

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4482765号
(P4482765)

(45) 発行日 平成22年6月16日(2010.6.16)

(24) 登録日 平成22年4月2日(2010.4.2)

(51) Int.Cl.

F I

H02M 3/28 (2006.01)

H02M 3/28

E

H02M 3/28

S

請求項の数 20 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2005-289019 (P2005-289019)
 (22) 出願日 平成17年9月30日(2005.9.30)
 (65) 公開番号 特開2007-104766 (P2007-104766A)
 (43) 公開日 平成19年4月19日(2007.4.19)
 審査請求日 平成18年11月6日(2006.11.6)

(73) 特許権者 000003067
 T D K株式会社
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号
 (74) 代理人 100109656
 弁理士 三反崎 泰司
 (74) 代理人 100098785
 弁理士 藤島 洋一郎
 (72) 発明者 中堀 渉
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T
 D K株式会社内
 審査官 塩治 雅也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スイッチング電源装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

1次側第1巻線グループおよび1次側第2巻線グループを互いに直列に接続して構成された1次側巻線グループと、2次側第1巻線グループおよび2次側第2巻線グループを互いに接続して構成された2次側巻線グループとを有するトランスと、

前記1次側巻線グループの電流方向を時分割的に変化させるようにスイッチング動作を行うスイッチング回路と、

前記スイッチング回路の動作に応じて前記2次側巻線グループに現れる交流電圧を整流し平滑化する整流平滑回路と

を備え、

前記2次側第1巻線グループおよび前記2次側第2巻線グループは、前記スイッチング回路の動作に応じて互いに逆位相に時分割駆動され、

前記1次側第1巻線グループと前記2次側巻線グループとの磁気結合は、前記2次側第1巻線グループが駆動されているときにより密となる一方、前記2次側第2巻線グループが駆動されているときにより疎となり、

前記1次側第2巻線グループと前記2次側巻線グループとの磁気結合は、前記2次側第1巻線グループが駆動されているときにより疎となる一方、前記2次側第2巻線グループが駆動されているときにより密となる

ように構成されていることを特徴とするスイッチング電源装置。

【請求項2】

1次側第1巻線グループおよび1次側第2巻線グループを互いに直列に接続して構成された1次側巻線グループと、2次側第1巻線グループおよび2次側第2巻線グループを互いに接続して構成された2次側巻線グループとを有するトランスと、

前記1次側巻線グループの電流方向を時分割的に変化させるようにスイッチング動作を行うスイッチング回路と、

前記スイッチング回路の動作に応じて前記2次側第1巻線グループおよび2次側第2巻線グループが互いに逆位相に時分割駆動されるように前記2次側巻線グループに接続された第1整流素子および第2整流素子を有し、前記スイッチング回路の動作に応じて前記2次側巻線グループに現れる交流電圧を整流し平滑化する整流平滑回路と、

を備え、

10

前記1次側第1巻線グループは、前記2次側第2巻線グループよりも前記2次側第1巻線グループに近く配置され、

前記1次側第2巻線グループは、前記2次側第1巻線グループよりも前記2次側第2巻線グループに近く配置されている

ことを特徴とするスイッチング電源装置。

【請求項3】

前記トランスは、中足の設けられた磁心を有し、

前記2次側第1巻線グループ、2次側第2巻線グループ、1次側第1巻線グループおよび1次側第2巻線グループはそれぞれ、前記中足の延在方向に垂直な面内に巻回されている

20

ことを特徴とする請求項2記載のスイッチング電源装置。

【請求項4】

前記2次側第1巻線グループ、1次側第1巻線グループ、1次側第2巻線グループおよび2次側第2巻線グループはこの順に積層されている

ことを特徴とする請求項3記載のスイッチング電源装置。

【請求項5】

前記2次側第1巻線グループ、1次側第1巻線グループ、2次側第2巻線グループおよび1次側第2巻線グループはこの順に積層されている

ことを特徴とする請求項3記載のスイッチング電源装置。

【請求項6】

30

前記2次側第1巻線グループは2次側第1サブ巻線グループおよび2次側第2サブ巻線グループを互いに並列に接続してなり、前記2次側第2巻線グループは2次側第3サブ巻線グループおよび2次側第4サブ巻線グループを互いに並列に接続してなり、

前記2次側第1サブ巻線グループ、1次側第1巻線グループ、2次側第2サブ巻線グループ、2次側第3サブ巻線グループ、1次側第2巻線グループおよび2次側第4サブ巻線グループはこの順に積層されている

ことを特徴とする請求項3記載のスイッチング電源装置。

【請求項7】

前記トランスは、中足の設けられた磁心を有し、

前記2次側第1巻線グループ、2次側第2巻線グループ、1次側第1巻線グループおよび1次側第2巻線グループはそれぞれ、前記中足の延在方向に平行な円筒面内に巻回されている

40

ことを特徴とする請求項2記載のスイッチング電源装置。

【請求項8】

前記2次側第1巻線グループ、1次側第1巻線グループ、1次側第2巻線グループおよび2次側第2巻線グループはこの順に積層されている

ことを特徴とする請求項7記載のスイッチング電源装置。

【請求項9】

前記2次側第1巻線グループ、1次側第1巻線グループ、2次側第2巻線グループおよび1次側第2巻線グループはこの順に積層されている

50

ことを特徴とする請求項 7 記載のスイッチング電源装置。

【請求項 10】

前記 2 次側第 1 巻線グループは 2 次側第 1 サブ巻線グループおよび 2 次側第 2 サブ巻線グループを互いに並列に接続してなり、前記 2 次側第 2 巻線グループは 2 次側第 3 サブ巻線グループおよび 2 次側第 4 サブ巻線グループを互いに並列に接続してなり、

前記 2 次側第 1 サブ巻線グループ、1 次側第 1 巻線グループ、2 次側第 2 サブ巻線グループ、2 次側第 3 サブ巻線グループ、1 次側第 2 巻線グループおよび 2 次側第 4 サブ巻線グループはこの順に積層されている

ことを特徴とする請求項 7 記載のスイッチング電源装置。

【請求項 11】

1 次側第 1 巻線グループおよび 1 次側第 2 巻線グループを互いに接続して構成された 1 次側巻線グループと、2 次側第 1 巻線グループおよび 2 次側第 2 巻線グループを互いに接続して構成された 2 次側巻線グループとを有するトランスと、

前記 1 次側第 1 巻線グループおよび前記 1 次側第 2 巻線グループが互いに逆位相に時分割駆動されるようにスイッチング動作を行うスイッチング回路と、

前記スイッチング回路の動作に応じて前記 2 次側巻線グループに現れる交流電圧を整流し平滑化する整流平滑回路と

を備え、

前記 2 次側第 1 巻線グループおよび前記 2 次側第 2 巻線グループは、前記スイッチング回路の動作に応じて互いに逆位相に時分割駆動され、

前記 1 次側第 1 巻線グループは、前記 2 次側第 1 巻線グループが駆動されているときに前記 2 次側巻線グループとの磁気結合がより密となる 1 次側第 1 サブ巻線グループと、より疎となる 1 次側第 2 サブ巻線グループとを互いに直列に接続して構成され、

前記 1 次側第 2 巻線グループは、前記 2 次側第 2 巻線グループが駆動されているときに前記 2 次側巻線グループとの磁気結合がより密となる 1 次側第 3 サブ巻線グループと、より疎となる 1 次側第 4 サブ巻線グループとを互いに直列に接続して構成されている

ことを特徴とするスイッチング電源装置。

【請求項 12】

1 次側第 1 巻線グループおよび 1 次側第 2 巻線グループを互いに接続して構成された 1 次側巻線グループと、2 次側第 1 巻線グループおよび 2 次側第 2 巻線グループを互いに接続して構成された 2 次側巻線グループとを有するトランスと、

前記 1 次側第 1 巻線グループおよび前記 1 次側第 2 巻線グループが互いに逆位相に時分割駆動されるようにスイッチング動作を行うスイッチング回路と、

前記スイッチング回路の動作に応じて前記 2 次側第 1 巻線グループおよび 2 次側第 2 巻線グループが互いに逆位相に時分割駆動されるように前記 2 次側巻線グループに接続された第 1 整流素子および第 2 整流素子を有し、前記スイッチング回路の動作に応じて前記 2 次側巻線グループに現れる交流電圧を整流し平滑化する整流平滑回路と、

を備え、

前記 1 次側第 1 巻線グループは、前記 2 次側第 2 巻線グループよりも前記 2 次側第 1 巻線グループに近く配置された 1 次側第 1 サブ巻線グループと、前記 2 次側第 1 巻線グループよりも前記 2 次側第 2 巻線グループに近く配置された 1 次側第 2 サブ巻線グループとを互いに直列に接続して構成され、

前記 1 次側第 2 巻線グループは、前記 2 次側第 1 巻線グループよりも前記 2 次側第 2 巻線グループに近く配置された 1 次側第 3 サブ巻線グループと、前記 2 次側第 2 巻線グループよりも前記 2 次側第 1 巻線グループに近く配置された 1 次側第 4 サブ巻線グループとを互いに直列に接続して構成されている

ことを特徴とするスイッチング電源装置。

【請求項 13】

前記トランスは、中足の設けられた磁心を有し、

前記 2 次側第 1 巻線グループ、2 次側第 2 巻線グループ、1 次側第 1 サブ巻線グループ

10

20

30

40

50

、１次側第２サブ巻線グループ、１次側第３サブ巻線グループおよび１次側第４サブ巻線グループはそれぞれ、前記中足の延在方向に垂直な面内に巻回されている

ことを特徴とする請求項１２記載のスイッチング電源装置。

【請求項１４】

前記２次側第１巻線グループ、１次側第１サブ巻線グループ、１次側第２サブ巻線グループ、２次側第２巻線グループ、１次側第３サブ巻線グループおよび１次側第４サブ巻線グループはこの順に積層されている

ことを特徴とする請求項１３記載のスイッチング電源装置。

【請求項１５】

前記２次側第１巻線グループ、１次側第１サブ巻線グループ、１次側第２サブ巻線グループ、１次側第４サブ巻線グループ、１次側第３サブ巻線グループおよび２次側第２巻線グループはこの順に積層されている

10

ことを特徴とする請求項１３記載のスイッチング電源装置。

【請求項１６】

前記２次側第１巻線グループは２次側第１サブ巻線グループおよび２次側第２サブ巻線グループを互いに並列に接続してなり、前記２次側第２巻線グループは２次側第３サブ巻線グループおよび２次側第４サブ巻線グループを互いに並列に接続してなり、

前記２次側第１サブ巻線グループ、１次側第１サブ巻線グループ、１次側第２サブ巻線グループ、２次側第３サブ巻線グループ、２次側第２サブ巻線グループ、１次側第４サブ巻線グループ、１次側第３サブ巻線グループおよび２次側第４サブ巻線グループはこの順に積層されている

20

ことを特徴とする請求項１３記載のスイッチング電源装置。

【請求項１７】

前記トランスは、中足の設けられた磁心を有し、

前記２次側第１巻線グループ、２次側第２巻線グループ、１次側第１サブ巻線グループ、１次側第２サブ巻線グループ、１次側第３サブ巻線グループおよび１次側第４サブ巻線グループはそれぞれ、前記中足の延在方向に平行な円筒面内に巻回されている

ことを特徴とする請求項１２記載のスイッチング電源装置。

【請求項１８】

前記２次側第１巻線グループ、１次側第１サブ巻線グループ、１次側第２サブ巻線グループ、２次側第２巻線グループ、１次側第３サブ巻線グループおよび１次側第４サブ巻線グループはこの順に積層されている

30

ことを特徴とする請求項１７記載のスイッチング電源装置。

【請求項１９】

前記２次側第１巻線グループ、１次側第１サブ巻線グループ、１次側第２サブ巻線グループ、１次側第４サブ巻線グループ、１次側第３サブ巻線グループおよび２次側第２巻線グループはこの順に積層されている

ことを特徴とする請求項１７記載のスイッチング電源装置。

【請求項２０】

前記２次側第１巻線グループは２次側第１サブ巻線グループおよび２次側第２サブ巻線グループを互いに並列に接続してなり、前記２次側第２巻線グループは２次側第３サブ巻線グループおよび２次側第４サブ巻線グループを互いに並列に接続してなり、

40

前記２次側第１サブ巻線グループ、１次側第１サブ巻線グループ、１次側第２サブ巻線グループ、２次側第３サブ巻線グループ、２次側第２サブ巻線グループ、１次側第４サブ巻線グループ、１次側第３サブ巻線グループおよび２次側第４サブ巻線グループはこの順に積層されている

ことを特徴とする請求項１７記載のスイッチング電源装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

50

本発明は、入力直流電圧をスイッチングして得られる入力交流電圧をトランスで変圧し、変圧した出力交流電圧を整流し平滑することにより出力直流電圧を出力するスイッチング電源装置に係り、特にスイッチング周波数の高いものに好適に適用可能なスイッチング電源装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、スイッチング電源装置として種々のタイプのものが提案され、実用に供されている。その1つとして、特許文献1および特許文献2に記載されているように、トランスの入力巻線に接続されたスイッチング回路のスイッチング動作により、高圧バッテリーからの入力直流電圧をスイッチングし、スイッチングにより得られた入力交流電圧をトランスの入力巻線に入力し、トランスにより変換された出力交流電圧をトランスの出力巻線から取り出す方式がある。スイッチング回路のスイッチング動作に伴い、出力巻線に現れる電圧は、整流回路によって整流された後、平滑回路によって出力直流電圧に変換されて出力されるようになっている。

10

【0003】

この種のスイッチング電源装置では、小型化するためにMOS-FET (Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor)などのスイッチング素子がスイッチング回路に用いられている。このようなスイッチング回路では、スイッチング素子が例えば100kHz以上の高周波でスイッチング動作しており、スイッチングにより得られる入力交流電圧が高周波となる。このような高周波の入力交流電圧がトランスに入力されると、表皮効果や近接効果によりトランスの交流抵抗が増加し、これにより発熱が生じ、効率が低下する問題があった。そこで、トランスの交流抵抗を低減するために、例えば、巻線の表面にだけ電流が集中しないように巻線の断面積を小さくしたり、同一方向に流れる巻線同士が互いに近接しないようにトランスの1次側巻線と2次側巻線とを交互に（サンドイッチ状に）積層する構造がトランスに適用されている（特許文献3参照）。

20

【0004】

【特許文献1】特開2002-369528号公報

【特許文献2】特開2001-314080号公報

【特許文献3】特開平6-38523号公報

【特許文献4】実公平6-2365号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、上記したようにトランスの巻線をサンドイッチ状に積層すると、1次側巻線と2次側巻線との対向面積が大きくなるので、1次側巻線と2次側巻線との線間容量が大きくなる。その結果、その線間容量とトランスの直列インダクタンス（励磁インダクタンスおよび漏洩インダクタンス）とによるLC共振により、トランスの出力交流電圧に振幅の大きなリングングが発生する（特許文献4参照）。このように振幅の大きなリングングが発生すると、トランスにおけるコアロスやトランスの交流抵抗による発熱量が増加し、効率が低下してしまうという問題があった。

40

【0006】

本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、トランスの出力交流電圧に発生するリングングを低減することにより、トランスにおけるコアロスやトランスの交流抵抗による発熱量を低減することの可能なスイッチング電源装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の第1のスイッチング電源装置は、1次側巻線グループおよび2次側巻線グループを有するトランスと、1次側巻線グループの電流方向を時分割的に変化させるようにスイッチング動作を行うスイッチング回路と、スイッチング回路の動作に応じて2次側巻線

50

グループに現れる交流電圧を整流し平滑化する整流平滑回路とを備えたものである。1次側巻線グループは、1次側第1巻線グループおよび1次側第2巻線グループを互いに直列に接続して構成され、2次側巻線グループは、2次側第1巻線グループおよび2次側第2巻線グループを互いに接続して構成される。このとき、2次側第1巻線グループおよび2次側第2巻線グループがスイッチング回路の動作に応じて互いに逆位相に時分割駆動される。1次側第1巻線グループと2次側巻線グループとの磁気結合は、2次側第1巻線グループが駆動されているときにより密となる一方、2次側第2巻線グループが駆動されているときにより疎となる。一方、1次側第2巻線グループと2次側巻線グループとの磁気結合は、2次側第1巻線グループが駆動されているときにより疎となる一方、2次側第2巻線グループが駆動されているときにより密となる。なお、「グループ」なる文言は、巻線が1または複数あることを意味するものである（以下、同様）。

10

【0008】

本発明の第1のスイッチング電源装置では、1次側第1巻線グループおよび1次側第2巻線グループの、2次側巻線グループに対する磁気結合の疎密が時分割的に互いに逆位相に変化する。このとき、1次側第1巻線グループおよび1次側第2巻線グループと、2次側巻線グループとでは、トランスの原理上、電流の流れる向きが互いに逆向きになる。これより、1次側巻線グループのうち2次側巻線グループとより密に磁気結合する巻線グループでは、電流の流れる向きが同一である巻線グループ同士を近接させた場合と比べて、近接効果の影響が低下するので交流抵抗が低くなる。一方、1次側巻線グループのうち2次側巻線グループとより疎に磁気結合する巻線グループでは、1次側巻線グループのうち2次側巻線グループとより密に磁気結合する巻線グループと比べて、近接効果により交流抵抗が高くなる。

20

【0009】

このように、1次側第1巻線グループおよび1次側第2巻線グループは、互いに異なるインピーダンスを有するが、互いに直列に接続されているので、1次側巻線グループのうち交流抵抗の高い方の巻線グループにも、必ず、スイッチング回路から入力された交流電流が流れる。そのため、1次側巻線グループのうち交流抵抗の高い方の巻線グループの交流抵抗により、トランスの線間容量とトランスの直列インダクタンス（励磁インダクタンスおよび漏洩インダクタンス）とによるLC共振によってトランスの出力交流電圧に発生するリングングが減衰される。

30

【0010】

本発明の第2のスイッチング電源装置は、1次側巻線グループおよび2次側巻線グループを有するトランスと、1次側巻線グループの電流方向を時分割的に変化させるようにスイッチング動作を行うスイッチング回路と、スイッチング回路の動作に応じて2次側巻線グループに現れる交流電圧を整流し平滑化する整流平滑回路とを備えたものである。1次側巻線グループは、1次側第1巻線グループおよび1次側第2巻線グループを互いに直列に接続して構成され、2次側巻線グループは、2次側第1巻線グループおよび2次側第2巻線グループを互いに接続して構成される。1次側第1巻線グループは、2次側第2巻線グループよりも2次側第1巻線グループに近く配置され、1次側第2巻線グループは、2次側第1巻線グループよりも2次側第2巻線グループに近く配置されている。整流平滑回路は、2次側第1巻線グループおよび2次側第2巻線グループがスイッチング回路の動作に応じて互いに逆位相に時分割駆動されるように2次側巻線グループに接続された第1整流素子および第2整流素子を有する。

40

【0011】

ここで、上記トランスが例えば中足の設けられた磁心を有するときは、2次側第1巻線グループ、2次側第2巻線グループ、1次側第1巻線グループおよび1次側第2巻線グループをそれぞれ、中足の延在方向に平行な円筒面内に巻回して構成してもよいし、中足の延在方向に垂直な面内に巻回して構成してもよい。また、1次側の巻線グループの各巻線と、2次側の巻線グループの各巻線とが交互に積層されていることが好ましく、積層方向に上下対称に積層されていることがより好ましい。例えば、2次側第1巻線グループ、1

50

次側第 1 巻線グループ、2 次側第 2 巻線グループおよび 1 次側第 2 巻線グループがこの順に積層されていることが好ましく、2 次側第 1 巻線グループ、1 次側第 1 巻線グループ、1 次側第 2 巻線グループおよび 2 次側第 2 巻線グループがこの順に積層されていることがより好ましい。

【0012】

本発明の第 2 のスイッチング電源装置では、整流平滑回路により、2 次側第 1 巻線グループおよび 2 次側第 2 巻線グループがスイッチング回路の動作に応じて互いに逆位相に時分割駆動される。1 次側第 1 巻線グループは、2 次側第 2 巻線グループよりも 2 次側第 1 巻線グループに近く配置され、1 次側第 2 巻線グループは、2 次側第 1 巻線グループよりも 2 次側第 2 巻線グループに近く配置されている。このとき、1 次側第 1 巻線グループは 2 次側第 2 巻線グループよりも 2 次側第 1 巻線グループに近く配置されているので、2 次側第 1 巻線グループが駆動されているときは 2 次側巻線グループとより密に磁気結合し、2 次側第 2 巻線グループが駆動されているときは 2 次側巻線グループとより疎に磁気結合する。一方、1 次側第 2 巻線グループは 2 次側第 1 巻線グループよりも 2 次側第 2 巻線グループに近く配置されているので、2 次側第 2 巻線グループが駆動されているときは 2 次側巻線グループとより密に磁気結合し、2 次側第 1 巻線グループが駆動されているときは 2 次側巻線グループとより疎に磁気結合する。ここで、1 次側第 1 巻線グループおよび 1 次側第 2 巻線グループと、2 次側巻線グループとはトランスの原理上、電流の流れる向きが互いに逆向きになる。これより、1 次側巻線グループのうち 2 次側巻線グループとより密に磁気結合する巻線グループでは、電流の流れる向きが同一である巻線グループ同士を近接させた場合と比べて、近接効果による影響が低下するので交流抵抗が低くなる。一方、1 次側巻線グループのうち 2 次側巻線グループとより疎に磁気結合する巻線グループでは、1 次側巻線グループのうち 2 次側巻線グループとより密に磁気結合する巻線グループと比べて、近接効果により交流抵抗が高くなる。

【0013】

このように、1 次側第 1 巻線グループおよび 1 次側第 2 巻線グループは、互いに異なるインピーダンスを有するが、互いに直列に接続されているので、1 次側巻線グループのうち交流抵抗の高い方の巻線グループにも、必ず、スイッチング回路から入力された交流電流が流れる。そのため、1 次側巻線グループのうち交流抵抗の高い方の巻線グループの交流抵抗により、トランスの線間容量とトランスの直列インダクタンス（励磁インダクタンスおよび漏洩インダクタンス）とによる LC 共振によってトランスの出力交流電圧に発生するリンギングが減衰される。

【0014】

本発明の第 3 のスイッチング電源装置は、1 次側第 1 巻線グループおよび 1 次側第 2 巻線グループを互いに接続して構成された 1 次側巻線グループと、2 次側第 1 巻線グループおよび 2 次側第 2 巻線グループを互いに接続して構成された 2 次側巻線グループとを有するトランスと、1 次側第 1 巻線グループおよび 1 次側第 2 巻線グループが互いに逆位相に時分割駆動されるようにスイッチング動作を行うスイッチング回路と、スイッチング回路の動作に応じて 2 次側巻線グループに現れる交流電圧を整流し平滑化する整流平滑回路とを備えたものである。このとき、2 次側第 1 巻線グループおよび 2 次側第 2 巻線グループがスイッチング回路の動作に応じて互いに逆位相に時分割駆動される。1 次側第 1 巻線グループは、2 次側第 1 巻線グループが駆動されているときに 2 次側巻線グループとの磁気結合がより密となる 1 次側第 1 サブ巻線グループと、より疎となる 1 次側第 2 サブ巻線グループとを互いに直列に接続して構成される。一方、1 次側第 2 巻線グループは、2 次側第 2 巻線グループが駆動されているときに 2 次側巻線グループとの磁気結合がより密となる 1 次側第 3 サブ巻線グループと、より疎となる 1 次側第 4 サブ巻線グループとを互いに直列に接続して構成される。

【0015】

本発明の第 3 のスイッチング電源装置では、1 次側第 1 巻線グループおよび 1 次側第 2 巻線グループは、スイッチング回路の動作に応じて時分割で互いに逆位相に駆動される。

このとき、１次側第１巻線グループでは、２次側巻線グループに対する磁気結合が密となる部分（１次側第１サブ巻線グループ）と２次側巻線グループに対する磁気結合が疎となる部分（１次側第２サブ巻線グループ）とが形成される。一方、１次側第２巻線グループでは、２次側巻線グループに対する磁気結合が密となる部分（１次側第３サブ巻線グループ）と２次側巻線グループに対する磁気結合が疎となる部分（１次側第４サブ巻線グループ）とが形成される。

【００１６】

このとき、１次側第１サブ巻線グループおよび１次側第２サブ巻線グループと、２次側巻線グループとはトランスの原理上、電流の流れる向きが互いに逆向きになる。これより、１次側第１サブ巻線グループでは、電流の流れる向きが同一である巻線グループ同士を近接させた場合と比べて、近接効果による影響が低下するので交流抵抗が低くなる。一方、１次側第２サブ巻線グループでは、１次側第１サブ巻線グループと比べて、近接効果により交流抵抗が高くなる。同様に、１次側第３サブ巻線グループおよび１次側第４サブ巻線グループと、２次側巻線グループとはトランスの原理上、電流の流れる向きが互いに逆向きになる。これより、１次側第３サブ巻線グループでは、電流の流れる向きが同一である巻線グループ同士を近接させた場合と比べて、近接効果による影響が低下するので交流抵抗が低くなる。一方、１次側第４サブ巻線グループでは、１次側第３サブ巻線グループと比べて、近接効果により交流抵抗が高くなる。

【００１７】

このように、１次側第１サブ巻線グループおよび１次側第２サブ巻線グループ、ならびに１次側第３サブ巻線グループおよび１次側第４サブ巻線グループはそれぞれ、互いに異なるインピーダンスを有するが、互いに直列に接続されているので、１次側巻線グループのうち交流抵抗の高い方の巻線グループにも、必ず、スイッチング回路から入力された交流電流が流れる。そのため、１次側巻線グループのうち交流抵抗の高い方の巻線グループの交流抵抗により、トランスの線間容量とトランスの直列インダクタンス（励磁インダクタンスおよび漏洩インダクタンス）とによるＬＣ共振によってトランスの出力交流電圧に発生するリンギングが減衰される。

【００１８】

本発明の第４のスイッチング電源装置は、１次側第１巻線グループおよび１次側第２巻線グループを互いに接続して構成された１次側巻線グループと、２次側第１巻線グループおよび２次側第２巻線グループを互いに接続して構成された２次側巻線グループとを有するトランスと、１次側第１巻線グループおよび１次側第２巻線グループが互いに逆位相に時分割駆動されるようにスイッチング動作を行うスイッチング回路と、スイッチング回路の動作に応じて２次側巻線グループに現れる交流電圧を整流し平滑化する整流平滑回路とを備えたものである。１次側第１巻線グループは、２次側第２巻線グループよりも２次側第１巻線グループに近く配置された１次側第１サブ巻線グループと、２次側第１巻線グループよりも２次側第２巻線グループに近く配置された１次側第２サブ巻線グループとを互いに直列に接続して構成される。一方、１次側第２巻線グループは、２次側第１巻線グループよりも２次側第２巻線グループに近く配置された１次側第３サブ巻線グループと、２次側第２巻線グループよりも２次側第１巻線グループに近く配置された１次側第４サブ巻線グループとを互いに直列に接続して構成される。整流平滑回路は、スイッチング回路の動作に応じて２次側第１巻線グループおよび２次側第２巻線グループが互いに逆位相に時分割駆動されるように２次側巻線グループに接続された第１整流素子および第２整流素子を有する。

【００１９】

ここで、上記トランスが例えば中足の設けられた磁心を有するときは、１次側第１サブ巻線グループ、１次側第２サブ巻線グループ、１次側第３サブ巻線グループ、１次側第４サブ巻線グループ、２次側第１巻線グループおよび２次側第２巻線グループをそれぞれ、中足の延在方向に平行な円筒面内に巻回して構成してもよいし、中足の延在方向に垂直な面内に巻回して構成してもよい。また、１次側の巻線グループの各巻線と、２次側の巻線

10

20

30

40

50

グループの各巻線とが交互に積層されていることが好ましく、積層方向に上下対称に積層されていることがより好ましい。例えば、２次側第１巻線グループ、１次側第１巻線グループ、２次側第２巻線グループおよび１次側第２巻線グループがこの順に積層されていることが好ましく、２次側第１巻線グループ、１次側第１巻線グループ、１次側第２巻線グループおよび２次側第２巻線グループがこの順に積層されていることがより好ましい。

【００２０】

本発明の第４のスイッチング電源装置では、整流平滑回路により、２次側第１巻線グループおよび２次側第２巻線グループがスイッチング回路の動作に応じて互いに逆位相に時分割駆動される。このとき、１次側第１サブ巻線グループおよび１次側第４サブ巻線グループは２次側第２巻線グループよりも２次側第１巻線グループにより近く配置されているので、２次側第１巻線グループが駆動されているときは２次側巻線グループとより密に磁気結合するが、２次側第２巻線グループが駆動されているときは２次側巻線グループとより疎に磁気結合する。一方、１次側第２サブ巻線グループおよび１次側第３サブ巻線グループは２次側第１巻線グループよりも２次側第２巻線グループにより近く配置されているので、２次側第２巻線グループが駆動されているときは２次側巻線グループとより密に磁気結合するが、２次側第１巻線グループが駆動されているときは２次側巻線グループとより疎に磁気結合する。ここで、１次側巻線グループと２次側巻線グループとはトランスの原理上、電流の流れる向きが互いに逆向きになる。これより、１次側第１サブ巻線グループでは、電流の流れる向きが同一である巻線グループ同士を近接させた場合と比べて、近接効果による影響が低下するので交流抵抗が低くなる。一方、１次側第２サブ巻線グループでは、１次側第１サブ巻線グループと比べて、近接効果により交流抵抗が高くなる。また、１次側第３サブ巻線グループでは、電流の流れる向きが同一である巻線グループ同士を近接させた場合と比べて、近接効果による影響が低下するので交流抵抗が低くなる。一方、１次側第４サブ巻線グループでは、１次側第３サブ巻線グループと比べて、近接効果により交流抵抗が高くなる。

【００２１】

このように、１次側第１サブ巻線グループおよび１次側第２サブ巻線グループ、ならびに１次側第３サブ巻線グループおよび１次側第４サブ巻線グループは、それぞれ、互いに異なるインピーダンスを有するが、互いに直列に接続されているので、１次側巻線グループのうち交流抵抗の高い方の巻線グループにも、必ず、スイッチング回路から入力された交流電流が流れる。そのため、１次側巻線グループのうち交流抵抗の高い方の巻線グループの交流抵抗により、トランスの線間容量とトランスの励磁インダクタンス（漏洩インダクタンスも含む）とによるＬＣ共振によってトランスの出力交流電圧に発生するリンギングが減衰される。

【発明の効果】

【００２２】

本発明の第１および第２のスイッチング電源装置によれば、２次側巻線グループに対する磁気結合の疎密が互いに異なる１次側第１巻線グループおよび１次側第２巻線グループを互いに直列に接続するようにしたので、トランスの出力交流電圧に発生するリンギングが、１次側巻線グループのうち交流抵抗の高い巻線グループの交流抵抗により減衰される。これにより、トランスにおけるコアロスやトランスの交流抵抗による発熱量が低減し、効率が向上する。

【００２３】

本発明の第３および第４のスイッチング電源装置によれば、２次側巻線グループに対する磁気結合の疎密が互いに異なる１次側第１サブ巻線グループおよび１次側第２サブ巻線グループを互いに直列に接続すると共に、２次側巻線グループに対する磁気結合の疎密が互いに異なる１次側第３サブ巻線グループおよび１次側第４サブ巻線グループを互いに直列に接続するようにしたので、トランスの出力交流電圧に発生するリンギングが、１次側巻線グループのうち交流抵抗の高い巻線グループの交流抵抗により減衰される。これにより、トランスにおけるコアロスやトランスの交流抵抗による発熱量が低減し、効率が向上

する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、本発明の一実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0025】

[第1の実施の形態]

図1は本発明の第1の実施の形態に係るスイッチング電源装置の回路構成を表すものである。図2は図1のスイッチング電源装置のうちトランスの構造を展開して表すものである。このスイッチング電源装置は、高圧バッテリHBから供給される高圧の直流入力電圧 V_{in} を、より低い直流出力電圧 V_{out} に変換して、負荷Lに供給するDC-DCコンバータとして機能するものであり、後述するように2次側がセンタタップ型のスイッチング電源装置である。

10

【0026】

このスイッチング電源装置は、一次側高圧ラインL1Hと1次側低圧ラインL1Lとの間に設けられたインバータ回路1（スイッチング回路）および平滑コンデンサ2と、互いに直列に接続された1次側巻線42および1次側巻線43からなる1次側巻線44ならびに互いに直列に接続された2次側巻線45および2次側巻線46からなる2次側巻線47を含んで構成されたトランス4と、インバータ回路1とトランス4との間に設けられた共振用インダクタ3とを備える。1次側高圧ラインL1Hに入力端子T1が、1次側低圧ラインL1Lに入力端子T2がそれぞれ設けられており、これら入力端子T1、T2が高圧バッテリの出力端子と接続されるようになっている。

20

【0027】

このスイッチング電源装置はまた、トランス4の2次側に設けられた整流回路5と平滑回路6とを備える。平滑回路6の高圧側のラインである出力ラインL0に出力端子T3が、平滑回路6の低圧側のラインである接地ラインLGに出力端子T4がそれぞれ設けられており、これら出力端子T3、T4が負荷の入出力端子と接続されるようになっている。なお、整流回路5および平滑回路6からなる回路が本発明の「整流平滑回路」に対応する。

【0028】

インバータ回路1は、高圧バッテリから出力される直流入力電圧 V_{in} をほぼ矩形波状の単相交流電圧に変換する単相インバータ回路である。このインバータ回路1は、制御回路（図示せず）から供給されるスイッチング信号によってそれぞれ駆動される4つのスイッチング素子11、12、13、14をフルブリッジ接続してなるフルブリッジ型のスイッチング回路である。スイッチング素子としては、例えば、MOS-FET（Metal Oxide Semiconductor-Field Effect Transistor）やIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）などの素子が用いられる。

30

【0029】

スイッチング素子11は、共振用インダクタ3の一端と1次側高圧ラインL1Hとの間に設けられ、スイッチング素子12は共振用インダクタ3の一端と1次側低圧ラインL1Lとの間に設けられている。スイッチング素子13はトランス4の1次側巻線43の一端と1次側高圧ラインL1Hとの間に設けられ、スイッチング素子14は1次側巻線43の一端と1次側低圧ラインL1Lとの間に設けられている。

40

【0030】

これより、インバータ回路1は、スイッチング素子11、14のオン動作により、1次側高圧ラインL1Hから順にスイッチング素子11、共振用インダクタ3、1次側巻線42およびスイッチング素子14を通して1次側低圧ラインL1Lに至る第1の電流経路に電流が流れる一方、スイッチング素子12、13のオン動作により、1次側高圧ラインL1Hから順にスイッチング素子13、1次側巻線42、共振用インダクタ3およびスイッチング素子12を通して1次側低圧ラインL1Lに至る第2の電流経路に電流が流れるようになっている。

50

【0031】

共振用インダクタ3は、スイッチング素子11, 12, 13, 14の寄生容量の少なくとも1つと共に共振回路を構成するようになっており、その共振特性を利用して、スイッチング素子のオン・オフによって生じる電力損失を低減するようになっている。なお、共振用インダクタ3は、コイル部品を実際に配置して構成されていてもよいが、これに代えて(これと共に)、トランス4の漏洩インダクタンスや配線などを含めた直列インダクタンスを利用して構成されていてもよい。

【0032】

トランス4は、互いに直列に接続された1次側巻線42(1次側第1巻線グループ)および1次側巻線43(1次側第2巻線グループ)からなる1次側巻線44(1次側巻線グループ)と、互いに直列に接続された2次側巻線45(2次側第1巻線グループ)および2次側巻線46(2次側第2巻線グループ)からなる2次側巻線47(2次側巻線グループ)とが互いに同じ向きの極性を有するように磁芯41に巻回されることにより磁気結合された磁気素子である。このトランス4は、降圧型のトランスであり、2次側巻線45および2次側巻線46のそれぞれの巻き数が、1次側巻線44のそれよりも少なくなっている。なお、降圧の度合いは、1次側巻線44の巻き数と、2次側巻線45および2次側巻線46のそれぞれの巻き数との比によって定まる。

【0033】

磁芯41は、8の字状の磁路を有し、例えば、それぞれE型形状の磁芯41Aおよび磁芯41Bからなり、磁芯41Aを導電性の支持基体(図示せず)上に載置すると共にその磁芯41A上に磁芯41Bを重ね合わせて構成されたものである。磁芯41A上に磁芯41Bを重ね合わせることで磁心41の中心部分に円柱状の中足41Cが形成されるようになっている。この中足41Cは、トランス4の1次側巻線44、2次側巻線45および2次側巻線46を巻回するためのものである。

【0034】

2次側巻線45は互いに並列に接続された2次側巻線45A(2次側第1サブ巻線グループ)および2次側巻線45B(2次側第2サブ巻線グループ)を、2次側巻線46は互いに並列に接続された2次側巻線46A(2次側第3サブ巻線グループ)および2次側巻線46B(2次側第4サブ巻線グループ)をそれぞれ有する。これら2次側巻線45A、2次側巻線45B、2次側巻線46Aおよび2次側巻線46Bは、中足41Cの延在方向に垂直な面内で中足41Cにそれぞれ1巻きされたものであり、上からこの順に積層配置されている。

【0035】

2次側巻線45の一端は後述のダイオード51のアノードに、2次側巻線45の他端はセンタタップCにそれぞれ接続されている。一方、2次側巻線46の一端は後述のダイオード52のアノードに、2次側巻線46の他端はセンタタップCにそれぞれ接続されている。センタタップCは接地ラインLGを介して出力端子T4に接続されている。つまり、トランス4の2次側はセンタタップ型の接続となっている。2次側巻線45および2次側巻線46は、後述のように、整流回路5によって時分割で互いに逆位相に駆動されるようになっている。

【0036】

1次側巻線42は、互いに直列に接続された1次側巻線42A(1次側第1サブ巻線グループ)および1次側巻線42B(1次側第2サブ巻線グループ)を有する。これら1次側巻線42Aおよび1次側巻線42Bは、中足41Cの延在方向に垂直な面内で中足41Cにそれぞれ3巻きされたものであり、上からこの順に積層配置されている。さらに、1次側巻線42は、2次側巻線45Aおよび2次側巻線45Bにサンドイッチされており、1次側巻線42Aが2次側巻線45Aに近接配置されると共に1次側巻線42Bが2次側巻線45Bに近接配置されている。これより、1次側巻線42は、2次側巻線46よりも2次側巻線45により近く配置されている。

【0037】

1次側巻線43は、互いに直列に接続された1次側巻線43A(1次側第3サブ巻線グループ)および1次側巻線43B(1次側第4サブ巻線グループ)を有する。これら1次側巻線43Aおよび1次側巻線43Bは、中足41Cの延在方向に垂直な面内で中足41Cにそれぞれ3巻きされたものであり、上からこの順に積層配置されている。さらに、1次側巻線43は、2次側巻線46Aおよび2次側巻線46Bにサンドイッチされており、1次側巻線43Aが2次側巻線46Aに隣接配置されると共に1次側巻線43Bが2次側巻線46Bに隣接配置されている。これより、1次側巻線43は、2次側巻線45よりも2次側巻線46により近く配置されている。

【0038】

これより、トランス4は、1次側の巻線(1次側巻線42, 43)と、2次側の巻線(2次側巻線45, 46)とを交互に(サンドイッチ状に)積層する構造を有しており、電流が同一方向に流れる1次側巻線42および1次側巻線43が互いに近接しないようになっている。また、トランス4の各巻線は、2次側巻線45A(2次側第1サブ巻線グループ)、1次側巻線42A(1次側第1サブ巻線グループ)、1次側巻線42B(1次側第2サブ巻線グループ)、2次側巻線45B(2次側第2サブ巻線グループ)、2次側巻線46A(2次側第3サブ巻線グループ)、1次側巻線43A(1次側第3サブ巻線グループ)、1次側巻線43B(1次側第4サブ巻線グループ)および2次側巻線46B(2次側第4サブ巻線グループ)を上からこの順に積層して配置されている。すなわち、トランス4の積層構造が上下対称となっている。

【0039】

これら1次側巻線42および1次側巻線43は、インバータ回路1の動作に応じて自身に流れる電流の方向が変化するようにインバータ回路1に接続されている。具体的には、1次側巻線42の一端が共振用インダクタ3を介してスイッチング素子11とスイッチング素子12との接続点に接続され、1次側巻線42の他端が1次側巻線43の一端に接続され、1次側巻線43の他端がスイッチング素子13とスイッチング素子14との接続点に接続されている。

【0040】

なお、上記した1次側巻線42A、1次側巻線42B、1次側巻線43A、1次側巻線43B、2次側巻線45、2次側巻線45B、2次側巻線46Aおよび2次側巻線46Bは、空気ですべて互いに絶縁されていてもよいし、図示しない絶縁シートを挟むことにより互いに絶縁されていてもよい。

【0041】

ここで、トランス4の1次側の巻線、すなわち、1次側巻線42および1次側巻線43からなる1次側巻線44は、図3に示したような等価回路で表すことができる。すなわち、この等価回路は、回路a1と、回路a2と、インダクタンス L_e 1とを互いに直列に接続した回路である。回路a1は、互いに直列に接続されたインダクタンス L_1 および抵抗 R_1 と、互いに直列に接続されたインダクタンス L_2 および抵抗 R_2 と、互いに直列に接続された線間容量 C_1 および抵抗 R_3 とを互いに並列に接続して構成されている。回路a2は、互いに直列に接続されたインダクタンス L_3 および抵抗 R_4 と、互いに直列に接続されたインダクタンス L_4 および抵抗 R_5 と、互いに直列に接続された線間容量 C_2 および抵抗 R_6 をと互いに並列に接続して構成されている。

【0042】

上記において、インダクタンス L_1 はトランス4を理想トランスとしたときの1次側巻線42のインダクタンスであり、抵抗 R_1 はトランス4を理想トランスとしたときの1次側巻線42の抵抗である。インダクタンス L_2 は1次側巻線42の励磁インダクタンスであり、抵抗 R_2 は1次側巻線42の交流抵抗成分である。線間容量 C_1 は1次側巻線42内の線間容量と、1次側巻線42および2次側巻線45, 46の線間容量との合計容量であり、抵抗 R_3 は1次側巻線42の交流抵抗成分である。インダクタンス L_3 はトランス4を理想トランスとしたときの1次側巻線43のインダクタンスであり、抵抗 R_4 はトランス4を理想トランスとしたときの1次側巻線43の抵抗である。インダクタンス L_4 は

1次側巻線43の励磁インダクタンスであり、抵抗R5は1次側巻線43の交流抵抗成分である。線間容量C2は1次側巻線43内の線間容量と、1次側巻線43および2次側巻線45, 46の線間容量との合計容量であり、抵抗R6は1次側巻線43の交流抵抗成分である。インダクタンスLe1はトランス4の漏洩インダクタンスである。

【0043】

整流回路5は、一對のダイオード51（第1整流素子）およびダイオード52（第2整流素子）からなる単相全波整流型のものである。ダイオード51のアノードは2次側巻線45の一端に、ダイオード51のカソードは接続点Dにそれぞれ接続されている。ダイオード52のアノードは2次側巻線46の一端に、ダイオード52のカソードは接続点Dにそれぞれ接続されている。接続点Dは平滑回路6を介して出力端子T3に接続されている。これにより、この整流回路5は、2次側巻線45と2次側巻線46とが時分割で互いに逆位相に駆動されるようになっている。

10

【0044】

平滑回路6は、チョークコイル61と、平滑コンデンサ62とを含んで構成されており、整流回路5で整流された直流電圧を平滑化して直流出力電圧Voutを生成し、これを出力端子T3, T4から負荷Lに供給するようになっている。

【0045】

次に、以上のような構成のスイッチング電源装置の作用を説明する。なお、以下では、一般的なスイッチング動作でインバータ回路1を駆動する場合について説明するが、例えば、ゼロボルトスイッチング（Zero Voltage Switching）動作でインバータ回路1を駆動することも可能である。

20

【0046】

インバータ回路1のスイッチング素子11, 14がオンすると、スイッチング素子11からスイッチング素子14の方向に電流が流れ、トランス4の1次側巻線44に電圧Vin1が現れると共に、1次側巻線44を構成する1次側巻線42および1次側巻線43に電流Iin1が流れる。一方、トランス4の2次側巻線45, 46に、ダイオード52に対して逆方向となり、ダイオード51に対して順方向となる電圧が現れる。このため、2次側巻線45、チョークコイル61および平滑コンデンサ62を通過して出力ラインLOおよび接地ラインLGに電流Iout1が流れる。このとき、平滑コンデンサ62に並列に接続された出力端子T3およびT4には平滑回路6によって平滑化された電圧Voutが出力される。

30

【0047】

次に、スイッチング素子11, 14がオンからオフになると、トランス4の2次側巻線45, 46に、ダイオード52に対して順方向となる電圧が現れる。このため、2次側巻線45、チョークコイル61および平滑コンデンサ62を通過して出力ラインLOおよび接地ラインLGに電流が流れる。このとき、平滑コンデンサ62に並列に接続された出力端子T3およびT4には平滑回路6によって平滑化された電圧Voutが出力される。

【0048】

次に、スイッチング素子12, 13がオンすると、スイッチング素子13からスイッチング素子12の方向に電流が流れ、トランス4の1次側巻線44に電圧Vin2が現れると共に、1次側巻線44を構成する1次側巻線42および1次側巻線43に電流Iin2が流れる。一方、トランス4の2次側巻線45, 46に、ダイオード52に対して順方向となり、ダイオード51に対して逆方向となる電圧が現れる。このため、2次側巻線45、チョークコイル61および平滑コンデンサ62を通過して出力ラインLOおよび接地ラインLGに電流Iout2が流れる。このとき、平滑コンデンサ62に並列に接続された出力端子T3およびT4には平滑回路6によって平滑化された電圧Voutが出力される。

40

【0049】

最後に、スイッチング素子12, 13がオンからオフになると、トランス4の2次側巻線45, 46に、ダイオード51に対して順方向となる電圧が現れる。このため、2次側巻線45、チョークコイル61および平滑コンデンサ62を通過して出力ラインLOおよび

50

接地ライン L G に電流が流れる。このとき、平滑コンデンサ 6 2 に並列に接続された出力端子 T 3 および T 4 には平滑回路 6 によって平滑化された電圧 V_{out} が出力される。

【0050】

このようにして、スイッチング電源装置は、高圧バッテリーから供給された直流入力電圧 V_{in} を直流出力電圧 V_{out} に変圧（降圧）し、その変圧した直流出力電圧 V_{out} を低圧バッテリーに給電する。

【0051】

次に、本実施の形態のスイッチング電源装置の効果を比較例と対比して説明する。

【0052】

比較例では、図 4 および図 5 に示したように、トランス 104 の 1 次側巻線 144 は 1 次側巻線 142 と 1 次側巻線 143 とを互いに並列に接続して構成されており、この点で本実施の形態の 1 次側巻線 44 と相違する。

10

【0053】

比較例の 1 次側巻線 142 は、本実施の形態の 1 次側巻線 42 と同様、互いに直列に接続された 1 次側巻線 142 A および 1 次側巻線 142 B を有する。これら 1 次側巻線 142 A および 1 次側巻線 142 B は、中足 41 C の延在方向に垂直な面内で中足 41 C にそれぞれ 6 巻きされたものであり、上からこの順に積層配置されている。なお、本実施の形態と比較例との間でトランスの降圧の度合いを揃える観点から、1 次側巻線 142 の巻数を、1 次側巻線 42 の巻数の 2 倍、すなわち 12 巻きとしている。さらに、1 次側巻線 142 は、2 次側巻線 45 A および 2 次側巻線 45 B にサンドイッチされており、1 次側巻線 142 A が 2 次側巻線 45 A に近接配置されると共に 1 次側巻線 142 B が 2 次側巻線 45 B に近接配置されている。これより、1 次側巻線 142 は、2 次側巻線 46 よりも 2 次側巻線 45 により近く配置されている。

20

【0054】

比較例の 1 次側巻線 143 は、互いに直列に接続された 1 次側巻線 143 A および 1 次側巻線 143 B を有する。これら 1 次側巻線 143 A および 1 次側巻線 143 B は、中足 41 C の延在方向に垂直な面内で中足 41 C にそれぞれ 6 巻きされたものであり、上からこの順に積層配置されている。なお、本実施の形態と比較例との間でトランスの降圧の度合いを揃える観点から、1 次側巻線 143 の巻数を、1 次側巻線 43 の巻数の 2 倍、すなわち 12 巻きとしている。さらに、1 次側巻線 143 は、2 次側巻線 46 A および 2 次側巻線 46 B にサンドイッチされており、1 次側巻線 143 A が 2 次側巻線 46 A に隣接配置されると共に 1 次側巻線 143 B が 2 次側巻線 46 B に隣接配置されている。これより、1 次側巻線 143 は、2 次側巻線 45 よりも 2 次側巻線 46 により近く配置されている。

30

【0055】

ここで、比較例のトランス 104 の 1 次側の巻線、すなわち、1 次側巻線 142 および 1 次側巻線 143 からなる 1 次側巻線 144 は、図 6 に示したような等価回路で表すことができる。すなわち、この等価回路は、回路 a101 および回路 a102 を互いに並列に接続してなる回路と、インダクタンス L_{e101} とを互いに直列に接続した回路である。回路 a101 は、互いに直列に接続されたインダクタンス L_{101} および抵抗 R_{101} と、互いに直列に接続されたインダクタンス L_{102} および抵抗 R_{102} と、互いに直列に接続された線間容量 C_{101} および抵抗 R_{103} とを互いに並列に接続して構成されている。回路 a102 は、互いに直列に接続されたインダクタンス L_{103} および抵抗 R_{104} と、互いに直列に接続されたインダクタンス L_{104} および抵抗 R_{105} と、互いに直列に接続された線間容量 C_{102} および抵抗 R_{106} をと互いに並列に接続して構成されている。

40

【0056】

上記において、インダクタンス L_{101} はトランス 104 を理想トランスとしたときの 1 次側巻線 142 のインダクタンスであり、抵抗 R_{101} はトランス 104 を理想トランスとしたときの 1 次側巻線 142 の抵抗である。インダクタンス L_{102} は 1 次側巻線 1

50

4 2 の励磁インダクタンスであり、抵抗 R_{102} は 1 次側巻線 1 4 2 の交流抵抗成分である。線間容量 C_{101} は 1 次側巻線 1 4 2 内の線間容量と、1 次側巻線 1 4 2 および 2 次側巻線 4 5, 4 6 の線間容量との合計容量であり、抵抗 R_{103} は 1 次側巻線 1 4 2 の交流抵抗成分である。インダクタンス L_{103} はトランス 1 0 4 を理想トランスとしたときの 1 次側巻線 1 4 3 のインダクタンスであり、抵抗 R_{104} はトランス 1 0 4 を理想トランスとしたときの 1 次側巻線 1 4 3 の抵抗である。インダクタンス L_{104} は 1 次側巻線 1 4 3 の励磁インダクタンスであり、抵抗 R_{105} は 1 次側巻線 1 4 3 の交流抵抗成分である。線間容量 C_{102} は 1 次側巻線 1 4 3 内の線間容量と、1 次側巻線 1 4 3 および 2 次側巻線 4 5, 4 6 の線間容量との合計容量であり、抵抗 R_{106} は 1 次側巻線 1 4 3 の交流抵抗成分である。インダクタンス L_{e101} はトランス 1 0 4 の漏洩インダクタンス

10

【0057】

比較例では、図 7 に示したように、1 次側巻線 1 4 4 に電圧 V_{in1} が入力されると、1 次側巻線 1 4 2 に電流 I_{in11} が、1 次側巻線 1 4 3 に電流 I_{in12} がそれぞれ流れる。ここで、1 次側巻線 1 4 2 は電流の流れている 2 次側巻線 4 5 により近く配置されているので、2 次側巻線 4 5 と密に磁気結合する。このとき、1 次側巻線 1 4 2 と 2 次側巻線 4 5 とはトランスの原理上、電流の流れる向きが互いに逆向きになるので、1 次側巻線 1 4 2 では、電流の流れる向きが同一である巻線グループ同士を近接させた場合と比べて、近接効果による影響が低下するので交流抵抗が低くなる。これより、1 次側巻線 1 4 2 には相対的に大きな電流が流れる。一方、1 次側巻線 1 4 3 は電流の流れている 2 次側巻線 4 5 により遠く配置されているので、2 次側巻線 4 5 と疎に磁気結合する。このとき、電流が流れていない 2 次側巻線 4 6 に相対的に近く配置されているので、1 次側巻線 1 4 3 では、1 次側巻線 1 4 2 と比べて、近接効果により交流抵抗が高くなる。これより、1 次側巻線 1 4 3 には相対的に小さな電流しか流れない。

20

【0058】

また、図 8 に示したように、1 次側巻線 1 4 4 に電圧 V_{in2} が入力されると、1 次側巻線 1 4 2 に電流 I_{in22} が、1 次側巻線 1 4 3 に電流 I_{in21} がそれぞれ流れる。ここで、1 次側巻線 1 4 3 は電流の流れている 2 次側巻線 4 6 により近く配置されているので、2 次側巻線 4 6 と相対的に密に磁気結合する。このとき、1 次側巻線 1 4 3 と 2 次側巻線 4 6 とはトランスの原理上、電流の流れる向きが互いに逆向きになるので、1 次側巻線 1 4 3 では、電流の流れる向きが同一である巻線グループ同士を近接させた場合と比べて、近接効果による影響が低下するので交流抵抗が低くなる。これより、1 次側巻線 1 4 3 には相対的に大きな電流が流れる。一方、1 次側巻線 1 4 2 は電流の流れている 2 次側巻線 4 6 により遠く配置されているので、2 次側巻線 4 6 と相対的に疎に磁気結合する。このとき、電流が流れていない 2 次側巻線 4 5 に相対的に近く配置されているので、1 次側巻線 1 4 2 では、1 次側巻線 1 4 3 と比べて、近接効果により交流抵抗が高くなる。これより、1 次側巻線 1 4 2 には相対的に小さな電流しか流れない。

30

【0059】

このように、比較例では、1 次側巻線 1 4 2 および 1 次側巻線 1 4 3 が互いに並列に接続されているので、交流抵抗の低い側の巻線に電流のより多くが流れることとなる。そのため、トランス 1 0 4 の線間容量 C_1 および C_2 と、トランス 1 0 4 の励磁インダクタンス L_2 および L_4 と、トランス 1 0 4 の漏洩インダクタンス L_{e1} とによる LC 共振によって生じる、トランス 1 0 4 の出力交流電圧（図 4 および図 5 中の端部 A および端部 B 間の電圧）に発生するリンギングを、低い交流抵抗によって減衰させることはほとんどできない（図 9 の点線で示された波形参照）。その結果、トランス 1 0 4 におけるコアロスやトランス 1 0 4 の交流抵抗による発熱量が増加し、効率が低下してしまう。

40

【0060】

一方、本実施の形態では、図 10 に示したように、1 次側巻線 4 4 に電圧 V_{in1} が入力されると、1 次側巻線 4 4 を構成する 1 次側巻線 4 2 および 1 次側巻線 4 3 に電流 I_{in1} が流れる。ここで、1 次側巻線 4 2 は電流の流れている 2 次側巻線 4 5 により近く配

50

置されているので、2次側巻線45と相対的に密に磁気結合する。このとき、1次側巻線42と2次側巻線45とはトランスの原理上、電流の流れる向きが互いに逆向きになるので、1次側巻線42では、電流の流れる向きが同一である巻線グループ同士を近接させた場合と比べて、近接効果による影響が低下するので交流抵抗が低くなる。一方、1次側巻線43は電流の流れている2次側巻線45により遠く配置されているので、2次側巻線45と相対的に疎に磁気結合する。このとき、電流が流れていない2次側巻線46により近く配置されているので、1次側巻線43では、1次側巻線42と比べて、近接効果により交流抵抗が高くなるが、本実施の形態では、1次側巻線42および1次側巻線43は互いに直列に接続されているので、1次側巻線42および1次側巻線43には互いに等しい電流が流れる。

10

【0061】

また、図11に示したように、1次側巻線44に電圧 V_{in2} が入力されると、1次側巻線44を構成する1次側巻線42および1次側巻線43に電流 I_{in2} が流れる。ここで、1次側巻線43は電流の流れている2次側巻線46により近く配置されているので、2次側巻線46と相対的に密に磁気結合する。このとき、1次側巻線43と2次側巻線46とはトランスの原理上、電流の流れる向きが互いに逆向きになるので、1次側巻線43では、電流の流れる向きが同一である巻線グループ同士を近接させた場合と比べて、近接効果による影響が低下するので交流抵抗が低くなる。一方、1次側巻線42は電流の流れている2次側巻線46により遠く配置されているので、2次側巻線46と相対的に疎に磁気結合する。このとき、電流が流れていない2次側巻線45により近く配置されているので、1次側巻線42では、1次側巻線43と比べて、近接効果により交流抵抗が高くなるが、本実施の形態では、1次側巻線42および1次側巻線43は互いに直列に接続されているので、1次側巻線42および1次側巻線43には互いに等しい電流が流れる。

20

【0062】

このように、本実施の形態では、1次側巻線42および1次側巻線43が互いに直列に接続されているので、交流抵抗の大きな巻線にも大きな電流が流れることとなる。そのため、トランス4の線間容量 C_1 および C_2 と、トランス4の励磁インダクタンス L_2 および L_4 と、トランス4の漏洩インダクタンス L_{e1} とによるLC共振によって生じる、トランス4の出力交流電圧（図1および図2中の端部Aおよび端部B間の電圧）に発生するリングングを、高い交流抵抗によって減衰させることができる（図9の実線で示された波形参照）。その結果、トランス4におけるコアロスやトランス4の交流抵抗による発熱量が低下し、効率が向上する。

30

【0063】

また、本実施の形態では、トランス4の各巻線（1次側巻線42A、1次側巻線42B、1次側巻線43A、1次側巻線43B、2次側巻線45A、2次側巻線45B、2次側巻線46Aおよび2次側巻線46B）の積層構造が上下対称となっているので、2次側巻線45が駆動されているときと、2次側巻線46が駆動されているときとで、トランス4の交流抵抗の大きさに実質的な差異はない。これより、2次側巻線45が駆動されているときの出力交流電圧と、2次側巻線46が駆動されているときの出力交流電圧とで、リングングの減衰量に実質的な差異はないので、発熱量が周期的に増大することもなく、高効率を維持することができる。

40

【0064】

[第1の実施の形態の変形例]

上記実施の形態では、トランス4の各巻線は、2次側巻線45A、1次側巻線42A、1次側巻線42B、2次側巻線45B、2次側巻線46A、1次側巻線43A、1次側巻線43Bおよび2次側巻線46Bを上からこの順に積層して配置されていたが、図12に示したように、上下対称を維持した状態で、2次側巻線45Bおよび2次側巻線46Aの間に、1次側第3巻線47Aおよび1次側第3巻線47Bを上からこの順に積層してなる1次側第3巻線47を挿入配置してもよい。また、上下対称を維持した状態で、図13に示したように、2次側巻線45Bおよび2次側巻線46Aを削除したり、図14に示した

50

ように、２次側巻線４５Ａおよび２次側巻線４６Ｂを削除してもよい。なお、上下対称ではないが、図１５に示したように、２次側巻線４５Ｂおよび２次側巻線４６Ｂを削除してもよい。いずれにおいても、大きな交流抵抗が１次側巻線４４中に直列に配置されるようになっていればよい。

【００６５】

また、上記実施の形態では、トランス４の各巻線は、中足４１Ｃの延在方向に垂直な面内で中足４１Ｃに巻回されていたが、図１６ないし図１９に示したように、中足４１Ｃの延在方向に平行な円筒面内で中足４１Ｃに巻回されていてもよい。

【００６６】

[第２の実施の形態]

図２０は本発明の第２の実施の形態に係るスイッチング電源装置の回路構成を表すものである。図２１は図２０のスイッチング電源装置のうちトランスの構造を展開して表すものである。このスイッチング電源装置は、上記第１の実施の形態と比較して、インバータ回路１０の構成と、インバータ回路１０およびトランス４０の接続関係と、トランス４０の構成とにおいて相違する。そこで、以下、上記第１の実施の形態との相違点について主に説明し、上記第１の実施の形態と共通する構成、作用、効果についての記載を適宜省略する。

【００６７】

インバータ回路１０は、制御回路（図示せず）から供給されるスイッチング信号によってそれぞれ駆動される２つのスイッチング素子１５、１６を並列接続してなるプッシュプル型のスイッチング回路である。

【００６８】

トランス４０は、上記実施の形態のトランス４と異なる順番で各巻線を積層して構成したものである。具体的には、上記実施の形態のトランス４の積層構造において、２次側巻線４５Ｂと２次側巻線４６Ａとが入れ換えられたものであり、２次側巻線４５Ａ（２次側第１サブ巻線グループ）、１次側巻線４２Ａ（１次側第１サブ巻線グループ）、１次側巻線４２Ｂ（１次側第２サブ巻線グループ）、２次側巻線４６Ａ（２次側第３サブ巻線グループ）、２次側巻線４５Ｂ（２次側第２サブ巻線グループ）、１次側巻線４３Ａ（１次側第４サブ巻線グループ）、１次側巻線４３Ｂ（１次側第３サブ巻線グループ）および２次側巻線４６Ｂ（２次側第４サブ巻線グループ）を上からこの順に積層して配置されている。すなわち、トランス４０の積層構造は上下対称となっている。

【００６９】

スイッチング素子１５はトランス４０の１次側巻線４２Ａの一端と１次側低圧ラインＬ１Ｌとの間に設けられている。スイッチング素子１６は１次側巻線４３の一端と１次側高圧ラインＬ１Ｈとの間に設けられ、スイッチング素子１４は１次側巻線４３Ｂの一端と１次側低圧ラインＬ１Ｌとの間に設けられている。共振用インダクタ３は１次側巻線４２Ｂおよび１次側巻線４３Ａの接続点と１次側高圧ラインＬ１Ｈとの間に設けられている。

【００７０】

ここで、トランス４０の１次側の巻線、すなわち、１次側巻線４２および１次側巻線４３からなる１次側巻線４４は、図２２に示したような等価回路で表すことができる。まず、１次側巻線４２の等価回路は、回路ａ１１と、回路ａ１２と、インダクタンスＬ１１とを互いに直列に接続した回路である。回路ａ１１は、互いに直列に接続されたインダクタンスＬ１１および抵抗Ｒ１１と、互いに直列に接続されたインダクタンスＬ１２および抵抗Ｒ１２と、互いに直列に接続された線間容量Ｃ１１および抵抗Ｒ１３とを互いに並列に接続して構成されている。回路ａ１２は、互いに直列に接続されたインダクタンスＬ１３および抵抗Ｒ１４と、互いに直列に接続されたインダクタンスＬ１４および抵抗Ｒ１５と、互いに直列に接続された線間容量Ｃ１２および抵抗Ｒ１６をと互いに並列に接続して構成されている。一方、１次側巻線４３の等価回路は、回路ａ１３と、回路ａ１４と、インダクタンスＬ１１とを互いに直列に接続した回路である。回路ａ１３は、互いに直列に接続されたインダクタンスＬ２１および抵抗Ｒ２１と、互いに直列に接続されたインダ

10

20

30

40

50

クタンス L_{22} および抵抗 R_{22} と、互いに直列に接続された線間容量 C_{21} および抵抗 R_{23} とを互いに並列に接続して構成されている。回路 a_{14} は、互いに直列に接続されたインダクタンス L_{23} および抵抗 R_{24} と、互いに直列に接続されたインダクタンス L_{24} および抵抗 R_{25} と、互いに直列に接続された線間容量 C_{22} および抵抗 R_{26} とを互いに並列に接続して構成されている。

【0071】

1次側巻線 42 の等価回路において、インダクタンス L_{11} はトランス 40 を理想トランスとしたときの 1次側巻線 42 A のインダクタンスであり、抵抗 R_{11} はトランス 40 を理想トランスとしたときの 1次側巻線 42 A の抵抗である。インダクタンス L_{12} は 1次側巻線 42 A の励磁インダクタンスであり、抵抗 R_{12} は 1次側巻線 42 A の交流抵抗成分である。線間容量 C_{11} は 1次側巻線 42 A 内の線間容量と、1次側巻線 42 A および 2次側巻線 45, 46 の線間容量との合計容量であり、抵抗 R_{13} は 1次側巻線 42 A の交流抵抗成分である。インダクタンス L_{13} はトランス 40 を理想トランスとしたときの 1次側巻線 42 B のインダクタンスであり、抵抗 R_{14} はトランス 40 を理想トランスとしたときの 1次側巻線 42 B の抵抗である。インダクタンス L_{14} は 1次側巻線 42 B の励磁インダクタンスであり、抵抗 R_{15} は 1次側巻線 42 B の交流抵抗成分である。線間容量 C_{12} は 1次側巻線 42 B 内の線間容量と、1次側巻線 42 B および 2次側巻線 45, 46 の線間容量との合計容量であり、抵抗 R_{16} は 1次側巻線 42 B の交流抵抗成分である。インダクタンス L_{e11} は 1次側巻線 42 と 2次側巻線 45, 46 とで構成されるトランスの漏洩インダクタンスである。

【0072】

1次側巻線 43 の等価回路において、インダクタンス L_{21} はトランス 40 を理想トランスとしたときの 1次側巻線 43 A のインダクタンスであり、抵抗 R_{21} はトランス 40 を理想トランスとしたときの 1次側巻線 43 A の抵抗である。インダクタンス L_{22} は 1次側巻線 43 A の励磁インダクタンスであり、抵抗 R_{22} は 1次側巻線 43 A の交流抵抗成分である。線間容量 C_{21} は 1次側巻線 43 A 内の線間容量と、1次側巻線 43 A および 2次側巻線 45, 46 の線間容量との合計容量であり、抵抗 R_{23} は 1次側巻線 43 A の交流抵抗成分である。インダクタンス L_{23} はトランス 40 を理想トランスとしたときの 1次側巻線 43 B のインダクタンスであり、抵抗 R_{24} はトランス 40 を理想トランスとしたときの 1次側巻線 43 B の抵抗である。インダクタンス L_{24} は 1次側巻線 43 B の励磁インダクタンスであり、抵抗 R_{25} は 1次側巻線 43 B の交流抵抗成分である。線間容量 C_{22} は 1次側巻線 43 B 内の線間容量と、1次側巻線 43 B および 2次側巻線 45, 46 の線間容量との合計容量であり、抵抗 R_{26} は 1次側巻線 43 B の交流抵抗成分である。インダクタンス L_{e21} は 1次側巻線 43 と 2次側巻線 45, 46 とで構成されるトランスの漏洩インダクタンスである。

【0073】

次に、以上のような構成のスイッチング電源装置の作用を説明する。インバータ回路 1 のスイッチング素子 15 がオンすると、共振用インダクタ 3 から 1次側巻線 42 B、1次側巻線 42 A、スイッチング素子 15 の方向に電流 I_{in1} が流れ、1次側巻線 42 に電圧 V_{in1} が現れると共に、1次側巻線 42 を構成する 1次側巻線 42 A および 1次側巻線 42 B に電流 I_{in1} が流れる。一方、トランス 40 の 2次側巻線 45, 46 に、ダイオード 52 に対して逆方向となり、ダイオード 51 に対して順方向となる電圧が現れる。このため、2次側巻線 45、チョークコイル 61 および平滑コンデンサ 62 を通って出力ライン LO および接地ライン LG に電流 I_{out1} が流れる。このとき、平滑コンデンサ 62 に並列に接続された出力端子 T3 および T4 には平滑回路 6 によって平滑化された電圧 V_{out} が出力される。

【0074】

次に、スイッチング素子 15 がオンからオフになると、トランス 40 の 2次側巻線 45, 46 に、ダイオード 52 に対して順方向となる電圧が現れる。このため、2次側巻線 45、チョークコイル 61 および平滑コンデンサ 62 を通って出力ライン LO および接地ラ

インLGに電流が流れる。このとき、平滑コンデンサ62に並列に接続された出力端子T3およびT4には平滑回路6によって平滑化された電圧Voutが出力される。

【0075】

次に、スイッチング素子16がオンすると、共振用インダクタ3から1次側巻線43A、1次側巻線43B、スイッチング素子16の方向に電流が流れ、1次側巻線43に電圧Vin2が現れると共に、1次側巻線43を構成する1次側巻線43Aおよび1次側巻線43Bに電流Iin2が流れる。一方、トランス40の2次側巻線45、46に、ダイオード52に対して順方向となり、ダイオード51に対して逆方向となる電圧が現れる。このため、2次側巻線45、チョークコイル61および平滑コンデンサ62を通して出力ラインLOおよび接地ラインLGに電流Iout2が流れる。このとき、平滑コンデンサ62に並列に接続された出力端子T3およびT4には平滑回路6によって平滑化された電圧Voutが出力される。

10

【0076】

最後に、スイッチング素子16がオンからオフになると、トランス40の2次側巻線45、46に、ダイオード51に対して順方向となる電圧が現れる。このため、2次側巻線45、チョークコイル61および平滑コンデンサ62を通して出力ラインLOおよび接地ラインLGに電流が流れる。このとき、平滑コンデンサ62に並列に接続された出力端子T3およびT4には平滑回路6によって平滑化された電圧Voutが出力される。

【0077】

このようにして、スイッチング電源装置は、高圧バッテリーから供給された直流入力電圧Vinを直流出力電圧Voutに変圧（降圧）し、その変圧した直流出力電圧Voutを低圧バッテリーに給電する。

20

【0078】

次に、本実施の形態のスイッチング電源装置の効果を説明する。

【0079】

本実施の形態では、図23に示したように、1次側巻線42に電圧Vin1が入力されると、1次側巻線42を構成する1次側巻線42Aおよび1次側巻線42Bに電流Iin1が流れる。ここで、1次側巻線42Aは電流の流れている2次側巻線45により近く配置されているので、2次側巻線45と相対的に密に磁気結合する。このとき、1次側巻線42Aと2次側巻線45とはトランスの原理上、電流の流れる向きが互いに逆向きになるので、1次側巻線42Aでは、電流の流れる向きが同一である巻線グループ同士を近接させた場合と比べて、近接効果による影響が低下するので交流抵抗が低くなる。一方、1次側巻線42Bは電流の流れている2次側巻線45により遠く配置されているので、2次側巻線45と相対的に疎に磁気結合する。このとき、電流が流れていない2次側巻線46により近く配置されているので、1次側巻線42Bでは、1次側巻線42Aと比べて、近接効果により交流抵抗が高くなるが、本実施の形態では、1次側巻線42Aおよび1次側巻線42Bは互いに直列に接続されているので、1次側巻線42Aおよび1次側巻線42Bには互いに等しい電流が流れる。

30

【0080】

また、図24に示したように、1次側巻線43に電圧Vin2が入力されると、1次側巻線43を構成する1次側巻線43Aおよび1次側巻線43Bに電流Iin2が流れる。ここで、1次側巻線43Bは電流の流れている2次側巻線46により近く配置されているので、2次側巻線46と相対的に密に磁気結合する。このとき、1次側巻線43Bと2次側巻線46とはトランスの原理上、電流の流れる向きが互いに逆向きになるので、1次側巻線43Bでは、電流の流れる向きが同一である巻線グループ同士を近接させた場合と比べて、近接効果による影響が低下するので交流抵抗が低くなる。一方、1次側巻線43Aは電流の流れている2次側巻線46により遠く配置されているので、2次側巻線46と相対的に疎に磁気結合する。このとき、電流が流れていない2次側巻線45により近く配置されているので、1次側巻線43Aでは、1次側巻線43Bと比べて、近接効果により交流抵抗が高くなるが、本実施の形態では、1次側巻線43Aおよび1次側巻線43Bは互

40

50

いに直列に接続されているので、１次側巻線４３Ａおよび１次側巻線４３Ｂには互いに等しい電流が流れる。

【００８１】

このように、本実施の形態では、１次側巻線４２Ａおよび１次側巻線４２Ｂ、ならびに１次側巻線４３Ａおよび１次側巻線４３Ｂがそれぞれ、互いに直列に接続されているので、交流抵抗の大きな巻線にも大きな電流が流れることとなる。そのため、線間容量 C_{21} と、励磁インダクタンス L_{22} と、漏洩インダクタンス L_{e11} とによる LC 共振や、線間容量 C_{22} と、励磁インダクタンス L_{24} と、漏洩インダクタンス L_{e21} とによる LC 共振によって生じる、トランス４０の出力交流電圧（図２０および図２１中の端部Ａおよび端部Ｂ間の電圧）に発生するリングングを、上記第１の実施の形態と同様に、高い交流抵抗によって減衰させることができる。その結果、トランス４０におけるコアロスやトランス４０の交流抵抗による発熱量が低下し、効率が向上する。

10

【００８２】

また、本実施の形態では、トランス４０の各巻線（１次側巻線４２Ａ、１次側巻線４２Ｂ、１次側巻線４３Ａ、１次側巻線４３Ｂ、２次側巻線４５Ａ、２次側巻線４５Ｂ、２次側巻線４６Ａおよび２次側巻線４６Ｂ）の積層構造が上下対称となっているので、２次側巻線４５が駆動されているときと、２次側巻線４６が駆動されているときとで、トランス４の交流抵抗の大きさに実質的な差異はない。これより、２次側巻線４５が駆動されているときの出力交流電圧と、２次側巻線４６が駆動されているときの出力交流電圧とで、リングングの減衰量に実質的な差異はないので、発熱量が周期的に増大することもなく、高効率を維持することができる。

20

【００８３】

〔第２の実施の形態の変形例〕

上記実施の形態では、トランス４０の各巻線は、２次側巻線４５Ａ、１次側巻線４２Ａ、１次側巻線４２Ｂ、２次側巻線４６Ａ、２次側巻線４５Ｂ、１次側巻線４３Ａ、１次側巻線４３Ｂおよび２次側巻線４６Ｂを上からこの順に積層して配置されていたが、図２５に示したように、上下対称を維持した状態で、２次側巻線４５Ｂおよび２次側巻線４６Ａを削除してもよい。なお、図２６に示したように、上下対称ではないが、２次側巻線４５Ｂおよび２次側巻線４６Ｂを削除してもよい。なお、この図２６では、１次側巻線４３Ａが１次側第３サブ巻線グループに対応し、１次側巻線４３Ｂが１次側第４サブ巻線グループに対応する。いずれにおいても、大きな交流抵抗が１次側巻線４４中に直列に配置されるようになっていればよい。

30

【００８４】

また、上記実施の形態では、トランス４０の各巻線は、中足４１Ｃの延在方向に垂直な面内で中足４１Ｃに巻回されていたが、図１６、図１８、図１９に示したように、中足４１Ｃの延在方向に平行な円筒面内で中足４１Ｃに巻回されていてもよい。

【００８５】

以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は、これらに限定されず、種々の変形が可能である。

【００８６】

40

例えば、上記実施の形態では、トランス４，４０の２次側の等価回路がカソードコモン接続となるように構成していたが、アノードコモン接続となるように構成してもよい。

【００８７】

また、上記実施の形態では、インバータ回路１，１０はフルブリッジ型またはプッシュプル型であったが、図２７に例示したようなフォワード型や、図２８に例示したようなハーフブリッジ型などであってもよい。

【図面の簡単な説明】

【００８８】

【図１】本発明の第１の実施の形態に係るスイッチング電源装置の回路図である。

【図２】図１のスイッチング電源装置の構造図である。

50

- 【図 3】図 1 のトランスの 1 次側巻線の等価回路図である。
- 【図 4】比較例に係るスイッチング電源装置の回路図である。
- 【図 5】図 4 のスイッチング電源装置の構造図である。
- 【図 6】図 4 のトランスの 1 次側巻線の等価回路図である。
- 【図 7】図 4 のスイッチング電源装置の動作を説明するための回路図である。
- 【図 8】図 4 のスイッチング電源装置の動作を説明するための他の回路図である。
- 【図 9】図 1 および図 4 のトランスの出力交流電圧の波形図の回路図である。
- 【図 10】図 1 のスイッチング電源装置の動作を説明するための回路図である。
- 【図 11】図 1 のスイッチング電源装置の動作を説明するための他の回路図である。
- 【図 12】一変形例に係るスイッチング電源装置の回路図である。
- 【図 13】他の変形例に係るスイッチング電源装置の回路図である。
- 【図 14】他の変形例に係るスイッチング電源装置の回路図である。
- 【図 15】他の変形例に係るスイッチング電源装置の回路図である。
- 【図 16】他の変形例に係るスイッチング電源装置の回路図である。
- 【図 17】他の変形例に係るスイッチング電源装置の回路図である。
- 【図 18】他の変形例に係るスイッチング電源装置の回路図である。
- 【図 19】他の変形例に係るスイッチング電源装置の回路図である。
- 【図 20】本発明の第 2 の実施の形態に係るスイッチング電源装置の回路図である。
- 【図 21】図 20 のスイッチング電源装置の構造図である。
- 【図 22】図 20 のトランスの 1 次側巻線の等価回路図である。
- 【図 23】図 20 のスイッチング電源装置の動作を説明するための回路図である。
- 【図 24】図 20 のスイッチング電源装置の動作を説明するための他の回路図である。
- 【図 25】一変形例に係るスイッチング電源装置の回路図である。
- 【図 26】他の変形例に係るスイッチング電源装置の回路図である。
- 【図 27】他の変形例に係るスイッチング電源装置の回路図である。
- 【図 28】他の変形例に係るスイッチング電源装置の回路図である。

【符号の説明】

【0089】

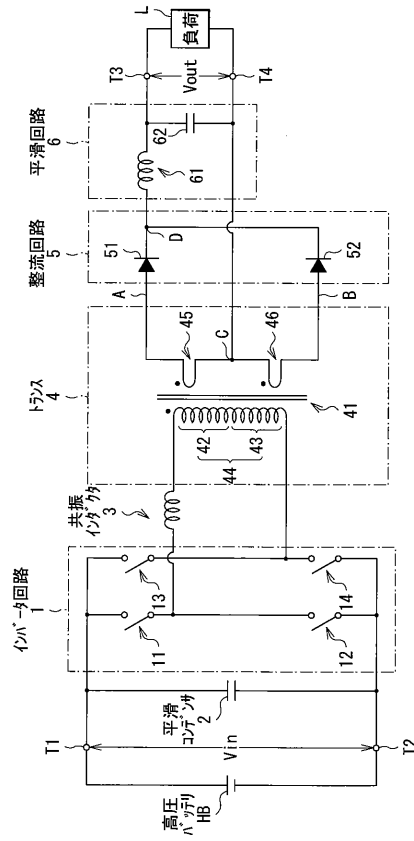
1, 10 ... インバータ回路、2, 62 ... 平滑コンデンサ、3 ... 共振用インダクタ、4, 40, 104 ... トランス、5 ... 整流回路、6 ... 平滑回路、11, 12, 13, 14 ... スイッチング素子、41 ... 磁心、42, 42A, 42B, 43, 43A, 43B, 44, 47, 47A, 47B ... 1 次側巻線、45, 45A, 45B, 46, 46A, 46B ... 2 次側巻線、51, 52 ... ダイオード、61 ... チョークコイル、A, B ... 端部、C ... センタタップ、D ... 接続点、L1H ... 1 次側高圧ライン、L1L ... 1 次側低圧ライン、LO ... 出力ライン、LG ... 接地ライン、T1, T2 ... 入力端子、T3, T4 ... 出力端子、Vin ... 入力直流電圧、Vout ... 出力直流電圧。

10

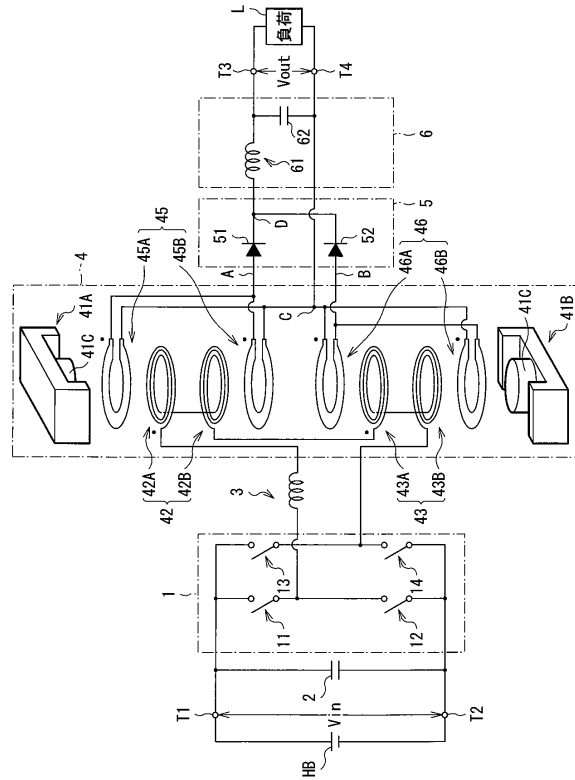
20

30

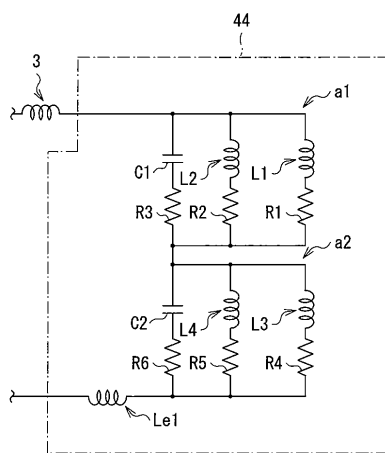
【図 1】



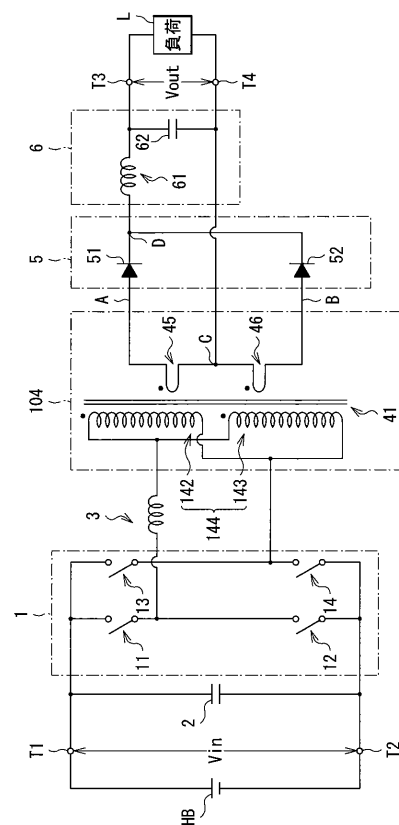
【図 2】



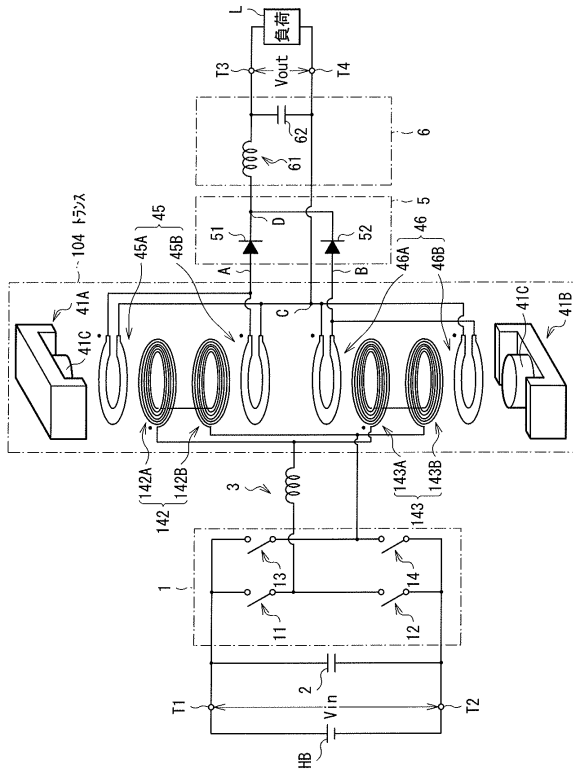
【図 3】



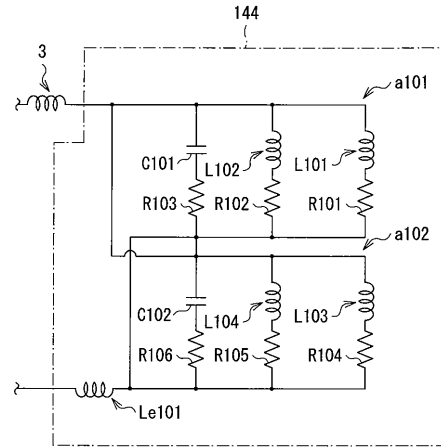
【図 4】



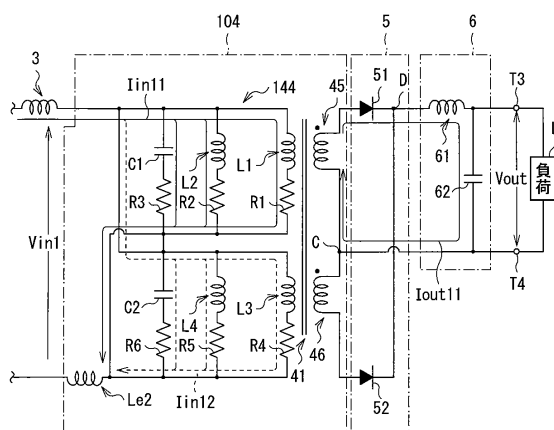
【図 5】



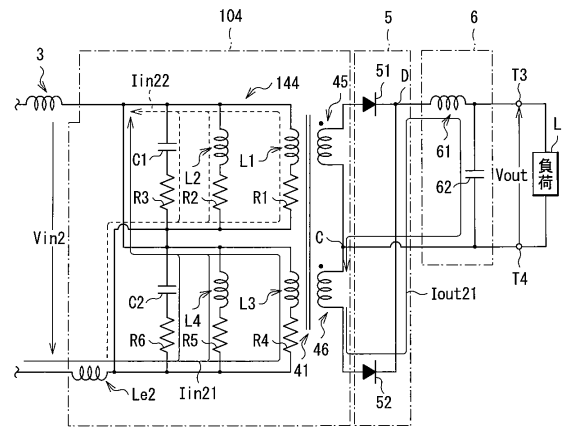
【図 6】



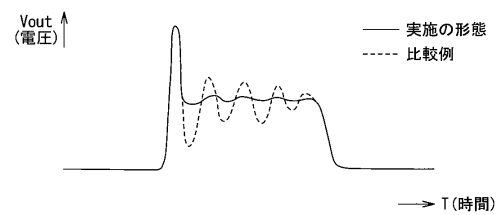
【図 7】



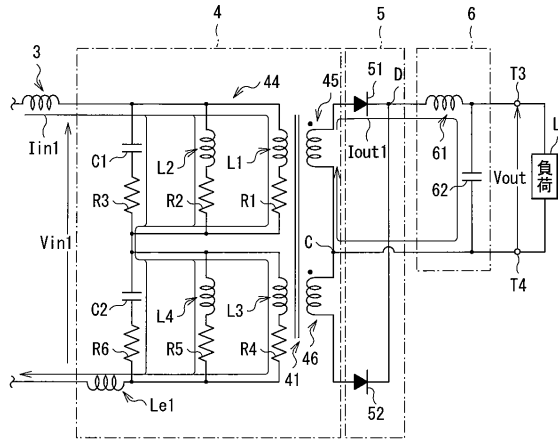
【図 8】



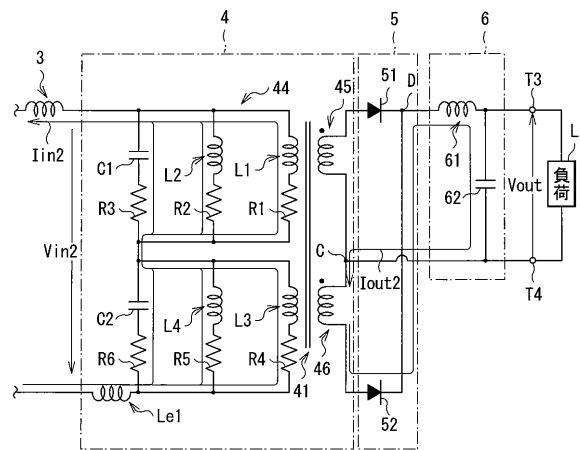
【図 9】



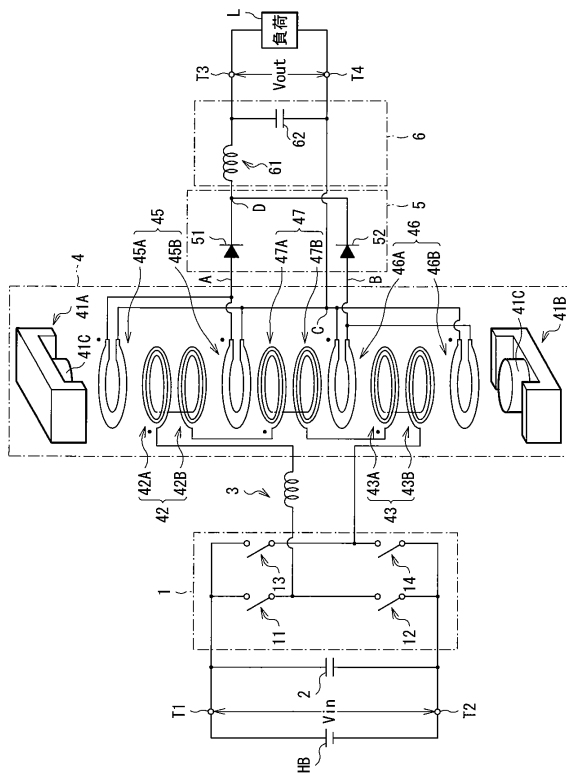
【図 10】



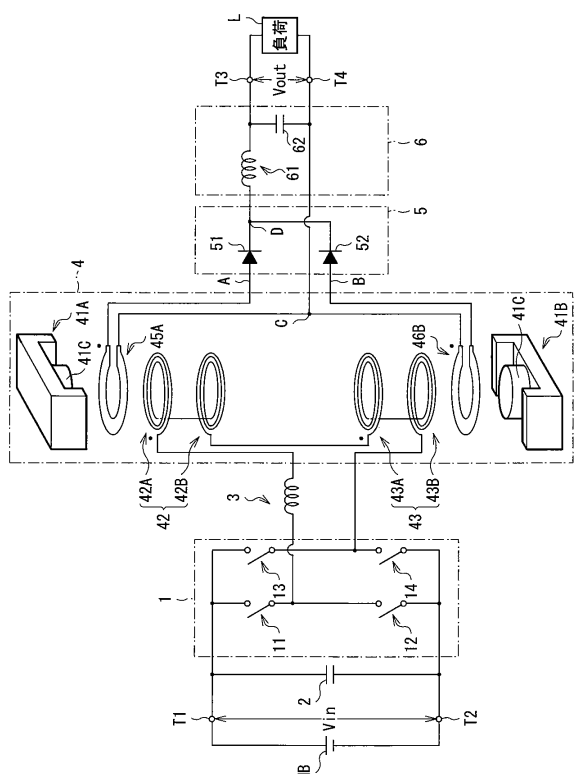
【図 11】



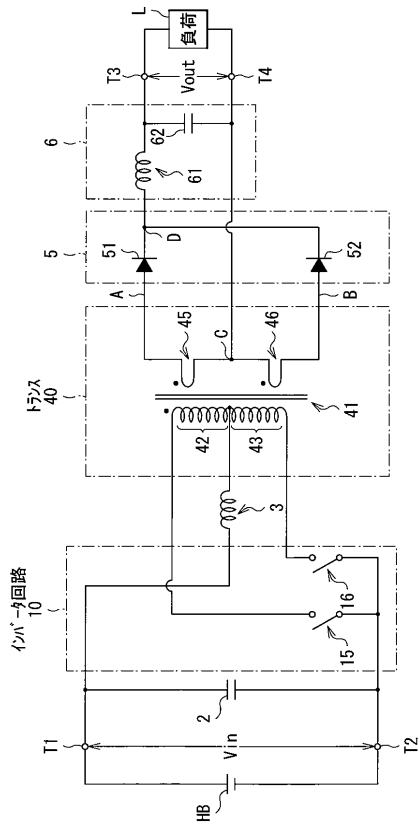
【図 12】



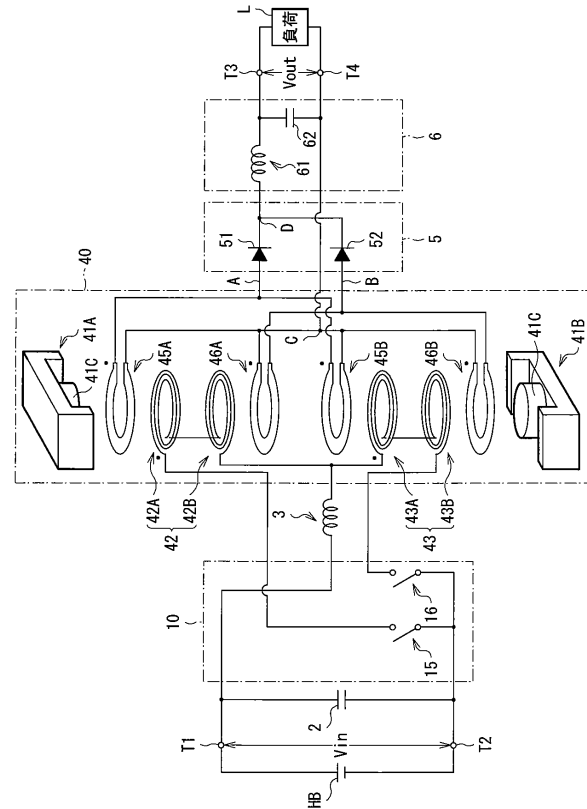
【図 13】



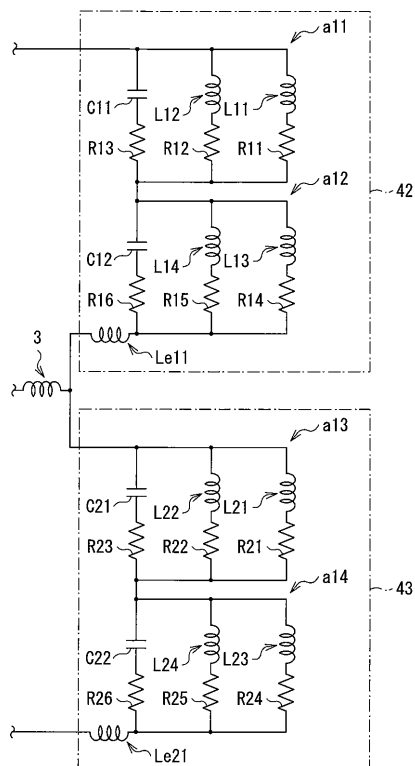
【図 20】



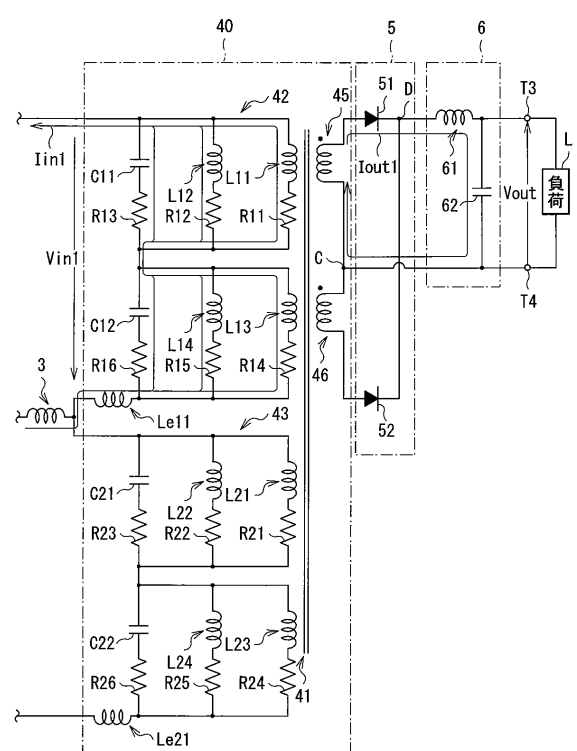
【図 21】



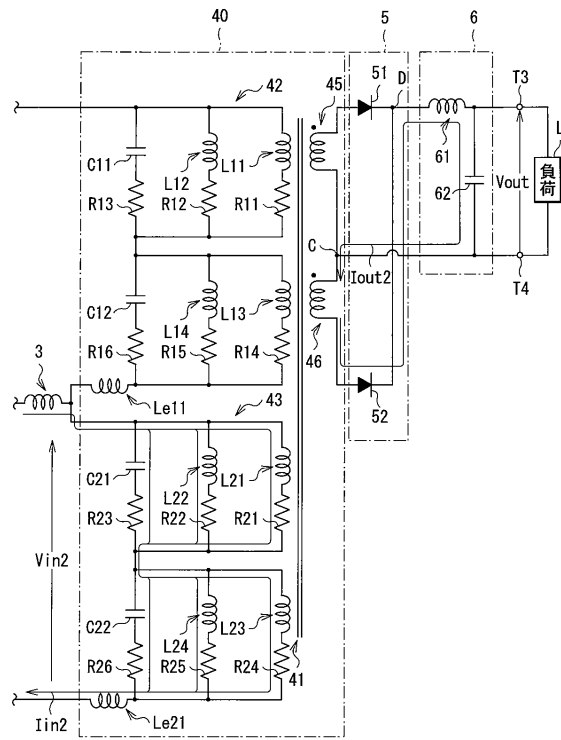
【図 22】



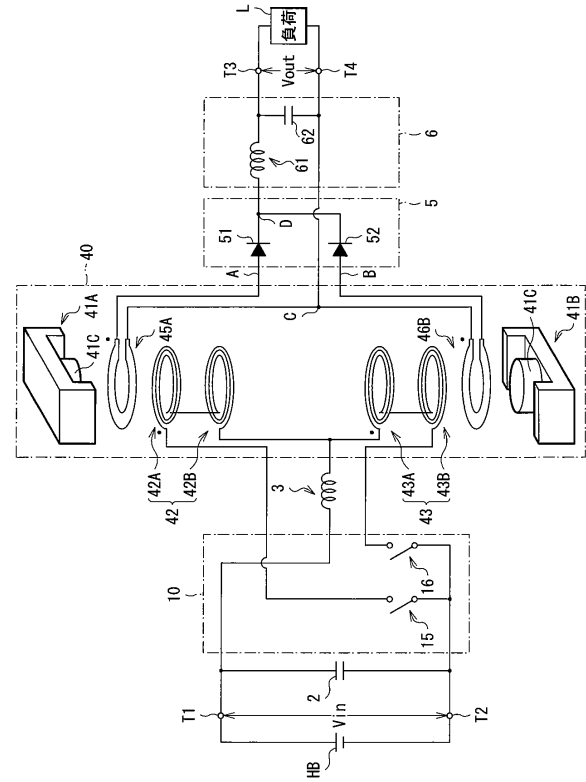
【図 23】



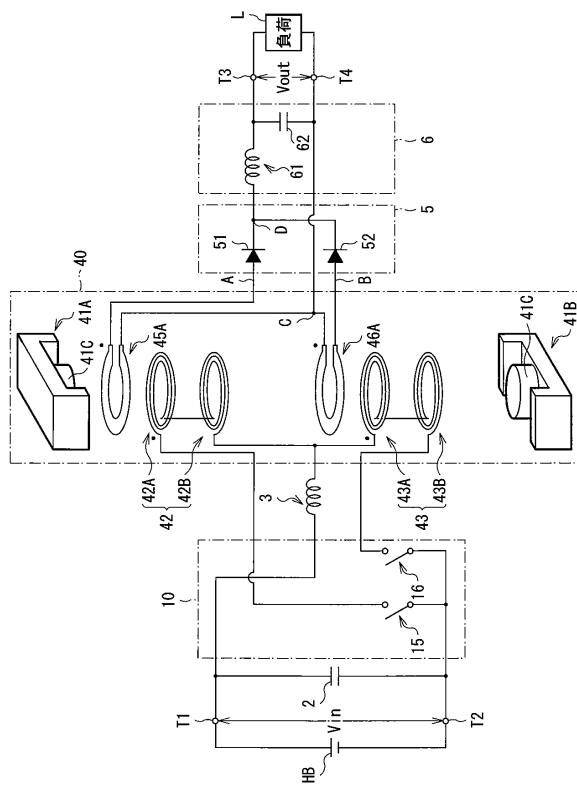
【図 24】



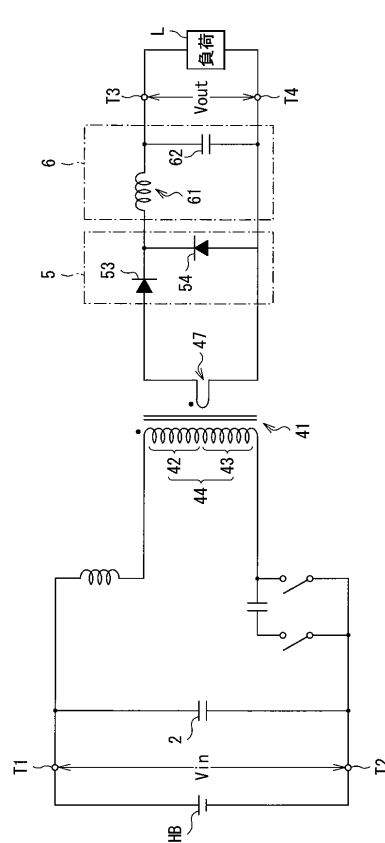
【図 25】



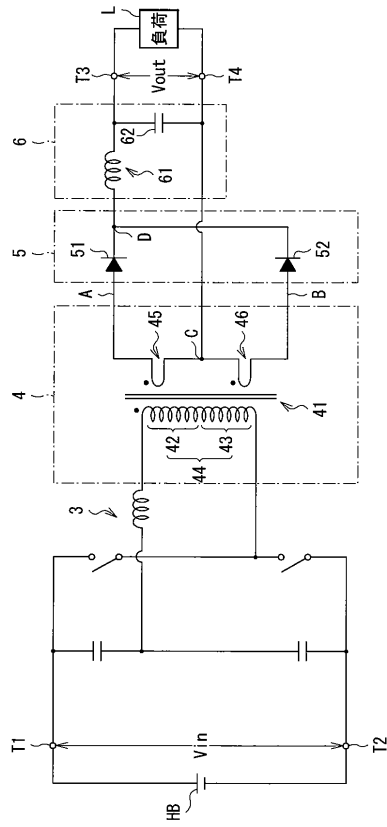
【図 26】



【図 27】



【図 28】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-112991(JP,A)
特開2000-173837(JP,A)
特開平10-144544(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02M 3/28