

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 11 月 17 日 (17.11.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/109619 A1

(51) 国際特許分類: **H02M 5/293**

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/006674

(22) 国際出願日: 2004 年 5 月 12 日 (12.05.2004)

(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): 財団法人理工学振興会 (THE CIRCLE FOR THE PROMOTION OF SCIENCE AND ENGINEERING) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2 丁目 1 2 番 1 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 丁目 1 2 番 1 号 東京工業大学内 Tokyo (JP). 炭谷 英夫 (SUMITANI, Hideo) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2 丁目 1 2 番 1 号 東京工業大学内 Tokyo (JP). 高久 拓 (TAKAKU, Taku) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2 丁目 1 2 番 1 号 東京工業大学内 Tokyo (JP). 磯部 高範 (ISOBE, Takanori) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2 丁目 1 2 番 1 号 東京工業大学内 Tokyo (JP).

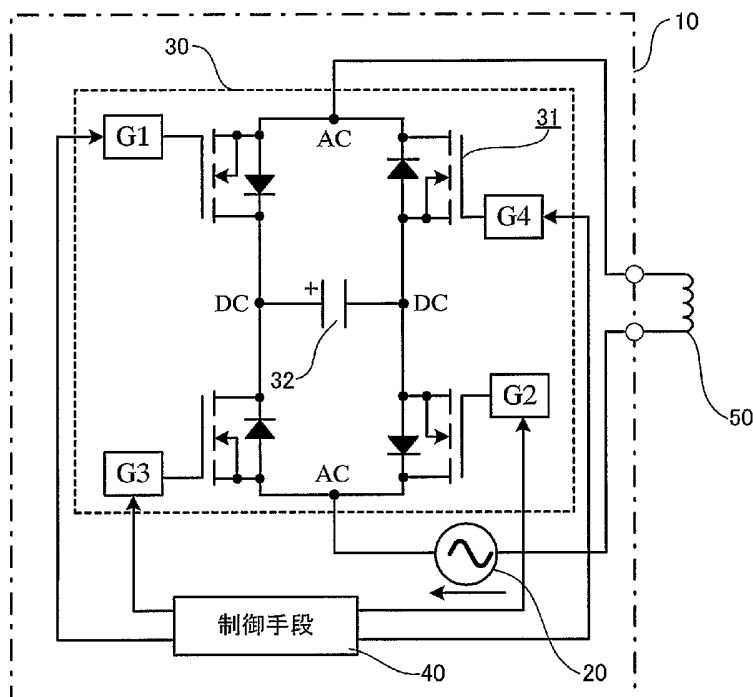
(74) 代理人: 安形 雄三 (AGATA, Yuzo); 〒1070052 東京都港区赤坂 2 丁目 1 3 番 5 号 Tokyo (JP).

(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

/ 続葉有 /

(54) Title: AC POWER SUPPLY UNIT FOR REGENERATING MAGNETIC ENERGY

(54) 発明の名称: 磁気エネルギーを回生する交流電源装置



40... CONTROL MEANS

(57) Abstract: An AC power supply unit for regenerating magnetic energy in which power factor of an AC load can be improved while realizing reductions in cost and size. The AC power supply unit comprises a bridge circuit consisting of four reverse conductivity type semiconductor switches, a capacitor connected between the DC terminals of the bridge circuit and storing magnetic energy when a current is interrupted, an AC voltage source connected in series with an inductive load and being inserted between the AC terminals of the bridge circuit, and a control circuit performing on/off control of each reverse conductivity type semiconductor switch by applying a control signal to the gate thereof, characterized in that the control circuit performs control such that a pair of reverse conductivity type semiconductor switches on a diagonal out of four reverse conductivity type semiconductor switches constituting the bridge circuit are respectively turned on/off simultaneously, and the other pair out of two sets of pair is turned off when one pair is turned on, and the control signal is switched in synchronism with the voltage of the AC voltage source.

/ 続葉有 /

WO 2005/109619 A1



SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

- (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, 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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 本発明は、交流負荷の力率改善を可能とする低コスト及び小型化を実現した、磁気エネルギーを回生する交流電源装置に関するものであり、該交流電源装置は、4個の逆導通型半導体スイッチにて構成されるブリッジ回路と、前記ブリッジ回路の直流端子間に接続され、前記電流遮断時の磁気エネルギーを蓄積するコンデンサと、前記誘導性負荷に直列に接続され、前記ブリッジ回路の交流端子間に挿入される交流電圧源と、前記各逆導通型半導体スイッチのゲートに制御信号を与えて、前記各逆導通型半導体スイッチのオン／オフ制御を行う制御回路とを具備し、前記制御回路は、前記ブリッジ回路を構成する4個の逆導通型半導体スイッチのうち、対角線上に位置するペアの逆導通型半導体スイッチのオン／オフ動作をそれぞれ同時に行うように制御するとともに、2組あるペアのうち、一方のペアがオンのときは、他方のペアがオフとなるように制御し、かつ、前記制御信号は前記交流電圧源の電圧に同期して切り換わることを特徴とする。

明 細 書

磁気エネルギーを回生する交流電源装置

5 技術分野

本発明は、交流負荷の力率改善を可能とする交流電源装置に関し、詳しくは、従来の進相コンデンサの代わりに、交流負荷と直列に磁気エネルギーを回生する双方向電流スイッチを挿入して進相コンデンサの役目を行わせる、低コスト及び小型化を実現した交流電源装置に関する。

10

背景技術

インダクタンスのある負荷に交流電流を流す場合、立ち上げ時には直流抵抗分（定常時の抵抗分電圧）よりも大きな電圧を印加する必要があり、電流の位相が遅れることにより力率が落ちるが、この交流電流の力率を改善するために、直列に進相コンデンサを挿入してリアクタンス分を減少させ、電流を増加させることで力率を改善していた。

15

直列に挿入する進相コンデンサ方式による力率改善は、負荷の力率が運転状態により変化する場合、もしくは電源周波数が大幅に変化する回路には向かないという問題がある。

20

一方、誘導電動機のように起動から定常運転に至る始動時、負荷電流の力率が変化するが、これを補償するために、半導体スイッチを用いたAC-DC-ACリンクのインバータ・コンバータセットが用いられ、周波数と電圧を下げて起動し、運転時は回転数制御をするが、コストが高く、PWM制御による高調波障害と、DC電圧を維持するための大きな電解コンデンサが必要となるため、サイズが大きくなるという欠点がある。

25

また、誘導電動機の始動時は、インダクタンス成分が大きく電流の力

率が悪く、有効な電流が少なく始動時には大きなトルク(始動トルク)が得られないという問題がある。

発明の開示

5 かかる従来の力率改善方法では限界があり、進相コンデンサ方式に代わる力率改善回路を有する、低コスト及び小型化を実現した交流電源装置が要望されていた。

本発明は、上述のような事情に鑑み為されたものであり、その目的は、交流負荷の力率改善を可能とする低コスト及び小型化を実現した交流電
10 源装置を提供することにある。

本願の発明者らは、負荷電流を遮断した場合の回路に残っている磁気エネルギーをコンデンサに蓄え、次回のオン時にそのエネルギーを負荷に放電して電流を急速に上昇させることにより、力率を向上させ得ることに着目した。すなわち、負荷に流れる電流は、電流遮断時にその磁気
15 エネルギーがコンデンサに蓄積されて停止し、次回オン時に負荷に回生され急速に電流が立ち上がるので、結局、流れる電流は増加し、より低い電圧で大きな電流が流せることになり、広い意味での電源力率の改善となるからである。

そこで、磁気エネルギー回生双方向スイッチを交流回路に用いて、電
20 流を任意のタイミングで遮断して、磁気エネルギーをコンデンサに蓄積し、逆方向に任意のタイミングで再び電流を負荷に流すことにより、交流電流の電流位相を強制的に制御できることに想到した。

なお、前記磁気エネルギー回生双方向スイッチは、負荷電流を遮断した場合の回路に残っている磁気エネルギーをスイッチブリッジ内に設け
25 られた蓄積コンデンサに蓄え、次回のオン時にそのエネルギーを負荷に放電して電流を急速に上昇させる無損失な電流スイッチであり、本願出

願人により、すでに特許出願されているものである（特開 2 0 0 0 - 3 5 8 3 5 9 号公報参照）。

本発明は、交流負荷の力率改善を可能とする交流電源装置に関し、本発明の上記目的は、上述の如く、誘導性負荷に交流電流を供給するとともに、電流遮断時の磁気エネルギーを回生して前記誘導性負荷への供給電流として利用する交流電源装置であって、該交流電源装置は、4 個の逆導通型半導体スイッチにて構成されるブリッジ回路と、前記ブリッジ回路の直流端子間に接続され、前記電流遮断時の磁気エネルギーを蓄積するコンデンサと、前記誘導性負荷に直列に接続され、前記ブリッジ回路の交流端子間に接続される交流電圧源と、前記各逆導通型半導体スイッチのゲートに制御信号を与えて、各半導体スイッチのオン／オフ制御を行う制御回路とを具備し、前記制御回路は、前記ブリッジ回路を構成する 4 個の逆導通型半導体スイッチのうち、対角線上に位置するペアの逆導通型半導体スイッチのオン／オフ動作をそれぞれ同時に行うように制御するとともに、2 組あるペアのうち、一方のペアがオンのときは、他方のペアがオフとなるように制御し、かつ、前記制御信号は前記交流電圧源の電圧に同期して切り換わることを特徴とする磁気エネルギーを回生する交流電源装置によって達成される。

20 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明に係る交流電源装置の実施例を示すものである。

第 2 図は、本発明に係る交流電源装置の電流電圧波形のシミュレーション結果を示す図である。

第 3 図は、本発明に係る交流電源装置の誘導電動機への応用例を示すものである。

第 4 図は、本発明に係る交流電源装置を接続した場合（スイッチあり）

と接続しない場合（スイッチなし）の誘導電動機の始動電流と始動トルクの実測値の比較を示す図である。

第 5 図は、磁気エネルギー回生双方向電流スイッチの、交流における動作原理を説明するための図である。

5

発明を実施するための最良の形態

本発明は、構造が簡単で小型化、低コスト化が可能な、交流電源装置を提供するために、交流電圧源と誘導性負荷の間に挿入した磁気エネルギー回生双方向電流スイッチのパルス電流発生機能を、電源に同期した
10 タイミングでオン／オフすることに用いれば、交流電流の位相を制御できるということを利用している。以下、図面を参照して詳細に説明する。

第 1 図は本発明に係る交流電源装置 10 の基本的な構成を示した図であるが、交流電圧源 20 とインダクタンスのある誘導性負荷 50 の間に磁気エネルギー回生双方向電流スイッチ 30（4つの逆導通型半導体ス
15 イッチ 31 をブリッジ接続して構成されている。）を挿入し、制御手段 40 により、交流電圧源 20 の電圧に同期した信号でパワー MOSFET 31（逆導通型半導体スイッチの一例）の各ゲート（G1～G4）を制御して電流をオン／オフさせるものである。

前記磁気エネルギー回生双方向電流スイッチ 30 は、電流遮断時の磁
20 気エネルギーを蓄積するためのコンデンサ 32 を内蔵しているために、次回、オン時にはコンデンサ 32 の放電により、遮断時と同じ電流を回生することができる。

誘導性負荷 50 には電流のオン／オフ時にパルス的な電圧が印加されるが、電圧の大きさはコンデンサ 32 の静電容量を選ぶことでパワー
25 MOSFET 31 と誘導性負荷 50 の耐電圧許容範囲内にすることが出来るが、結局、従来の直列力率改善コンデンサと異なり、直流のコンデン

サが使えることが利点である。

制御手段 40 は 4 つのパワー MOSFET 31 のゲートを制御するが、対向するペアすなわち順方向電流のペア（G1 と G2）もしくは逆方向のペア（G3 と G4）は、電流の流したい方向に応じてオン／オフすること
5 とで良いが、コンデンサ 32 に電圧がある間は、順方向電流のペアと逆方向のペアを同時にオンさせないことに注意する必要がある。

ゲート制御は交流電圧源 20 の電圧に同期して行うが、例えば電流の力率を改善する場合の例では、電圧が正の間は、順方向のゲート（G1，G2）をオンし、電圧が負の間は、逆方向のゲート（G3，G4）をオンすれば、電圧に完全に同じ向きの電流が流れることになるが、そればかりではなく、このスイッチは電流の遮断時の磁気エネルギーをコンデンサ 32 に蓄え、そのエネルギーで今度は逆方向に放電して電流を急速に立ち上げ負荷供給電流を増やすことになる。交流電圧源 20 の電圧とゲートの状態の関係については、以下の表 1 の通りである。

15

表 1

ゲート	電源電圧	
	プラス	マイナス
G1, G2	ON	OFF
G3, G4	OFF	ON

以下、磁気エネルギー回生双方向電流スイッチの交流での動作原理を、第 5 図を参照して説明する。

- ① SW1 と SW2 がオンの間は、電流は図の下から上（正の方向）へ流れ、2 並列導通状態となる（第 2 図における電流がフラットな状態のところ）。
20 ② 交流電圧源 20 の電圧が正から負へ反転する直前（本実施例では、約 2 ms 前）に SW1 と SW2 をオフにすると（このとき、SW3 及び SW4 はオンに変わる。）、(1) の経路でコンデンサに磁気エネルギーが充電される。
③ 充電が完了すると電流は遮断され、電圧が反転（正→負）すると、す

③充電が完了すると電流は遮断され、電圧が反転（正→負）すると、すでに SW3 及び SW4 はオンになっているので、(2)の経路で放電が始まる（電流は上から下へ流れる。）。放電が終わると、2 並列導通状態となる。

④交流電圧源 20 の電圧が負から正へ反転する直前（本実施例では、約 2 ms）に SW3 と SW4 をオフにすると（このとき、SW1 及び SW2 はオンに変わる。）、(3)の経路でコンデンサに磁気エネルギーが充電される。

⑤充電が完了すると電流は遮断され、電圧が反転（負→正）すると、すでに SW1 及び SW2 はオンになっているので、(4)の経路で放電が始まる（電流は下から上へ流れる。）。放電が終わると、2 並列導通状態となり、
10 上記①の状態に戻る。以下、これを繰り返す。

以上のようにして、負荷電流を遮断した場合の回路に残っている磁気エネルギーをコンデンサに蓄え、次のオン時にそのエネルギーを負荷に放電して電流を急速に上昇させることにより、力率を向上させることができる。

15 第2図は本発明に係る交流電源装置の動作シミュレーション結果を示す図であるが、磁気エネルギー回生双方向電流スイッチ30ありの場合、電流の位相が電圧と同相になり電流が増えているのがわかるが、これは負荷の力率を改善したことに他ならず、この装置は広い意味の力率改善装置として働いたことになる。

20 ゲート信号の位相をさらに進めれば、位相の進んだ電流が流れ、遅らせれば電流を減少させることもできることが、また180度遅らせれば電流は停止する。

なお、前記逆導通型半導体スイッチの実施例としてパワーMOSFETを用いて説明を行ったが、逆導通型 GTO サイリスタ、又はダイオード
25 と IGBT 等の半導体スイッチとの並列接続から成るユニットを使用しても同じ効果が得られる。

産業上の利用可能性

上述の通り、本発明に係る磁気エネルギーを回生する交流電源装置によれば、電流の位相を強制的に電源位相と同じ位相に同期させることが
5 出来るので、電流の力率を改善することができ、従来の DC リンク方式に比べて、低コストで小型な交流電源装置が実現できる。

本発明に係る交流電源装置を誘導電動機の電源として使用することにより、始動時の始動トルクを増大させることができる。第 3 図は、始動トルクを実測するための実験回路を示すものであり、第 4 図はその始動
10 トルクの実測値と従来の交流電源を用いた場合の始動トルクとを比較したグラフである。この図からも分かるように、本発明に係る交流電源装置を用いた場合は、同じ相電圧において約 4 倍の始動トルクが得られる。

請 求 の 範 囲

1. 誘導性負荷に交流電流を供給するとともに、電流遮断時の磁気エネルギーを回生して前記誘導性負荷への供給電流として利用する交流電源

5 装置であって、

該交流電源装置は、

4 個の逆導通型半導体スイッチにて構成されるブリッジ回路と、

前記ブリッジ回路の直流端子間に接続され、前記電流遮断時の磁気エネルギーを蓄積するコンデンサと、

10 前記誘導性負荷に直列に接続され、前記ブリッジ回路の交流端子間に挿入される交流電圧源と、

前記各逆導通型半導体スイッチのゲートに制御信号を与えて、前記各逆導通型半導体スイッチのオン／オフ制御を行う制御回路とを具備し、

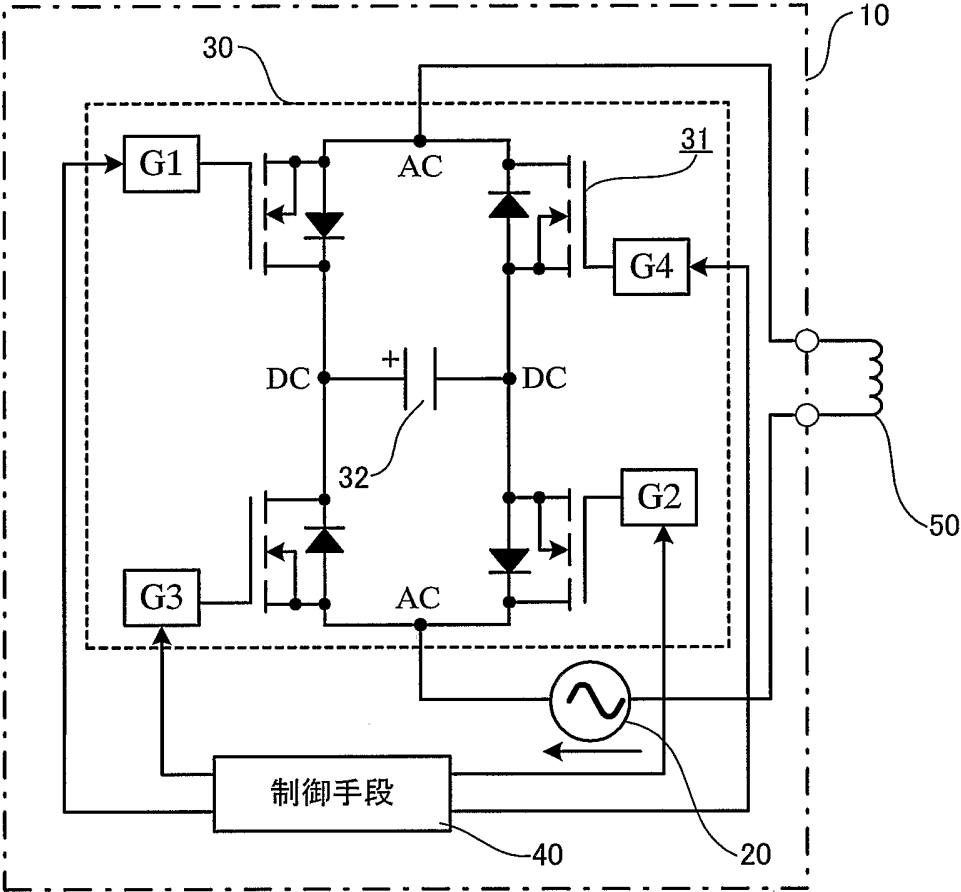
15 前記制御回路は、前記ブリッジ回路を構成する 4 個の逆導通型半導体スイッチのうち、対角線上に位置するペアの逆導通型半導体スイッチのオン／オフ動作をそれぞれ同時に行うように制御するとともに、2 組あるペアのうち、一方のペアがオンのときは、他方のペアがオフとなるように制御し、かつ、前記制御信号は前記交流電圧源の電圧に同期して切り換わることを特徴とする、磁気エネルギーを回生する交流電源装置。

20

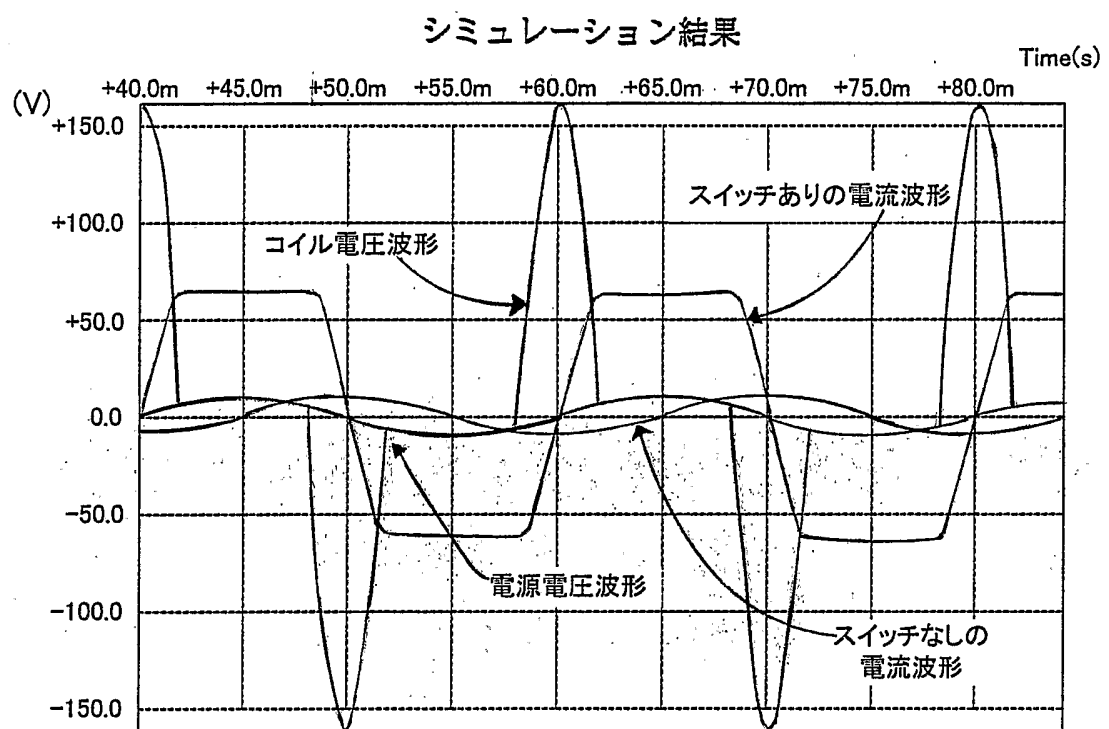
2. 前記各逆導通型半導体スイッチが、パワー MOS FET、逆導通型 GTO サイリスタ、又はダイオードと IGBT 等の半導体スイッチとの並列接続から成るユニットのいずれかである請求の範囲第 1 項に記載の磁気エネルギーを回生する交流電源装置。

25

第1図

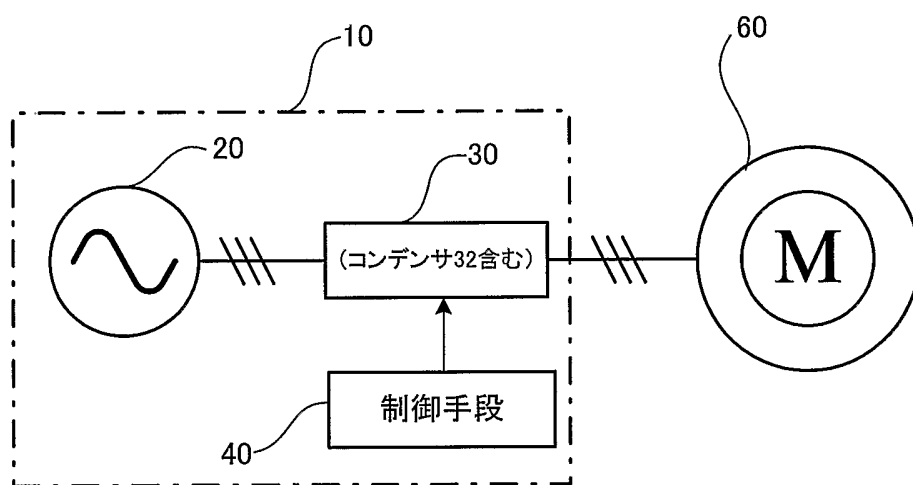


第2図

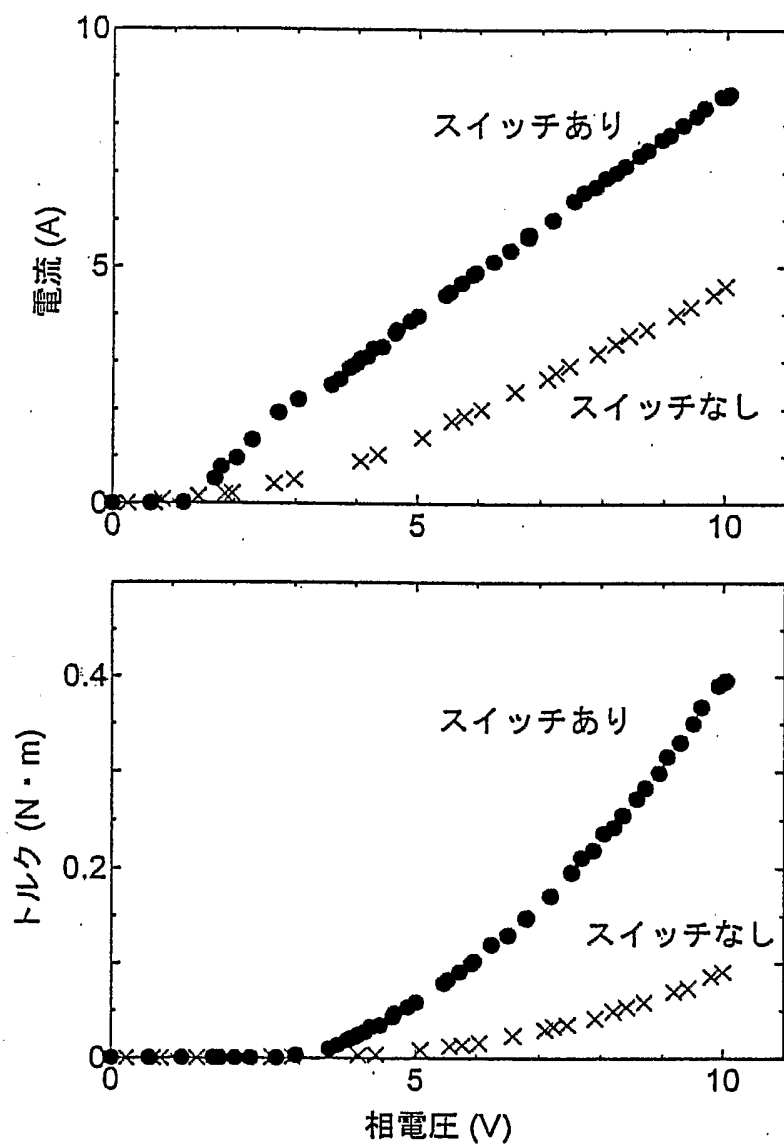


交流電流制御の電流電圧波形
スイッチあり、スイッチなしの比較

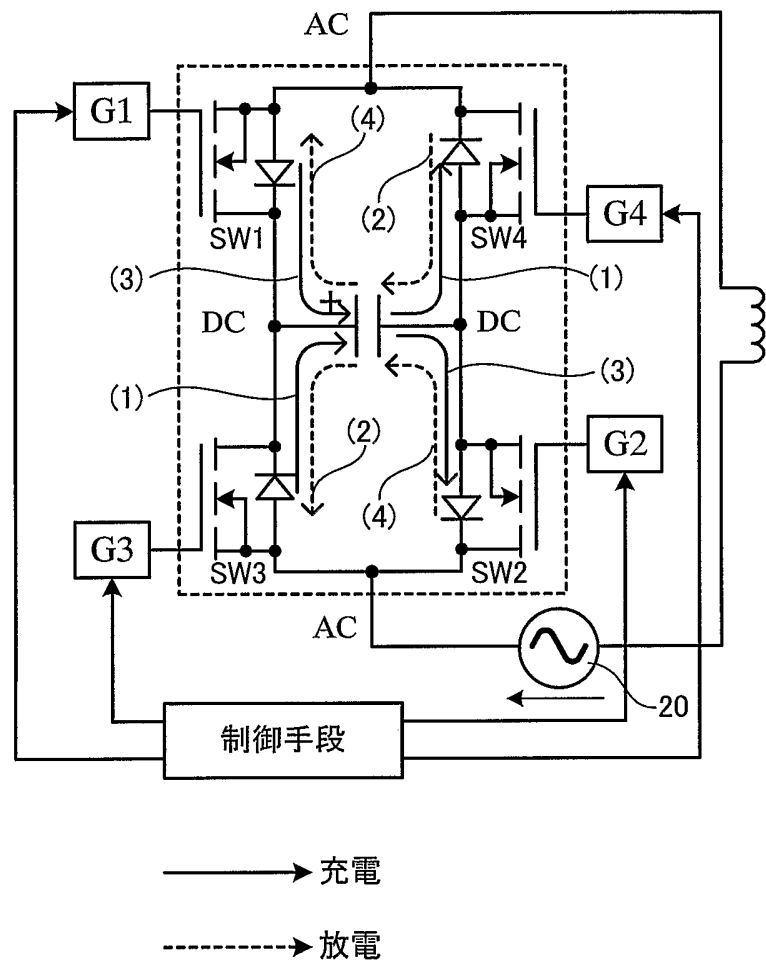
第3図



第4図



第5図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/006674

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H02M5/293

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)

Int.Cl⁷ H02M5/293

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

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.
A	JP 2000-358359 A (Zaidan Hojin Rikogaku Shinkokai), 26 December, 2000 (26.12.00), (Family: none)	1, 2
A	JP 10-136649 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 22 May, 1998 (22.05.98), (Family: none)	1, 2
A	JP 9-219987 A (Mitsubishi Electric Corp.), 19 August, 1997 (19.08.97), (Family: none)	1, 2
A	JP 9-28038 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 28 January, 1997 (28.01.97), (Family: none)	1, 2

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "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)
 "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

"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
 "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
 "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
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 August, 2004 (18.08.04)

Date of mailing of the international search report
31 August, 2004 (31.08.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H02M5/293

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. Cl⁷ H02M5/293

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 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004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 請求の範囲の番号
A	JP 2000-358359 A (財団法人 理工学振興会) 26. 12. 2000 (ファミリーなし)	1, 2
A	JP 10-136649 A (富士電機株式会社) 22. 05. 1998 (ファミリーなし)	1, 2
A	JP 9-219987 A (三菱電機株式会社) 19. 08. 1997 (ファミリーなし)	1, 2
A	JP 9-28038 A (富士電機株式会社) 28. 01. 1997 (ファミリーなし)	1, 2

☐ 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
18. 08. 2004国際調査報告の発送日
31. 8. 2004

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)
 尾家 英樹

3V 9335

電話番号 03-3581-1101 内線 3356