

電力変換装置、電力変換制御装置、電力変換方法、及び、プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、電力変換装置、電力変換制御装置、電力変換方法、及び、プログラムに関するものである。

背景技術

[0002] この種の電力変換装置として、例えば、特許文献1には、4つの逆導通型スイッチと、キャパシタとを有する磁気エネルギー回生スイッチ（MERS : Magnetic Energy Recovery Switch）を用いたものが開示されている。特許文献1に記載の電力変換装置は、一方の対角に位置する二つの逆導通型スイッチ（一方のペア）と、他方の対角に位置する二つの逆導通型スイッチ（他方のペア）と、のいずれかの各逆導通型スイッチのオンとオフとを周期的に切り替える。特許文献1に記載の電力変換装置は、上記二つのペアのいずれのオンとオフとを切り替えるかで、電流の極性を変化させることが出来、これによって電力の供給方向を変化させることができる。つまり、特許文献1に記載の電力変換装置は、一方のペアと他方のペアとのうちのいずれかのペアのオンとオフとを切り替えるかによって、電流の極性を変更することによって電力の供給方向を変更する事が出来る。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-193817号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、上記特許文献1に記載の電力変換装置では、電圧の極性を変更することが難しいため、電流源（ここでは、電力が供給されることが可能な電流

源) が接続された場合に、電圧の極性を変更することで電力の供給方向を変更することが難しかった。

[0005] 本発明は、上記点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、電力が供給されることが可能な電流源が使用される場合の電力供給において、電力供給の方向を変更することが出来る電力変換装置、電力変換制御装置、電力変換方法、及び、プログラム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] 上記目的を達成するため、本発明の第1の観点に係る電力変換装置は、交流電源と前記交流電源に接続されたサイリスタとを備え、第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と、第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と、
、
キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとして前記キャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、
前記サイリスタをオンにするタイミングを制御して前記サイリスタに流れる電流の流れる方向を制御する制御部と、を備え、
前記制御部は、前記サイリスタをオンにするタイミングを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給と前記第2の供給とのいずれかを行わせる、
ことを特徴とする。

[0007] 上記目的を達成するため、本発明の第2の観点に係る電力変換装置は、第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と、
、

第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と、

キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとしてキャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、

前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンとオフとの切り替えを制御することで、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給及び前記第2の供給を行わせる制御部と、を備え、

前記制御部は、前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンの期間の長さを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給と前記第2の供給とのいずれかを行わせる、

ことを特徴とする。

[0008] 上記目的を達成するため、本発明の第3の観点に係る電力変換制御装置は

交流電源と前記交流電源に接続されたサイリスタとを備え、第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と、

第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と、

キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとして前記キャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを

行う磁気エネルギー回生スイッチと、を備える電力変換部を制御する電力変換制御装置であって、

前記サイリスタをオンにするタイミングを制御して前記サイリスタに流れる電流の流れる方向を制御する制御部を備え、

前記制御部は、前記サイリスタをオンにするタイミングを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給と前記第2の供給とのいずれかを行わせる、

ことを特徴とする。

[0009] 上記目的を達成するため、本発明の第4の観点に係る電力変換制御装置は

、
第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と
、
第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と
、
キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、
を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、
所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとしてキャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、を備える電力変換部を制御する電力変換制御装置であって、

前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンとオフとの切り替えを制御することで、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給及び前記第2の供給を行わせる制御部と、を備え、

前記制御部は、前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンの期間の長さを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給と前記第2の供給とのいずれかを行わせる、

ことを特徴とする。

- [0010] 上記目的を達成するため、本発明の第5の観点に係る電力変換方法は、交流電源と前記交流電源に接続されたサイリスタとを備え、第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と、第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と、
- 、
- キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとして前記キャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、を備える電力変換部を用いた電力変換方法であって、
- 前記サイリスタをオンにするタイミングを制御して前記サイリスタに流れる電流の流れる方向を制御する制御ステップを備え、
- 前記制御ステップは、前記サイリスタをオンにするタイミングを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給と前記第2の供給とのいずれかを行わせるステップを含む、
- ことを特徴とする。

- [0011] 上記目的を達成するため、本発明の第6の観点に係る電力変換方法は、第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と、
- 、
- 第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と、
- 、
- キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとしてキャ

パシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、を備える電力変換部を用いた電力変換方法であって、

前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンとオフとの切り替えを制御することで、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給及び前記第2の供給を行わせる制御ステップを備え、

前記制御ステップは、前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンの期間の長さを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給と前記第2の供給とのいずれかを行わせるステップを含む、ことを特徴とする。

- [0012] 上記目的を達成するため、本発明の第7の観点に係るプログラムは、
- 交流電源と前記交流電源に接続されたサイリスタとを備え、第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と、
- 第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と、
- キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとして前記キャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、を備える電力変換部を制御するコンピュータに、
- 前記サイリスタをオンにするタイミングを制御して前記サイリスタに流れる電流の流れる方向を制御する制御ステップを行わせ、
- 前記制御ステップは、前記サイリスタをオンにするタイミングを変化させ

ることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第 1 の供給と前記第 2 の供給とのいずれかを行わせるステップを含む、

ことを特徴とする。

[0013] 上記目的を達成するため、本発明の第 8 の観点に係るプログラムは、第 1 の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第 1 の接続部と、
、
第 2 の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第 2 の接続部と、
、
キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとしてキャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第 2 の電力に変換して前記電圧源に供給する第 1 の供給と前記電圧源からの電力を前記第 1 の電力に変換して前記電流源に供給する第 2 の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、を備える電力変換部を制御するコンピュータに、

前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンとオフとの切り替えを制御することで、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第 1 の供給及び前記第 2 の供給を行わせる制御ステップを行わせ、

前記制御ステップは、前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンの期間の長さを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第 1 の供給と前記第 2 の供給とのいずれかを行わせるステップを含む、

ことを特徴とする。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、電力が供給されることが可能な電流源が使用される場合の電力供給において、電力供給の方向を変更することが出来る。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の実施形態 1 に係る電力変換装置の回路構成を示す図である。

[図2]図1の回路構成における電力の供給方向等を説明するためのグラフを示す図である。

[図3]図1の回路構成における電力の供給方向等を説明するためのグラフを示す図である。

[図4]図1の回路構成におけるMERSのソフトスイッチングを説明するためのグラフを示す図である。

[図5]図1の回路構成において、制御信号のオン期間の長さを変化させたときの、電力の供給方向等を説明するためのグラフを示す図である。

[図6]本発明の実施形態2に係る電力変換装置の回路構成を示す図である。

[図7]図6の回路構成において、制御信号の遅れ位相角を変化させたときの、電力の供給方向等を説明するためのグラフを示す図である。

[図8]本発明の実施形態1の変形例に係る電力変換装置の回路構成を示す図である。

[図9]本発明の実施形態2の変形例に係る電力変換装置の回路構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 本発明の実施形態に係る電力変換装置を図面を参照して説明する。

[0017] (実施形態1)

電力変換装置100は、図1に示すように、第1接続部101、第2接続部102、キャパシタC1、インダクタL1、磁気エネルギー回生スイッチ(以下、MERSという。)105、インダクタL2、制御装置110を備える。

[0018] 第1接続部101は、外部と接続される一对の端子等からなり、電流源11に接続される。電流源11は、電力の供給のみならず、電力が供給されることもできる。つまり、電流源11は、負荷としても機能する。電流源11では、電力の供給方向によって(つまり、電流源11に電力を供給するか供給されるかによって)、電流の極性は変わらないが、電圧の極性は変わりうる。電流源11は、超電導電力貯蔵装置(SMES : Supercond

uctive Magnetic Energy Storage) である。
SME Sは、低電圧で高電流の電力を供給する低電圧高電流直流電源である。

[0019] 第2接続部102は、外部と接続される一对の端子等からなり、電圧源13に接続される。電圧源13は、電力の供給のみならず、電力が供給されることもできる。つまり、電圧源13は、負荷としても機能する。電圧源13では、電力の供給方向によって（つまり、電圧源13に電力を供給するか供給されるかによって）、電圧の極性は変わらないが、電流の極性が変わりうる。電圧源13は、例えば、発電所の発電機、変電所の変圧器などに接続された直流母線である。直流母線には、例えば、売電などを目的として電力を供給できる。直流母線は、高電圧（例えば、50kV以上）で低電流の電力を供給する高電圧低電流直流電源である。

[0020] SME Sが供給する電力は、直流母線が供給する電力よりも、低電圧で、高電流である。

[0021] キャパシタC1は、その両端が第1接続部101に接続されている。つまり、キャパシタC1は、電流源11（第1接続部101）と並列に接続される。

[0022] インダクタL1は、チョークコイル等からなる。インダクタL1の一端は、第1接続部101の負極側（例えば、電流源11の負極側に接続される負極端子）及びキャパシタC1に接続され、他端はMERS105に接続されている。

[0023] MERS105は、接続点N1乃至N4、逆導通型スイッチSW1、ダイオードD2、ダイオードD3、逆導通型スイッチSW4、キャパシタCM、を備える。

[0024] 接続点N1には、インダクタL1の他端が接続されている。接続点N2は、第1接続部101の負極側に接続されている。接続点N3は、インダクタL2に接続されている。接続点N4は、第2接続部102の負極側（例えば、電圧源13の負極側に接続される負極端子）に接続されている。

- [0025] 逆導通型スイッチSW1は、並列に接続された、スイッチ部（スイッチング素子の部分）S1とダイオード部（ダイオードの部分）D1とから構成されている。逆導通型スイッチSW1は、本実施形態では、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）である。例えば、スイッチ部S1は、IGBTの自己消弧型素子の部分であり、ダイオード部D1は、IGBTの寄生ダイオードの部分である。
- [0026] スイッチ部S1は、ゲート（制御端子）G1を備える。ゲートG1には、制御装置110から制御信号（ゲート信号）である、オン信号又はオフ信号のいずれかが供給される。
- [0027] スイッチ部S1は、ゲートG1に制御信号のうちのオン信号が供給されるとオンする。スイッチ部S1のオンは、逆導通型スイッチSW1のオンでもある。スイッチ部S1は、オンすると、導通状態になり、ダイオード部D1の両端を短絡させる。つまり、逆導通型スイッチSW1は、オン信号が供給されてオンしたときに、導通状態になる。
- [0028] また、スイッチ部S1は、ゲートG1に制御信号のうちのオフ信号が供給されるとオフする。スイッチ部S1のオフは、逆導通型スイッチSW1のオフでもある。スイッチ部S1は、オフすると、非導通状態になる。つまり、逆導通型スイッチSW1は、オフ信号が供給されてオフしたときに、ダイオード部D1として機能する。つまり、逆導通型スイッチSW1は、オンしたときに導通状態になり、オフしたときにダイオードとして機能する。
- [0029] 逆導通型スイッチSW1は、ダイオード部D1のアノードが接続点N1に接続され、カソードが接続点N3に接続される向きで、接続点N1と接続点N3との間に接続されている。
- [0030] 逆導通型スイッチSW4は、逆導通型スイッチSW1と同じ構成を有する。スイッチ部S4は、スイッチ部S1に対応し、ゲートG4は、ゲートG1に対応し、ダイオード部D4は、ダイオード部D1に対応する。そして、逆導通型スイッチSW4は、逆導通型スイッチSW1と同様に、制御信号のうちのオン信号の供給によってオンしたときに導通状態になり、制御信号のう

ちのオフ信号の供給によってオフしたときにダイオード部D4（ダイオード）として機能する。逆導通型スイッチSW4は、ダイオード部D4のアノードが接続点N4に接続され、カソードが接続点N2に接続される向きで、接続点N2と接続点N4との間に接続されている。

[0031] ダイオードD2及びダイオードD3は、それぞれ、逆導通型スイッチとは独立した、単独の素子から構成されている。ダイオードD2は、アノードが接続点N4に接続され、カソードがN1に接続されている。ダイオードD3は、アノードがN2に接続され、カソードが接続点N3に接続されている。

[0032] キャパシタCMは、両端が接続点N3及び接続点N4に接続されている。キャパシタCMは、逆導通型スイッチSW1及び逆導通型スイッチSW4のオン・オフの切り替わりに応じて、インダクタL1に発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとして蓄えたり放出したりする。つまり、キャパシタCMは、前記の磁気エネルギーを静電エネルギーとして回生するために使用される。

[0033] インダクタL2は、チョークコイル等からなる。インダクタL1の一端は、MERS105（接続点N3）に接続され、他端は、第2接続部102の正極側（例えば、電圧源13の正極側に接続される正極端子）に接続されている。

[0034] 制御装置110は、MERS105を制御する。制御装置110は、後述の処理を行うことが可能な所定の回路等によって構成される。例えば、制御装置110は、CPU（Central Processing Unit）111と、RAM（Random Access Memory）112と、ROM（Read Only Memory）113と、入出力部114と、を備える。

[0035] CPU111は、ROM113が記憶するプログラムに従って、制御装置110が行う下記処理を実行する。RAM112は、CPU111のメインメモリとして機能する。ROM113は、プログラムや、下記処理中にCPU111に使用される各種データを記憶する。CPU111は、下記処理

を、ROM 113が記憶するデータを適宜用いて行うものとする。入出力部 114は、各種ポートから構成され、MERS 105の逆導通型スイッチSW 1及びSW 4等に接続されている。制御装置 110に入出力される制御信号等は、入出力部 114を介して、CPU 111に入出力される。ROM 113、RAM 112等は、適宜、他の記憶装置（フラッシュメモリ等）に変更出来る。

[0036] 制御装置 110は、ゲートG 1及びG 4それぞれに制御信号を供給し、逆導通型スイッチSW 1及びSW 4それぞれのオンとオフとを切り替えることによって、MERS 105を制御する。

[0037] ここで、図 1の回路は、例えば、下記のような回路条件を取り得る。

- (1) キャパシタCMの静電容量：4 μ F
- (2) インダクタL 1のインダクタンス：1 mH
- (3) キャパシタC 1の静電容量：100 μ F
- (4) 電流源 11のインダクタンス：100 H、電流源 11の初期電流値：10 A
- (5) インダクタL 2：10 mH
- (6) 電圧源の出力電圧：500 kV

[0038] 制御装置 110は、オン信号とオフ信号とが繰り返される制御信号を逆導通型スイッチSW 1及びSW 4に供給する。制御装置 110は、逆導通型スイッチSW 1及びSW 4に同じ制御信号を供給することで、逆導通型スイッチSW 1のオン・オフと逆導通型スイッチSW 4のオン・オフとを同期させて切り替えるものとする。ここでは、この制御信号の周波数（オン信号の切り替え時の周波数）を2000 Hz、制御信号の各オン信号の期間を115 μ 秒とする。

[0039] 上記回路条件（制御信号についての条件も含む。）での回路動作における、キャパシタCMの電圧値V_c、制御信号の電圧値V_g、インダクタL 2の電流値I_{dc}、キャパシタC 1の電圧値V_{curr}を図 2に示す。

[0040] 図 2を参照すると、制御信号がオフ信号になると、つまり、逆導通型スイ

ッチSW1及びSW4をオフにすると、キャパシタCMの電圧値 V_c が上昇しているため、キャパシタCMが充電されていることが分かる。また、制御信号がオン信号になると、つまり、逆導通型スイッチSW1及びSW4をオンにすると、キャパシタCMの電圧値 V_c が下降しているため、キャパシタCMが放電されていることが分かる。このように、キャパシタCMは、逆導通型スイッチSW1及びSW4のオンとオフとの切り替わりに応じて、充放電される。このとき、インダクタL1に発生する磁気エネルギーは、静電エネルギー（電荷）としてキャパシタCMに蓄えられて（充電されて）放出される（放電される）。つまり、インダクタL1に発生する磁気エネルギーは、磁気エネルギー回生スイッチ105のキャパシタCMの充放電によって回生されることになる。

[0041] インダクタL2の電流値 I_{dc} は、逆導通型スイッチSW1及びSW4のオンとオフとの切り替わりに応じて、周期的に変動しているが、その平均値は、 -0.77 kA になっている。インダクタL2の電流値 I_{dc} は、電圧源13の正極から電流が流れる方向を負の値としているため、電流は、電圧源13から電流源11に流れ込んでいる。シミュレーション結果によると、電流源11は毎秒平均 365 MW の電力で充電されている。

[0042] なお、キャパシタC1の電圧値 V_{curr} は、略一定であるが、負の値をとっている。電圧値 V_{curr} は、電流源11が電力供給を行うときに正の値をとるように設定されているため、このことから電流源11は充電されていることが分かる。

[0043] 次に、上記条件のうち、制御信号の各オン信号の期間を $105\ \mu\text{s}$ に変更した場合の回路動作における、キャパシタCMの電圧値 V_c 、制御信号の電圧値 V_g 、インダクタL2の電流値 I_{dc} 、キャパシタC1の電圧値 V_{curr} を図3に示す。

[0044] 図3を参照すると、制御信号がオフ信号になると、つまり、逆導通型スイッチSW1及びSW4をオフにすると、キャパシタCMの電圧値 V_c が上昇した後わずかに下降しているため、キャパシタCMが充電された後わずかに

放電していることが分かる。また、制御信号がオン信号になると、つまり、逆導通型スイッチSW1及びSW4をオンにすると、キャパシタCMの電圧値 V_c がさらに下降しているのので、キャパシタCMがさらに放電されていることが分かる。このように、キャパシタCMは、図2の回路動作の場合と同様、逆導通型スイッチSW1及びSW4のオンとオフとの切り替わりに応じて、キャパシタCMは充放電される。このときも図2の場合と同様に、インダクタL1に発生する磁気エネルギーは、キャパシタCMの充放電によって回生されることになる。

[0045] インダクタL2の電流値 I_{dc} は、逆導通型スイッチSW1及びSW4のオンとオフとの切り替わりに応じて、周期的に変動しているが、その平均値は、+0.7kAになっている。このため、図2の場合とは逆に、この場合の電流は、電流源11から電圧源13に流れ込んでいる。シミュレーション結果によると、電流源11は毎時平均385MWの電力で充電されている。

[0046] なお、キャパシタC1の電圧値 V_{curr} は、略一定であるが、正の値をとっている。電圧値 V_{curr} は、電流源11が電力供給を行うときに正の値をとるように設定されているので、このことから電流源11には電力が供給されていることが分かる。

[0047] 図2及び図3を比較すると、制御信号のオン期間を115 μ 秒から105 μ 秒に変更するのみで、キャパシタC1の電圧値 V_{curr} の正負とインダクタL2の電流値 I_{dc} の平均値の正負とが逆転しているのので、電力の供給方向を変更する（逆にする）ことが出来ることが分かる。このとき、電流源11から電圧源13に電力を供給する場合には昇圧が行われ、一方、電圧源13から電流源11に電力を供給する場合には降圧が行われている。

[0048] 図2の回路動作における逆導通型スイッチSW1に流れる電流値 I （SW1）と、逆導通型スイッチSW1に印加される電圧値 V （SW1）と、制御信号の電圧値 V_g と、の関係を図4に示す。なお、逆導通型スイッチSW4に流れる電流及び印加される電圧も逆導通型スイッチSW1と同様である。

[0049] 図4に示すように、制御信号がオフ信号からオン信号に切り替わるタイミ

ングでは、電流値 I (SW1) は 0 になっている。つまり、逆導通型スイッチ SW1 がオンに切り替わるタイミングにおいて、逆導通型スイッチ SW1 には電流が流れていない。また、制御信号がオン信号からオフ信号に切り替わるタイミングでは、電圧値 V (SW1) は 0 になっている。つまり、図 2 及び図 3 を参照すると分かるように、制御信号のオン信号の期間においてキャパシタ CM の放電は完了しており、逆導通型スイッチ SW1 がオフに切り替わるタイミングにおいて、逆導通型スイッチ SW1 に電圧は印加されていない。このような回路動作により、MERS105 ではソフトスイッチングが実現されている。そして、このようなソフトスイッチングによって、スイッチング損失等の軽減が実現される。

[0050] また、逆導通型スイッチ SW1 がオンに切り替わった後には、電流値 I (SW1) は緩やかに上昇している。つまり、キャパシタ CM の放電が或る期間をかけて緩やかに行われている (図 2 等を参照)。また、逆導通型スイッチ SW1 がオフに切り替わった後には、電圧値 V (SW1) は緩やかに上昇している。つまり、キャパシタ CM の充電が或る期間をかけて緩やかに行われている (図 2 等を参照)。これら電流・電圧の緩やかな変化は、インダクタ $L1$ とキャパシタ CM との共振による。また、この緩やか変化によって、例えば、逆導通型スイッチ SW1 及び SW4 が複数の素子を直列や並列に接続されて一つのスイッチを構成している場合、そのうちのいずれかの素子のオン又はオフのタイミングがずれたとしても、その素子に大きな電流が突然流れたり、大きな電圧が突然印加されたりすることが防止され、MERS105 内の素子は保護される。このような効果は、本実施形態のように、電圧源 13 が高電圧を出力する場合には特に有効である。

[0051] 上記図 2 乃至図 4 における条件 (上記各値) は、あくまで一例であり、適宜変更が可能である。特に、下記を満たすように、前記条件を変更できる。

[0052] 放電期間や充電期間は、キャパシタ CM の静電容量とインダクタ $L1$ のインダクタンスとの関係に依存するので、上記のソフトスイッチングが実現されるように、制御信号のオン信号、オフ信号の期間、キャパシタ CM の静電

容量、及び、インダクタL1のインダクタンスを決定するとよい。また、キャパシタCMの充電及び放電が上記のように緩やかな速度で行われるように、キャパシタCMの静電容量、及び、インダクタL1のインダクタンスを決定するとよい。

[0053] なお、上記のような条件（図2乃至図4における条件）では、インダクタL2は、インダクタL1よりも十分大きなインダクタンスを有している。これによって、コンデンサCMの充放電は、インダクタL1との共振が支配的になる。従って、インダクタL2は、インダクタL2と直列に接続された電圧源13とともに電流源のような振る舞いをする事が出来る。インダクタL2は、このような振る舞いが出来るように、インダクタL1よりも大きなインダクタンスを有するようにするとよい。

[0054] 上記のような条件（図2乃至図4における条件）では、キャパシタC1とインダクタL1とは、電流源11に流れ込む電流を平滑化する平滑フィルタを構成する。特に、キャパシタC1は、キャパシタCMよりも十分大きな静電容量になっているので、電流源11の充電時には電流源11に高電圧が印加されることが防止される。本実施形態では、電流源11はSMESであり、超伝導コイルを備えるが、その超伝導コイルは耐電圧が低い（つまり、電流源11の耐電圧が低いともいえる。）。しかし、上記のように、キャパシタC1の静電容量が大きいため、電流源11の充電時には電流源11に高電圧（つまり、耐電圧より高い電圧が印加される）が印加されることが防止されるので、超伝導コイルを保護することができる。このように、キャパシタC1の静電容量は、電流源11に耐電圧より高い電圧が印加されることを防止する、キャパシタCMの静電容量よりも大きな値にするとよい。

[0055] ここで、制御信号のオン期間の長さを変化させた場合の、電流源11（SMESの超伝導コイル）に流れる電流 I_{coil} 、キャパシタCMの電圧値 V_c 、電流源11（SMESの超伝導コイル）の電圧 V_{coil} 、制御信号の電圧値 V_g （逆導通型スイッチSW4への制御信号の電圧値）、電流源11が供給する又は供給される電力値 W_{smes} （マイナスの場合には、電流源1

1が充電される。)、電圧源13が供給する又は供給される電力値 W_{hvdc} (マイナスの場合には、電流源11が充電される。)、を図5に示す。図5において、回路の条件は、図2等の場合と同じである。図5では、制御装置110は、0.1 μ 秒まで、逆導通型スイッチSW1にオフ信号の制御信号を供給することで逆導通型スイッチSW1をオフにし続ける一方で逆導通型スイッチSW4にオン信号の制御信号を供給することで、逆導通型スイッチSW4をオンにし続ける。制御装置110は、0.01秒以降では、逆導通型スイッチSW1及びSW4に同じ内容の制御信号(オン信号とオフ信号を交互に切り替わる信号)を供給している。0.01秒以降0.05秒までは、制御信号のオン信号の期間であるオン期間は115 μ 秒であり、その後(0.05秒後)では、105 μ 秒に切り替わっている。

[0056] 図5を参照すると、制御信号のオン期間の長さの変化によって、電力の供給方向が逆転していることが分かる。なお、電力値 W_{smes} と電力値 W_{hvdc} とは、電力の受給の関係にあるので、略同様の値(波形)になっている。なお、電流値 $|c_{oi}|$ を参照すると、0.01秒以降0.05秒までは、電流源11の充電が行われているので電流値 $|c_{oi}|$ は増加し、それ以降では電流源11から電流が流れ出るので電流値 $|c_{oi}|$ が減少している。

[0057] 以上のように、本実施形態では、制御信号のオン期間の長さを変化させることによって、電力の供給方向を変更する事が出来る。これは、電圧源13が電流源11よりも高電圧(ピーク又は平均電圧が高いことをいう。)の電圧源の場合に有効である。

[0058] (実施形態2)

実施形態2では、実施形態1の電流源11が交流電源15とサイリスタ変換器(複数のサイリスタによって構成されている部分)16とインダクタL3とを含むように構成されている(図6参照)。他の構成は、実施形態1と同様である。交流電源15は、電力が供給されることが可能な電源である。なお、以下では、実施形態1と異なる部分を中心に説明し、実施形態1と同じ部分の説明は適宜省略する。図6では、実施形態1のものに対応するもの

については、同じ符号を付している（図8や図9についても同じ。）。

- [0059] 交流電源15は三相交流電源を構成し、U相の交流電圧、V相の交流電圧、W相の交流電圧を出力する。交流電源15は、等価回路的に、三つの交流電源と、三つの交流電源それぞれに直列に接続された三つのインダクタと、を含む。
- [0060] サイリスタ変換器16は、交流電源15に接続され、交流電源15が出力する交流電圧に応じて複数のサイリスタを備える。本実施形態では、サイリスタ変換器16は、三相交流（U相、V相、W相）それぞれの正負に対応して配置されたサイリスタ16A乃至16Fを備える。
- [0061] また、電流源11は、インダクタL3も備える。インダクタL3は、サイリスタ変換器16と第1接続部101の負極側との間に接続されている。インダクタL3は、インダクタL1よりも十分大きなインダクタンスを有し、交流電源15、サイリスタ変換器16とともに電流源11として振る舞う。つまり、インダクタL3と交流電源15とサイリスタ変換器16とは、電流源11の構成要素になっている。
- [0062] 制御装置110は、実施形態1と同様に、MERS105の逆導通型スイッチSW1及びSW4のオン・オフの切り替えを制御する。さらに、制御装置110は、サイリスタ変換器16も制御する。具体的には、制御装置110は、U相の交流電圧の正の期間にサイリスタ16Aをオンし、U相の交流電圧の負の期間にサイリスタ16Bをオンする。また、制御装置110は、V相の交流電圧の正の期間にサイリスタ16Cをオンし、V相の交流電圧の負の期間にサイリスタ16Dをオンする。また、制御装置110は、W相の交流電圧の正の期間にサイリスタ16Eをオンし、W相の交流電圧の負の期間にサイリスタ16Fをオンする。制御装置110は、サイリスタ16A乃至16Fそれぞれに、制御信号であるオン信号を供給することによって、サイリスタ16A乃至16Fそれぞれをオンするが、その後、すぐに制御信号であるオフ信号を供給する。つまり、オン信号は、単発のパルス信号である。そして、制御装置110は、上記オンするタイミング（オン信号の供給タ

イミング)を、各交流電圧のゼロ交差時から所定の位相角だけ遅れたタイミング(以下、遅れ位相角という。)とするが、前記制御装置110は電力の供給方向に応じて遅れ位相角を変化させることが出来る。各サイリスタは、オフ信号の供給があってもオンし続け、各交流電圧のゼロ交差時(オンの後に初めて到来するゼロ交差時)にオフに切り替わる。

[0063] ここで、図6の回路は、例えば、下記のような回路条件を取り得る。

- (1) キャパシタCMの静電容量：4 μ F
- (2) インダクタL1のインダクタンス：1 mH
- (3) キャパシタC1の静電容量：100 μ F
- (4) 交流電源15の出力電圧の周波数：50 Hz
- (5) 交流電源15の出力電圧：66 kV
- (6) インダクタL2：20 mH
- (7) 電圧源13の出力電圧：500 kV
- (8) インダクタL3：500 mH
- (9) 交流電源15の各インダクタのインダクタンス：1.5 mH

[0064] 制御装置110は、オン信号とオフ信号とが繰り返される制御信号を逆導通型スイッチSW1及びSW4に供給する。制御装置110は、逆導通型スイッチSW1及びSW4に同じ制御信号を供給することで、逆導通型スイッチSW1のオン・オフと逆導通型スイッチSW4のオン・オフとを同期させて切り替えるものとする。ここでは、この制御信号の周波数(オン信号の切り替え時の周波数)を2000 Hz、制御信号の各オン信号の期間を120 μ 秒とする。

[0065] 制御装置110は、サイリスタ変換器16のサイリスタ16A乃至16Fに供給する各制御信号の遅れ位相角(オン信号についての遅れ位相角であり、オン信号の供給タイミングとも言える。)を制御する。例えば、制御装置110は、遅れ位相角を120°から60°に切り替える。なお、遅れ位相角は、各制御信号について同じである。例えば、各制御信号についての遅れ位相角が60°の場合には、サイリスタ16Aに供給される制御信号では、

U相の交流電圧における負の期間から正の期間に切り替わるゼロ交差時から 60° でオン信号に切り替わり、サイリスタ16Bに供給される制御信号では、U相の交流電圧における正の期間から負の期間に切り替わるゼロ交差時から 60° でオン信号に切り替わり、サイリスタ16Eに供給される制御信号では、W相の交流電圧における正の期間から負の期間に切り替わるゼロ交差時から 60° でオン信号に切り替わる。

[0066] 上記回路条件（制御信号についての条件も含む。）で回路を動作させたときの、交流電源15から流れ出るU相、V相、W相の各電流値 $I(U)$ 、 $I(V)$ 、 $I(W)$ と、インダクタL3に流れる電流 I_{dcin} と、キャパシタC1の電圧値 V_c と、電圧源13の電圧値 V_{load} と、電流源11に入出力される電圧値 V_{dcin} （負の値の場合には電流源11に電力が供給され、正の値の場合には電圧源13に電力が供給されている。）と、電流源11が供給する電力値 $W1$ （負の値の場合には電流源が充電されていることを示す。）と、電圧源13に供給される電力値 $W2$ （負の値の場合には電圧源13が電力を供給していることを示す。）と、サイリスタ変換器16の各サイリスタに供給する各制御信号の遅れ位相角（各遅れ位相角は共通である。）と、を図7に示す。なお、制御装置110は、遅れ位相角を、0.15秒後のタイミングで、 120° から 60° に切り替える。

[0067] インダクタL3に流れる電流値 I_{dcin} は、三相交流の各電流値 $I(U)$ 、 $I(V)$ 、 $I(W)$ が合わさったものであり、略一定になっている。電圧源13の電圧値 V_{load} も一定になっている。また、0.15秒のタイミングで遅れ位相角が 120° から 60° に切り替わると、電圧値 V_{dcin} 、電力値 $W1$ 、電力値 $W2$ の極性が反転していることから、電力の供給方向が変わっていることが分かる。具体的には、遅れ位相角が 120° の時には、電圧源13から電流源11に電力が供給され、電流源11（交流電源15）が充電される。一方で、遅れ位相角が 60° の時には、電流源11から電圧源13に電力が供給される。

[0068] 以上のように、本実施形態では、サイリスタ変換器16に供給される制御

信号の遅れ位相角を変化させることによって、MERS105に供給する制御信号のオン期間の長さを変化させなくても、電力の供給方向を変更する事が出来る。また、実施形態1と同様に、MERS105におけるソフトスイッチング等も実現される。このため、実施形態1で説明した効果は本実施形態でも適宜得られる。もちろん、さらにMERS105に供給する制御信号のオン期間の長さを変化させてもよい。なお、交流電源15は、単相交流電源等の他の電源であってもよく、このような場合であっても、制御信号の遅れ位相角を変化させることによって、電力の供給方向を変更する事が出来る。この場合には、サイリスタ変換器16のサイリスタの接続構成やサイリスタの数等も交流電源に併せて適宜変更するとよい。

[0069] なお、本発明は、本発明の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施形態や変形例は、本発明の実施例を説明するためのものであり、本発明の範囲を限定するものではない。以下に上記実施形態の変形例を例示する。

[0070] (変形例)

上記で説明した各種逆導通型スイッチ等は、ダイオード（ダイオード部）とスイッチング素子（スイッチ部）とを並列に組み合わせた複数の素子からなってもよいし、Nチャンネル型シリコンMOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）等の、スイッチ部とダイオード部とを有するIGBT以外の逆導通型半導体スイッチであってもよい。但し、Nチャンネル型シリコンMOSFETは、一般的にIGBTに比べ耐電圧が低い。

[0071] また、上記の回路構成は、適宜変更可能である。例えば、ダイオードD2又はD3は、逆導通型スイッチのダイオード部であってもよい。この場合には、制御装置110は、逆導通型スイッチにオフ信号の制御信号を供給して、逆導通型スイッチをダイオードD2又はD3として機能させる。制御装置110は、MERS105を動作させているときにおいてダイオードD2又はD3に電流が流れる期間だけ、逆導通型スイッチにオン信号の制御信号を

供給して、この逆導通型スイッチを導通状態にしてもよい。このような場合、電流の流れる経路が増え、電流の損失が減る。また、電流源 11 は、他の電流源であってもよく、定電流源でなくてもよく、低電圧でなくてもよい。電圧源 13 は、他の電圧源であってもよく、定電圧源でなくてもよく、高電圧でなくてもよい。但し、この場合には、後述のフィードバック制御が行われることが望ましい。

[0072] また、制御装置 110 の少なくとも一部は、プログラムを必要としない専用の電子回路 (ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等) によって構成されてもよい。

[0073] 上記実施形態 1 及び実施形態 2 では、制御装置 110 は、MERS 105 に供給する制御信号のオン期間 (実施形態 1) の長さ、又は、サイリスタ変換器 16 の遅れ位相角など (実施形態 2) を制御することによって、電圧源 13 から電流源 11 に電力が供給される電力量と、電流源 11 から電圧源 13 に電力が供給される電力量と、の需給バランスを調整することができる。そして、これにより電力の供給方向を変更することが可能であるので、制御装置 110 は、電圧源 13 が発生させる電圧を維持するように、上記オン期間の長さ又は遅れ位相角などを制御してもよい。例えば、図 8 及び図 9 に示すように、電力変換装置 100 内に電圧計などからなる電圧検出部 119 を電圧源 13 と並列になるように第 2 接続部 102 に接続する。そして、例えば、制御装置 110 は、電力検出部 119 が検出した電圧値 (電圧源 13 が発生させる電圧の電圧値であり、例えば、電気信号の形で制御装置 110 に供給される。) を取得し、取得した電圧値を予め設定された所定の閾値と比較する。そして、例えば、制御部は、電圧値が所定の閾値以上であれば、上記オン期間の長さ又は遅れ位相角などを制御して電流源 11 を充電するよう電力の供給方向を制御する。また、例えば、制御部は、電圧値が所定の閾値未満であれば、上記オン期間の長さ又は遅れ位相角などを制御して電圧源 11 を充電する (出力電圧を上昇させる) ように電力の供給方向を制御する。つまり、電力の供給方向を電流源 11 から電圧源 13 への方向にする。例え

ば、図2等の場合では、制御装置110はオン期間を105 μ 秒にし、図6等の場合では、制御装置110は遅れ位相角を60 $^{\circ}$ にする。このように、電圧源13が発生させる電圧に応じて、上記オン期間又は遅れ位相角などを制御することで、電力の供給方向を規定すれば、電圧源13の安定運転（電圧源13が発生させる電圧の電圧値が所定の基準値を下回らない状態に保つこと）に効果的である。これは、電圧源13が、実施形態1及び2のときのような、高電圧低電流直流電源などからなる場合に特に有効である。なお、上記所定の閾値は、例えば、制御装置110がROM113などの記憶装置によって予め記憶することで制御装置110に設定されるものとする。

[0074] 制御装置110は、上記回路内の所定位置の電圧値又は電流値を取得し、取得した電圧値又は電流値に基づいて、MERS105に供給される制御信号のオン期間の長さ、又は、サイリスタ変換器16に供給される制御信号の遅れ位相角を変化させてもよい。つまり、制御装置110は、フィードバック制御を行っても良い。

[0075] また、図9のように、三相交流の各相の電圧を検出する電圧検出部118U、118V、118Wを電力変換装置100内に配置し、かつ、三相交流電源15に接続する。そして、制御装置110は、電圧検出部118U、118V、118Wが検出した電圧値（各相の電圧の電圧値であり、例えば、電気信号の形で制御装置110に供給される。）を取得し、取得した電圧値に基づいて、各相の電圧の正負及び各相の電圧のゼロ交差時を特定し、特定したこれらに基づいて遅れ位相角に対応するタイミング（サイリスタ16A乃至16Fをそれぞれオンするタイミング）を特定し、特定したタイミングでオン信号を、該当するサイリスタ16A乃至16Fに供給してオンする。

[0076] また、制御装置110は、電力の供給方向の切り替えをユーザの操作に基づいて行っても良い。この場合、例えば、ユーザの操作を受け付ける入力部117（例えば、切り替えスイッチ、操作ボタンなど）が電力変換装置100に設けられ、入力部は、電力の供給方向を指定する操作（切り替えスイッチの切り替え、操作ボタンの押下）を受け付けると受け付けた操作を示す操

作信号を制御装置 110 に供給する。制御装置 110 は供給された操作信号が示す操作に応じて、この操作が指定する供給方向が実際の電力の供給方向になるように、MERS 105 に供給される制御信号のオン期間の長さ、又は、サイリスタ変換器 16 に供給される制御信号の遅れ位相角変化させる。例えば、電流源 11 を充電する指示を入力部が受け付けた場合、図 2 等の場合では、制御装置 110 はオン期間を 115 μ 秒にし、図 6 等の場合では、制御装置 110 は遅れ位相角を 120° にする。

符号の説明

[0077]	11	電流源
	13	電圧源
	15	交流電源
	16	サイリスタ変換器
	100	電力変換装置
	101	第1接続部
	102	第2接続部
	105	MERS
	110	制御装置
	SW1	逆導通型スイッチ
	SW4	第3逆導通型スイッチ
	CM	キャパシタ

請求の範囲

- [請求項1] 交流電源と前記交流電源に接続されたサイリスタとを備え、第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と、
第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と、
キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとして前記キャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、
前記サイリスタをオンにするタイミングを制御して前記サイリスタに流れる電流の流れる方向を制御する制御部と、を備え、
前記制御部は、前記サイリスタをオンにするタイミングを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給と前記第2の供給とのいずれかを行わせる、
ことを特徴とする電力変換装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンとオフとの切り替えをさらに制御するが、前記オンのデューティ比を一定にして、前記サイリスタをオンにするタイミングを変化させることによって、前記第1の供給と前記第2の供給とを切り替える、
ことを特徴とする請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンとオフとの切り替えをソフトスイッチングで行う、
ことを特徴とする請求項2に記載の電力変換装置。
- [請求項4] 前記制御部は、前記電圧源が発生させる電圧に応じて、前記サイリ

スタをオンにするタイミングを変化させる、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項5]

前記第 1 の接続部に並列に接続された平滑用キャパシタを更に備え

、
前記所定のインダクタは、前記コンデンサと前記磁気回生スイッチとの間に接続され、

前記平滑用キャパシタと前記所定のインダクタとによって、前記電流源の耐電圧よりも大きな電圧が前記電流源に印加されることを防止するための平滑フィルタが構成されている、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項6]

第 1 の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第 1 の接続部と、

第 2 の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第 2 の接続部と、

キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとしてキャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第 2 の電力に変換して前記電圧源に供給する第 1 の供給と前記電圧源からの電力を前記第 1 の電力に変換して前記電流源に供給する第 2 の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、

前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンとオフとの切り替えを制御することで、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第 1 の供給及び前記第 2 の供給を行わせる制御部と、を備え、

前記制御部は、前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンの期間の長さを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第 1 の供給と前記第 2 の供給とのいずれかを行わせる、

ことを特徴とする電力変換装置。

[請求項7] 前記制御部は、前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンとオフとの切り替えをソフトスイッチングで行う、

ことを特徴とする請求項6に記載の電力変換装置。

[請求項8] 前記制御部は、前記電圧源が発生させる電圧に応じて、前記オンの期間の長さを変化させる、

ことを特徴とする請求項6に記載の電力変換装置。

[請求項9] 前記第1の接続部に並列に接続された平滑用キャパシタを更に備え、

前記所定のインダクタは、前記コンデンサと前記磁気回生スイッチとの間に接続され、

前記平滑用キャパシタと前記所定のインダクタとによって、前記電流源の耐電圧よりも大きな電圧が前記電流源に印加されることを防止するための平滑フィルタが構成されている、

ことを特徴とする請求項6に記載の電力変換装置。

[請求項10] 交流電源と前記交流電源に接続されたサイリスタとを備え、第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と、

第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と、

キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとして前記キャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、を備える電力変換部を制御する電力変換制御装置であって、

前記サイリスタをオンにするタイミングを制御して前記サイリスタ

に流れる電流の流れる方向を制御する制御部を備え、

前記制御部は、前記サイリスタをオンにするタイミングを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給と前記第2の供給とのいずれかを行わせる、

ことを特徴とする電力変換制御装置。

[請求項11]

第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と、

第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と、

キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとしてキャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、を備える電力変換部を制御する電力変換制御装置であって、

前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンとオフとの切り替えを制御することで、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給及び前記第2の供給を行わせる制御部と、を備え、

前記制御部は、前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンの期間の長さを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給と前記第2の供給とのいずれかを行わせる、

ことを特徴とする電力変換制御装置。

[請求項12]

交流電源と前記交流電源に接続されたサイリスタとを備え、第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と、

第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と、

キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとして前記キャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、を備える電力変換部を用いた電力変換方法であって、

前記サイリスタをオンにするタイミングを制御して前記サイリスタに流れる電流の流れる方向を制御する制御ステップを備え、

前記制御ステップは、前記サイリスタをオンにするタイミングを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給と前記第2の供給とのいずれかを行わせるステップを含む、

ことを特徴とする電力変換方法。

[請求項13]

第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と、

第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と、

キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとしてキャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、を備える電力変換部を用いた電力変換方法であって、

前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンとオフとの切り替えを制御することで、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給

及び前記第2の供給を行わせる制御ステップを備え、

前記制御ステップは、前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンの期間の長さを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給と前記第2の供給とのいずれかを行わせるステップを含む、

ことを特徴とする電力変換方法。

[請求項14]

交流電源と前記交流電源に接続されたサイリスタとを備え、第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と、

第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と、

キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとして前記キャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、を備える電力変換部を制御するコンピュータに、

前記サイリスタをオンにするタイミングを制御して前記サイリスタに流れる電流の流れる方向を制御する制御ステップを行わせ、

前記制御ステップは、前記サイリスタをオンにするタイミングを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給と前記第2の供給とのいずれかを行わせるステップを含む、

ことを特徴とするプログラム。

[請求項15]

第1の電力が供給されることが可能な電流源と接続される第1の接続部と、

第2の電力が供給されることが可能な電圧源に接続される第2の接続部と、

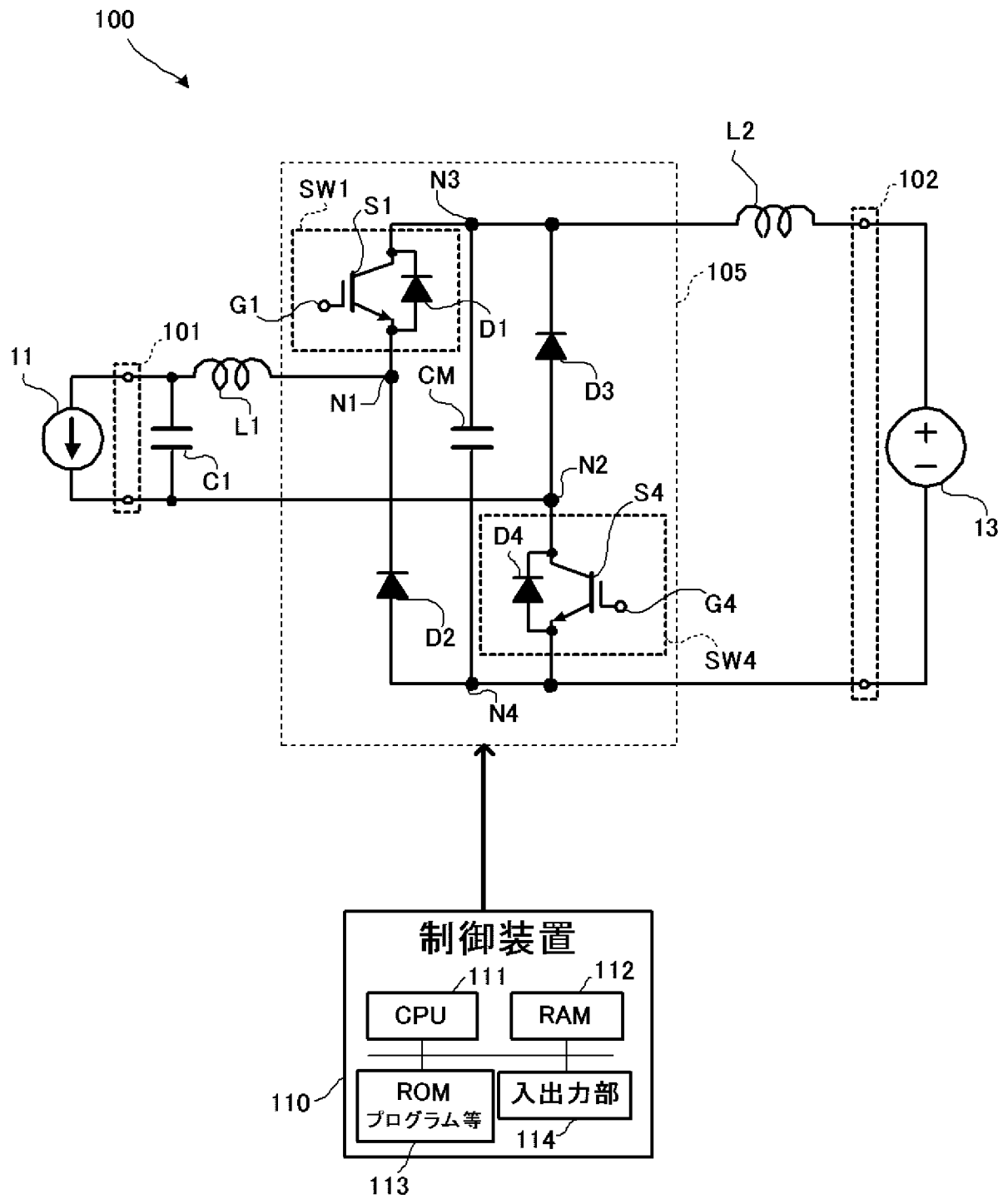
キャパシタと、前記キャパシタに接続された複数の逆導通型スイッチと、を備え、前記複数の逆導通型スイッチのオンとオフとの切り替わりによって、所定のインダクタに発生する磁気エネルギーを静電エネルギーとしてキャパシタに充放電させることによって前記電流源からの電力を前記第2の電力に変換して前記電圧源に供給する第1の供給と前記電圧源からの電力を前記第1の電力に変換して前記電流源に供給する第2の供給とのいずれかを行う磁気エネルギー回生スイッチと、を備える電力変換部を制御するコンピュータに、

前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンとオフとの切り替えを制御することで、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給及び前記第2の供給を行わせる制御ステップを行わせ、

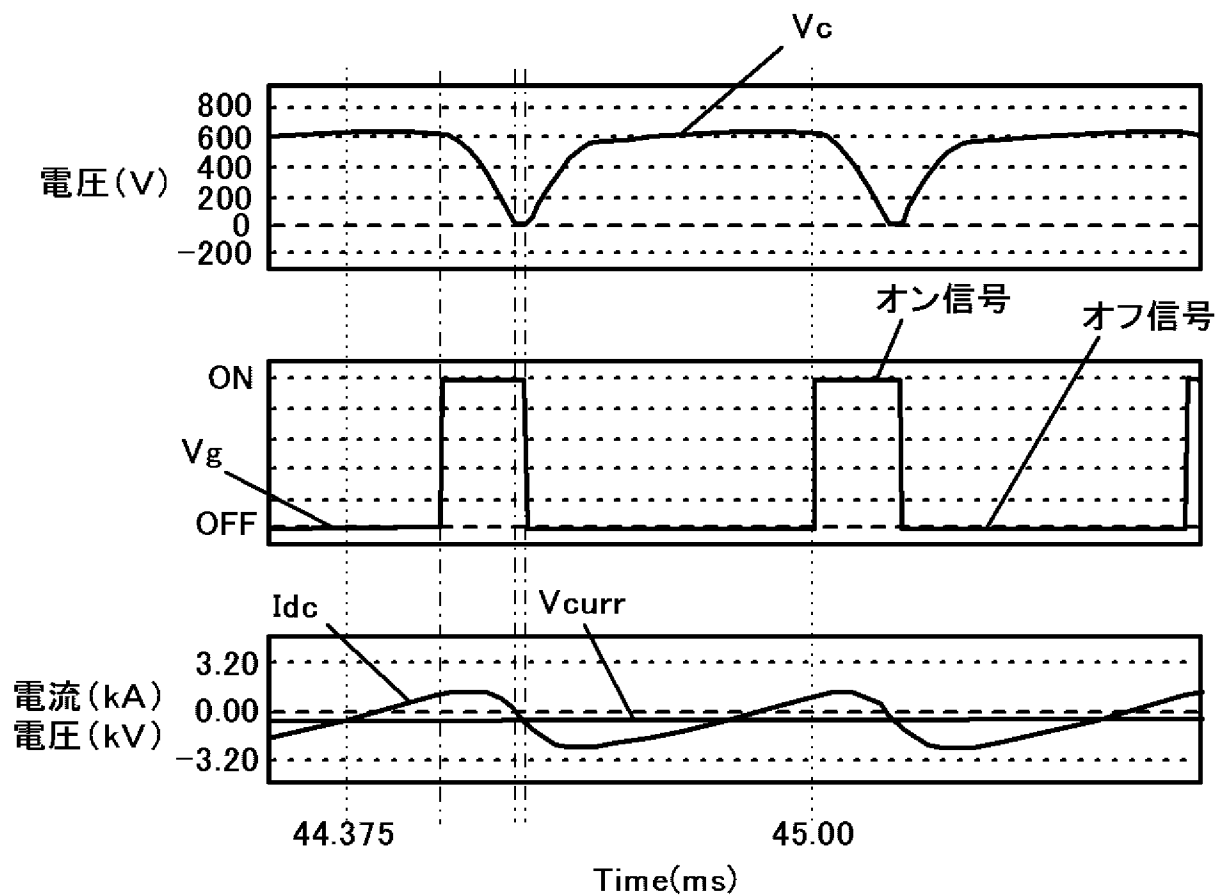
前記制御ステップは、前記複数の逆導通型スイッチそれぞれのオンの期間の長さを変化させることによって、前記磁気エネルギー回生スイッチに前記第1の供給と前記第2の供給とのいずれかを行わせるステップを含む、

ことを特徴とするプログラム。

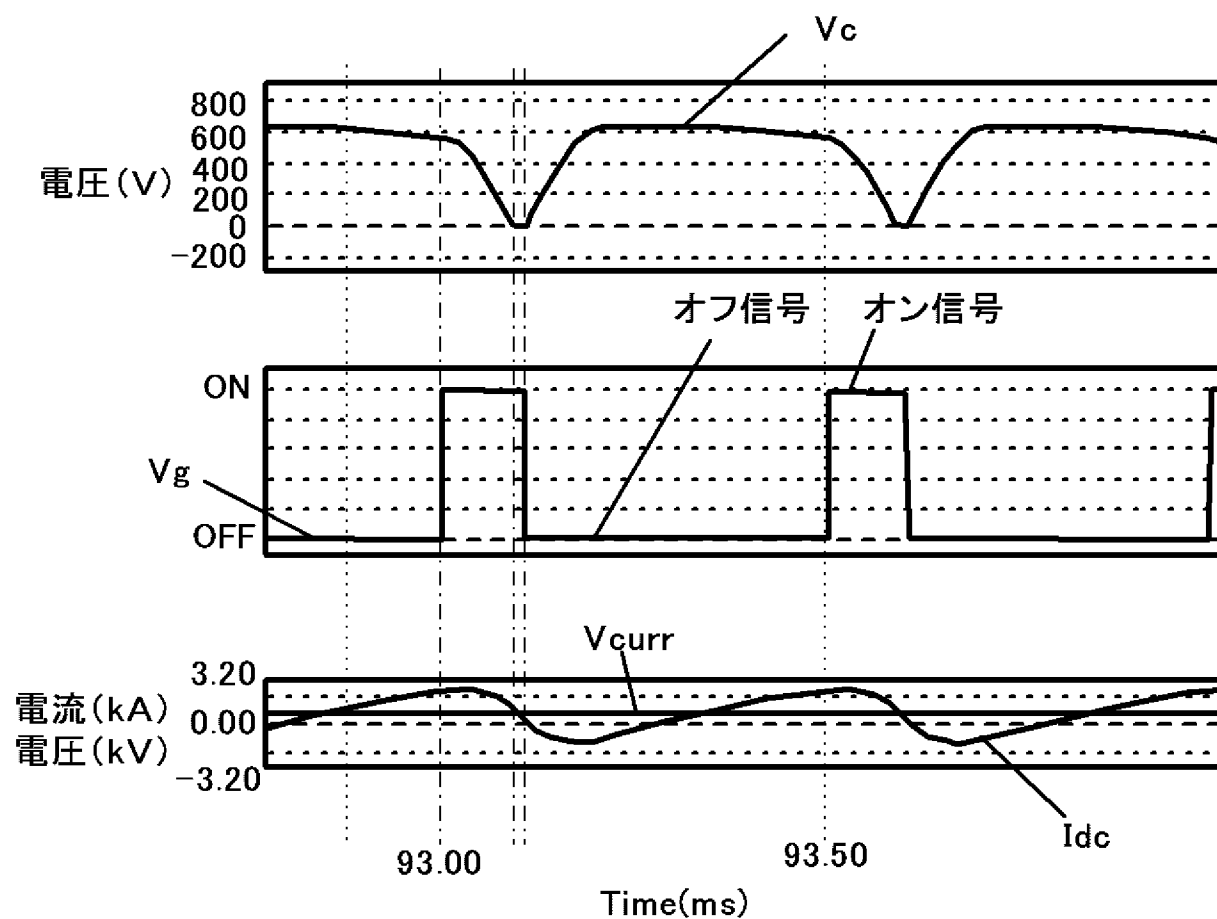
[図1]



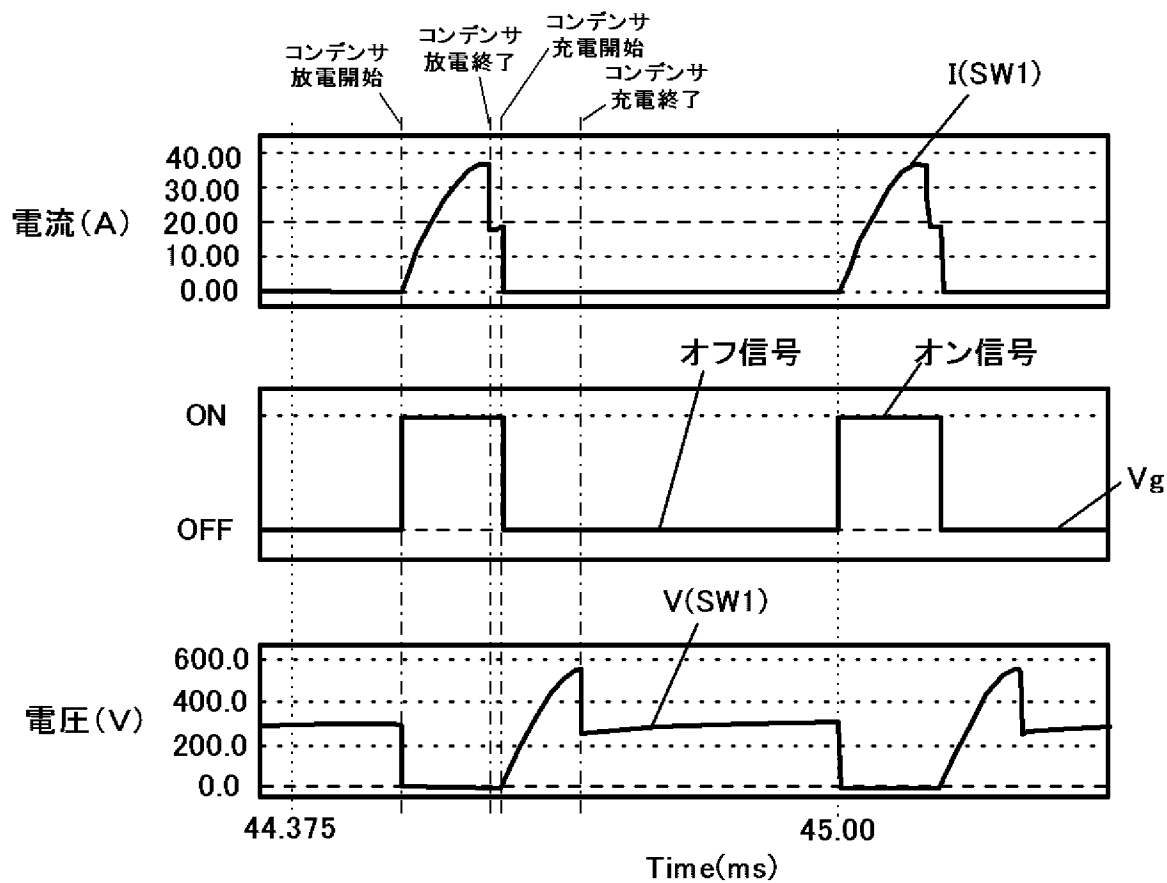
[図2]



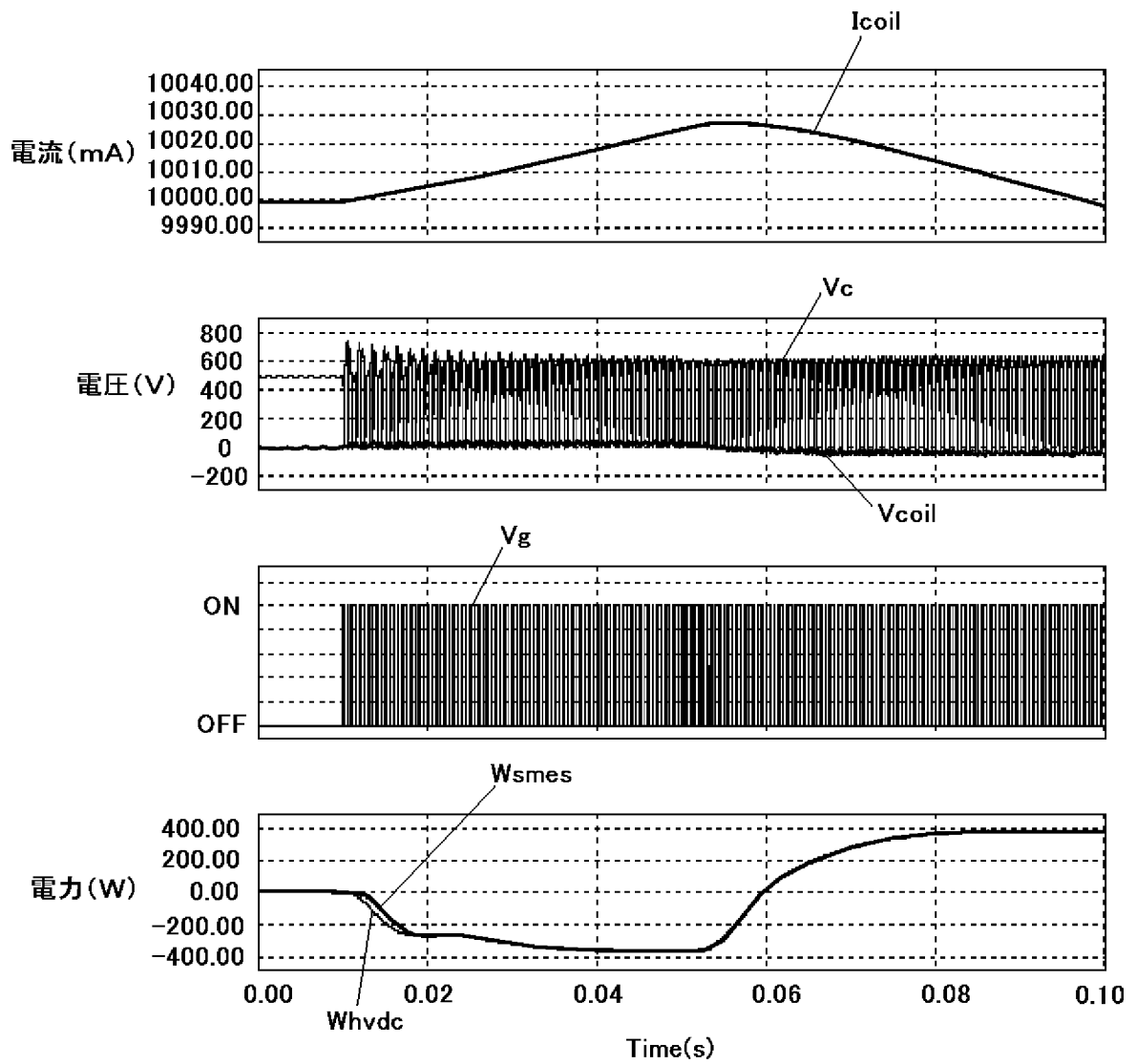
[図3]



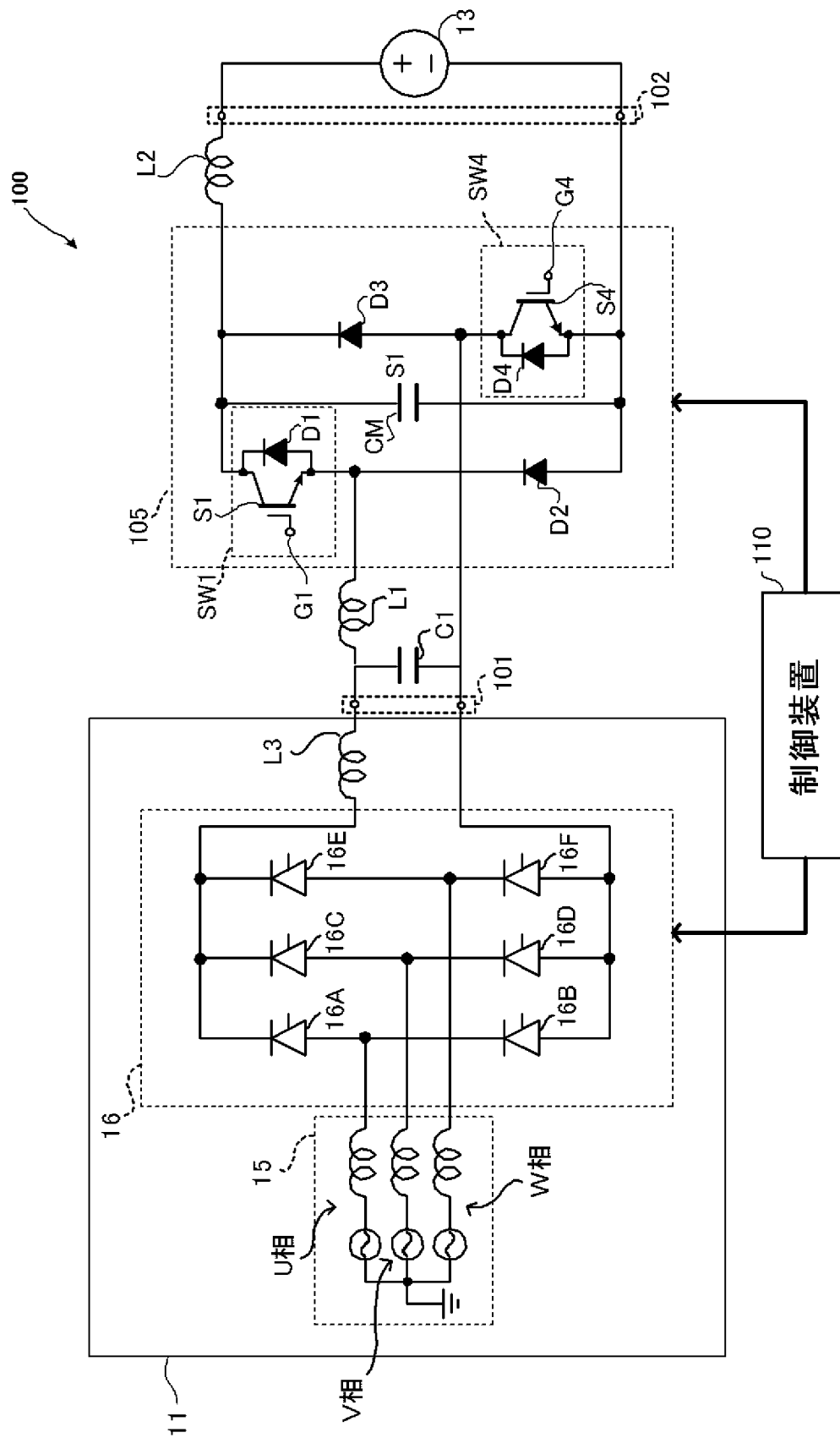
[図4]



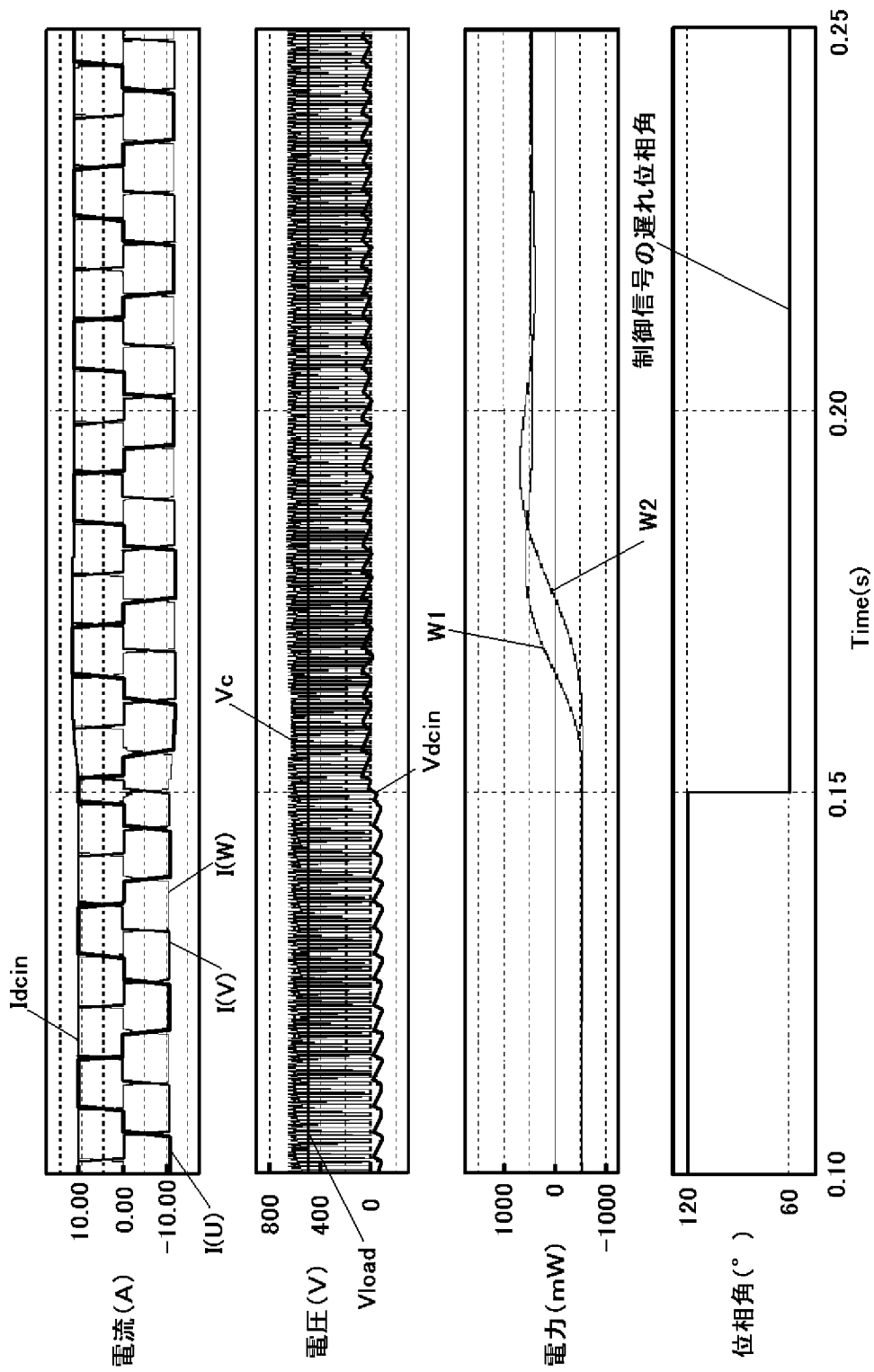
[図5]



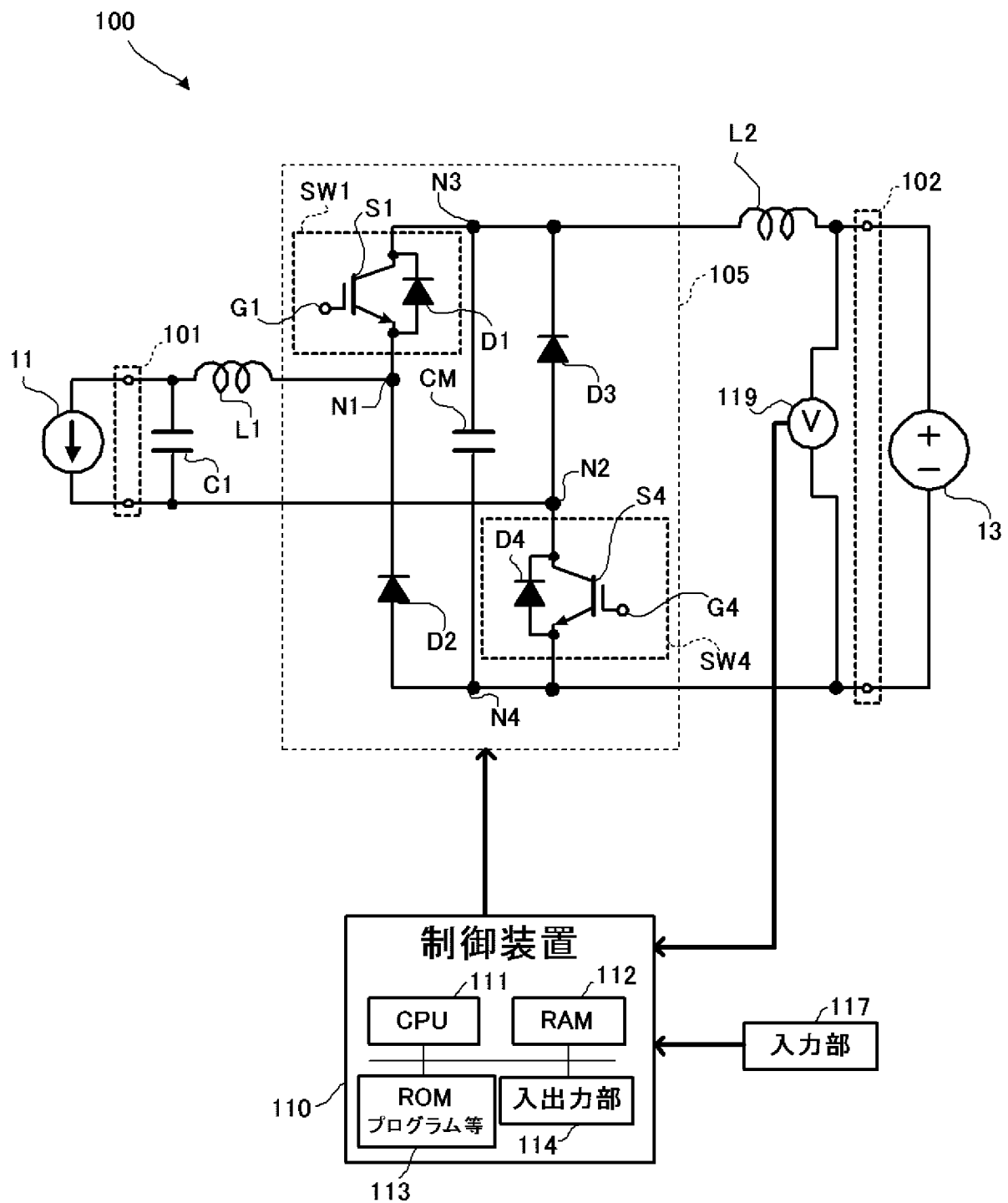
[図6]



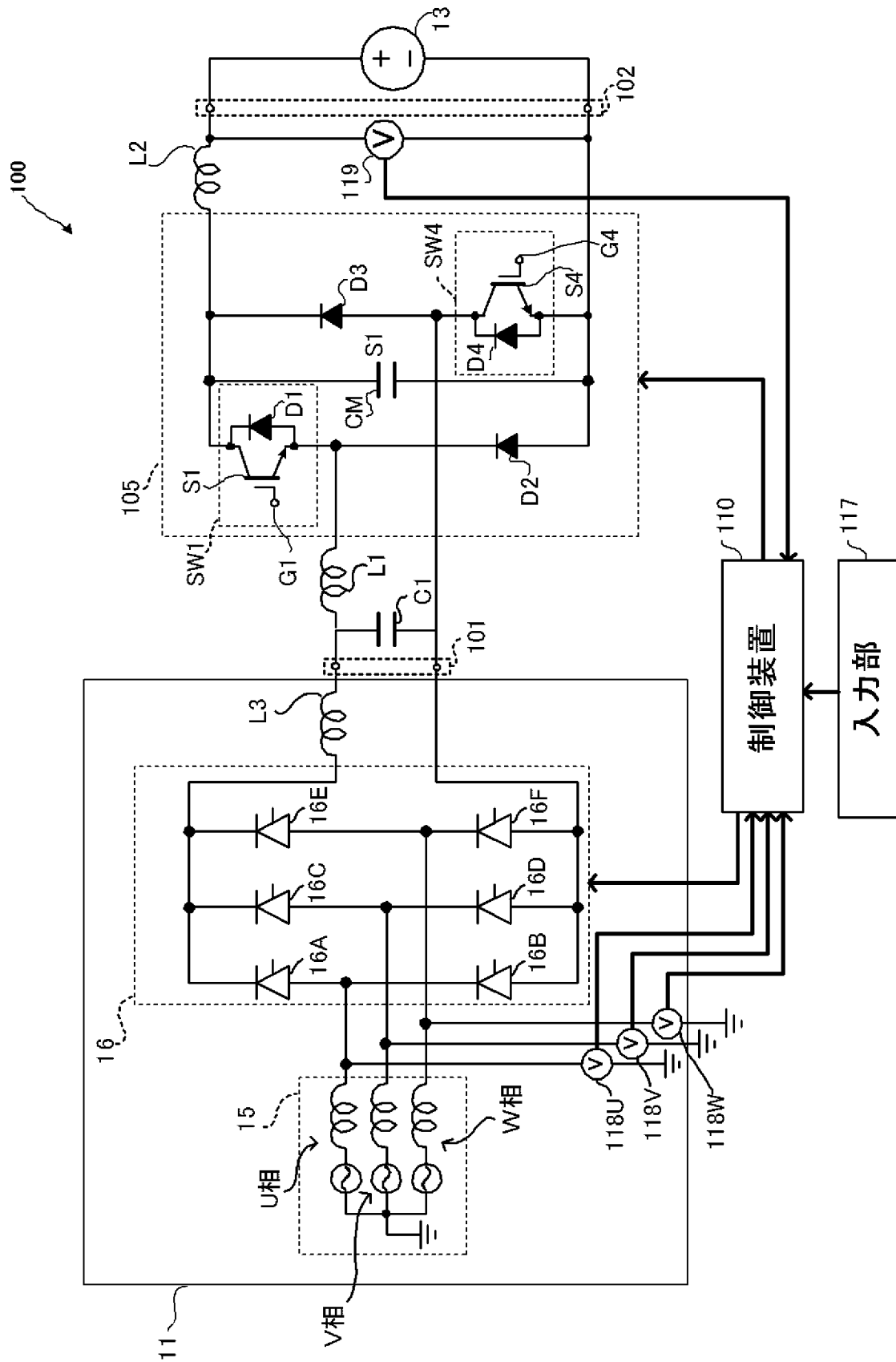
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/064589

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02M7/12(2006.01) i, H02M3/155(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02M7/12, H02M3/155

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2009/075366 A1 (Tokyo Institute of Technology), 18 June 2009 (18.06.2009), page 19, line 25 to page 20, line 12; page 23, line 1 to page 24, line 4; fig. 12, 19 & JP 4534007 B2 & US 2010/0259955 A1 & DE 112008003369 T5	1-15
Y	JP 63-174566 A (Toshiba Corp.), 19 July 1988 (19.07.1988), page 1, lower right column, line 14 to page 2, lower left column, line 16; fig. 4 to 6 (Family: none)	1-5, 10, 12, 14

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
 05 September, 2011 (05.09.11)

Date of mailing of the international search report
 13 September, 2011 (13.09.11)

Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/064589

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-327171 A (Toyota Motor Corp.), 25 November 1994 (25.11.1994), paragraphs [0013] to [0031]; fig. 1 to 5 (Family: none)	6-9, 11, 13, 15
A	JP 2008-35620 A (Fujitsu Access Ltd.), 14 February 2008 (14.02.2008), paragraphs [0014] to [0022]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-15
A	JP 2005-223867 A (Ryuichi SHIMADA), 18 August 2005 (18.08.2005), paragraphs [0016] to [0025]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-15
A	JP 61-262038 A (Mitsubishi Electric Corp.), 20 November 1986 (20.11.1986), page 3, upper left column, line 4 to page 4, upper right column, line 16; fig. 1 to 6 & US 4695932 A & DE 3612937 A1 & CA 1273055 A1 & KR 10-1991-0006951 B1	1-15
A	Isobe T et al., A soft-switching boost DC to AC converter without smoothing capacitor using a MERS pulse link concept, Power Electronics Conference (IPEC), 2010 International, 2010. 06.21, Pages 2815-2821	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02M7/12(2006.01)i, H02M3/155(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02M7/12, H02M3/155

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2009/075366 A1 (国立大学法人東京工業大学) 2009.06.18, 第19頁第25行-第20頁第12行, 第23頁第1行-第24頁第4行, 図12, 19 & JP 4534007 B2 & US 2010/0259955 A1 & DE 112008003369 T5	1-15
Y	JP 63-174566 A (株式会社東芝) 1988.07.19, 第1頁右下欄第14行-第2頁左下欄第16行, 図4-6 (ファミリーなし)	1-5, 10, 12, 14
Y	JP 6-327171 A (トヨタ自動車株式会社) 1994.11.25, 【0013】 - 【0031】, 図1-5 (ファミリーなし)	6-9, 11, 13, 15

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05.09.2011

国際調査報告の発送日

13.09.2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

櫻田 正紀

3V

2917

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-35620 A (富士通アクセス株式会社) 2008.02.14, 【0014】 - 【0022】, 図 1-10 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2005-223867 A (嶋田 隆一) 2005.08.18, 【0016】 - 【0025】, 図 1-4 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 61-262038 A (三菱電機株式会社) 1986.11.20, 第 3 頁左上欄第 4 行 - 第 4 頁右上欄第 16 行, 図 1-6 & US 4695932 A & DE 3612937 A1 & CA 1273055 A1 & KR 10-1991-0006951 B1	1-15
A	Isobe T et al., A soft-switching boost DC to AC converter without smoothing capacitor using a MERS pulse link concept, Power Electronics Conference (IPEC), 2010 International, 2010.06.21, Pages 2815-2821	1-15